



UNIVERZITET U BANJOJ LUCI
ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKO-
GEODETSKI FAKULTET



mr Marina B. Nikolić Topalović, dipl. inž. arh.

**OKVIR ZA MODELOVANJE INFORMACIJA
NEOPHODNIH ZA ARHITEKTONSKO
PROJEKTOVANJE ZASNOVANO NA
KONCEPTIMA ŽIVOTNOG CIKLUSA
OBJEKTA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Banja Luka, 2018. godina



UNIVERSITY OF BANJA LUKA
**FACULTY OF ARCHITECTURE, CIVIL
ENGINEERING AND GEODESY**



mr Marina B. Nikolić Topalović, dipl. inž. arh.

**INFORMATION LIFECYCLE MODELING
FRAMEWORK NECESSARY FOR
ARCHITECTURAL DESIGN PROCESS
BASED ON LIFECYCLE OBJECTS
CONCEPTS**

DOCTORATE DISSERTATION

Banja Luka, 2018. godina

Ovo istraživanje želim da posvetim svojim dragim i plemenitim roditeljima Veri i Branku Topalović. Vaša ljubav i vera su me naučili da sve započeto treba dovesti do kraja. Dragi tata naučio si me da se nikada ne predajem, da sebe izgrađujem kroz ceo život, kao što si i to radio, i da branim svoje stavove utemeljene na istraživanju i promišljanju.

Zahvaljujem se ovim putem mentoru profesoru Milenku Stankoviću koji je svojim sugestijama i pozajmljenom literaturom pomogao da ovo kompleksno istraživanje završim i disertaciju privedem kraju. Zahvalnost dugujem i profesorkama: Gordani Vojković i Gordani Stefanović na velikoj pomoći i nesebičnoj podršci. Moja porodica i njihovo razumevanje su mi mnogo značili sve ove godine.

PODACI O MENTORU I DISERTACIJI

Mentor: dr Milenko Stanković, redovni profesor,
Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet,
Univerzitet u Banjoj Luci,

Naziv teme: Okvir za modelovanje informacija neophodnih za arhitektonsko
projektovanje zasnovano na konceptima životnog ciklusa objekta

Rezime

Motiv za izbor teme doktorske disertacije bio je podstaknut mogućnošću da se preventivno djeluje i primene metode optimizacije LCA (analiza životnog ciklusa) porodične kuće. Cilj je smanjiti negativne uticaje procesa građenja porodičnog stanovanja na životnu sredinu, izborom zdravih i recikliranih materijala. U tom procesu optimizacije se ostvaruju i značajne finansijske uštede i unarijeđuje komfor života u kući, od faze: planiranja, projektovanja, izgradnje, tekućeg i investicionog održavanja i troškova korištenja. Istraživanje je sprovedeno u više faza na projektu porodične kuće. U prvoj fazi istraživanja na nivou idejnog rešenja vrednuju se modeli radi podrške za donošenje odluke: da li rekonstruisati postojeći objekat ili izgraditi novi. Na idejnom nivou vrednovani su modeli: A (izgradnja novog objekta primarnim materijalima), B (izgradnja novog objekta uz primenu recikliranih i tzv zelenih materijala) i C (rekonstrukcija postojećeg objekta na kraju životnog ciklusa na građevinskoj parceli predviđenoj za izgradnju). Za ovo istraživanje se koriste programi: program Win ZERO za procenu uštede u produkciji čvrstog otpada, vode i GHG (gasova sa efektom staklene bašte) i Carbon calculator Building (CcB), Agencije za zaštitu životne sredine UK, za procenu ugljeničnog otiska izgradnje u fazi odabira idejnog rešenja. Prvi deo istraživanja je projekat usmerio u pravcu izgradnje novog objekta. U tu svrhu su za potrebe druge faze istraživanja na nivou projekta za izvođenje formirana tri uobičajena modela izgradnje porodičnih kuća u Srbiji: MG (opekarski proizvodi i AB konstrukcija), MY (laci betonski blokovi i AB konstrukcija) i MD (objekat od drvenih prefabrikovanih panela). To je urađeno na način da su za referentne modele projekta korišteni primarni materijali, i poređeni sa novim varijantama–studijama slučaja-modelima u kojima se primenjuju reciklirani i tzv. zeleni materijali, u različitom procentu. U procesu optimizacije korišćeni su programi URSA-građevinska fizika 2 za proračun energetskog razreda i energetskih potreba u fazi

eksploatacije, Carbon calculator Building (Environment Agency/UK) za proračun ugljeničnog otiska projekta. Posebno se analizira faza izgradnje od kolevke do početka korišćenja da bi se dobile vrednosti embodiranog ugljenika, a zatim u trećoj fazi istraživanja i tokom eksploatacije, investicionog i tekućeg održavanja, od kolevke do kraja životnog ciklusa, da bi se dobile vrednosti operativnog ugljenika i ukupnog ugljeničnog otiska izgradnje svakog od modela. Tako je moguće porediti modele u fazi korišćenja i planirati materiale za njihovo investiciono održavanje sa manjim uticajem na životnu sredinu, kao i poređenje konstruktivnih sistema. Primenom LCA analize svakog pojedinačnog modela moguće je u fazi projektovanja identifikovati koji su materijali i komponente sa najvećim uticajem na životnu sredinu, što se vrednuje kroz ugljenički otisak koji objekat ostavlja na životnu sredinu tokom životnog ciklusa. U poslednjoj-četvrtoj fazi istraživanja je kao deo razrade detalja izvršeno poređenje i vrednovanje dve grupa građevinskih materijala i proizvoda sa ekološkog i ekonomskog aspekta primenom programskog paketa BEES, da bi se ukazalo na značaj formiranja nacionalne baze građevinskih materijala i proizvoda, uz pomoć koje bi arhitekta imale mogućnost da za projekte predlože materijale i proizvode koji će najbolje ispuniti ekološke i ekonomske zahteve korisnika. Dobijeni rezultati jasno ukazuju na činjenicu da je u fazi izrade projekta moguće ostvariti uštede u ugljeničnom otisku gradnje ako se identifikuju materijali i aktivnosti sa najvećim uticajima na životnu sredinu i zamene sa niskougljeničnim ili reupotrebljenim. Prvom simulacijom je smanjen ugljenični otiska gradnje u procentualnom iznosu od 8,20% preko 12,45% do 12,53%, korišćenjem recikliranih i zelenih proizvoda za gradnju novog objekta. U drugoj simulaciji dobijene su uštede u odnosu na referentne modele od 18,63% preko 24,53% do 29,89% za modele sa najvećim učešćem recikliranih i zelenih materijala. Odabirom konstruktivnog sistema i odgovarajućih materijala u fazi projektovanja, uticaji na životnu sredinu bi se mogli smanjiti do 49,33% u odnosu na referentni model. Doktorskom disertacijom je, kroz formirane modele i kompjuterske simulacije, na osnovu dobijenih rezultata pokazano da je evidentno moguće u fazi projektovanja pronaći modele koji su sa manjim ugljeničnim otiskom tokom životnog ciklusa i usmeriti projektovanje i izgradnju u tom pravcu.

Profesionalna je obaveza arhitekta da se kontinuirano obrazuje u svim segmentima, a posebno u onom kada je u pitanju odabir zdravih i obnovljivih materijala, tehnologija, konstrukcija i materijalizacije kuće u ranoj fazi planiranja i projektovanja porodičnog stanovanja. Ovladavanje rezultatima iz ove disertacije arhitekti se pruža nova metodologija kao način-alat kojim se argumentovano može predočiti investitoru benefite rješnja koja su održiva i otporna na klimatske ekstreme, a nude povišen komfor zdravog života u kući, za

ekonomski prihvatljivu cijenu. U daljim mnogobrojnim istraživanjima, izdvaja se istraživanje u vezi sa energetsom sanaciom postojećih objekata sa aspekta LCA. Zahtevi za „utopljavanjem“ objekata prouzrokuju dodatne emisije koje treba sagledati sa aspekta životnog veka i tako doneti ispravnu odluku.

Ključne reči: ugljenični otisak, gasovi staklene bašte, embodirni ugljenik, operativni ugljenik, reciklirani materijali, primarni materijali, zeleni materijali, analiza životnog ciklusa.

Naučna oblast: (5) inženjerstvo, tehnologija i građevinarstvo

Naučno polje: (53) arhitektura i građevinarstvo

Klasifikaciona oznaka: T 230

Tip odabrane licence Kreativne zajednice

(Creative Commons): Ауторство-некомерцијално-без прераде (CC BY-NC-SA)

MENTOR AND DISSERTATION INFORMATION

Menthor: dr Milenko Stanković, PhD full professor,
Faculty of Architecture, Civil engineering and Geodesy
University of Banja Luka

Title of Doctoral Dissertation: Information lifecycle modeling framework necessary for architectural design process based on lifecycle objects concepts

Abstract

The motive for choosing the doctoral thesis is the opportunity to act protectively and apply methods in optimization of family house LCA (life cycle analyses). The aim is to reduce the negative impact of family residency on the environment by selecting healthy and recycled materials. Both considerable financial savings and improved comfort of living are achieved through the process of optimization starting from the stages of planning, design and construction to investment and ongoing maintenance and house operational costs. The research is performed in several phases on the family house project. In the first phase, i.e. preliminary design, the possible models are considered to decide whether to reconstruct the existing building or build a new one. The following models are valued: A (construction of a new building by using primary materials), B (construction of a new building by using recycled and so called green materials) and C (reconstruction of the existing building, which is at the end of its life cycle, on the construction site). For the research the program Win ZERO, to calculate the savings in the hard waste production, water and GHG (greenhouse gases) and Carbon calculator (Environment Agency/UK), to calculate the embodied carbon footprint, are used in the preliminary phase. The research was initially directed to the construction of a new building. In the second phase of the research there are three designs common for the construction of family houses in Serbia: MG (brick materials and AB constructions), MY (light concrete blocks and AB constructions) and MD (building with prefabricated wood panels). This is done in a way that the referential model has been made of primary materials and compared with new model studies in which different percentage of recycled or so called green materials are used. In the process of optimization, the program URSA-construction physics 2, is used for the calculation of the building energy rating and energy consumption in operational phase as well as Carbon Calculator Building CcB (Environment Agency/UK) to measure carbon footprint of the project. The phase cradle-to-

site was first analyzed to get the values of embodied carbon, and then the third, cradle-to-grave phase, while in operational phase with ongoing and investment maintenance, is studied to get the values of operational carbon as well as the total embodied carbon footprint of each model. In that way it is possible to compare models in the operational phase and plan the materials, with less impact on the environment, for investment maintenance as well as construction systems. By applying LCA analysis of each model respectively it is possible to identify which materials and components in the design stage have the greatest impact, which is evaluated through carbon footprint released into the environment during the building life cycle. The final, fourth, research phase compares and evaluates two groups of construction materials and products regarding their ecological and economical aspect by applying BEES program, to emphasize the importance of creation of national base of construction materials and products, which will help architects to propose materials and products which best fulfill ecological and economical requirements of users. The obtained results clearly indicate that in the design phase it is possible to achieve savings in embodied carbon footprint if materials and activities with greatest impact on environment are identified and replaced with the low-carbon or reusable ones. In the first simulation the embodied carbon footprint is reduced from 8,20% over 12,45% to 12,53%, by implementing recycled and green materials in the construction of the new building. In the second simulation the savings compared to the referential model are from 18,63% over 24,53% to 29,89% for the models with the greatest share of recycled and green materials. Choosing the right construction system and materials in the design phase can contribute to the reduction of the impact on the environment to up to 49,33% in comparison to the referential model. This doctoral dissertation has shown that, through modeling and computer simulations, according to the obtained results, it is clearly possible to find models in the design stage which contain lower carbon footprint throughout the life cycle and manage the design and construction in that direction.

It is professional duty of architects to have continuous education in all segments especially those regarding selecting healthy and sustainable materials, technology, constructions and building of a house in the early planning stage and design of family residency. Mastering the results from this thesis provides an architect with a tool to argumentatively make an investor realize the benefits of the solutions which are sustainable and resistant to extreme climate changes, while offering the increased comfort of healthy living in a house, for economically acceptable price. In numerous further researches, the one that stands out is regarding energy rehabilitation of the existing buildings from the aspect of LCA. The demand for the thermal

insulation of buildings causes additional emissions which are to be studied with regards to the life cycle and, thus, reach the right decision.

Key words: carbon footprint, greenhouse gases, embodied carbon, operational carbon, recycled materials, primary materials, green materials, life cycle assessment.

Scientific area: (5) Engineering, Technology and Construction

Scientific field: (53) Architecture/Civil Engineering

Classification mark: T 230

Creative Commons: (CC BY-NC-SA)

LISTA KORIŠĆENIH SKRAĆENICA

AP	Acidificacion Protential (Potencijal acidifikacije)
AAP	Aquatic Acidification Protential (Vodeni potencijal acidifikacije)
ASHRAE	Environmental Protection Agency (Američka agencija za grejanje, hlađenje i klimatizaciju vazduha)
GBI	Green Building Initiative (Asocijacija Inicijativa za zelenu izgradnju)
GBC	Green Building Challenge (Asocijacija Izazovi zelene izgradnje)
GWP	Global Warming Potential (Potencijal globalnog zagrevanja)
EPA	Environmental Protection Agency (Američka agencija za zaštitu životne sredine)
EPD	Environmental Product Declaration (Izjava o proizvodu sa aspekta životne sredine)
EIO-LCA	Economic Input-Output Based LCA Method (Ekonomski ulaz-izlaz bazni metod)
UNEP	United Nation Environment Programme-(Program Ujedinjenih nacija za životnu sredinu)
BIR	Bureau of International Recycling-Međunarodni biro za reciklažu (Asocijacija reciklera)
EMS	Environmental Management System (Menadžment zaštite životne sredine)
IBO	Österreichisches Institut für Baubiologie und Ökologie Gmbh (Austrijski institut za ekologiju)
ISO	International Organisation For Standardisation (Internacionalna organizacija za standardizaciju)
IDP	Integralni dizajn projekatvanja
LCA	Life Cycle Assessment (Procena životnog ciklusa)
LCI	Life Cycle Inventory (Inventar životnog ciklusa)
LCC	Life Cycle Costing (Cena životnog ciklusa)
LCEA	Life Cycle Energy Analysis (Analiza energije u životnom ciklusu-energetskih potreba)
LCIA	Life Cycle Impact Assessment (Procena uticaja na životni ciklus)
LCM	Life Cycle Menagement (Menadžment životnog ciklusa)
LCT	Life Cycle Thinking (Razumevanje životnom ciklusu)
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design (Sertifikaciona ustanova koja se bavi edukaciom za dizajniranje sa aspekta životne sredine i racionalnog korišćenja energije) u SAD i delu evropskih zemalja
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method (Sertifikaciona ustanova za istraživanje i ocenjivanje metoda za životno održivost) u Engleskoj i pojedinim zemljama evropskog kontinenta

DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (Sertifikaciona organizacija koja se bavi edukacijom za dizajniranjem kuća sa aspekta životne sredine) u Nemačkoj i delu evropskih zemalja
BEES	Building for Environmental and Economic Sustainability (Izgradnja za životnu sredinu i ekonomsku održivost)
PDF	Potentially Disappeared Fraction of plant species (Potencijal za nestanak biljnih vrsta)
DfE	Design for Environment (dizajn pogodan za životnu sredinu)
EMAS	Oznaka za proizvode i usluge koji su u skladu sa životnom sredinom
IPPC Direktive – Direktiva o integralnoj prevenciji zagađenja i kontroli	
IPP	Integration product policy (Integrirana politika proizvoda)
EU	Evropska Unija
UK	Ujedinjeno Kraljevstvo
EC	Evropska Komisija
OIE	Obnovljivi izvori energije
SRPS	Srpski standard
UNEP	United Nations Environment Programme (Program Ujedinjenih nacija za životnu sredinu)
VOC	Volatile organic compound (Isparljive organske materije – VOC)
GFN	Global Footprint Network (Globalna mreža za ekološki otisak)
WFN	Water Footprint Network (Globalna mreža za vodeni otisak)
GHG	Greenhouse gases (gasovi koji izazivaju efekat staklene bašte)
SRI	(Američki institut za gvožđe i čelik)
Gha	Globalni hektari kao mera za nacionalni ekološki otisak
QMS	Sistem upravljanja kvalitetom
WRAP	Waste & Resources Action Programme (Akcioni program za otpad i resurse)
BIR	Bureau of International Recycling (Internacionalno udruženje reciklera)
IEA	Evropska agencija za energetiku
GOM	Građevinski otpadni materijali
TPR	(Thermal Poly Rock) reciklirana plastika (termoplastična guma, kombinacija polimera koji imaju termoplastične karakteristike)hipoalergenska, netoksična i ne sadrži ftalate.

PREVOD STRANIH TERMINA U TABELAMA

Tabela 1. Ugljenični otisak za objekat

Title of project: Naziv projekta	Carbon Footprint: Ugljenični otisak
Construction Carbon:	Konstruktivni (embodirani) ugljenik
Lifetime Operational Carbon:	Operativni karbor iz zaze korištenja objkat
Total Carbon Footprint:	Ukupni ugljenični otisak

Tabela 2. LCA procentualno učešće emisija za pojedine materijale, operacije i aktivnosti objekta

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		Podela na konstruktivne (embodirane) i operativne emisije ugljenika
	Sub-totals	Suma stavki
1.	Quarried Material	Materijali izvađeni iz zemlje
2.	Timber	Drvo
3.	Concrete, Mortars & Cement	Beton, malter i cement
4.	Metals	Metali
5.	Plastics	Plastični materijali
6.	Glass	Staklo
7.	Miscellaneous	Ostali različiti materijali
8.	Finishings, coatings & adhesives	Završni materijali, površinski i lepkovi
9.	Plant and equipment emissions	Emisije od opreme i uređaja
10.	Waste Removal	Izmeštanje otpada
11.	Portable site accommodation	Prenosivi smeštaj
12.	Material transport	Transport materijala
13.	Personnel travel	Prevoz radnika
14.	Operational	Operativni ugljenik
	Total Carbon Footprin	Ukupni ugljenični otisak

Termini u Dijagramima su identični sa terminima u Tabeli 2.

SADRŽAJ:

1.0.	UVODNA RAZMATRANJA	1
1.1.	Prethodna analiza informacija o motivu, predmetu i problemu istraživanja	1
1.2.	Problem i predmet istraživanja	6
1.3.	Ciljevi i zadaci istraživanja	7
1.4.	Polazne hipoteze u istraživanju	8
1.5.	Naučne metode istraživanja	10
1.6.	Generalna struktura doktorske disertacije	20
1.7.	Naučna opravdanost istraživanja, očekivani rezultata i primena	23
2.0.	OKVIR ZA MODELOVANJE INFORMACIJA NEOPHODNIH ZA PROCENU ŽIVOTNOG CIKLUSA OBJEKTA	31
2.1.	ANALIZA ŽIVOTNOG CIKLUSA OBJEKTA – LCA	31
2.1.1.	Ocena životnog ciklusa LCA – teorijske osnove metodologije	31
2.1.2.	Ocena životnog ciklusa LCA za građevinske objekte	35
2.1.3.	Faze životnog ciklusa objekta	39
2.1.4.	Granice sistema životnog ciklusa objekta	48
2.1.5.	Životni ciklus ugljenika	50
2.1.6.	Proračun potrebne primarne energije i emisije CO ₂	52
2.1.7.	Analiza energije životnog ciklusa objekta	55
2.1.8.	Analiza emisije CO ₂ životnog ciklusa objekta	56
2.2.	SVETSKA ISKUSTVA I TRENDOMI U IZGRADNJI OBJEKATA	59
2.2.1.	Ekološki aspekti primene recikliranih materijala	63
2.3.	ODRŽIVA ARHITEKTURA I METODOLOGIJA PROCENE ODRŽIVOSTI	72
2.3.1.	Prikaz sertifikacionih modela za procenu održivosti	82
2.3.1.1.	Sertifikacija po LEED standardu	84
2.3.1.2.	Sertifikacija po BREEAM standardu	87
2.3.1.3.	Sertifikacija po DGNB standardu	90
2.4.	ZAKONODAVNI OKVIR I EU STANDARDI RELEVANTNI ZA ODRŽIVOST ZGRADA	94
2.4.1.	Inostrana regulativa	95
2.4.2.	Standardi relevantni za procenu održivosti zgrada	98
2.4.2.1.	Analiza indikatora ekološke ispravnosti ugrađenih komponenti relevantnih za procenu životnog ciklusa zgrada	104
2.5.	MOGUĆNOST PRIMENE LCA U PROJEKTOVANJU	107
2.5.1.	Klasifikacija LCA alata	116
2.5.2.	Ocenjivanje životnog ciklusa u građevinskoj industriji	118
2.5.3.	Smernice za izbor LCA alata	123
3.0.	PROJEKTOVANJE ZASNOVANO NA KONCEPTU	129

ŽIVOTNOG CIKLUSA OBJEKTA

3.1.	PODACI I PRETPOSTAVKE ZA METODOLOŠKI POSTUPAK PROCENE ŽIVOTNOG CIKLUSA OBJEKATA U SRBIJI	129
3.1.1.	Sertifikacija materijala u Srbiji	130
3.1.2.	Baze podataka procesa i građevinskih materijala ugrađenih u objekte	133
3.1.3.	Životni vek porodične kuće i ugrađenih komponenti	135
4.0.	LCA REFERENTNE PORODIČNE KUĆE	140
4.1.	LCA REFERENTNE PORODIČNE KUĆE –IDEJNO REŠENJE	143
4.1.1.	Varijantna rešenja referentne porodične kuće, modeli za istraživanje na nivou idejnog rešenja	144
4.1.1.1.	Definisanje ciljeva LCA na nivou idejnog rešenja	150
4.1.1.2.	Analiza inventara	151
4.1.1.3.	Procena uticaja životnog ciklusa kuće	153
4.1.1.4.	Tumačenje rezultata na nivou idejnog rešenja - zaključci i preporuke	155
4.1.1.5.	Procena ugljeničkog otiska na nivou idejnog rešenja	156
4.1.1.6.	Diskusija analize ugljeničnog otiska na nivou idejnog rešenja	158
4.2.	LCA REFERENTNE PORODIČNE KUĆE – PROJEKAT ZA IZVOĐENJE	160
4.2.1.	Proračun parametara za elemente termičkog omotača kuće	162
4.2.2.	Izvođački projekt referentne porodične kuće na kojoj se sprovodi istraživanje	165
4.2.3.	Varijantna rešenja referentne porodične kuće-projekt za izvođenje	169
4.2.3.1.	Definisanje ciljeva LCA analize na nivou projekta za izvođenje	172
4.2.4.	Analiza emisije CO ₂ životnog ciklusa referentne kuće	173
4.2.5.	LCA analize projekta referentne kuće – analiza ugljeničnog otiska gradnje	178
4.2.5.1.	Diskusija poređenja modela MG – 1, MG – 2 i MG – 3	188
4.2.5.2.	Diskusija poređenja modela MY – 1, MY – 2 i MY – 3	197
4.2.5.3.	Diskusija poređenja modela MD – 1, MD – 2 i MD – 3	206
4.2.5.4.	Poređenje ugljeničnih otisaka za varijante modela: MG, MY i MD	208
4.3.	LCA REFERENTNE PORODIČNE KUĆE – IZGRADNJE I KORIŠĆENJA	212
4.3.1.	LCA analize projekta referentne kuće – analiza ugljeničnog otiska gradnje i korišćenja od kolevke do kraja životnog ciklusa objekta	213
4.3.1.1.	Analiza ugljeničnog otiska, ugrađenog i operativnog, za 100 godina korišćenja objekta – investiciono održavanje primarnim materijalima	255
4.3.1.2.	Diskusija rezultata analize ugljeničnog otiska, ugrađenog i operativnog, za 100 godina korišćenja objekta – investiciono održavanje primarnim materijalima	257
4.3.1.3.	Analiza ugljeničnog otiska, ugrađenog i operativnog za 100 godina korišćenja objekta – investiciono održavanje recikliranim i zelenim materijalima	259
4.3.1.4.	Diskusija rezultata analize ugljeničnog otiska, ugrađenog i operativnog, za 100 godina korišćenja objekta – investiciono	265

	održavanje recikliranim i zelenim materijalima	
4.3.1.5.	Poređenje rezultata analize LCA ugljeniĉnog otiska od koevke do kraja Źivotnog ciklusa objekta	265
4.4.	LCA ANALIZA MATERIJALA ZA IZGRADNJU SA EKONOMSKOG I EKOLOŠKOG ASPEKTA	266
4.4.1.	Analiza uticaja cementnih materijala	269
4.4.1.1.	Diskusija analize cementnih materijala	278
4.4.2.	Analizirani uticaju materijala za podne obloge	274
4.4.2.1.	Diskusija analize materijala za podne obloge	279
4.4.3.	Analizirani uticaju materijala za podne obloge u vlaŹnim i pomoćnim prostorijama	279
4.4.3.1.	Diskusija analize materijala za podne obloge u vlaŹnim i pomoćnim prostorijama	285
4.4.4.	Diskusija LCA analize primenjenih materijala za izgradnju sa ekonomskog i ekološkog aspekta	285
5.0.	ZAKLJUĀNA RAZMATRANJA	287
5.1.	ZakljuĀci, preporuke i smernice	287
5.2.	Pravci budućih istraŹivanja	301
6.0.	LITERATURA	303
	POPIS SLIKA, TABELA I DIJAGRAMA	317
	PRILOZI	333
1.	Prilog 2 – A. ISO i EN standardi bitni za LCA procenu	333
2.	Prilog 2 – B. Detaljni opis standarda znaĉajnih za istraŹivanje	340
3.	Prilog 4 – A. Analiza prevencije otpada	345
4.	Prilog 4 – B. Analiza ugljeniĉnog otiska izgradnje	356
5.	Prilog 4 – V. Delovi elaborata termiĉkog proraĉuna bitni za odreĹivanje energetskog razreda i strukture omotaĉa objekta	359
6.	Prilog 4 – G. Analiza uticaja na Źivotnu sredinu, u fazi projekta za izvoĹenje za razliĉite modele MG od koevke do perioda poĉetka korišćenja objekta.	362
7.	Prilog 4 – D. Analiza uticaja na Źivotnu sredinu, u fazi projekta za izvoĹenje za razliĉite modele MY od koevke do perioda poĉetka korišćenja objekta.	375
8.	Prilog 4 – Đ. Analiza uticaja na Źivotnu sredinu, u fazi projekta za izvoĹenje za razliĉite modele MD od koevke do perioda poĉetka korišćenja objekta	387
9.	Prilog 4 – E. Proraĉun emisije iz faze korišćenja objekta za analizirane periode	399
10.	Prilog 4 – Ź. Ugljeniĉni otisak za analizirane vremenske periode korišćenja objekata prema modelima MG, MY i MD	400
11.	Prilog 4 – Z. Analizirani uticaji materijala i proizvoda-ekonomski ekološki i ukupni LCA tokom svih faza Źivotnog ciklusa	423
	BIOGRAFIJA AUTORA	428
	IZJAVE AUTORA	450
	Izjava o autorstvu	451
	Izjava o istovetnosti Źtampane i elektronske verzije doktorske teze	452
	Izjava o korišćenju	453

1.0 UVODNA RAZMATRANJA

1.1. Prethodna analiza informacija o motivu, predmetu i problemu istraživanja

„Nema privlačnije i vrednije teme za proučavanje nego što je priroda. Razumevanje ovog veličanstvenog mehanizma, otkrivanje sila koje u njemu deluju i zakona koji njima upravljaju, najviši su cilj čovečanstva”

(Nikola Tesla).

Čovek je sa svojim kulturnim različitostima sastavni deo mnogih ekosistema, i kao takav, ima značajan uticaj na njihov izgled i funkciju (UNEP¹ 2000). Zemljište je baza čovekovog života, glavna komponenta kopnenog ekosistema i jedan od tri glavna elementa (sa vodom i vazduhom) od koga zavisi održavanje ljudskog života (Hannam, 2002, 2004). Danas je, prema Milenijumskoj Deklaraciji (UN, 2000), blizu dve milijarde hektara zemljišta degradirano uticajem čoveka, a svake godine dodatnih dvadeset miliona hektara poljoprivrednog zemljišta postane nedostupno za produkciju useva ili je izgubljeno usled širenja naselja. Takva situacija direktno pogađa jednu milijardu ljudi i vodi je u pravcu siromaštva. Demografski rast milionskih gradova u periodu 1950-2000. godine postao je jedno od najznačajnijih obeležja savremene urbanizacije u svetu (Stojanović, 1994: 154) i jedan od najvećih problema, posebno za veliki broj zemalja u razvoju, ne samo u demografskom, već i ekonomskom, socijalnom, urbanističkom, ekološkom i regionalno razvojnom smislu. Stepen urbanizacije na nivou sveta je 1950. godine iznosio 29,2% da bi 2000. godine dostigao 51,0%. Ovaj trend rasta urbanizacije se i dalje povećava, pa prema Đukić, Vujičić (2013: 27), u gradovima Zapadne Evrope živi 85,0% stanovništva a, prema istim autorima, u zemljama Zapadnog Balkana, taj procenat se kreće oko 65,0%. Takva koncentracija stanovnika na urbanim prostorima prevazilazi resursne kapacitete zona urbane izgradnje i utiče na kvalitet života stanovnika. U Evropi i Severnoj Americi ključna pitanja u vezi sa degradacijom zemljišta se odnose na širenje gradova, tj. na zauzimanje zemljišta izgradnjom, u literaturi poznato kao „sealing“ - gubitak propusnih površina usled urbanizacije, zagađivanja zemljišta i erozije. U Austriji se na taj način gubi 70-80 km² godišnje, a u Nemačkoj 400-420 km² zemljišta u toku jedne godine (Todosijević, 2012). Tehnološki progres koji nije zasnovan na principima

¹ UNEP-United Nation Environment Programme-Program Ujedinjenih nacija za životnu sredinu

održivog razvoja je doprineo povećanju zagađenja i drugih oblika ekološke degradacije (Pavlović, 2004). Proizvodnja građevinskih materijala i izgradnja utiču na prirodnu i stvorenu sredinu, na zagađenje atmosfere i hidrosfere, klimatske promene, povećanje globalne temperature (fenomen toplotnih ostrva), stvaranje efekta „staklene bašte“ i oštećenja ozonskog omotača, te je izuzetno važno da se kroz fazu projektovanja izmere uticaji koje objekat proizvodi na životnu sredinu i primene metode kojima će se smanjiti potražnja za proizvodima iz primarnih materijala i razmotri mogućnost upotrebe tzv. zelenih i recikliranih materijala ili reupotrebe komponenti građevinskog otpadnog materijala GOM-a za potrebe izgradnje, investicionog održavanja i rekonstrukcije objekta. Zato treba učiniti napor za iznalaženje boljih rešenja za smanjenje uticaja građevinskog sektora na životnu sredinu (Vrbaški, Krnjetin, 2009).

Da bi se postigli ciljevi održivog razvoja, neophodno je da se preispitaju „svi segmenti potrošačkog i energetski rasipničkog društva“ (Stanković, 2013: 137). Principi održivog „zelenog dizajna“ se zasnivaju na energetskej efikasnosti, održivoj upotrebi vode, smanjenju emisije gasova staklene bašte i ugljen dioksida i korišćenju obnovljivih izvora energije. „Samo integrativno, održivo i podsticajno planiranje i projektovanje učiniće ljude srećnim. Oni očekuju ugodno i zdravo mesto, okupano suncem, puno emocija, uz dozu sigurnosti i prihvatljiv nivo komfora“ (Stanković, 2013: 135-165). Zato treba učiniti napor za iznalaženje boljih rešenja za smanjenje uticaja na životnu sredinu (Vrbaški, Krnjetin, 2009).

Unapređenje arhitektonskih projekata, u smislu vrednovanja materijala sa aspekta njihovog uticaja na životnu sredinu i zdravlje ljudi, ali i udobnosti života korisnika, kao i posvećenost analizi ponašanja pojedinačnih delova i celog objekta tokom njegovog životnog ciklusa je put ka unapređenju savremenog građevinarstva u Srbiji. Pomoću LCA analize primenjenih materijala i projekta moguće je oformiti konceptualni okvir za izradu arhitektonskih projekata usklađenih sa savremenim pristupom održivom graditeljstvu.

E. Saarinen je rekao: „Uvek dizajnirajte nešto uzimajući u obzir i njegov širi kontekst – stolica u sobi, soba u kući, kuća u okruženju i okruženje u gradskom planu“ (Frederick, 2010: 92). Iz perspektive svakodnevnog života, i sa aspekta održivog razvoja, odabir konstruktivnog sistema i materijala kojim će biti izgrađeni objekti je na prioritetnom mestu. Kineski simbol za krizu sastoji se od dva slova: jedan se odnosi na „opasnost“, a drugi na „priliku“ (Frederick, 2010: 98). To je stav sa kojim treba tražiti pravac u kome

struka treba sa jedne strane da izgradi svoju poziciju u nastalim okolnostima a sa druge strane preuzme na sebe odgovornost za promene koje treba uvesti u fazi projektovanja.

Istraživanjem sprovedenim u okviru projekta *Tabula*, za izradu Nacionalne tipologije stambenih zgrada, ustanovljene su karakteristike stambenog fonda i predložene mere koje imaju za cilj poboljšanje energetske efikasnosti zgrada i smanjenje emisije CO₂, kao jednog od osnovnih gasova koji formiraju efekat staklene bašte. Prema Jovanović Popović et al. (2013: 22) i pored obimnog posla koji je urađen kroz *Tabula* projekat autori konstatuju da „ostaje neistražen ekološki aspekt primenjenih materijala, kroz primenu koncepta životnog ciklusa materijala“ koji se bavi između ostalog ocenom ugrađene energije po principu „od klevke do klevke“, kroz koji je moguće dalje unapređenje građevinskog fonda, a odatle i dalja ušteda energije. Značaj uticaja primenjenih građevinskih materijala kroz analizu koncepta životnog ciklusa materijala razmatraju između ostalih i domaći autori u svojim radovima (Jovanović Popović, Kosanović, 2009). Sa druge strane gledano globalna tendencija za smanjenje operativne energije je dovela do potrebe za većom količinom pre svega termo-izolacionih materijala, ali i sistema i uređaja čija proizvodnja, transport i ugradnja dodatno utiču na životnu sredinu. Tendencija za projektovanje objekata sa manjom ili čak nultom potrošnjom energije u operativnoj fazi u jednom delu stručne javnosti se smatra održivom gradnjom. Međutim takvi objekti, kao i svi drugi koji se projektuju i grade na uobičajen način, mogu biti izgrađeni od materijala sa štetnim uticajem na zdravlje ljudi i životnu sredinu.

Upravo iz tih razloga ovo istraživanje je usmereno u pravcu iznalaženja mogućih načina za smanjenje uticaja na životnu sredinu i zdravlje ljudi, kroz upravljanje projektima izgradnje porodičnih objekata u Srbiji, primenom LCA analize projektom predloženih materijala koji se uobičajeno koriste i njihovo poređenje sa materijalima koji su sa aspekta životne sredine, ekološke toksilnosti i mogućeg uticaja na zdravlje ljudi povoljniji izbor. U tom smislu će se razmatrati i mogućnost primene recikliranih i tzv. zelenih materijala za izgradnju objekata, analiziraće se uticaj materijala na životnu sredinu i zdravlje ljudi, i ispitiće se ekonomski aspekti njihove primene, posmatrano i sa stanovišta njihovog životnog veka koji je veoma bitan, jer ciklus obnavljanja, popravki i zamene može ekološki i ekonomski doneti dodatna opterećenja.

Okosnica ovog istraživanja biće studija slučaja projekta porodičnog stambenog objekta, na lokaciji na kojoj već postoji objekt na kraju životnog ciklusa. Odluka da to bude

predmet istraživanja bazira na podacima prezentovanim u Nacionalnoj tipologiji stambenih zgrada Srbije. Naime, analiza starosne strukture stambenog fonda daje jasne smernice o potrebnim strategijama za upravljanje postojećim stambenim fondom u Srbiji. Prema sprovedenoj analizi (Jovanović Popović et al. 2013) 3,8% kvadrature stambenog fonda izgrađeno je pre 1919. godine, što znači da je taj stambeni fond na kraju svog životnog veka, pa treba formirati strategiju za odlučivanje, „rekonstruisati ili zameniti objekat“. Drugo pitanje koje se nameće u tom kontekstu je ako se objekat rekonstruiše, može li se rekonstrukcija izvesti tako da ona bude sa najmanjim uticajem na životnu sredinu? Ako je odluka da se objekat ruši, treba razmotriti njegov resursni kapacitet, odnosno mogućnost vraćanja u energetske tokove nastalih komponenti GOM-a, ili razraditi strategiju za upravljanje otpadnim materijalima iz građevinskog sektora po uzoru na referentne modele reciklažne industrije u zemljama sa razvijenom reciklažnom industrijom. Sledeća kategorija po starosti je od 1919. do 1945. godine sa približnih 6,3% stambene površine, zatim od 1946. do 1960. sa približnih 9,2% stambene površine. Ove dve starosne kategorije objekata se približavaju kraju životnog ciklusa i za njih je takođe potrebno formirati naučno zasnovanu strategiju za donošenje odluka „rekonstruisati ili zameniti objekat“. Pitanja i dileme koje se postavljaju pred donosiocima odluka su slične kao za predhodnu grupu objekata samo je krajnji rok za njihovo donošenje nešto duži, obzirom na kraj životnog ciklusa. U periodu od 1961. do 1970. godine izgrađeno je približno 15,5% stambene površine, a zatim nastupa period ekspanzije u izgradnji od 1971. do 1980. godine sa 22,3% izgrađene stambene površine. U periodu od 1961. do 1981. godine je izgrađeno 37,80% stambenog fonda Srbije, i čine ga objekti za koje trebalo doneti odluku o investicionom održavanju a u sklopu toga i energetske sanaciji. U skladu sa tim je neophodno formirati naučno zasnovanu strategiju o „održivom renoviranju“, odnosno formirati metodološki pristup izradi projekata investicionog i tekućeg održavanja objekata usklađenog sa principima održivog razvoja. U periodu od 1981. do 1990. godine izgrađeno je približno 23,3% stambene površine. Ovu kategoriju čine u najvećem procentu stambeni objekti za koje su u fazi projektovanja primenjivani stari propisi za termičku zaštitu. Za ove objekte treba doneti odluku o tekućem održavanju a u sklopu toga i energetske sanaciji. U skladu sa tim je neophodno formirati naučno zasnovanu strategiju tekućeg održavanja i energetske sanacije objekata usklađenog sa principima održivog razvoja. U periodu od 1991. do 2011. godine, koji karakteriše ekonomska kriza, i politička previranja, izgrađeno je približno 16,7% stambene površine. Ova, poslednja kategorija objekata treba da bude analizirana sa aspekta energetske

sanacije i prilagođavanja novim propisima o energetskej efikasnosti objekata visokogradnje, i u sklopu toga i tekućeg održavanja, pa sa tog aspekta takođe treba imati naučno zasnovanu strategiju kako i na koji način pristupiti aktivnostima na eneretskoj sanaciji, kojim sistemima i materijalima, kako bi se zadovoljine potrebe korisnika sa aspekta kvaliteta boravka u unutrašnjem prostoru ali i što manjeg uticaja na životnu sredinu. Nesumnjiva je potreba za naučno zasnovanim metodom kojim se jasno može proceniti u fazi projektovanja metodološki pristup izradi projekata: izgradnje, rekonstrukcije, investicionog i tekućeg održavanja objekata usklađenog sa principima održivog razvoja. Ovo treba da bude institucionalno podržan princip, a edukovane arhitektae kao ključni subjekt za odabir materijala i sistema kojima se planira izgradnja, investiciono održavanje, rekonstrukcija ili rušenje treba da ponesu odgovornost u donošenju ovako važnih odluka usmerenih na postizanje ciljeva za smanjenje nacionalnog i globalnog ekološkog otiska i ublažavanje klimatskih promena.

Razlog za izbor projekta porodičnog stanovanja je takođe proizašao iz strukture stambenog fonda u Srbiji. Prema *Nacionalnoj tipologiji stambenih zgrada Srbije* (Jovanović Popović et al, 2013:24) u građevinskom fondu stambenih objekata Srbije površina porodičnog stanovanja je prisutna sa učešćem od 60,80% a višeporodičnog stanovanja sa 39,20%.

U građevinskom fondu stambenih objekata Srbije može se primetiti da je zastupljenost *broja zgrada porodičnog stanovanja* prisutna sa veoma dominantnih 96,3% u odnosu na broj zgrada 3,7% *višeporodičnog stanovanja*. Takođe, odnos *broja stanova porodičnog stanovanja prema broju stanova u zgradama višeporodičnog stanovanja* je 73,1% prema 26,9% (Jovanović Popović et al. 2013:28). Ovakav odnos broja zgrada i broja stanova porodičnog stanovanja prema višeporodičnom je dodatni razlog za odabir objekta iz grupe porodičnog stanovanja za analizu u ovom radu. Istaživanje je sprovedeno na stambenom objektu koji je projektovan u periodu 2014. godine, na građevinskoj parceli na kojoj postoji objekat izgrađen oko 1900. godine, koji Pokrajinski zavod za zaštitu spomenika nije svrstao u kategoriju objekata pod zaštitom, o čemu postoji validni dokument. Kako na lokaciji već postoji izgrađen objekat, na kraju svog životnog ciklusa, biće, kao jedna od varijanata, u ranoj fazi idejnog rešenja razmatrana i mogućnost njegove rekonstrukcije.

1.2. Problem i predmet istraživanja

Teorijsko i operacionalno određivanje predmeta ovog istraživanja je zasnovano na potrebi da se pronade efikasniji način koji će omogućiti da se projektuje i gradi sa materijalima koji će optimalno ispuniti zahteve krajnjih korisnika objekta, ali pre svega iz perspektive održivog razvoja i uticaja na celokupno okruženje. Na nivou materijala i nivou proizvoda, korišćenjem rezultata LCA analize arhitekta u procesu projektovanja mogu da imaju pomoć u donošenju odluka, koje su bazirane na rezultatima analize. Vrednovanje materijala i proizvoda sa aspekta uticaja na zdravlje ljudi i životnu sredinu, danas jesu imperativ, ali je obavezan deo istraživanja i trajnost ugrađenih komponenti u objekat.

Predmet istraživanja je analiza arhitektonskih rešenja sa aspekta životnog ciklusa objekata, kao i analiza ponašanja, usaglašenosti i upotrebljivosti recikliranih, ekološki prihvatljivih materijala za materijalizaciju objekata. Bitan deo istraživanja, značajan za sve buduće učesnike u nekom budućem projektu, je prilog analizi i načinu odabira materijala po pitanju: uticaja na zdravlje, upotrebljivosti, trajnosti, uticaja na životnu sredinu i ekonomičnosti uopšte. Zato se u doktorskoj disertaciji daje i prikaz mogućnosti primene recikliranih i tzv. zelenih materijala kao optimalnih, razumnih i ekološki prihvatljivih na prostorima Srbije u budućnosti. To konkretno znači ispitivanje mogućnosti primene ovih materijala u različitim scenarijima upotrebe za izgradnju novog objekta, i ispitivanje mogućnosti ušteda u emisijama gasova staklene bašte (GHG), vode i otpada u fazi izrade projekta. Vršice se poređenje u odnosu na izgradnju objekta od potpuno novih materijala, proizvedenih prema uobičajenim metodama u Srbiji, i varijante sa različitim udelom recikliranih komponenti za izgradnju novog ili rekonstrukciju postojećeg objekta. Istraživaće se koncept formiranja arhitektonskog projekta, uticaja objekta na životnu sredinu, građevinska fizika, zatim kvalitet ugrađenih materijala, njihov životni vek, analiza uobičajenih konstruktivnih sklopova u Srbiji i njihovo poređenje i vrednovanje sa aspekta uticaja na životnu sredinu preko analize rezultata ugljeničnog otiska iz faze izgradnje i operativne faze.

Deo istraživanja se odnosi i na analizu ekoloških i ekonomskih aspekata materijala i proizvoda koji se koriste za izgradnju objekta, analiziranih pomoću softverskog alata BEES. Ovaj deo istraživanja je potreban da bi se kroz njega pokazalo kako je zbog nedostatka baza domaćih građevinskih materijala i proizvoda projektantima u Srbiji

uskraćena mogućnost za donošenje odluka sa aspekta uticaja na zdravlje ljudi, životnu sredinu i ekonomskih efekata ugrađenih materijala.

Opšti predmet istraživanja realizovan je kroz niz aktivnosti:

- izučavanje podataka iznetih u literaturi vezanih za predmet istraživanja,
- izučavanje postojećih zakonskih akata i propisa,
- izučavanje primene reciklabilnih materijala u građevinarstvu,
- izučavanje svetskih dostignuća u predmetnoj oblasti,
- prikaz doprinosa korišćenja reciklabilnih materijala u građevinarstvu

Tendencije ka smanjenju emisija CO₂ su prisutne širom sveta, i sve više istraživanja i napora je usredsređeno da se razviju i komercijalizuju nisko-ugljenični građevinski materijali koji mogu zadovoljiti potražnju za ekološkim zgradama i zapravo pomoći da se emisije CO₂ iz građevinskog sektora smanje. Zato je jedan deo istraživanja, i značajan cilj, i iznalaženje načina za smanjenje emisija GHG u fazi projektovanja objekata u Srbiji primenom recikliranih i tzv. zelenih građevinskih materijala.

1.3. Ciljevi i zadaci istraživanja

Osnovni cilj istraživanja ove disertacije je naučni opis konceptualnog okvira za izradu arhitektonskih projekata usklađenih sa realnim potrebama građevinarstva u Srbiji i mogućnost unapređenja tehnologija građenja savremenih objekata. Iz ovog cilja proizilaze dvostruki zadaci istraživanja, i to:

a) Kako da se unapredie koncepti izrade arhitektonskog projekta u skladu sa savremenim svetskim trendovima kroz:

- analizu kvaliteta ugrađenih materijala sa aspekta uticaja na zdravlje ljudi, životnu sredinu i životni vek materijala i ekonomski efekat;
- analizu uticaja od izgradnje i korišćenja objekta, gledano preko koncepta njegovog životnog ciklusa;
- analizu najčešće korišćenih konstruktivnih sklopova za izgradnju objekata u Srbiji sa njihovog uticaja na životnu sredinu;
- analizu uticaja investicionog održavanja objekta sa aspekta uticaja na životnu sredinu;
- analizu mogućnosti primene tzv. zelenih i reciklabilnih materijala kao optimalnih materijala u arhitektonskim objektima na prostorima Srbije u budućnosti;

- prikupljanje i analizu informacija neophodnih za unapređenje izgradnje arhitektonskih objekata sa aspekta održivog razvoja.

b) Kako da se utvrde najbolji primeri dobrih praksi uz primenu tzv. zelenih i recikliranih materijala u građevinskim radovima na bazi istraživanja literature, sa idejom:

- da se identifikuju izvori reciklažnih materijala,
- da se prikažu neki od načina korišćenja reciklabilnih materijala za ponovnu proizvodnju materijala u građevinarstvu,
- da se utvrde mogućnosti primene tzv. zelenih i recikliranih materijala u izgradnji objekata.

Pretpostavka je da se reupotrebom postojećih materijala i izbegavanjem potrebe za novim materijalima i proizvodima mogu postići značajni benefiti, i to se sistematično istražuje. Ovo je jedan od ciljeva u istraživanju koje se sprovodi kroz ovu doktorsku tezu. Cilj je da se utvrdi da li se mogu postići benefiti po životnu sredinu korišćenjem recikliranih materijala za rekonstrukciju ili izgradnju jedne kuće za četvoročlanu porodicu. Ideja je da se istraži mogućnost korišćenja LCA alata za dobijanje informacija kojima arhitekta u procesu projektovanja mogu imati pomoć u donošenju odluka baziranih na rezultatima LCA analize. Deo istraživanja će biti poređenje materijala i proizvoda koji se mogu vrednovati sa aspekta uticaja na zdravlje ljudi i životnu sredinu, ali i njihove trajnosti i ekonomskih parametara. U tom smislu su formirane hipoteze koje treba istražiti.

1.4. Polazne hipoteze u istraživanju

1. Osnovno polazište, prva hipoteza, u ovoj disertaciji je: U procesu projektovanja porodičnog objekata u Srbiji, primenom softverskih alata radi LCA analize, moguće je identifikovati ekološke prednosti, ali i nedostatake različitih konstruktivnih sklopova i primenjenih materijala sa posebnim akcentom na mogućnost primene recikliranih i tzv. zelenih i reupotrebljenih materijala. U skladu sa tim u ovom istraživanju pošlo se od nekoliko osnovnih pretpostavki:

- da je u ranoj fazi projektovanja na idejnom nivou moguće ostvariti uštede u produkciji otpada, ali i u potrošnji vode;
- da je u fazi projektovanja, na nivou idejnog, a i projekta za izvođenje, primenom određenih softverskih alata, moguće ostvariti uštede u emisijama gasova staklene bašte ili CO₂e (ugljiendioksid ekvivalent kao mera uticaja svih gasova sa efektom

staklene bašte);

- da je primenom LCA analize i softverskih alata moguće u fazi projektovanja odabrati i preporučiti konstruktivni sistem sa manjim embodiranim ugljeničnim otiskom na životnu sredinu;
- da je uz pomoć LCA analize korišćenjem softverskih alata u fazi projektovanja moguće na osnovu ukupnog ugljeničnog otiska sagledati celokupne uticaje objekta na životnu sredinu i vrednovati projekte.

2. Druga hipoteza je: Kroz projekte investicionog održavanja objekta, pomoću LCA analize i korišćenjem softverskih alata, moguće je predložiti materijale i aktivnosti sa manjim uticajem na životnu sredinu i predložiti održivu rekonstrukciju.

Gasovi sa efektom staklene bašte, čvrst otpad i primena vode su tri ključna faktora kojima se zapravo meri uticaj proizvoda ili usluge na životnu sredinu. Primenom određenih softverskih alata moguće je odabrati materijale koji su sa aspekta zdravlja manje ili više poželjni; moguće je vrednovati korišćenje obnovljivih izvora energije u odnosu na neobnovljive; moguće je poređenje materijala sa aspekta njihovog životnog ciklusa i njihovog uticaja na produkciju otpada, emisije GHG i uštede u korišćenju vode.

3. Treća hipoteza je: Primenom LCA analize moguće je izvršiti poređenje materijala sa ekološkog i ekonomskog aspekta, te utvrditi uticaje na zdravlje ljudi i životnu sredinu. Pretpostavka je i da se primenom LCA analize u fazi projektovanja:

- može unaprediti građenje, pre svega u skladu sa savremenim ekološkim standardima;
- može poboljšati kvalitet građenja i kvalitet upotrebljenih materijala;
- može poboljšati nivo zadovoljenja potreba investitora, jer se već u fazi projektovanja vrši odabir materijala i sistema koji će sa aspekta uticaja na zdravlje čoveka, uticaja na životnu sredinu, i ekonomskih parametara biti predloženi pri odabiru sastavnih delova objekta tokom njegovog životnog ciklusa.

Pretpostavka je i da je moguće formirati osnove za naučnu strategiju za podršku pri arhitektonskom projektovanju objekata, koji će omogućiti pravilan izbor konstruktivnog sklopa i materijala koji zadovoljavaju visoke standarde ekološke zaštite i omogućavaju visok kvalitet u postupku eksploatacije objekta. Među njima značajno mesto zauzimaju reciklirani i tzv. zeleni materijali, koji se mogu koristiti za izgradnju objekata.

Primenjeni principi bi trebalo da pomognu u lakšem uključivanju našeg društva u tokove svetskih dostignuća i dostizanje standarda koji su važeći u razvijenim zemljama sveta. Na osnovu iznetih saznanja postavljena je i istražena važna hipoteza je da je primenom recikliranih i tzv. zelenih materijala moguće postići uštede u emisijama GHG, odnosno usmeriti projektovanje u pravcu niskougljenične gradnje.

1.5. Naučne metode istraživanja

Pristup istraživanju podrazumevao je primenu opštih i specifičnih metoda istraživanja.

Opšte naučne metode

Optimizacija procesa istraživanja omogućava skraćanje vremena potrebnog za obavljanje istraživanja i ogleda se u sledećem:

- opsežnim prethodno sprovedenim pripremnim radovima koji uključuju prikupljanje i analizu najnovije svetske literature iz ove oblasti, kritičke analize;
- maksimalno poređenje dobijenih rezultata rada pojedinim aktivnostima istraživanja;
- korišćenje programskog paketa za proračun energetske efikasnosti prema nacionalnoj regulativi URSA građevinska fizika 2.
- korišćenje programskih paketa za analizu prevencije otpada i analizu životnog ciklusa materijala, proizvoda i objekta (WIN Zero, Carbon calculator Agencije za zaštitu životne sredine UK i BEES, program za ekonomsko ekološku analizu građevinskih materijala i proizvoda).

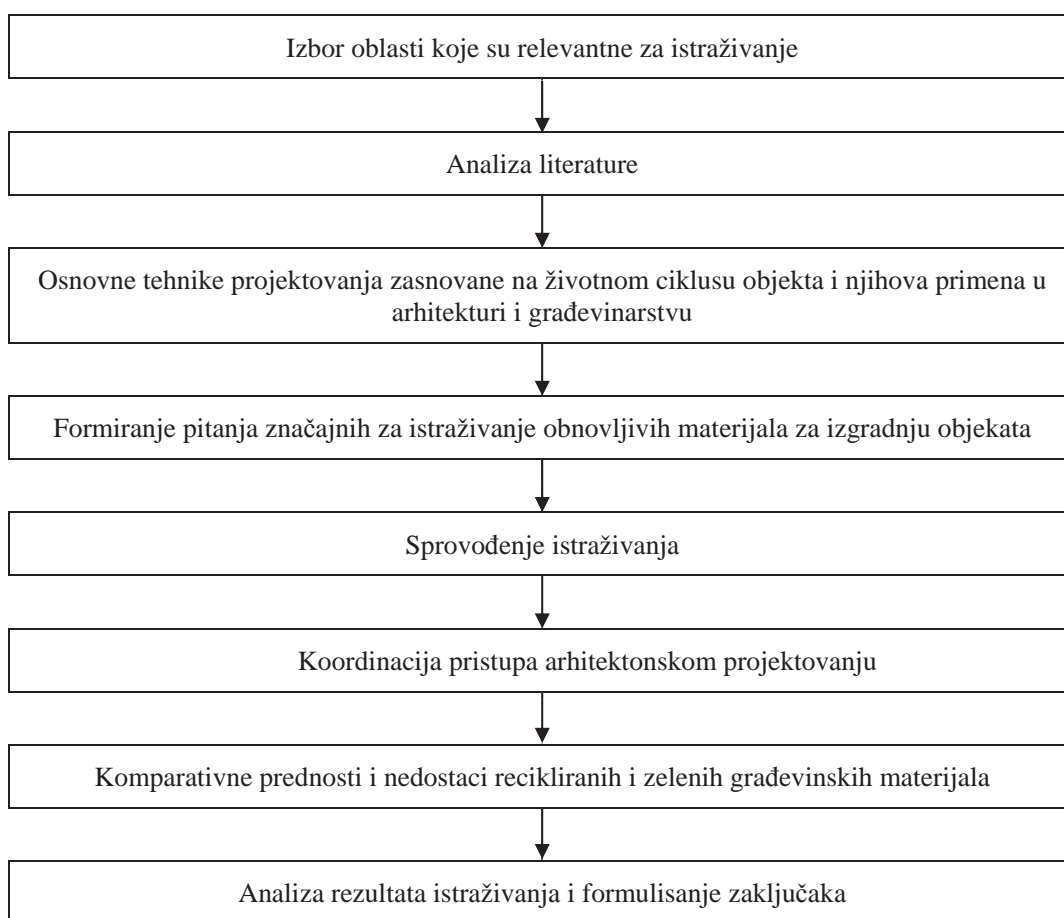
Polazišta u metodološkom postupku zasnovana su na proučavanju stručne i naučne literature koja razmatra problematiku životnog ciklusa materijala, energetske efikasnosti, ekologije, održivog razvoja i reciklaže materijala. Posebno mesto zauzimaju istraživanja koja su sprovedena u značajnim svetskim laboratorijama ali i proučavanje trenutnog stanja u projektovanju i izgradnju porodičnih objekata i informacije dobijene u razgovorima sa projektantima i izvođačima objekata u Srbiji. Koristi se studija slučaj ai komparativna analiza.

Drugi nivo je zasnovan na prikupljanju podataka na terenu , primena metoda in situ radi dalje analize i poređenja. Prilikom prikupljanja podataka korišćena je tehnička dokumentacija objekta koji se analizira radi formiranja modela za analizu studiju slučaja. Primena materijala i proizvoda koji imaju dug životni vek, mogućnost reciklaže, nultu ili

malu potrošnju energije u toku životnog ciklusa, dobre karakteristike sa aspekta zdravlja i komfora korisnika prostora bolje su vrednovane u odnosu na proizvode koji te karakteristike nemaju.

Primenjena metodologija podrazumeva detaljnu analizu sertifikacionih modela za održivost objekata (BREEAM, LEED i DGNB) i softvera za različite analize LCA (Sima Pro, GaBi, Eco2soft, EIO-LCA, BEES, Zero WIN, LIT, ATHENA eco calculator i ATHENA Impact Estimator for Buildings). Predlog plana istraživanja je prikazan u Dijagramu 1.1.

Dijagram 1.1. Strukturni dijagram procesa istraživanja



U daljem tekstu se opisuje posebni metodološki okvir LCA metodologije, model studije slučaja, instrumenti istraživanja i detaljni pristup koji se koristi u istraživanju.

Posebne naučne metode – LCA metodologija prema ISO standardima

Istraživanje je usmereno u pravcu ispitivanja uticaja uobičajenih materijala i konstruktivnih sklopova koji se koriste za izgradnju porodičnih objekata u Srbiji

korišćenjem programskog paketa za prevenciju otpada, Win Zero u ranoj fazi projekta i Carbon calculator Building, Agencije za zaštitu životne sredine UK (Environment Agency UK <https://www.gov.uk>) u fazi idejnog i projekta za izvođenje za proračun ugljeničnog otiska projektovanog objekta, URSA građevinska fizika 2 za proračun potrebne energije u operativnoj fazi objekta i BEES za procenu ekonomskih i ekoloških performansi građevinskih materijala, posebno štetnih uticaja na zdravlje ljudi, ekološku toksičnost i emisije GHG.

Svrha „zelenog projektovanja proizvoda ili usluga“ je prepoznavanje, identifikacija, procena i minimiziranje uticaja na životnu sredinu proizvoda ili usluga. To se postiže sistematskim razmatranjem karakteristika proizvoda kroz analizu uticaja na životnu sredinu, zdravlje i bezbednost stanovnika tokom celokupnog životnog ciklusa proizvoda, odnosno od faze dizajna, preko proizvodnje, eksploatacije do konačnog odlaganja. U tom smislu su ustanovljeni standardi ISO² serije 14040 i 14044, koji daju principijelne okvire, zahteve i uputstva za sprovođenje postupka ocenjivanja životnog ciklusa proizvoda ili usluga. Osnovni cilj ocene uticaja jeste da se identifikuju i uspostave veze između životnog ciklusa proizvoda i usluga i potencijalnih uticaja na životnu sredinu. *Analiza životnog ciklusa (LCA) je analitički instrument koji postavlja okvir za analizu uticaja proizvoda na životnu sredinu* (Detaljan prikaz metoda obrazložen je u Poglavlju 2.). Životni ciklus čine uzastopne i međusobno povezane faze sistema izrade nekog proizvoda, od nabavke sirovina, proizvodnje, transporta, korišćenja do konačnog odlaganja³. Povećana svest o važnosti zaštite životne sredine, kao i mogućih uticaja povezanih sa proizvodima i uslugama, dovela je do razvoja metodologije za bolje razumevanje i reagovanje na ove uticaje. Jedna od tehnika koja je razvijena za ovu svrhu jeste ocenjivanje životnog ciklusa (LCA)⁴.

Metodološki okvir za analizu životnog ciklusa LCA propisan je standardom ISO14040. Sprovodi se u četiri osnovane faze. LCA studija obuhvata definiciju cilja i područja primene, analizu inventara, procenu uticaja i tumačenje rezultata. Ovo istraživanje se sprovodi u okviru standarda i čine je faze opisane u nastavku.

Cilj i granice: Opseg ove studije ograničen je na model projekta porodične kuće sa analizom varijanti primene različitih konstruktivnih sklopova i najčešće korišćenih

² International Standards Organisation

³ Pojmovnik održive gradnje, 2012. Beograd, CEDEF (Central European Development Forum) <http://.cedeforum.org>

⁴ SRPS ISO 14044: 2009.

primarnih materijala i njihove zamene recikliranim i tzv. zelenim materijalima, kako bi se utvrdili rezultati u granicama od kolevke do početka korišćenja objekta i od kolevke do groba, u fazi eksploatacije objekta.

Analiza inventara: Popis ulaznih materijala životnog ciklusa izračunat je korišćenjem Normi i standarda rada u građevinarstvu. Količine su unesene u Carbon calculator Building, program Agencije za zaštitu životne sredine UK, koji procenjuje utjecaj zgrade koristeći ICE bazu podataka a za nedostajuće elemente, podaci Ekoinvent baze. Kategorije uticaja su povezane sa jedinicom mere određenog materijala, vrstom transporta, upravljanjem otpadom, količinom utrošenog goriva i ostalih vidova energije, vode, produkcije otpada, transporta radnika i vremena trajanja aktivnosti i računaju se u ugljениčnom otisku CO₂ e.

Inventar korišćenja energije tokom operativne faze napravljen je pomoću programa URSA - građevinska fizika 2. Procena je izrađena za svaki model koji se koristi u studiji. Rezultat procene uticaja koji konačno pretvara jedinica gasa i električne energije koji se koriste u dobijanju vrednosti za ukupni ugljениčni otisak građevinskog objekta.

Procena uticaja: Glavne kategorije procene uticaja u studiji je procena ugljениčnog otiska zgrade (CO₂ e) od kolevke do početka korišćenja, i od kolevke do groba u fazi eksploatacije objekta. Ugljениčni otisak je ukupna mera uticaja GHG za sve analizirane modele, a zatim i za ceo životni ciklus objekta. Uticaj gasova staklene bašte se tumači pored uticaja na zdravlje ljudi kao najvažniji uticaj prema BRE (Centar za istraživanje zgrada) (skr. en. *Building Research Establishment*)⁵ (Hamilton et al., 2007). Zbog toga će u istraživanju biti poređene vrednosti ugljениčnog otiska (CO₂ e) formiranih modela i na osnovu toga doneti zaključci istraživanja.

U poslednjoj fazi istraživanja je urađena procena pojedinačnih ekonomskih i ekoloških uticaja: globalno zagrevanje, eutrofikacija, acidifikacija, potencijal za stvaranje smoga, potrošnja goriva, uticaj na stanište, uticaja na zdravlje ljudi, emisije u vazduh, korišćeni materijali, struktura energije i druge. Ona je urađena za tri grupe materijala: cimente, podne obloge i podne obloge u vlažnim i pomoćnim prostorijama. Ova analiza je urađena poređenjem po pet materijala za svaku grupu da bi se detaljno vrednovalе njihove ekološke, ali i ekonomske performanse u sklopu toga posebno uticaji na ljudsko zdravlje (ljudska toksičnost, posebno potencijal za pogoršanje zdravlja i uticaj na respiratorni

⁵ BRE Building Research Establishment, Bivša nacionalna laboratorija UK, sada je to Naučni centar izgradnje UK

sistem koji može dovesti do bolesti kao što su astma, bronhitis alergije i akutne plućne bolesti, Athena, 2013). Ovaj deo istraživanja je urađen da bi se pokazalo da je neophodno na nacionalnom nivou formirati sličnu bazu domaćih građevinskih materijala i kakve su mogućnosti njene primene.

Tumačenje: Analiza varijanti je korišćena za procenu uticaja različitih konstrukcija i specifikacija u LCA modelima zgrada. Uticaj referentnih modela studija slučaja tumačen je za celu zgradu i alternativne modele, na nivou idejnog rešenja za donošenje odluke da li izgraditi novi objekat ili rekonstruisati postojeći, a na nivou izvođačkog projekta koji od uobičajenih konstruktivnih sklopova primeniti u fazi projektovanja kako bi postavili osnovu za poređenje najčešće korišćene građevinske sklopove prilikom izgradnje porodičnih objekata u Srbiji.

Opis procesa istraživanja

Za istraživanje LCA svakog od korišćenih sklopova u studiji, formiran je model zgrade urađen na osnovu predmeta radova korišćenjem Normi i standarda rada u građevinarstvu. Procenjene su količine materijala i aktivnosti za izgradnju porodičnog objekta i te količine su popis inventara za LCA. Operativna energija potrebna za zgradu određena je pomoću programa URSA građevinska fizika 2, kao i tačna količina potrebnih termoizolacionih materijala i struktura termičkog omotača, a rezultati se upisuju u inventare životnog ciklusa. Postupak se ponavlja za drugi i treći model i njihovi uticaji porede i procenjuju kako bi se postigao cilj i ciljevi studije.

Prvo se analizira nivo idejnog rešenja kako bi se donela odluka da li izgraditi novi objekat (A), izgraditi novi objekat ali sa reupotrebom građevinskog materijala koji ostaje od rušenja postojećeg objekta (B) ili rekonstruisati postojeći objekat koji je na kraju životnog ciklusa (C). Ovo će usmeriti projekat u pravcu daljeg formiranja modela na nivou projekta za izvođenje.

U sledećoj fazi, a to je projekat za izvođenje, formirana su tri modela MG, MY i MD konstruktivnih sklopova i najčešće korišćenih primarnih materijala i za svaki po dve varijante u kojima se koriste reciklirani i tzv. zeleni materijali, u različitom procentu u granicama od kolevke do početka korišćenja objekta. Cilj ove analize je da se dobiju rezultati koji od tri uobičajena konstruktivna sistema ima najmanje uticaja na životnu sredinu iz faze od kolevke do početka korišćenja, i koji od analiziranih modela sa

primenom recikliranih i zelenih materijala ima najmanje uticaja na životnu sredinu izraženo u CO₂ e, odnosno, embodiranom ugljeniku.

Posle dobijenih rezultata za granice od kolevke do početka korišćenja izvršeno je vrednovanje dobijenih rezultata ugljeničnog otiska izgradnje (embodiranog ugljenika) svih modela i varijanti, i obrazloženi su dobijeni rezultati. U sledećoj fazi je u analizu uključena i faza korišćenja objekta, znači od kolevke do groba. Životni ciklus od 10, 20, 30, 40, 50, 60 i 100 godina je korišćen za simulaciju operativne energije zgrade u fazi sledećeg istraživanja. Cilj ovog dela istraživanja je da se dobiju rezultata o udelu embodiranog ugljenika u odnosu na ukupni ugljenični otisak tokom životnog ciklusa od 100 godina objekta i da se na osnovu dobijenih rezultata vrednuju modeli izgradnje i investicionog održavanja. U ovom delu istraživanja se takođe poredi primena primarnih materijala za investiciono i tekuće održavanje objekta sa mogućnošću primene recikliranih i zelenih materijala na objektima koji su izgrađeni primarnim materijalima, i na osnovu toga zaključiti ima li mogućnosti za smanjenje emisije CO₂ e, ako se primenjuju reciklirani i zeleni materijali za investiciono i tekuće održavanje objekta.

Cilj ove analize je da se dobiju rezultati koji od tri uobičajena konstruktivna sistema ima najmanje uticaja na životnu sredinu iz faze od kolevke do početka korišćenja, i od kolevke do kraja životnog ciklusa, i sagledaju rezultati primene recikliranih i zelenih materijala.

Izrada studije slučaja

U ovom istraživanju je usvojena metoda studije slučaja, sa analizom varijanti modela koja je sprovedena kako bi se ispunio cilj studije. Studija slučaja koja se koristi za istraživanje je objekat porodičnog stanovanja projektovan za četvoročlanu porodicu u okolini Beograda. Tabela 1.1. daje kratak opis zgrade, u fazi idejnog rešenja kada treba doneti odluku da li se postojeći objekat rekonstruiše ili gradi novi objekat. Tabela 1.2. daje pregled sprovedenog istraživanja u fazi idejnog rešenja.

Tabela 1.1. Opis modela na nivou idejnog rešenja - prva faza istraživanja

Model	Opis objekta
Model A	referentni objekat, izgrađen u potpunosti novim građevinskim materijalima, bez reciklaže ili reupotrebe sve demontirane komponente upućene na deponiju
Model B sa različitim B.1.	novi objekat, izgrađen delimično novim građevinskim materijalima, delimično recikliranim ili reupotrebljenim komponentama, višak demontiranih komponenti

		upućen na deponiju
	B.2.	novi objekat, izgrađen novim i recikliranim građevinskim materijalima sa primenom recikliranih ili reupotrebljenim komponenti, višak demontiranih komponenti upućen na deponiju
	B.3.	novi objekat, izgrađen novim i recikliranim građevinskim materijalima sa maksimalnom primenom recikliranih ili reupotrebljenim komponenti i višak demontiranih komponenti upućen na deponiju
	B.4.	novi objekat, izgrađen novim i recikliranim građevinskim materijalima sa maksimalnom primenom recikliranih ili reupotrebljenim komponenti, neupotrebljive demontirane komponente upućene na deponiju
	B.5.	novi objekat, izgrađen novim i recikliranim građevinskim materijalima sa maksimalnom primenom recikliranih ili reupotrebljenih komponenti i minimumom otpada za deponiju
Model C		rekonstrukcija postojećeg objekta novim građevinskim materijalima, demontirane komponente upućene na deponiju

Napomena: A je izgradnja nove tipične zgrada od cigle / blok , B izgradnja nove zgrade uz primenu recikliranih i reupotrebljenih komponenti u različitom procentu, C je rekonstrukcija postojeće zgrade.

Tabela 1.2. Opis istraživanja na nivou idejnog rešenja - prva faza istraživanja

Model		Opis objekta	Urađena analiza	
Model A Novi objekat		referentni objekat	prevencija otpada	ugljeničnog otiska
Model B Novi objekat sa različitim procentom recikliranih komponenti	B.1.	novi objekat, izgrađen delimično novim građevinskim materijalima, delimično recikliranim ili reupotrebljenim	prevencija otpada	
	B.2.	novi objekat, izgrađen novim i recikliranim građevinskim materijalima sa primenom recikliranih ili reupotrebljenim	prevencija otpada	ugljeničnog otiska
	B.3.	novi objekat, izgrađen novim i recikliranim građevinskim materijalima sa maksimalnom primenom recikliranih ili reupotrebljenim komponenti	prevencija otpada	ugljeničnog otiska
	B.4.	novi objekat, izgrađen novim i recikliranim građevinskim materijalima sa maksimalnom primenom recikliranih ili reupotrebljenim komponenti	prevencija otpada	ugljeničnog otiska
	B.5.	novi objekat, izgrađen novim i recikliranim građevinskim materijalima sa maksimalnom primenom recikliranih ili reupotrebljenih komponenti i minimumom otpada za deponiju	prevencija otpada	
Model C Rekonstrukcija postojećeg objekta		rekonstrukcija postojećeg objekta novim građevinskim materijalima, demontirane komponente upućene na deponiju	prevencija otpada	ugljeničnog otiska

Tabela 1.3. daje kratak opis zgrade, u fazi projekta za izgradnju kada treba doneti odluku kojim konstruktivnim sklopom, i materijalima izgraditi novi objekat, i pregled istraživanja korištenog u projektu za izvođenje.

Tabela 1.3. Opis istraživanja na nivou projekta za izvođenje - druga i treća faza istraživanja

Model	Opis objekta	Urađena analiza na nivou projekta za izvođenje i eksploatacije objekta	
		Druga faza	Treća faza
		ugljenični otisak iz faze izgradnje	ukupni ugljenični otisak izgradnje i eksploatacije 10, 20, 30, 40, 50, 60 i 100 godina
model MG			
MG-1	novi objekat, izgrađen od novih materijala	ugljenični otisak iz faze izgradnje	ukupni ugljenični otisak izgradnje i eksploatacije
MG-2	novi objekat, izgrađen delom novim i delom recikliranim materijalima	ugljenični otisak iz faze izgradnje	ukupni ugljenični otisak izgradnje i eksploatacije
MG-3	novi objekat, sa maksimalnom primenom recikliranih ili reupotrebljenih komponenti	ugljenični otisak iz faze izgradnje	ukupni ugljenični otisak izgradnje i eksploatacije
model MY			
MY-1	novi objekat, izgrađen od novih materijala	ugljenični otisak iz faze izgradnje	ukupni ugljenični otisak izgradnje i eksploatacije
MY-2	novi objekat, izgrađen delom novim i delom recikliranim građevinskim materijalima	ugljenični otisak iz faze izgradnje	ukupni ugljenični otisak izgradnje i eksploatacije
MY-3	novi objekat, sa maksimalnom primenom recikliranih ili reupotrebljenih komponenti	ugljenični otisak iz faze izgradnje	ukupni ugljenični otisak izgradnje i eksploatacije
model MD			
MD-1	novi objekat, izgrađen od novih materijala	ugljenični otisak iz faze izgradnje	ukupni ugljenični otisak izgradnje i eksploatacije
MD-2	novi objekat, izgrađen delom novim i delom recikliranim građevinskim materijalima	ugljenični otisak iz faze izgradnje	ukupni ugljenični otisak izgradnje i eksploatacije
MD-3	novi objekat, sa maksimalnom primenom recikliranih ili reupotrebljenih komponenti	ugljenični otisak iz faze izgradnje	ukupni ugljenični otisak izgradnje i eksploatacije

Napomena MG je tipična zgrada od cigle / bloka sa izolacionim slojevima, MY je tipična zgrada od gasbetonskih blokova i dodatnom termo izolacijom, MD je tipična zgrada od prefabrikovanih drvenih panela sa ispunom od termo izolacije.

Konkretni metodološki postupak istraživanja sproveden je u četiri faze, od čega je prva faza detaljno opisana u Tabeli 1.2., a druga i treća u Tabeli 1.3. Četvrta faza je poređenje građevinskih materijala sa aspekta ekoloških i ekonomskih performansi.

Prva faza istraživanja je analiza predloženih varijanti idejnog rešenja projekta na osnovu kojih se može kroz aproksimaciju doći do relativno verodostojnih podataka o emisijama gasova staklene bašte, produkciji otpada i uštede u upotrebi vode kroz sve faze, od eksploatacije sirovina, preko proizvodnje i transporta, do izgradnje.

U prvoj fazi istraživanja, koja se odnosi na idejno rešenje, analizirana su tri modela A, B i C za koje će biti urađena i analiza ugljeničkog otiska za sve modele sa dijagramom uticaja pojedinih komponenti i navedenih procesa.

Ove dve prethodne analize će usmeriti proces projektovanja u pravcu iznalaženja rešenja za projekat objekta sa manjim uticajem na životnu sredinu iz faze izgradnje, ili projekta koji će na osnovu sagledanih mogućnosti na lokaciji iskoristiti raspoložive kapacitete da sa jedne strane ima manje GHG, manju potrošnju vode i manju produkciju otpada, pomoću programa WIN Zero. U fazi idejnog rešenja će na osnovu približnih količina građevinskih materijala biti urađena i analiza ugljeničnog otiska gradnje, pomoću programa Carbon calculator Building (CcB) Agencije za zaštitu životne sredine UK, kako bi se predložena rešenja bolje sagledala i napravila prva selekcija.

Potom su u drugoj fazi istraživanja (Tabela 1.3), po donošenju odluke u kom pravcu treba razvijati projekat, i sa već tačno utvrđenim pozicijama o količinama materijala i procesa, urađene simulacije, odnosno, analize ugljeničkog otiska za tri različita sklopa materijalizacije objekta za sve predviđene faze. Svaki od sklopova je analiziran u tri varijante. U prvoj varijanti su primenjeni materijali proizvedeni od novih sirovina (primarni materijali), druga varijanta je sa primenom recikliranih komponenti, a u trećoj varijanti je pretpostavljena maksimalna primena recikliranih i reupotrebljenih komponenti za izgradnju objekta.

Ovih devet simulacija trebalo bi da daju najbolja moguća varijantna rešenja i pomognu u donošenju odluka o tome kojim materijalima i komponentama se može izgraditi objekat, i koji konstruktivni sklop će imati najmanji ugljenički otisak. Simulacije će jasno ukazati na uticaje koje materijali, procesi i konstruktivna rešenja, imaju na životnu sredinu, kao i da li primena recikliranih materijala ili reupotrebljenih komponenti može smanjiti uticaj na životnu sredinu i u kojoj meri.

U trećoj fazi istraživanja će za sve tri varijante projektovane primenom primarnih materijala, kao što je uobičajeno u Srbiji, biti urađena simulacija za životni ciklus objekta u fazi eksploatacije za 10, 20, 30, 40, 50, 60 i 100 godina da bi se mogao porediti

Ugljenični otisak izgradnje sa ugljениčnim otiskom iz operativne faze objekta. U sklopu ove faze istraživanja objekti prolaze kroz tekuće i investiciono održavanje, što doprinosi da se ugljenični otisak izgradnje povećava tokom životnog ciklusa objekta, sa jedne strane, a sa druge strane pruža mogućnost da arhitekta kroz značajnu međufazu, a to je investiciono održavanje, pronađu način kako da ugljenični otisak izgradnje bude manji. U ovoj fazi, investicionog održavanja, primenom LCA analize primenjenih materijala i sklopova se analizira na koji način i kojim materijalima se mogu dobiti uštede u ugljeničnom otisku, čak i u varijanti ako je objekt građen primarnim materijalima i kolike su te moguće uštede.

U poslednjoj, četvrtoj fazi istraživanja, će biti urađeno detaljno istraživanje primenom programskog paketa BEES, kojim se pomoću LCA-metodologije vrednuju karakteristike građevinskih materijala i proizvoda koje program ima u svojoj bazi. Prvi cilj ovog dela istraživanja je odabir građevinskih proizvoda i njihova valorizacija sa ekološkog i ekonomskog aspekta. Drugi cilj ovog dela istraživanja je i da se sagleda značaj postojanja nacionalnih baza građevinskih materijala i mogućnosti primene ovakvih programa kako sa aspekta ekoloških tako i ekonomskih pokazatelja.

Još jedan od ciljeva doktorske teze je da se, kroz dobijene rezultate i zaključke, stručnoj javnosti ukaže na mogućnosti upravljanja projektima sa aspekta LCA i značajna uloga arhitekta, ne samo kao umetničke i kreativne osobe, već kao stručnjaka koji uz primenu savremenih softverskih alata i svoje lično znanje može pomoći u dostizanju ciljeva za smanjenje ugljeničnog otiska izgradnje i korišćenja objekata, i time doprinese na nacionalnom i globalnom nivou smanjenju emisija iz građevinskog sektora.

Održive alternative projekta

Analiza životnog ciklusa LCA je provedena za projekat objekta u energetsom razredu C. Objekat je projektovan tako da ima u svim prostorijama prirodno svetlo i ventilaciju. Atmosverska voda se sakuplja u rezervoar i koristi za zalivanje zelenila oko objekta. Na placu oko objekta se zadržava postojeće listopadno visoko rastinje koje već postoji nekoliko desetina godina. Ovim se za objekat u toku letnjih meseci pruža mogućnost za boljim mikro klimatskim uslovima. Potrebna energija i gorivo procenjavani su za grejanje, za period do 100 godina korišćenja u studiji.

1.6. Generalna struktura doktorske disertacije

Doktorska disertacija obuhvata šest poglavlja:

- U okviru uvodnog poglavlja, predstavljen je problem i predmet istraživanja, obrazložena je potreba za istraživanjem, definisani su ciljevi i zadaci istraživanja, polazne hipoteze i opisane naučne metode korišćene u istraživanju, data je generalna struktura disertacije, naučna opravdanost, očekivani rezultati i primena istraživanja.
- U drugom poglavlju su izloženi osnovni aspekti metode ocenjivanja životnog ciklusa, razvoj metoda od nastanka do danas i analiza aktuelnog metodološkog okvira sa akcentom na elementima od značaja za ciljeve istraživanja. U istraživanju je izložena primena recikliranih materijala, koncept održive arhitekture, sertifikacioni modeli, kao i softverski alati za procenu uticaja objekta i istraživanje naučnih radova o mogućnosti primene LCA u projektovanju.
- U poglavlju tri je izložen metodološki okvir za procenu LCA u Srbiji, sertifikacija materijala, baze podataka o materijalima i aktivnostima pri izgradnji objekata i životni vek ugrađenih komponenti, da bi se sagledalo šta je pri istraživanju korišteno i šta je to što treba na nacionalnom nivou formirati.
- U četvrtom poglavlju je izložen razvoj opšteg modela kao i sve varijante modela koje su napravljene kako bi se proces projektovanja analizirao sa aspekta potrebe upravljanja zaštitom životne sredine primenom modela životnog ciklusa kao i njegovih sastavnih delova, modela inventara životnog ciklusa i modela procene uticaja životnog ciklusa. Izložen je detaljan opis projekta koji je podloga za razvoj modela inventara životnog ciklusa i dat detaljni opis varijanti modela na nivou idejnog rešenja koje su predmet LCA analize, i njihovo vrednovanje sa aspekta ušteda u produkciji otpada, GHG i vode i sa aspekta ugljeničnog otiska. Izloženi su postignuti rezultati, interpretacija rezultata kao i smernice u kom pravcu treba dalje razvijati projekat. Posle procene idejnog rešenja u drugom delu poglavlja urađena je LCA procena projekta za izvođenje. Formirana su tri modela karakteristična za izgradnju porodičnih objekata u Srbiji. Ovde je razvijen svaki od modela, formirani inventari životnog ciklusa za svaki od modela, s tim da je u svakoj grupi modela referentni model od primarnih materijala, a varijantni modeli su sa primenom recikliranih i zelenih materijala u različitom procentu. Prvo je

analizirana faza izgradnje objekata za sva tri modela studije slučaja, i sve varijante, izvršena procena i dobijeni rezultati ugljeničnog otiska izgradnje svakog modela i njihovo poređenje i vrednovanje. Zatim je za svaki od referentnih modela istraživanje nastavljeno i za period eksploatacije objekta u vremenskim periodima: 10, 20, 30, 40, 50, 60, i 100 godina. Svi referentni modeli koji su izgrađeni primarnim materijalima su u periodu eksploatacije, investicionog i tekućeg održavanja analizirani sa aspekta primene primarnih materijala za investiciono i tekuće održavanje ili primene recikliranih i zelenih materijala proračun emisije CO₂ e tokom životnog ciklusa od kolevke do kraja životnog ciklusa i vrednovanje mogućnosti primene recikliranih i zelenih materijala u postupku održavanja objekta. Data je analiza rezultata, odnosno komparativna analiza postignutih vrednosti ugljeničnog otiska za pojedine modele i varijante, kao i analiza na koji način su postignute uštede. Komparativnu ocenu rezultata prati rasprava o uporednoj analizi postignutih rezultata. Rasprava je bazirana na relevantnosti studija životnog ciklusa svakog objekta, specifikaciji materijala, i uporednoj analizi emisije CO₂ e svakog pojedinačnog modela.

U poslednjem delu poglavlja je faza istraživanja u kojoj je izvršeno vrednovanje tri grupe građevinskih materijala, sa ekonomskog i ekološkog aspekta: cement, podne obloge i podne obloge u vlažnim prostorijama (vrednuje se po pet proizvoda za svaki materijal), kako bi se u okviru baze materijala pronašao najpovoljniji proizvod. Ovaj deo istraživanja je urađen kako bi se ukazalo da je neophodno formirati nacionalnu bazu građevinskih materijala koja bi bila osnov za dalje unapređenje u projektovanju ekoloških i zdravih kuća u Srbiji ali i iz perspektive napredovanja domaće građevinske industrije u smislu izvoza i plasiranja proizvoda na tržištu EU. Šema sprovednog istraživanja prikazana je u Dijagramu 1.2.

- Peto poglavlje sadrži zaključna razmatranja, analizu postignutih rezultata sa naglaskom na ispunjenje postavljenih ciljeva, preporuke, smernice i buduća istraživanja u ovoj oblasti.
- Šesto poglavlje sadrži listu korištenih literaturnih izvora.

Okvir za projektovanje objekta zasnovan na konceptu LCA

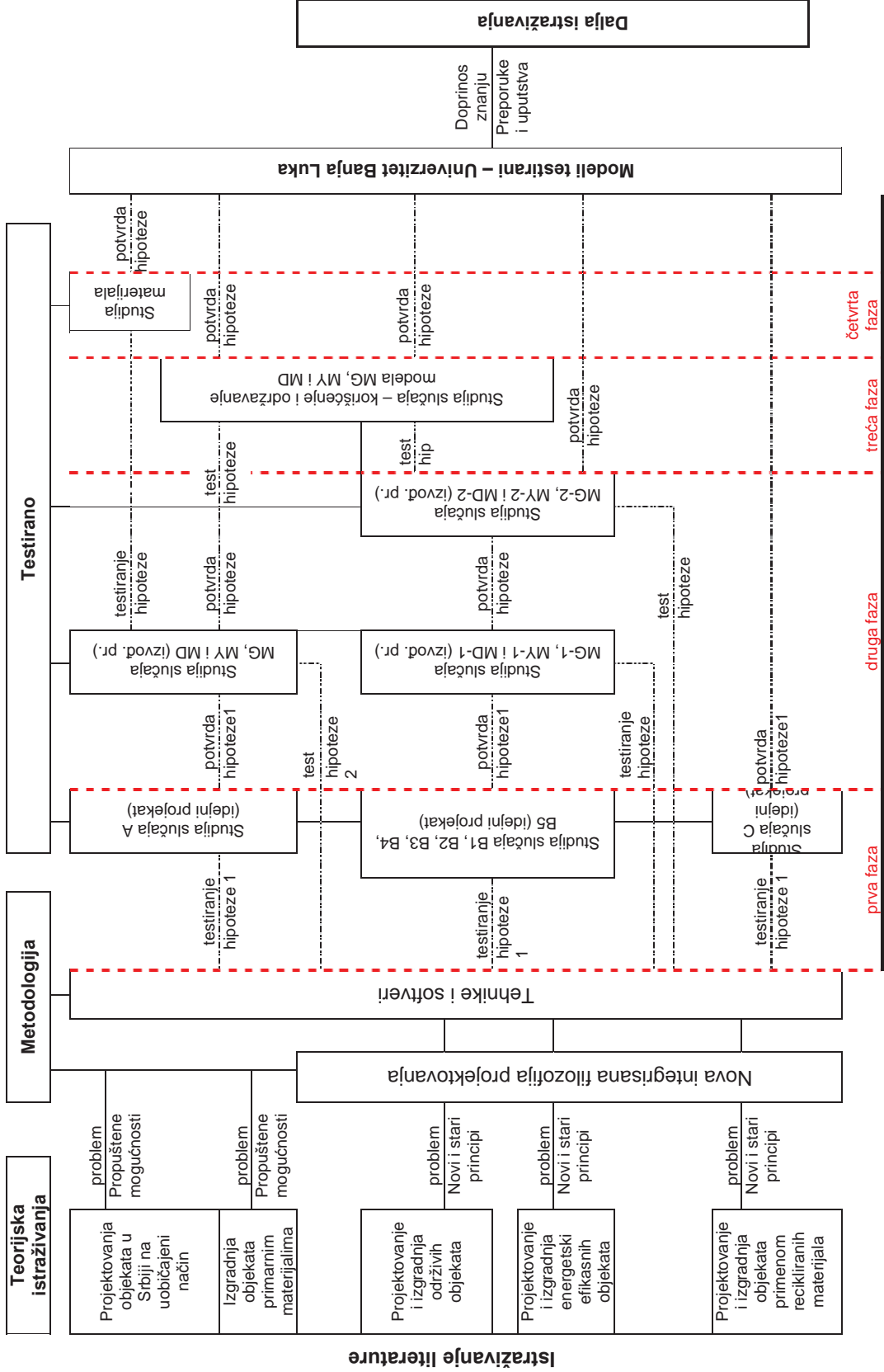


Diagram 1.2. Šema sprovedenog istraživanja

1.7. Naučna opravdanost istraživanja, očekivani rezultati i primena istraživanja

Težnja savremenog čovečanstva je ekonomski rast i povećanje životnog standarda, što neminovno vodi ka većim potrebama za materijalima i energijom za preradu i transport. Traženje načina za smanjenje potrošnje materijala i energije u zgradarstvu ima veliku ulogu, imajući u vidu činjenicu da je to jedan od najznačajnijih potrošača energije. Sektor zgradarstva učestvovao je 2008. godine sa preko 41% u potrošnji energije u Srbiji⁶. Građevinski materijali imaju svoj proizvodni proces koji počinje sa eksploatacijom sirovine, zatim je to proizvodnja građevinskog materijala, transport, ugradnja i, posle eksploatacijskog veka dolazi do rušenja ugrađenih građevinskih materijala ili rušenja celog objekta. Procena je da se u građevinarstvu godišnje troši oko 30% proizvedene energije na godišnjem nivou⁷.

U Evropskim zemljama građevinski otpadni materijali se još od obnove posle Drugog svetskog rata primenjuju za ponovnu gradnju objekata. Istraživanja započeta u periodu posleratne obnove u Nemačkoj, Holandiji, Danskoj, Japanu i mnogim drugim zemljama su dovela do donošenja standarda u ovoj oblasti. Primena recikliranih građevinskih materijala proizvedenih reciklažom građevinskog otpada se od zemlje do zemlje razlikuje, pa se i primena materijala proizvedenih reciklažom građevinskog otpadnog materijala (GOM) u nekim zemljama koristi za izradu tampona, a u drugim i za izradu konstruktivnih elemenata (u Holandiji i Danskoj). Prema izveštajima Republičkog Zavoda za statistiku⁸ generisani građevinski otpad i otpad od rušenja u Srbiji (uključujući i iskopanu zemlju sa kontaminiranih lokacija, a prema Katalogu otpada⁹ u periodu 2008. i 2009. godine, prikazan je u Tabeli 1.4. Ako se ovim brojkama doda i količina otpada iz industrije za proizvodnju građevinskih materijala, onda su cifre i nekoliko puta veće.

Pojava nekontrolisanog odlaganja otpada je veliki problem, uočeno je kroz istraživanje sprovedeno u periodu od 2002. do 2006. na teritoriji najveće opštine u Srbiji, opštine Palilula u Beogradu (Nikolić Topalović, 2007). Građevinski otpad je evidentiran na 136 deponije na teritoriji Srbije¹⁰. U Strategiji upravljanja otpadom u Srbiji za period 2010-2019. razmatraju se potrebe za uspostavljanjem delotvornog okvira politike zaštite

⁶ Izvor: www.mre.gov.rs Energetski bilans Srbije

⁷ Izvor: www.sepa.gov.rs

⁸ Izvor: „Statistika otpada i upravljanje otpadom u Republici Srbiji, 2008 – 2010.”, Republički zavod za statistiku, Beograd 2012. ISBN 978-86-6161-016-5 (str. 60.)

⁹ Pravilnik o kategorijama, ispitivanju i klasifikaciji otpada, Službeni glasnik RS, br. 56/10

¹⁰ Izvor: „Statistika otpada i upravljanje otpadom u Republici Srbiji, 2008 – 2010.”, Republički zavod za statistiku, Beograd 2012. ISBN 978-86-6161-016-5 (str. 28).

životne sredine kroz upravljanje tokom otpadnih materijala i uspostavljanje sistema za sakupljanje i recikliranje.

Tabela 1.4. Generisani građevinski otpad (u tonama) u periodu 2008-2009 (Statistika otpada, 2012: 61)¹¹

Grupe otpada prema katalogu otpada	Ukupno	Beogradski region	Region Vojvodine	Region Šumadije i Zapadne Srbije	Region Južne i Istočne Srbije
Građevinski otpad i otpad od rušenja godišnje					
2008. opasan otpad	197	-	91	50	55
2009. opasan otpad	1 425	0	1072	1	352
2008. neopasan otpad	53 528	10 317	36 080	4 626	2 505
2009. neopasan otpad	35 785	8 979	2 368	19 155	5 284

U savremenoj tehnologiji proizvodnje građevinskih materijala nastoji se da se zatvore procesi proizvodnje i prerade demontiranih materijala stvaranjem „Zatvorenih petlji“ i korišćenjem demontiranih materijala u postupku proizvodnje novog materijala reciklažom. Mnogobrojna su istraživanja za iznalaženje novih tehnologija i materijala koji su reciklabilni i koji se mogu posle demontaže iskoristiti kao sirovina u ponovnom procesu proizvodnje istog ili nekog drugog proizvoda.

Od četiri hiljade registrovanih građevinskih firmi u Srbiji¹², većina se bavi izgradnjom stanova. Da bi kvalitet gradnje bio dobar, neophodno je da inženjeri i arhitekta prate novine u gradnji. Standardi kvaliteta su deo novog Zakona o planiranju i izgradnji („Sl glasnik RS“, br 72/09). Evropski standardi za materijale i proizvode su standardi koji važe i za materijale koji se proizvode iz novih sirovina i za materijale koji se proizvode iz recikliranih materijala. Da bi materijal mogao biti primenjen u građevinarstvu mora zadovoljiti propisane standarde bez obzira na to koje je poreklo sirovine iz koje se proizvodi. Time se, osim do sada razmatranih osobina materijala, rangiraju i njegove osobine vezane za uticaj na životnu sredinu.

Jedan od nacionalnih prioriteta je dostizanje održivog razvoja u Srbiji kako bi se zaštitila i unapredila životna sredina i racionalno koristili prirodni resursi. Razvoj čistih tehnologija i povećanje energetske efikasnosti kao i korišćenje obnovljivih izvora energije su u Zakonu o planiranju i izgradnji („Službeni glasnik RS“, br. 72/09), prepoznati kao prioriteta u aktivnostima, izgradnje i energetske sanacije objekata. To je dovelo do usvajanja Pravilnika o energetske efikasnosti zgrada („Službeni glasnik RS“, br. 61/2011) i Pravilnika o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetskim

¹¹ Izvor: „Statistika otpada i upravljanje otpadom u Republici Srbiji, 2008 – 2010.“, Republički zavod za statistiku, Beograd 2012. ISBN 978-86-6161-016-5 (str. 61.)

¹² IZVOR: www.privredna.komora.rs

svojstvima zgrada („Službeni glasnik RS“, br. 69/2012). Ono što je postignuto zakonodavnim okvirom u ovoj oblasti je značajan pomak u približavanju propisa i izgradnji objekata u Srbiji i legislativi koja postoji u EU.

Sama činjenica da je građevinarstvo jedna od pokretačkih snaga razvoja govori u prilog društvenoj opravdanosti istraživanja koje se sprovodi. Reciklaža je jedna od značajnih grana privrede u razvijenim zemljama. Podatak da je u zemljama EU industrija reciklaže zastupljena sa 58% u privredi u poređenju sa procentom koji je u Srbiji i iznosi 0,3% govori u prilog potrebi da u Srbiji treba raditi više na unapređenju sistema za usmeravanje otpadnih materijala i njihovog korišćenja u proizvodnji novih materijala ili ponovnoj upotrebi. Održivi razvoj ima načela kojih se treba pridržavati, a to je minimiziranje otpada, vraćanje materijala u energetske tokove i očuvanje prirodnih rezervi.

Koncept Projektovanje za životnu sredinu (DfE) (en. Design for Environment, je 1992. Godine ustanovljeni program od strane EPA United State Environmental Protection Agency, radi prevencije zagađenja i rizika koje to nosi na ljude i životnu sredinu, proizvoda, usluga i sistema tokom životnog ciklusa) kao i instrumenti Analize životnog ciklusa (LCA) i produžena odgovornost proizvođača (EPR en. Extended producer responsibility, je strategija dizajna koja promovise integrisanje aspekta produđene odgovornosti proizvođača 1990 godine formulisao Thomas Lindhqvist Sweden Ministri zaštite životne sredine) su ključni alati koje napredne kompanije koriste za razvoj i poboljšanje karakteristika postojećih proizvoda ili usluga (Stevanović Čarapina, Mihajlov, 2010).

U literaturi se susrećemo sa brojnim radovima koji tretiraju različite aspekte ove problematike. Ovde se navode neki opšti primeri, a dalje u pojedinim poglavljima detaljnije će se obrazložiti istraživanja uz primenu principa održivog graditeljstva. *Održivo graditeljstvo se može definisati kao graditeljstvo sa minimalnim štetnim uticajem na već izgrađenu strukturu i prirodno okruženje* (Kosorić, 2008:11). Zdravlje korisnika je svakako odlučujući faktor u odabiru materijala i formiranju poželjnog koncepta (Krnjetin, 2005:57-61). Ravnoteža i sklad između intenziteta tehnološkog razvoja i životne sredine, upravljanje otpadnim materijalima na način koji je najodrživiji su bitni za ukupan bilans energije i resursa, ali i očuvanja kvaliteta sredine (Đukanović, 1996: 46). Reupotreba ili reciklaža materijala bitno umanjuju eksploataciju novih sirovina. U tom smislu postoje materijali koji su u većoj ili manjoj meri reciklabilni. Ćirović, Mitrović, Nikolić i Nikolić

Topalović (2010) diskutuju i analiziraju primenu cigle sa otpadnom plevom i vunom. Energetske uštede koje se mogu ostvariti reupotrebom ili reciklažom pojedinih materijala mogu ih svrstati u one materijale koji su u partnerstvu sa održivim razvojem konstatuju strani autori u svojim istraživanjima (Davis, et al. 2007). Isto zapažanje iznose i domaći autori Janković i Pakvor (2001). Mogućnost primene reciklabilnih materijala u cilju poboljšanja energetske efikasnosti objekata visokogradnje razmatraju Nikolić Topalović i Pavlović (2010) i zaključuju da su potencijali u Srbiji veliki i da ih treba iskoristiti. O mogućnostima i načinima za poboljšanje energetske efikasnosti objekata visokogradnje reciklabilnim materijalima diskutuju Nikolić Topalović i Ćirović (2013).

Muravljov, Pakvor i Janković (1995) razmatraju mogućnost primene reciklirane opeke za izradu betona i mogućnost njene primene sa ekološko – energetskeg aspekta. Energetski bilans i analiza uticaja na životnu sredinu su predmet istraživanja i izrade strategija u razvijenim zemljama (Georgeson, 2006: 54). Mitrović, Nikolić Topalović i Ćirović (2011) analiziraju primenu: recikliranog čelika u savremenoj izgradnji i smanjenje uticaja na životnu sredinu primenom recikliranog čelika za konstrukcije objekata.

Analize rezultata do kojih se došlo nizom studija koje su rađene, pokazuju da je moguće ostvariti bolji energetski balans za proizvode od recikliranih komponenti od onih koji su potrebni za proizvodnju od novih sirovina (BIR 2008:38). Primena elektrofilterskog pepela u tehnološkom postupku proizvodnje cementa, doprinosi i životnoj sredini i kvalitetu cementa navode Schiopu, Vernus, Jayr, i Mehu (2006). Napori zajednice da se redukuje količina otpada su prisutni, ali se primenom otpadnih materijala kao sirovine u procesu proizvodnje i zaokruživanjem tehnoloških procesa bitno smanjuje količina industrijskog otpada i smanjuje potreban prostor za industrijske deponije (Esin, Cosdun, 2007) time se čuva plodno zemljište, emisije štetnih materija u atmosferu i vodene tokove, a rizici za štetne uticaje na životnu sredinu su manji.

Analiziranje životnog ciklusa objekta i razmatranje mogućnosti reciklaže pojedinih elemenata i mogućnosti primene građevinskih otpadnih materijala (GOM) nastalih posle demontaže, na kraju životnog ciklusa, direktno je povezano sa donošenjem odluka u fazi izrade projekta. Dizajniranje proizvoda od otpadnog ili demontiranog materijala za izgradnju održivih objekata ili objekata u skladu sa prirodom i okruženjem je samo još jedna od mogućnosti izrade elemenata za izgradnju novih objekata. Reupotreba elemenata ili materijala koji su nastali na kraju životnog ciklusa proizvoda i njihovo ponovno korišćenje na nekom novom objektu ili sa nekom novom namenom je model

koji se primenjuje u nekim evropskim zemljama („urbano rudarstvo“) u kojima je razvijena strategija održivog razvoja. U ovom radu razmatraće se mogućnost dizajniranja proizvoda od demontiranih materijala ili reupotrebe demontiranih elemenata za neku novu namenu, po uzoru na pozitivna iskustava u svetu poput istraživanja koja su Brien, Guy, Lindner (2004:119) istraživali na dekonstruisanim objektima za smeštaj vojnika ili Guy i Korber (2006: 68) istražujući dizajn koji je pogodan za ponovnu gradnju.

Konstruktivni elementi proizvedeni od betona posle životnog veka objekta mogu se postupkom prerade koristiti za izradu novih proizvoda. Procenat ovih materijala u građevinskom otpadnom materijalu zavisi od konstruktivnog sklopa objekta. U radu se zato razmatraju mogućnosti primene otpadnih građevinskih materijala nastalih posle životnog veka objekta u postupku izrade novih elemenata. U skladu sa istraživanjima Trevorrow, Joynes, Wainwright (2004) razmatraće se i uticaji na životnu okolinu koji nastaju u postupku rušenja i izvršiti vrednovanje pojedinih materijala sa aspekta reciklabilnosti

Optimizacija realizacije objekata može se vršiti u odnosu na različite kriterijume: rok, cena, resursi. Svaka od razmatranih komponenti, prema Trbojeviću (1983: 54-59) je značajna i predstavlja osnovne odredbe ugovora između investitora i izvođača radova. U tom smislu su informacije koje se mogu dobiti LCA analizom primenjenih materijala u fazi projektovanja sa ekonomskog i ekološkog, a posebno aspekta uticaja na ljudsko zdravlje i toksičnost korisne informacije koje mogu doprineti pri donošenju odluka.

Tehnološki procesi gradnje objekta, faze kroz koje se pojedine aktivnosti odvijaju, pogotovo kada su u pitanju završni radovi, zahtevaju od izvođača striktno poštovanje tehnoloških postupaka proizvođača građevinskih elemenata i poštovanje redosleda u izvođenju radova. Kako greške u izvođenju radova utiču na životni vek ugrađenog proizvoda i količinu otpadnih materijala, odnosno održivi razvoj diskutuju autori Ćirović i Luković (1996: 78). Zbog toga je sa aspekta uticaja na životnu sredinu faza izgradnje radova bitan segment za ocenu održivosti i ona se u sertifikacionim modelima o kojima će biti više reči u poglavlju 2, takođe vrednuje.

Brojna istraživanja širom sveta se radem u cilju istraživanja mogućnost primene materijala sa aspekta njegovog životnog ciklusa i uticaja na okruženje u svim fazama od proizvodnje preko transporta, ugradnje i eksploatacije, a kao veoma bitan uticaj u tom smislu se razmatra i postkonzumni aspekt (Garcia, Balart, Parres, Lopez, 2007).

Mogućnost reciklaže podnih obloga proizvedenih od PVC-a posle životnog ciklusa i mogućnost mehaničke reciklaže ili energetske iskorišćavanja kako bi se smanjio pritisak na deponije ili izvukla energija iz ove vrste građevinskog otpada razmatraju autori Yarahmadi, Ignacy, Jakubowicz i Martinsson (2003). Možnost primene recikliranih materijala u cilju poboljšanja energetske svojstava objekata visokogradnje razmatraju i domaći autori (Nikolić Topalović, Pavlović, 2010.) Značaj navedenih istraživanja govori u prilog naučne opravdanosti i aktuelosti istraživanja sprovedenog u disertaciji, kako na nacionalnom tako i na globalnom nivou.

Zanimljivo je istraživanje sprovedeno u Velikoj Britaniji koje je ukazalo na mogućnost primene otpadne plastike na kraju životnog ciklusa za izradu betona, ili prefabrikovanih fasadnih elemenata na bazi cementne matrice. Proizvedeni betonski elementi su imali bolju vatrootpornost u poređenju sa elementima bez dodatka otpadnih materijala na bazi plastike sa staklenim vlaknima zaključuju Asokan i Osmani (2009). Ovo istraživanje takođe ukazuje na značaj razmatranja mogućnosti primene otpadnih materijala za poboljšanje proizvoda, vraćanje materijala u energetske tokove i potencijalni razvoj industrije reciklaže. Velika Britanija je jedna od zemalja sa visokim procentom primene recikliranih materijala, a istovremeno i zemlja u kojoj se primenjuje obavezni sertifikacioni model za procenu održivosti objekata BREEAM (Više o tome u poglavlju 2).

Korišćenje reciklabilnih materijala i njihovo uvođenje u energetske tokove traži od države promenu ekonomske politike u smeru finansiranja istraživanja i industrije reciklaže (Duchin, Lange, 1998). Pozitivni efekti istraživanja u oblasti reciklaže doveli su do toga da industrija reciklaže u svetu zapošljava više od polovine radno angažovanog stanovništva. Otpad tako postaje sirovina za proizvodnju novih proizvoda, a ne oblast za koju treba obezbediti prostor na deponijama.

Tendencije ka smanjenju emisija CO₂ su prisutne širom sveta, i sve više istraživanja i napora je usredsređeno da se razviju i komercijalizuju nisko-ugljenični građevinski materijali koji mogu zadovoljiti potražnju za ekološkim zgradama i zapravo pomoći da se emisije CO₂ iz građevinskog sektora smanje. Kao rezultat toga, došlo je do rasta potreba za procenom opterećenja na životnu sredinu od strane životnog ciklusa građevinskih materijala kroz procenu uticaja na životnu sredinu i kontinuirano upravljanje tokom trajanja objekta. Su-Hyun, C., i Chang-U, C. (2016) su sprovedenim istraživanjima, primenom LCA analize u projektovanju, ukazali na mogućnost smanjenja emisije CO₂ za

25% po jedinici površine objekta. Njihova studija analizira emisije ugljenika i smanjenje CO₂ emisija objekata izgrađenih sa niskim nivoom ugljenika u građevinskom materijalu, može biti korisna za razvoj strategije projektovanja i izgradnje nisko-ugljeničnih zgrada.

Osim odabira materijala veoma je bitan i odabir sistema za zagrevanje ili hlađenje objekata. Komponente od kojih je sačinjen uređaj ili sistem, način proizvodnje, mogućnost reciklaže posle životnog ciklusa, emisije gasova u toku i posle eksploatacije su bitni pokazatelji za procenu uticaja na životnu sredinu. Odabir solarnih kolektora i opredelenje za solarnu energiju ima pozitivan uticaj na okruženje, što se ogleda u smanjenju aero zagađenja uz kvalitetno ostvarenu klimu prostora (Radosavljević, Pavlović, Lambić, 2004:134). Sem solarne energije, uočeni su pozitivni efekti primene energije vetra i geotermalne energije. Orientacija objekta, insolacija, dominantni pravac vetra i uslovi u samom okruženju mogu povećati ili smanjiti potrebu za primarnom energijom. Ovo su sve segmenti mnogobrojnih istraživanja širom svetske akademske zajednice na kojima se procenjuje održivost objekata i kojima se mora posvetiti veća pažnja u nekim budućim istraživanjima.

Primena LCA analize u fazi izrade projekta je „karika koja nedostaje“ u lancu jasnog sagledavanja uticaja projekta tokom životnog ciklusa.

Analizom životnog ciklusa objekta, ali i materijala od kojih je objekat izgrađen, moguće je identifikovati uticaje pojedinih komponenti i vrednovati faze životnog ciklusa sa aspekta njihovog uticaja na životnu sredinu i odabira onih koji imaju manji uticaj. Zato je nesumnjiva naučna zasnovanost istraživanja kojim se jasno definišu uticaji na životnu sredinu koji nastaju od rekonstrukcije ili izgradnje objekta, kako bi se u fazi idejnog projekta mogla doneti odluka da li se opredeliti za varijantu rekonstrukcije ili izgradnje novog objekta u ranoj fazi projekta. Potom se analizira i mogućnost reupotrebe ili primene recikliranih građevinskih materijala za izgradnju novih objekata i procena njihovog uticaja na životnu sredinu, poređenjem sa uticajima od materijala koji se proizvode uobičajenim metodama bez učešća recikliranih komponenti. Ovim analizama u fazi projektovanja se potpomaže u donošenju odluka u fazi izrade projekta i odabir varijanti projekta sa najmanjim uticajem na životnu sredinu.

Sprovedeno istraživanje može biti osnova za naučnu strategiju za podršku pri arhitektonskom projektovanju objekata, koje bi omogućilo pravilan izbor konstruktivnog sklopa i materijala koji zadovoljavaju visoke standarde ekološke zaštite i omogućavaju

visok kvalitet u postupku eksploatacije objekta. Među njima značajno mesto zauzimaju i reciklirani materijali, koji se mogu koristiti za izgradnju objekata. Očekivani rezultat ovog istraživanja je da se sagleda značaj postojanja nacionalnih baza građevinskih materijala i mogućnosti primene ovakvih programa, kako sa aspekta ekoloških, tako i iz ugla ekonomskih pokazatelja. Formiranje nacionalne baze građevinskih materijala bila bi osnov za dalje unapređenje u projektovanju ekoloških i zdravih kuća u Srbiji. Ona je značajna i iz perspektive napredovanja domaće građevinske industrije u smislu izvoza i plasiranja proizvoda na tržištu EU. Potražnja za recikliranim materijalima iz domaće građevinske industrije će podstaći razvoj reciklažne industrije u Srbiji, što dugoročno gledano može doneti i nova tržišta za proizvođače materijala sa manjim uticajem na životnu sredinu, odnosno, usmeriti projektovanje u pravcu niskougljenične gradnje.

Primenjeni principi bi trebalo da pomognu u lakšem uključivanju našeg društva u tokove svetskih dostignuća i dostizanje standarda koji su važeći u razvijenim zemljama sveta. Primena istraživanja o mogućnosti smanjenja CO₂ emisija šire gledano može pomoći u smanjenju emisija iz građevinskog sektora, odnosno, u smanjenju ekološkog otiska kako na nacionalnom tako i na globalnom nivou.

2.0. OKVIR ZA MODELOVANJE INFORMACIJA NEOPHODNIH ZA PROCENU ŽIVOTNOG CIKLUSA OBJEKTA

Procena životnog ciklusa objekta je kompleksna i sveobuhvatna, te nije bila korištena na teritoriji Srbije. Usvajanjem ISO standarda EN 15978: 2011. godine, (eng.- International Organization for Standardization) postavljen je metodološki okvir za procenu, što je samo početna faza ove kompleksne metodologije. U Srbiji, ovaj standard od 2014. godine ima status standarda u pripremi, što znači da se razmatraju potrebne aktivnosti i svajanje niza standarda koje prethode. O kompleksnosti metodologije propisane u standardu govori i činjenica da se od 2011. godine odvija proces Harmonizacije među zemljama članicama EU i još uvek nije obavezna primena. Zemlje članice EU imaju i svoje nacionalne propise, te je u ovoj oblasti zastupljeno više različitih pristupa u stavovima, kao i obuhvata analize životnog ciklusa objekta. Mi smo se kroz izradu doktorske disertacije koncentrisali na izučavanje EU regulative, sertifikacionih modela i programskih paketa, da bi izvršili LCA analizu projekta porodičnog stambenog objekta, inače dominantnog tipa stanovanja u Srbiji.

2.1. ANALIZA ŽIVOTNOG CIKLUSA OBJEKTA – LCA

Ocena životnog ciklusa ili analiza životnog ciklusa objekta LCA (skr. en. *life cycle assessment* ili *life cycle analysis*) je metodologija čija je prvobitna namena bila analiza uticaja na životnu sredinu u sektoru industrije, proizvodnje materijalala, transporta, a kasnije i usluga. Koristimo je u ovoj disertaciji za procenu uticaja koji na životnu sredinu nastaju od izgradnje i korištenja porodičnog stambenog objekta da bi sagledali mogućnosti za smanjenje tih uticaja i optimizacije u fazi projektovanja.

2.1.1. Ocena životnog ciklusa LCA – teorijske osnove metodologije

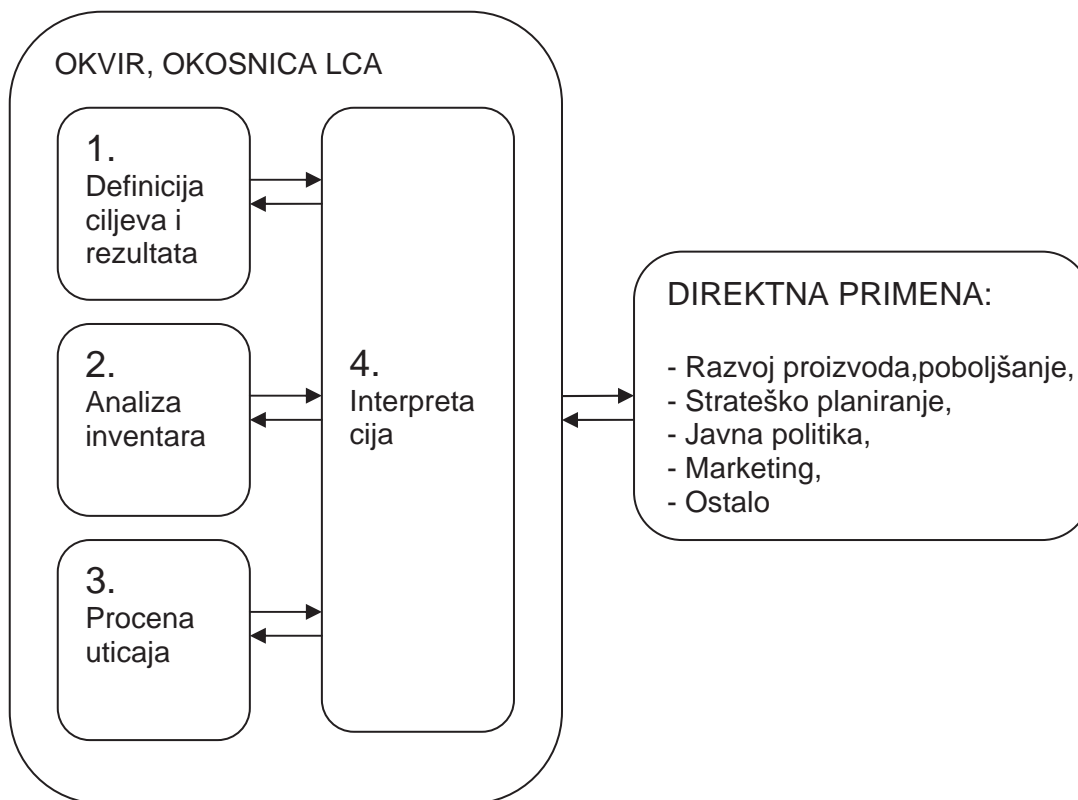
Međunarodna organizacija za standardizaciju (eng. International Organization for Standardization – ISO) je usvojila set standarda kojim su propisane procedure za upravljanje procesima u proizvodnji koje treba ispuniti da bi uticaj na životnu sredinu mogao biti u

propisanim i dozvoljenim okvirima a sve u skladu sa principima zaštite životne sredine. Tako je uspostavljena metodologija LCA za procenu proizvoda od ekstrakcije sirovina do finalnog proizvoda. Prvi standardi serije ISO su bili uspostavljeni kao standardi koji su propisali sistem kvaliteta (standardi serije ISO 9000). Usvajanju prvih ISO 14000 standarda iz oblasti zaštite životne sredine prethodila je obimna kampanja podržana od naučnika, koji su se bavili proučavanjem prirode i negativnih uticaja kao posledice zagađenja, kao i ekologa. Kako se saznanja u ovim oblastima usavršavaju i dolazi do novih saznanja o negativnim uticajima na životnu sredinu, to je uspostavljen princip da se ISO standardi inoviraju svakih pet godina, pa se sa donošenjem inoviranih standarda serije 14040 (2006) propisuje metodologija za ocenu životnog ciklusa procenjujući pun uticaj životnog ciklusa proizvoda, aktivnosti ili usluga na 20 kategorija uticaja na životnu sredinu.

Na taj način procena životnog ciklusa je tako postala sofisticiran alat za podršku u donošenju odluka koje se mogu koristiti za identifikaciju ekoloških prednosti, ali i nedostataka za proizvode, lance snabdevanja, pružanje usluga, pa tako i za građevinske objekte-zgrade. Standardi koji su uključeni u sve dobre studije o LCA su:

- ISO 14040: 2006 – Upravljanje zaštitom životne sredine – Ocenjivanje životnog ciklusa – Principi i okvir;
- ISO 14044: 2006 – Upravljanje zaštitom životne sredine – Ocenjivanje životnog ciklusa – Zahtevi i smernice.

Prema ISO standardima postoje četiri glavne faze jednog LCA. One su prikazane na Dijagramu 2.1.



Dijagram 2.1. Faze ocene životnog ciklusa, prema ISO 14040: 2006.

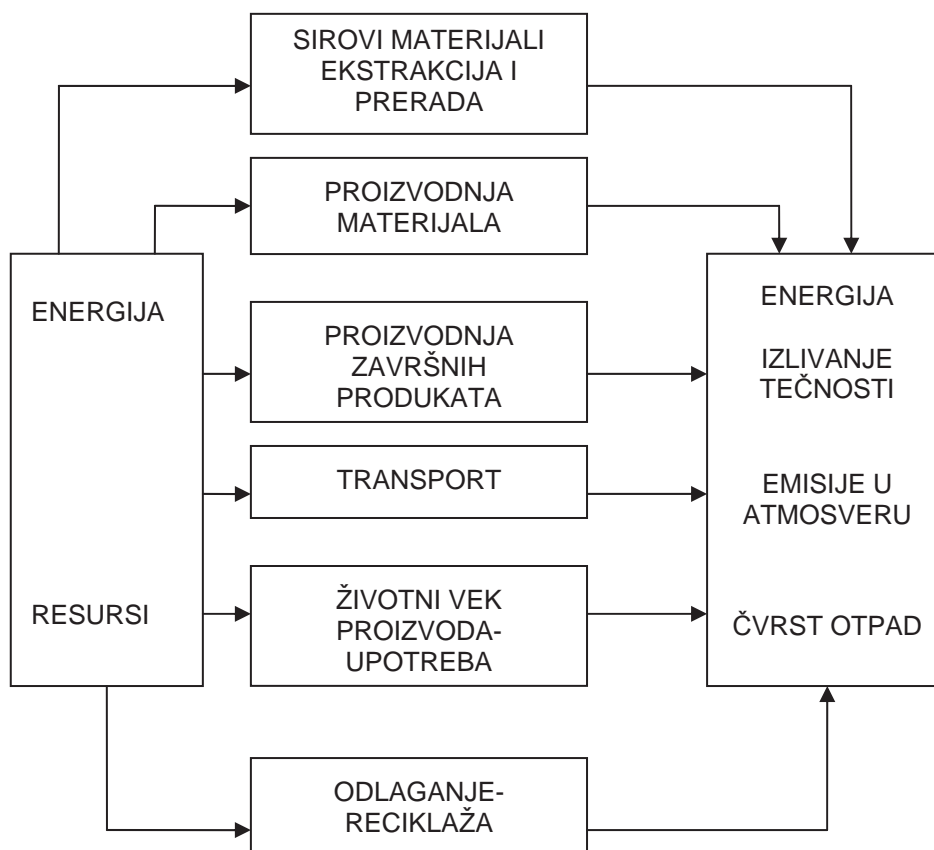
Četiri faze kroz koje se odvija LCA su:

1. Cilj, predmet i područje primene i granice sistema.

Pre početka LCA važno je da se definiše cilj i obim studije. Definišu se pojedinačni elementi studije, ciljevi, obuhvat i granice sistema, kriterijumi za utvrđivanje podataka i inventara koji će biti korišćeni, strategija za sakupljanje podataka i metod obračuna LCA. Izabrana je funkcionalna jedinica koja se analizira, potreban nivo detalja i kategorija uticaja koji se ocenjuju.

2. Analiza inventara – LCI (skr. eng. *Life cycle inventori*).

Kada su određeni cilj, obim i način, pristupa se fazi analize inventara. Potrebno je prikupiti osnovne podatke iz lanca snabdevanja, od strane proizvođača ili izvođača ali je podatke moguće prikupiti i iz literaturnih izvora. Analiza inventara se radi na osnovu potrošnje materijala, korišćene energije i stvaranja otpada. Ti podaci se koriste za izradu sofisticiranog LCA modela. Grafički prikaz koraka analiza inventara prikazan je u Dijagramu 2.2.



Dijagram 2.2. Grafički prikaz koraka Analize inventara (Nikolić Topalović M. 2010)

U fazi analize inventara, softverski alati i baze podataka su neophodni, pošto bi analiza svakog pojedinačnog materijala od eksploatacije sirovina preko ugradnje i korišćenja bila obiman posao i vremenski zahtevan, svaki put kad se vrši analiza LCA. Softverski alati su vezani za baze podataka proizvoda i procesa i oni se u ovoj fazi koriste za dobijanje kompletne analize inventara. Najjednostavniji softverski alati su u formi tabele u koju treba uneti potrebne količine materijala (više o softverskim alatima u poglavlju 2.5.1.).

3. Procena uticaja životnog ciklusa je treći korak metodologije:

Sa prikupljenim podacima i izgrađenim modelom mogu se proizvesti LCA rezultati. Može se analizirati 20 različitih kategorija LCA uticaja, uključujući energiju, toksičnost, eutrofikaciju, acidifikaciju, potrošnju vode, emisije u vodu, tlo i vazduh, opasnost za ljudsko zdravlje, potrošnju neobnovljivih izvora energije itd. Za pomoć u razumevanju uticaja, efekti upotrebe resursa i emisija, generisani su i grupisani u kvantitativno ograničenom broju kategorija koji može biti ponderisan u zavisnosti od značaja. Podacima iz analize inventara se pripisuje odgovarajuća kategorija uticaja koja je definisana u prvoj fazi LCA. Procena uticaja se može

fokusirati na emisije gasova ili mogućnost da se odredi paket uticaja koji najviše odgovara vrednosnom sistemu korisnika.

4. Tumačenje rezultata (zaključci i preporuke):

Tumačenje rezultata LCA analize je ključni izlaz procene životnog ciklusa. Rezultate je potrebno detaljno analizirati da bi se odredio uticaj prisutnih tačaka u ključnim kategorijama uticaja na životnu sredinu. Rezultati se zatim mogu koristiti kao preporuka za poboljšanje proizvoda, usluga ili sistema. U praksi se često ovakvi rezultati koriste za promene u tehnološkim postupcima proizvodnje, poboljšanja tehnoloških postupaka proizvodnje ili traganja za inovacijama koje dovode do novih proizvoda sa manjim uticajem na životnu sredinu a koji se karakterišu kao „ozelenjeni“ ili „zeleni“ materijali.

- Praktična primena znanja dobijenih analizom uticaja životnog ciklusa moguće je doći do stvaranja usaglašene metodologije za uticaj životnog ciklusa (eng. *life cycle impact*) ili uticaj na životnu sredinu (eng. *environmental footprint*) i povećanje primenjenih istraživanja u smislu favorizovanja materijala sa manjim uticajem na životnu sredinu.
- Tržište za proizvode i usluge sa nižim uticajem životnog ciklusa može se podsticati uz primenu etiketiranja i marketinga kojim će biti jasno dat signal potrošačima o karakteristikama proizvoda, što će pomoći kod odabira. Uvođenje podsticaja za ove proizvode.
- Postavljanje minimalnih standarda ekoloških performansi za proizvode kao deo integrisane politike pod Direktivom o Eko-dizajnu.

Da bi teorijske osnove LCA primenili na građevinske objekte-zgrade, neophodno je uraditi ocenu životnog ciklusa što je predmet narednog poglavlja.

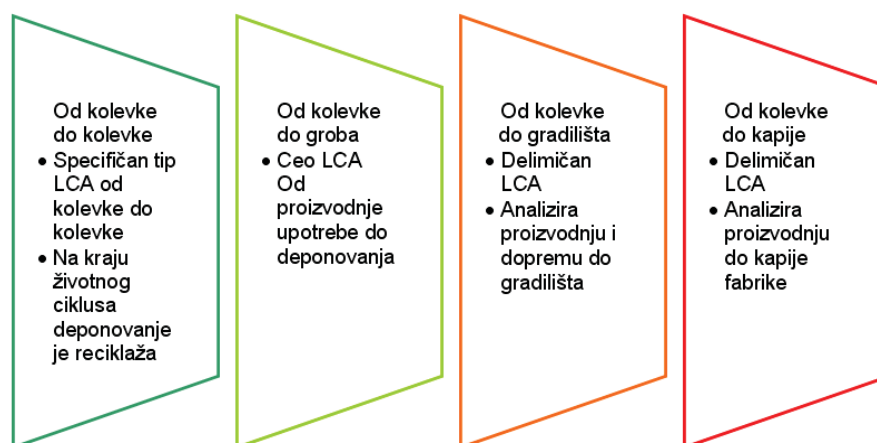
2.1.2. Ocena životnog ciklusa LCA za građevinske objekte

Obzirom da je građevinarstvo u sektoru proizvodnje, i počinje sa proizvodnjom građevinskih materijala, to je prvobitna koncepcija analize životnog ciklusa, zapravo analiza životnog ciklusa proizvodnje građevinskih materijala, počev od eksploatacije sirovina, preko tehnoloških procesa prerade, izrade proizvoda, transporta i ugradnje, odnosno, izgradnje objekta. Iz ove prvobitne primene metodologije LCA proizilaze i različite analize životnog

ciklusa u smislu granica sistema obuhvata. U literaturi su prisutne različite kategorije granica analize životnog ciklusa zgrade. (Bayer et al. 2010). Granice sistema u proučavanju životnog ciklusa zgrade se mogu klasifikovati u četiri grupe (Bayer et al. 2010):

- od klevke do kapije,
- od klevke do gradilišta,
- od klevke do groba,
- od klevke do klevke;

Ova četiri načina analize životnog ciklusa imaju različiti nivo preciznosti, zbog razlike u granicama sistema. Sveobuhvatna analiza je sa granicama „od klevke do klevke“, dok ostale analiza mogu nositi rizike koji proizilaze iz korišćenja delimične analize LCA. U referentnim svetskim studijama je izvršeno rangiranje LCA analiza - Dijagram 2.3. (Bayer et al. 2010: 123). Kao najbolja je rangirana LCA analiza sa granicama „od klevke do klevke“, dok su zatim manje sveobuhvatne „od klevke do groba“, zatim „od klevke do gradilišta“ i kao najmanje tačna analiza ocenjena je ona sa granicama „od klevke do kapije“, delimična LCA koja analizira samo deo životnog ciklusa, a to je proizvodnja građevinskog materijala ili komponenti. Međutim, analiza sa granicama sistema „od klevke do kapije“ može biti u prvoj fazi korisna za identifikovanje komponenti ili materijala koji u procesu proizvodnje i prerade imaju negativne uticaje i selekciju materijala usmeriti u pravcu eliminisanje materijala sa negativnim uticajem u proizvodnji.



Dijagram 2.3. Vrste LCA analiza – od najpovoljnije prema životnoj sredini do analize kojom su samo delimično sagledani uticaji na životnu sredinu (Bayer et al. 2010: 123)

Primena koraka tumačenja ili interpretacije rezultata na životni ciklus analiziranih objekata u istraživanju i poređenje rezultata uz tumačenje mera unapređenja projektovanja ili izvođenja objekta može pomoći u donošenju odluka, u smislu odabira materijala, sistema, snabdevača i slično. Može biti usmerena u pravcu donošenja odluka koje se sa aspekta životne sredine nameću kao prihvatljivije, odnosno, održivije. Komparacije u analizi LCA često uključuju i znanja iz prirodnih nauka, hemije, sociologije, ekonomije i dr. (Rebitzer et al., 2004). Rezultati analiza inventara i LCA se koriste za potvrdu doprinosa koji se može ostvariti u smanjenju uticaja i opterećenja na životnu sredinu od proizvoda ili sistema. Analiza životnog ciklusa može da se uradi za pojedinačni materijal, ili sklop materijala, proizvod, uslugu i objekat, ali i za lanac snabdevanja i dobavljače. Studije koje primenjuju LCA metodologiju životnog ciklusa zgrade ili njenog dela identifikuju tri osnovna metoda: analiza procesa, analiza ulaza i izlaza i hibridna ili aerodinamična analiza.

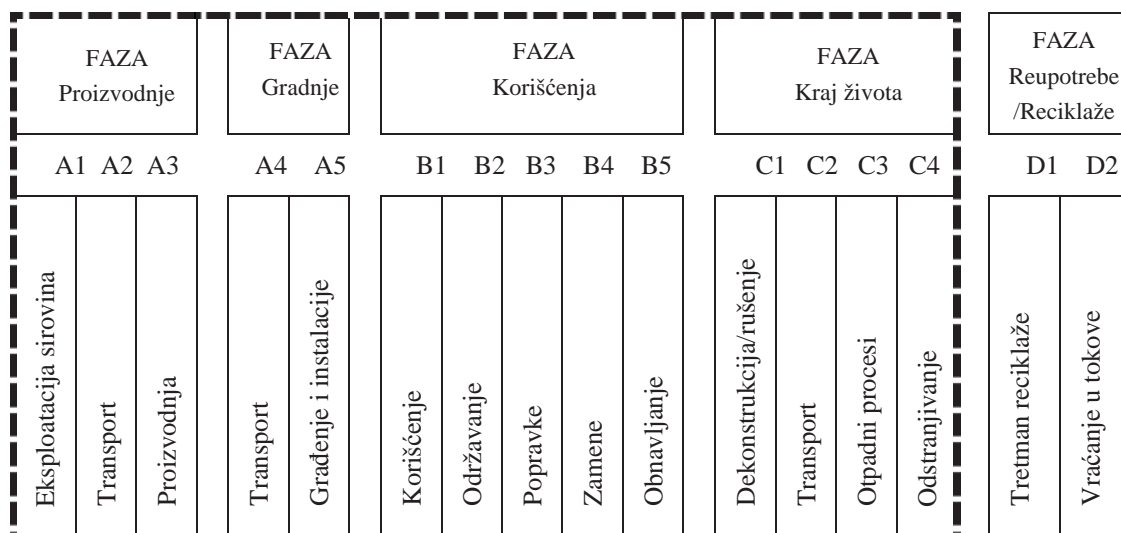
Analiza procesa (LCI) je metod koji je vremenski zahtevan korak LCA metodologije. Ovom analizom se uglavnom prati protok energije i emisija gasova staklene bašte. Pri ovoj analizi se polazi od zgrade kao gotovog proizvoda i analiziraju se komponente koje je čine (građevinski materijali, proizvodi i sistemi) hronološki unazad, pripisujući potrošnju energije i gasove staklene bašte. Pojednostavlјivanjem ovih kompleksnih postupaka i svodjenjem na prosečnu potrošnju u proizvodnim procesima se zanemaruje činjenica da se za različite proizvode koriste različite tehnologije, a i distance kojima se vrši transport nisu iste, pa samim tim ni utrošeno gorivo i emisija GHG zaključuju Voorspools et al. (2000), parafrazira Verbeeck (2007). Analiza inventara se sprovodi detaljnom analizom protoka resursa, emisija i otpada koji nastaje.

Analiza ulaza i izlaza razlaže krajnji proizvod zgradu na sastavne elemente, materijale, proizvode i sisteme. Zatim se komponentama zgrade dodeljuju odgovarajući sektori, drvna industrija, metalska, hemijska, elektro, mašinska, i dr. koje potom pretvara u ekonomske tokove, koji se transformišu u tokove energije i emisije gasova. Nedostaci analize ulaza i izlaza su upotreba prosečnih podataka sektora i prosečnih energija iz nacionalnih statističkih baza podataka.

Hibridna ili aerodinamična analiza primenjuje prednosti analize procesa i analize ulaza i izlaza. Posle razlaganja zgrade na građevinske materijale, proizvode i sisteme sledi primena

analize procesa za proizvode za koje postoje podaci o količini potrošene energije i emisije gasova staklene bašte. Za proizvode za koje nema pouzdanih i preciznih podataka primenjuje se analiza ulaza i izlaza koji se na osnovu statističkih podataka iz različitih sektora transformišu u ekonomske tokove, a oni u tokove energije i emisije GHG.

Metodološki okvir za ocenu životnog ciklusa zgrada (LCA) propisan je Standardom EN 15978: 2011. Životni ciklus zgrade je podeljen na četiri faze, a kao dodatna faza izvan granica sistema je faza (D) reupotrebe i reciklaže. Prema standardu EN 15978: 2011, granice sistema su prikazane u Dijagramu 2.4. Ovo je imalo za posledicu sertifikaciju objekata, razvoj i primenu programa za procenu održivosti objekata. Od 1996. godine od kada su ISO standardi za analizu životnog ciklusa proizvoda i usluga, postavljeni kao model za vredovanje i sertifikovanje, počinju se razvijati programi kojima se može, integralnim pristupom, još u fazi projektovanja nastojati da se količina emisije zagađujućih polutanata svede na minimalnu ili propisima dozvoljenu. Razvijaju se programski paketi kojima se još u fazi izrade projekata može analizirati uticaj objekta kroz analizu životnog ciklusa na životnu sredinu, socijalne i ekonomske aspekte (više o programima u poglavlju 2.5.).



Dijagram 2.4. Granice sistema za ocene životnog ciklusa zgrade, prema EN 15978: 2011

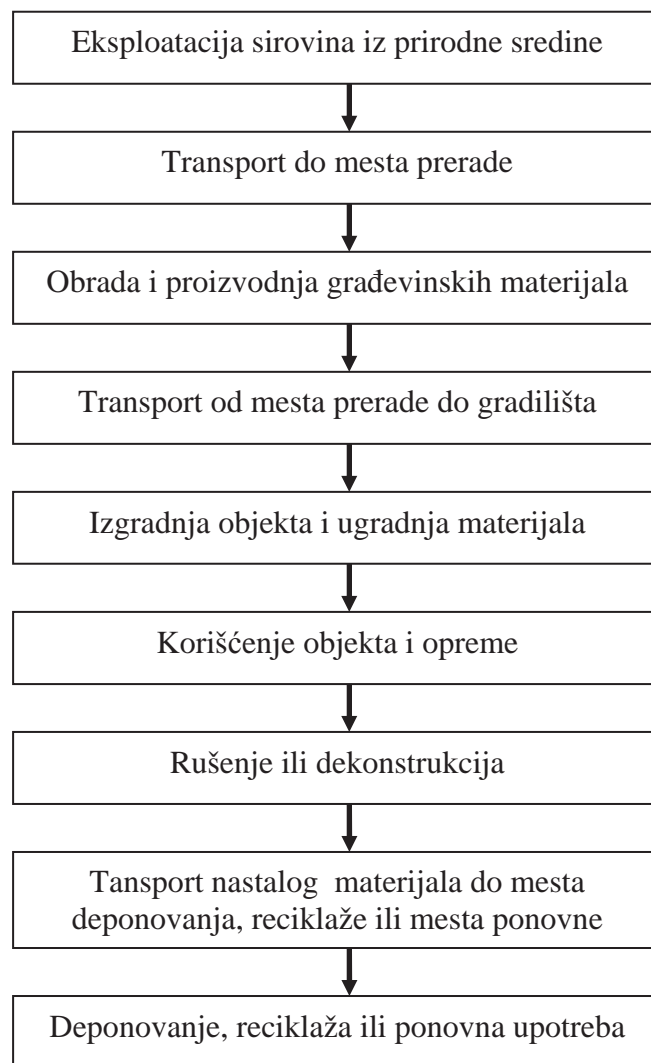
Procena životnog ciklusa (LCA) se trenutno koristi u vrlo ograničenoj meri u građevinskom sektoru iz nekoliko razloga. Među ključnim se navode posedovanje i poznavanje posebnog alata za rukovanje velikim skupom potrebnih podataka što je finansijski zahtevno, a za rad u tim programima potrebno je i obučeno osoblje (Bayer et al., 2010: 123). Međutim,

Malmqvist et al. (2011) zaključuju da rezultati građevinskog LCA mogu biti od značaja za bolju komunikaciju između investitora i projektanta.

Procena životnog ciklusa se koristi za analizu emisija CO₂, što je samo jedan od gasova, mada sa najvećim učešćem, koji se emituje u životnu sredinu, pa je zato analiza emisija CO₂e sveobuhvatna mera uticaja koji materijali i procesi imaju na životnu sredinu. Za bolje sagledavanje uticaja potrebno je analizirati i druge kategorije uticaja. Na primer, LCA analizom se mogu dobiti rezultati za toksičnost, eutrofikaciju, acidaciju, iscrpljivanje vode, iscrpljivanje resursa, stukturu energije koja se koristi u procesima itd. Prisutna je tendencija da se osim emisija CO₂, i potrošnja vode uvrsti kao ključna kategorija za ocenu održivosti projekta. Specifičnosti okruženja za koje se radi projekat mogu imati i neke druge zahteve, pa LCA može biti alat za podršku u donošenju odluka kada su zahtevi specifični. Kad smo uradili ocenu životnog ciklusa LCA za građevinske objekte, neophodno je sagledati faze životnog ciklusa zgrade, a što je predmet narednog poglavlja.

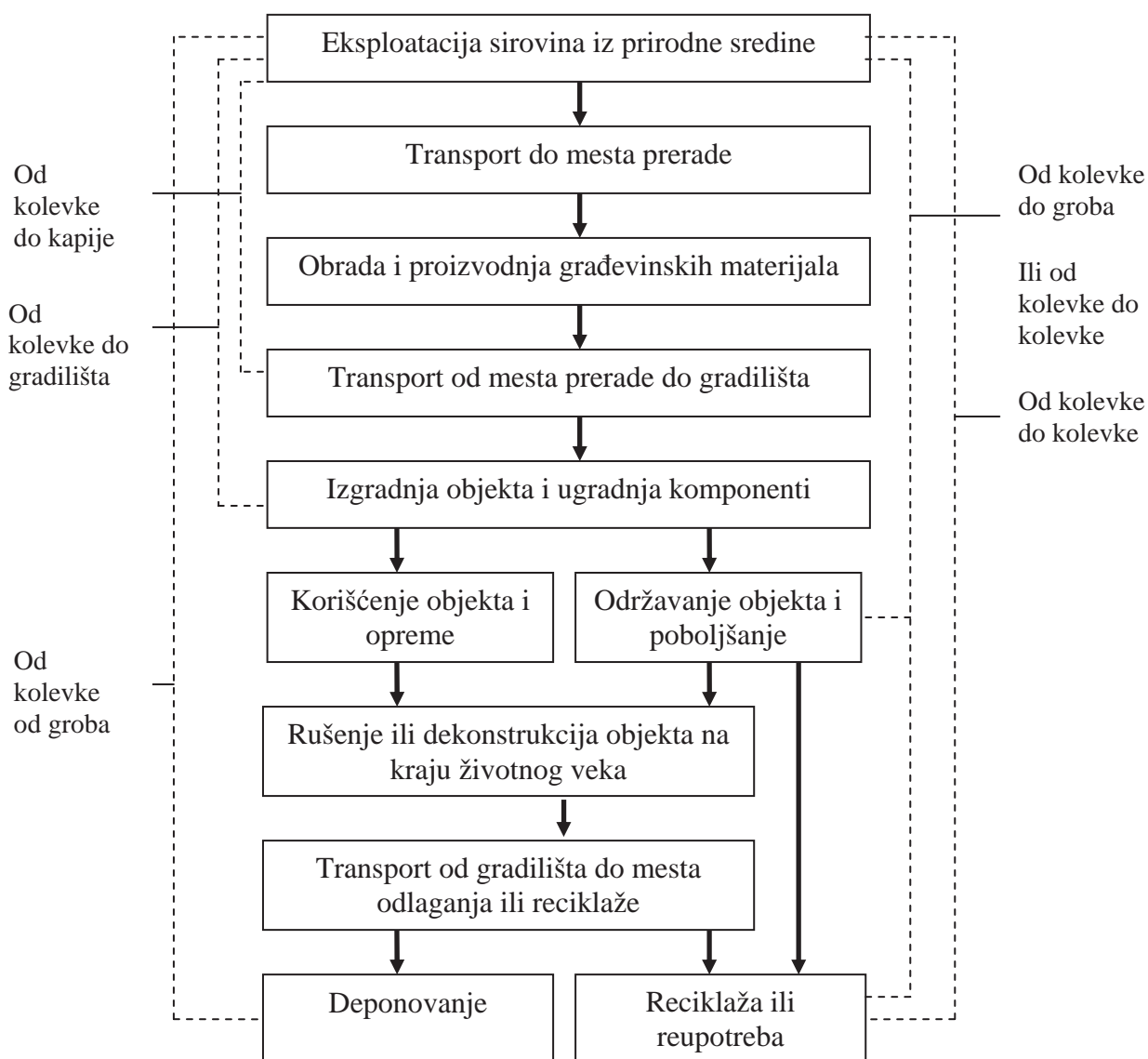
2.1.3. Faze životnog ciklusa objekta

Faze životnog ciklusa zgrade se razlikuju od jedne do druge studije koje su za potrebe doktorata analizirane. U zavisnosti od predmeta istraživanja u naučnim studijama uočava se različiti broj i naziv faza živornog ciklusa (Dixit et al., 2010; Ramersh, Prakash & Shukla, 2010; Citherlet, Defaux, 2007). Građevinaska industrija u svakoj zemlji nosi osobenosti, što se tiče lokalnih metoda gradnje, proizvodnje građevinskih materijala, sistema, ali i lokalnih građevinskih procedura i lokalnih zakona. Životni ciklus zgrade u Srbiji, prema K. Slavković (2016) se može podeliti na faze prikazane u Dijagramu 2.5.



Dijagram 2.5. Faze životnog ciklusa objekta u Srbiji (Slavković, 2016)

Grupisanje faza u životnom ciklusu zgrade je potrebno da bi se pribavili ulazni podaci za istraživanje, a dobijeni rezultati se tako mogu porediti. Primenjeno na životni ciklus zgrade, model grupisanja faza ilustrovan je u Dijagramu 2.6. Kako pojedini građevinski materijali, zbog kraćeg životnog veka od životnog veka objekta, moraju biti zamenjeni, način upravljanja ovim GOM-om (Građevinski otpadni materijali) će analizu LCA usmeriti u pravcu, od kolevke do kolevke ili od kolevke do groba.



Dijagram 2.6. Faze životnog ciklusa i granice sistema za objekat

Metodologija analize životnog ciklusa objekta je u fazi harmonizacije, pa su prisutna odstupanja pri definisanju granica obuhvata sistema, metodologiji potrošnje energije, količini nastalog otpada, minimalnoj količini materijala koji se uključuje u sistem i ulazi u proračun. Kako u Srbiji ova informacija nije dostupna, odnosno, nema baze građevinskih proizvoda, i studija koje su rađene za lokalne građevinske proizvode, to se za analizu emisija i energije uzimaju podaci iz svetskih i evropskih baza podataka (ICE-baza podataka i Ekoinvent). Za građevinske materijale koji se koriste za izgradnju objekata u Srbiji, biće u bazama podataka pronađeni slični materijali i komponente prilikom analize inventara. Prostorne distance za transport materijala od proizvodnih pogona do gradilišta će biti analizirane u odnosu na

distance proizvodnih pogona (kao da su materijali proizvedeni u domaćoj građevinskoj industriji), i transporta koji je u Srbiji uobičajen, a to je drumski prevoz, kamionima, šleperima, izuzetno železnicom.

Ekstakcija sirovina iz prirodne sredine (primarni materijali) – Ekstrakcija sirovina iz prirodne sredine se prevashodno odnosi na eksploataciju prirodnih materijala od kojih se proizvodnim procesima i preradom dobijaju građevinski materijali i komponente. Sa aspekta analize životnog ciklusa u ovoj fazi životnog ciklusa razmatra se količina materijala koja se uzima iz prirode da bi se dobila jedinična količina proizvoda, ali i otpad koji nastaje prilikom ekstrakcije materijala, i energija u različitim oblicima koja se potroši da bi se u narednim fazama prerade prirodnih materijala proizvela jedinična količina gotovog materijala ili komponenti. Emisije gasovitih, tečnih i čvrstih otpadnih materija i energija imaju ključnu ulogu u ovoj fazi. Primena procesa i materijala će biti analizirana kroz poređenje ugljeničnog otiska materijala proizvedenih iz primarnih i recikliranih komponenti i shodno sa tim njihova supstitucija.

Transport sirovina i komponenti zgrade – Transport je faza premeštanja materijala sa jedne lokacije na drugu. Ova faza životnog ciklusa može da obuhvati sledeće faze transporta:

- Transport do mesta prerade,
- Transport od mesta proizvodnje do stovarišta i od stovarišta do gradilišta,
- Transport od objekta do mesta reciklaže ili odlaganja.

Odabir prevoznog sredstva, i način transporta izražava se u inostranim bazama podataka u jedinicama primarne energije po toni isporučenog materijala i kilometru pređenog puta [MJ/(t·km)]. U svojim istraživanjima Pearce, Jonson & Grant (2007) ispituju mogućnost ušteda i smanjenja emisija u fazi transporta uvođenjem platformi koje optimizuju rute.¹

Odabir domaćih materijala, koji se proizvode u lokalnoj industriji, prema LEED² standardima podrazumeva maksimalno rastojanje do proizvodnog pogona 700 km, duže distance transporta su neprihvatljive. Lokalni proizvodi se sa aspekta emisija i energije potrebne za transport smatraju adekvatnijim u odnosu na komponente koje treba dopremiti sa distanci većih od 700 km.

¹ Google Maps, 2015; Mapquest, 2015; Yahoo Maps 2015; Plan Plus, 2014.

² Više o LEED standardima u poglavlju 2.3.1.

Adalberth (1997) tvrdi da je potrošnja energije u fazi transporta za izgradnju porodične kuće od 5 do 10% u odnosu na energiju koja se potroši u fazi proizvodnje. Isti autor (1997a) dolazi do zaključka da je energija za transport, izgradnju i rušenje objekta samo 1% od količine energije koja se potroši u toku životnog ciklusa objekta. Chang (2012) tvrdi da je potrošnja energije za transport 4% od količine energije koja se potroši do početka korišćenja objekta. Nässén et al. (2007) zaključuju da se razlike u proceni potrošene energije u fazi transporta dešavaju zato što su različite granice sistema. Neki od autora zanemaruju transport od mesta eksploatacije do pogona za preradu.

Za istraživanja o emisijama gasova staklene bašte biće korišćen program koji prema distanci i primenjenom sistemu prevoza proračunava emisije gasova staklene bašte. U istraživanju se primenjuje drumski prevoz i prevoz železnicom od domaćih fabrika do gradilišta.

Obrada i proizvodnja građevinskih materijala – Obrada i proizvodnja građevinskih proizvoda i komponenti zgrade obuhvata prečišćavanje i obradu sirovina, postupke proizvodnje, pakovanje i odlaganje za isporuku do faze transporta na mesto ugradnje. Analiza uticaja obuhvata analizu procesa proizvodnje, mašina i alata, pomoćnih objekta za administrativne poslove, organizaciju i nadzor radova, skladištenje u širem smislu i analizu ostale ifrastrukture i suprastrukture, kao i prevoz radnika. Proizvodnja cementa koji se kasnije koristi za proizvodnju betona je odgovorna za 8,6% emisije CO₂ u svetu (Kleijn, 2012). U mnogim zemljama sa razvijenom reciklažnom industrijom, materijali se vraćaju u energetske tokove i procenat povratka komponenti iz otpada dostiže 80% (European Commission, 2011d).

Izgradnja objekta i ugradnja komponenti – Izgradnja objekta i ugradnja komponenti u zgradu obuhvata postupke na građevinskoj parceli od pripreme terena za izgradnju, izgradnje objekta, tehničkog prijema i na kraju početka upotrebe zgrade. Analiza uticaja podrazumeva analizu utrošene energije, emisija u vodu vazduh i tlo, i otpada koji nastaju, kao i načina na koji se upravlja otpadnim materijalima. Za ovu fazu životnog ciklusa objekta se meri i energija koja se potroši za rad mašina i uređaja potrebnih za izgradnju objekta. Ding (2004) istražujući kuću u Danskoj pretpostavlja da faza izgradnje opterećuje sa 5 – 11% u ukupnoj potrošnji energije do trenutka upotrebe. Analiza ulaza i izlaza koja je rađena od strane Nassen et al. (2007) procenjuje da se 6% energije utroši u postupku gradnje objekta u odnosu

na energiju životnog ciklusa zgrada. Thormark (2001) smatra da je njen udeo zanemarljiv u odnosu na energiju životnog ciklusa zgrada.

Korišćenje objekta i ugrađene opreme – Faza korišćenja objekta i opreme se prema Ramersh (2010) ocenjuje kao faza u kojoj se koristi najviše energije i koja shodno tome ima i najveću produkciju CO₂. U ovoj fazi životnog ciklusa je najveća produkcija otpadnih materija koje nastaju kao posledica korišćenja objekta. Životne navike i stil života korisnika objekta u najvećoj meri utiču na produkciju otpada, kako čvrstog, tako tečnog i gasovitog.

Održavanje objekta i poboljšanje svojstava – Faza životnog ciklusa održavanje objekta i poboljšanje njegovih svojstava se može odvijati kroz tri tipa mera: mere za održavanje zgrada, mere za unapređenje energetske svojstava zgrade i mere koje nije moguće predvideti. Oliveira, Silva & Gomes (2013) analizirajući ceo životni ciklus LCA metodologijom nekoliko različitih tipova betonske konstrukcije objekta zaključuju da životni vek konstruktivnog okvira na kraju definiše životni vek i intenzitet održavanja cele zgrade, i to utiče ne samo na ekološke, već i na socijalne i ekonomske performanse.

Mere za održavanje zgrada, kao što su krečenje, zamena materijala za oblaganje, zamena fasadne stolarije i bravarije i dr, predviđaju se na osnovu životnog veka komponenti zgrade i predviđenog životnog veka zgrade. Ugrađeni materijali i komponente, posebno oni koji se nalaze u segmentu završnih radova i instalacija, imaju kraći životni vek od životnog veka objekta, što znači da bi posle tog perioda u redovnom održavanju objekta trebalo pristupiti zameni dotrajalih komponenti. Podaci o životnom veku pojedinih komponenti koje se u fazi projektovanja objekta planiraju mogu znatno opteretiti ili rasteretiti ulaznim i izlaznim inventarom životni ciklus zgrade, dok ona ne stigne do sledeće faze životnog ciklusa a to je rušenje. Podaci o životnom veku pojedinih komponenti zgrade treba da budu sastavni deo tehničkih podataka proizvođača pojedinih komponenti. Drugi izvor podataka za životni vek komponenti su publikovane naučne studije. Thormark (2002) navodi da pojedine državne kompanije gradskih opština koje se bave stambenim sektorom imaju propise kojima se u određenim rokovima pristupa zameni pojedinih komponenti na kraju njihovog životnog veka, a time ceo objekat održava u solidnom stanju do kraja svog životnog ciklusa. U zemljama EU

u kojima je prisutno državno vlasništvo nad stambenim fondom, kao što je to Švedska³ ili Austrija npr. postoji regulativa kojom je definisan životni vek pojedinih građevinskih materijala i komponenti zgrade. Održivo renoviranje je predmet istraživanja (Thuvander et al., 2012). Dostupnost podataka o životnom veku komponenti zgrade je ograničena na mali broj podataka koje se nalaze u publikacijama LCA i LCEA studijama (više o životnom veku zgrada i komponenti u poglavlju 3.1.3.). Ugrađeni materijali i komponente, posebno oni koji se nalaze u segmentu završnih radova i instalacija, imaju kraći životni vek od životnog veka objekta. Na primer, životni vek ugrađene podne obloge je kraći, što znači da bi posle tog perioda u redovnom održavanju trebalo pristupiti zameni te podne obloge. U mere za održavanje zgrada spadaju mere kojima se objekat održava u stanju dobrog boniteta u periodu koji je predviđen kao njegov projektovani životni vek. Samim tim je i produkcija građevinskog otpada veća od predviđene. Thuvander et al. (2012) u istraživanju koje je sproveda grupa naučnika navode da je jedan od ključnih motiva u Švedskoj za pristupanje renoviranju objekata potreba za poboljšanjem nivoa komfora. Meier et al. (2009) ukazuju na vezu između vrednosti nekretnine i lokacije, pa je biznis plan odlučujući faktor.

Mere koje nije moguće predvideti mogu biti uzrokovane sa tri aspekta:

- mere uzrokovane željama korisnika za promenama u objektu, novim potrebama korisnika, ili modnim trendovima,
- mere uzrokovane loše izvedenim radovima, pa je zbog kvaliteta upotrebe objekta neophodno pristupiti zameni materijala ili komponenti,
- neke komponente objekta se moraju zameni zbog novih standarda kvaliteta ustanovljenih novim naučnim istraživanjima, što dovodi do zabrane upotrebe tih materijala, npr. boja na bazi olova i slično. Svaka zamena materijala i opreme ima za posledicu uticaje na životnu sredinu, u smislu, potrebe za novim materijalima, transportu, potrebnih i demontiranih materijala, potrošnji energije, rada radnika, reciklaži ili deponovanju nastalog otpadnog materijala.

Rušenje ili dekonstrukcija objekta na kraju životnog veka – Faza dekonstrukcije ili rušenja je faza kojoj se pristupa na kraju životnog ciklusa objekta. Blengini, Di Carlo (2010) i Sartori,

³ Održivo vlasništvo nad stambenim fondom u Švedskoj se spovodi kroz Swedish Municipal Housing Companies [SMHC]

Hestnes (2007) smatraju da je ova faza životnog ciklusa retko proučavana u sprovedenim studijama. Analiza 73 studije slučaja o potrošnji energije u ovoj fazi životnog ciklusa je pokazala da je potrošnja energije mala u odnosu na ostale faze (Ramersh et al., 2010). Tehnike koje se primenjuju u ovoj fazi i vremenski period trajanja zavisi od:

- konstruktivnog sklopa objekta, ako je on monolitan i relativno komplikovan za rastavljanje biće potrebno više rada i energije, nego kada je konstruktivni sklop od elemenata koji se mogu rastaviti,
- materijala od kojih je objekat izgrađen, sa posebnim akcentom na vezne materijale. Pojedini vezni materijali, kao što su lepkovi onemogućavaju ponovnu upotrebu komponenti. Najbolja varijanta je veza koja je rasklopiva i ponovno sklopiva. U varijanti zidanih zidova od opekarskih proizvoda poželjnija varijanta je zidanje krečnim malterom, jer se on lakše skida sa opeke od cementnog ili produžnog maltera za čije je skidanje potrebno uložiti više rada i vremena, a i mogućnost oštećenja opekarskih proizvoda usled dekonstrukcije je veća,
- raspoložive mehanizacije i alata koji se koriste u fazi rušenja ili demontaže, odnosno, primene mehanizacije koja je upravo konstruisana tako da se komponente mogu demontirati sa što manjim procentom oštećenja. Pojedine komponente, ako se pri rušenju oštete postaju neupotrebljive, tj. postaju otpad,
- mogućnosti ponovne primene demontiranih materijala,
- stepeni edukovanosti radnika koji rade na poslovima rušenja i demontaže, o tehnikama demontaže koje daju najbolje rezultate, i značaju reciklaže.

Od strane Agencije za zaštitu životne sredine Engleske (eng. *Environment Agency-GOV. UK*) ustanovljene su jasne smernice o klasifikaciji otpada⁴ sa smernicama za klasifikaciju otpada i kodiranje (en. *Waste classification code*) poznat kao lista otpada (eng. *List of Waste*) ili srpski naziv dodati - EWC (skr. en. *European Waste Catalogue*). Ove smernice su značajno unapredile procenat ponovne upotrebe GOM-a u Engleskoj.

U Srbiji postoji obaveza izvođača radova da opasan otpad sa gradilišta usmeravaju u posebne tokove otpada, dok za neopasne komponente GOM-a nema obaveze klasifikacije.

⁴ Environment Agency-GOV.UK <https://www.gov.uk/how-to-classifz-different-types-of-waste> (20. 4. 2016).

Transport od objekta do mesta reciklaže ili odlaganja komponenti zgrade – učestvuje u potrošnji energenta i zavisi od vrste transportnog sredstva, kapaciteta, a takođe i od udaljenosti lokacije za deponovanje. Kod reciklaže ili reupotrebe elemenata objekta, prema studijama postoji ograničenje u distanci na 20 km od mesta ugradnje. Za veće distance, potrošnja energije za transport je tolika da je neisplativo transportovati komponente. Primena mobilnih postrojenja za reciklažu je rešenje ili primena većih transportnih vozila za distance do 80 km (Pavlović, 2004).

Deponovanje komponenti zgrade – Deponovanje GOM-a je faza sa značajnim uticajem na životnu sredinu. Deponovanje je opcija kojoj se pribegava samo kada nije moguće na neki od načina ponovo upotrebiti materijale i komponente koje nastaju u fazi rušenja ili u fazi održavanja objekta, zamene postojećih komponenti ili materijala novim. Deponovanjem se iz sistema isključuju sirovine i energija, što nije poželjna opcija. Drugi problem koji nastaje kod deponovanja je uticaj deponovanih komponenti na životnu sredinu. Građevinski materijali i proizvodi koji su korišćeni u nekim epohama mogu imati kao otpadni materijal veoma loše uticaje po životnu sredinu kao što su, olovne cevi, azbest cementne ploče i cevi, elementi sa sadržajem azbesta, elementi zauljeni otpadnim uljima, elementi bojeni sa olovnim bojama, drvo bojeno sa uljanim bojama, baterije sa olovnim ili alkalnim komponentama, neonske, živine ili svetiljke sa užarenim vlaknom, ambalaža od boja i rastvarača sa prisustvom srpski naziv dodati - VOCs (skr. en. *Volatile organic compounds*).

Reciklaža ili ponovna upotreba – Reciklaža ili ponovna upotreba, reupotreba komponenti materijala je od 2015. godine postavljena u fokus ekonomije. Zaokret u poimanju tokova proizvodnje, pa tako i projektovanja i izgradnje zgrada, sa novim načelima „cirkularne ekonomije“ je način na koji se energija i materijali vraćaju u energetske i materijalne tokove. Reciklaža i reupotreba su u okviru EU najvećeg istraživačkog projekta okrenutog ka inovacijama „Horizont 2020“⁵ kojim se u iznosu od skoro 80 biliona evra finansira iz sredstava EU u periodu od 2014. do 2020. Cilj projekta je da se postigne pametan, održiv i sveobuhvatan ekonomski rast. Razvoj novih programa upravljanja i povećanja stope ponovne upotrebe C&B tokova otpada u EU, i uklanjanja prepreka u oblasti upravljanja C&DW

⁵ Horizont 2020, EU projekat, ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/news/horizon-2020-brief-eu-framework-programme-research-innovation

tokovima otpada se sprovodi kroz veliki evropski projekat IRCOW⁶ (CORDIS, 2016) (više o reciklaži u poglavlju 2.2.1.).

Sa aspekta mogućnosti primene materijala i komponenti reciklaža može biti:

- reupotreba, ponovna upotreba za istu ili sličnu namenu,
- reciklaža materijala u zatvorenoj petlji, kada se materijali ili komponente prerađuju i vraćaju u iste proizvode,
- reciklaža materijala u otvorenoj petlji, materijali se koriste za neke druge proizvode (Pavlović, 2004).

Thormark (2001.) objašnjava, na primeru niskoenergetske zgrade u Švedskoj, da je moguće povratiti 37% do 42% od ukupne vrednosti energetske potrošnje zgrade kroz reciklažu ili reupotrebu komponenti, osim energije potrošene tokom njenog korišćenja. Reciklažni potencijal iznosi oko 15% od ukupno potrošene energije tokom predviđenog životnog ciklusa zgrade od 50 godina (Thormark, 2002).

Alat za prevenciju otpada u građevinskom sektoru, razvijen u okviru projekta FP7-projekta „Prema nuli otpada u industrijskim mrežama“ (en. *Towards Zero Waste in industrial Networks*), razvio je nov inovativan pristup i delotvorne strategije za prevenciju otpada. Ovim se emisija gasova staklene bašte mogu smanjiti za 30%, ponovna upotreba i reciklaža dostići 70%, a ušteda u korišćenju pitke vode 75%⁷. Sagorevanje materijala, energetska iskorišćenje je krajnja solucija, mera kojoj se pristupa samo ako nema drugog načina za reciklažu materijala.

Faze životnog ciklusa LCA za građevinske objekte, su usko povezane sa granicama sistema životnog ciklusa, što je predmet narednog poglavlja.

2.1.4. Granice sistema životnog ciklusa objekta

Pre definisanja granica sistema životnog ciklusa potrebno je odrediti *funkcionalnu jedinicu* za koju vršimo procenu životnog ciklusa. Kod stambenih objekata obzirom na složenost procesa koji su uključeni u sve aktivnosti koje se odnose na izgradnju objekata može se analizirati

⁶ IRCOW, EU projekat, Inovativne strategije za oporavak građevinskog otpada od rušenja i visokogradnje, https://cordis.europa.eu/project/rcn/97292_en.html

⁷ Izvor: EU-FP7-project Zero WIN

jedan m² stana, jedna soba, deo stana, cela stambena jedinica, ceo objekat. Određivanje funkcionalne jedinice je takođe povezano i sa različitim mogućnostima programskih paketa i njihovom dostupnošću. Pojedini programski paketi su finansijski zahtevni i nisu otvoreni za širi krug potencijalnih korisnika (više o programskim paketima u poglavlju 2.5.). U nekim slučajevima se zahteva i članstvo u pojedinim organizacijama i licence za procenitelje, LEED, BREEM, DGNB i slično, što podrazumeva i finansijska sredstva za edukaciju, polaganje za sertifikate i godišnje članarine (više o sertifikaciji objekata u poglavlju 2.3.1.).

Za definisanje granica u svim proučavanim studijama „kolevka“ se definiše kao početna granica sistema, mesto odakle se počinje sa eksploataciom sirovina i početkom emisija, najčešće je to zemlja. Koristi se kao početak granice za ugrađeni (eng. *embodied*) ugljenik i LCA procene (Bayer et al., 2010).

Granice bi trebalo da definišu šta je uključeno, a šta isključeno. Inputi koji su uključeni se mogu svrstati u sledeće kategorije:

- osnovni materijali,
- pomoćni materijali i supstance,
- mašine,
- alati,
- kategorije energija, količina po jedinici proizvoda i strukturi,
- transport, udaljenosti i vrsta,
- kategorije uticaja, emisija u spoljašnju sredinu, vazduh, vodu i tlo, sa velikim spektrom različitih uticaja,
- socijalni, kulturološki, aspekti pristupačnosti, zaštite predela i nasleđa, i mnogi drugi.

Definisanje granica sistema je potrebno radi korišćenja podataka iz međunarodnih baza podataka o sirovinama, procesima, ugrađenoj energiji i energiji potrošenoj u proizvodnji i transportu. Najčešće su to granice sistema „od kolevke do kapije“ ili „od kolevke do lokacije“. Takođe je potrebno i zbog definisanja obuhvata procene emisije gasova staklene bašte, potrošnje vode i energije.

U proučavanoj literaturi, sem različitih granica sistema, različito je i grupisanje faza životnog ciklusa (Bayer et al., 2010). Grupisanje faza životnog ciklusa zgrade se primenjuje kao

metodološki pristup u analizi LCA (analiza životnog ciklusa) i LCEA (analiza energije životnog ciklusa) za praćenje protoka resursa, energije, emisija i otpada. Grupisanjem faza se dobijaju rezultati koji se mogu porediti između različitih modela i time je moguće donositi odluke i kreirati sugestije za odabir sistema, sklopova i materijala.

Granice sistema životnog ciklusa zgrade su povezane sa produkcijom ugljenika, pa je životni ciklus ugljenika predmet narednog poglavlja.

2.1.5. Životni ciklus ugljenika

Zaplena ugljenika ili Ugljenik Sekvestracija – Zaplena ugljenika se obično analizira prilikom procene prirodno gajenih materijala, kao što je drvo (Bayer et al., 2010). U procesu rasta drvo apsorbira ugljen-dioksid (CO₂) iz atmosfere (preko fotosinteze) i smešta ugljenik (C) u strukturu drvene biomase. U suvoj drvnoj masi je otprilike 50% ugljenika u odnosu na težinu. Ovo bi moglo da se predstavi kao biogeno skladištenje ugljenika u jednom sadržanoj proceni ugljenika, što je u suštini korist u odnosu na rezultate emisije ugljenika. Međutim, važno je znati da, na kraju životnog veka takvih materijala, sačuvani ugljenik se oslobađa natrag u atmosferu, kroz spaljivanje ili putem raspadanja na deponiji. Zbog toga je reciklaža ili reupotreba drveta u ovoj fazi bolji izbor.

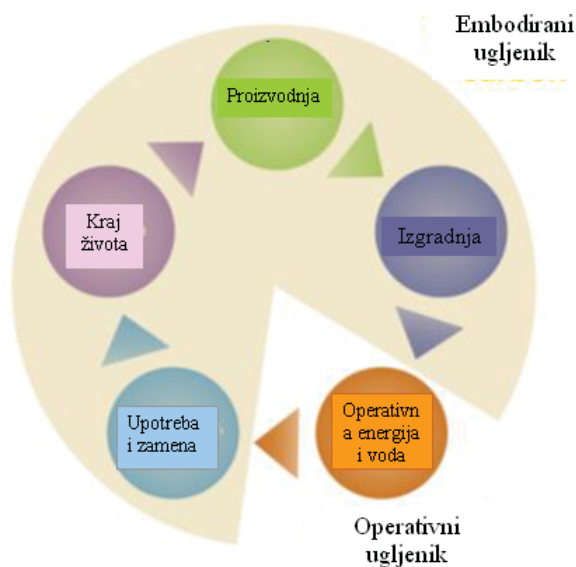
Ugljenični otisak (eng. Carbon footprint) – Ugljenični otisak je mera količine gasa staklene bašte (GHG) u granicama studije. Ugljen-dioksid se često meri u jedinicama kg ili tona CO₂e⁸. Analiza ugljeničnog otiska počinje od klevke i meri oslobađanje emisija GHG tokom lanca snabdevanja ili životnog ciklusa. Kleijn (2012) zaključuje da je proizvodnja cementa, koji se kasnije koristi za proizvodnju betona, odgovorna za 8,6% emisije CO₂ u svetu. Cement i beton su materijali sa značajnom primenom u građevinarstvu.

Analiza ugljeničnog otiska zgrade je metodologija koja se oslanja na principe metodologije za ocenu životnog ciklusa zgrade i ima za cilj utvrđivanje ugrađenog ugljenika (en. *embodied carbon*) u fazi eksploatacije, proizvodnje, izgradnje, rušenja, i operativnog ugljenika (eng. *whole life carbon*). De Wolf (2016) ukazuje da je procena LCA zapravo jedino moguća kroz implementaciju celog životnog ciklusa ugljenika u zgrade.

⁸ CO₂ ekvivalent, jedinica za meru uticaja gasova sa efektom staklene bašte

Procena ugljeničnog otiska (eng. *Carbon footprint assessment*) je alat koji može pomoći za procenu i upravljanje GHG (eng. *Greenhouse gas*). Glavne prednosti proračuna ugljeničnog otiska su u mogućnosti da se dobijeni rezultati mogu usmeriti u pravcu: poboljšanje nivoa brenda (benčmarketing), prodora na nova tržišta za prodaju, povećanje marketinškog potencijala, poboljšanje ekoloških karakteristika proizvoda i okruženja.

Ugljenični otisak objekta (eng. *Carbon footprint*) je sastavljen od ugrađenog ugljenika koji se može definisati kao otisak ugljenika od materijala i proizvodnih procesa i operativnog ugljenika koji nastaje tokom korišćenja objekta, a koji u velikoj meri zavisi od navika korisnika i strukture energije koja se koristi za zadovoljenje komfora i potreba korisnika. Faze životnog ciklusa ugljenika za zgradu se šematski mogu prikazati Dijagramom 2.7.



Dijagram 2.7. Faze životnog ciklusa ugljenika za zgradu⁹ (Izvor: <https://www.ukgbc.org/.../Tackling%20embodied%20carbon%20>.)

Operativni ugljenik je godišnja emisija CO₂, koja se određuje na osnovu vrste energenta koji se koristi za dobijanje potrebne energije potrošene u fazi korišćenja zgrade.

Battle (2014) svojim istraživanjem ukazuje na značaj analize ugljeničnog otiska tokom celog životnog ciklusa. U svojim istraživanjima proučavao je odnos emisija ugrađenog i operativnog ugljeničnog otiska poslovne zgrade *Deloitte* za životni vek od 100 godina (Dijagram 2.8.).

⁹ Izvor: <https://www.ukgbc.org/.../Tackling%20embodied%20carbon%20>. (11.10.2015)

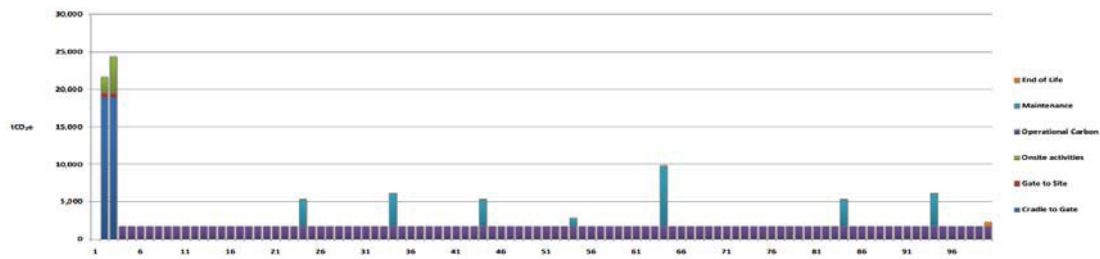


Figure 3 Building Lifetime Emissions (100 years)^x

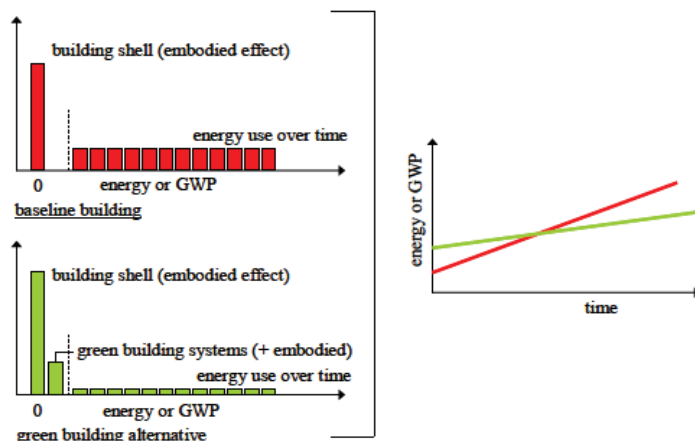
Dijagram 2.8. Ugljenični otisak poslovne zgrade *Deloitte* za životni vek od 100 godina (Battle, 2014)

Rekonstrukcije poslovne zgrade *Deloitte* su rađene u različitim intervalima, prosečno svakih 10 do 15 godina, a prva veća intervencija objekta je rađena 25 godina posle njegove izgradnje. Analizom ugrađenog i operativnog ugljenika zgrade *Deloitte* se rasvetljava značaj ugrađenog CO₂ e, kroz materijale kojima je izgrađen objekat i one kojima se vrše rekonstrukcije i popravke, i njihov odnos prema operativnom CO₂ e. Životni ciklus ugljenika i energija koja se koristi za izgradnju i korištenje zgrade su usko povezani pa je to predmet narednog poglavlja.

2.1.6. Proračun potrebne primarne energije i emisije CO₂

Projektovana potrošnja energije u zgradi se računa za tipičnu meteorološku godinu. Ova energija je „operativna energija“ i komponenta potrebna za analizu ulaza za građevinski LCA. Druga glavna komponenta energije koju troši zgrada je „*ugrađena energija*“, koja dolazi od proizvodnje građevinskih materijala korišćenih za izgradnju i građevinskih faza izgradnje projekta. Potreba da se analizira ugrađena energija postaje važnija kako su preduzete mere za smanjenje operativne energije. Za „net-zero zgrade“, (eng. *zero Building carbon*) većina energetske uticaja će biti ugrađena, energija veća od operativne energije potrebne u fazi eksploatacije objekta. LCA koji uključuje materijale za proizvodnju i fazu izgradnje projekta je osnovno sredstvo za obračun ugrađene energije u zgradu, a preko nje i ugrađenog ugljenika koji je ugrađen u proizvodnju građevinskih materijala i sistema. Bayer et al. (2010) porede ugrađenu i operativnu energiju za dva projekta izgradnje. Zgrada projektovana i građena uobičajenim načinom prikazana u Dijagramu 2.9. (crveni dijagram)

ima u početku manju ugrađenu energiju u odnosu na niskoenergetsku zgradu (zeleni dijagram), ali tokom vremena u periodu korišćenja ova dva dijagrama imaju tačku preseka.



Dijagram 2.9. Proračun ugrađene i operativne energije dve zgrade, klasične - crveni dijagram i niskoenergetske - zeleni dijagram (Bayer et al., 2010: 15)

Zelena zgrada u samom početku uključuje veću količinu ugrađene energije iz sistema što proizilazi iz izolacije visokih performansi, superzaptivenosti i zastakljivanja, fotovoltaižnih sistema, sofisticiranih sistema za grejanje i ventilaciju, sofisticiranih sistemi za rasvetu, automatsko upravljanje i sl. Vremenom, energija ugrađena u izgradnju zelenih zgrada i sistema, postaje manja nego u uobičajenim zgradama, jer uobičajene zgrade troše više operativne energije u fazi eksploatacije. Analiza povraćaja uloženog, može biti sastavni deo analize LCA (Bayer, 2010).

Ukoliko su izvori energije za izgradnju i korišćenje objekata poznati, onda se potrošnja energije može pretvoriti u emisije CO₂ ili CO₂ e, kao potencijal globalnog zagrevanja (GHG).

Korišćenje zgrade (Sharma et al., 2011) je faza u kojoj se najveći deo energije troši u toku životnog veka zgrade. Operativna faza (faza korišćenja objekta) učestvuje sa više od 50% emisija GHG i potrošnjom energije koja je 80% do 85%, što je procenat koji se ne može zanemariti. U zavisnosti od vrste energenta, različite su emisije CO₂ ili CO₂ e. Tako Sharma (2011) zaključuje da postoji potreba za alternativnim načinima izgradnje zgrada za održivu budućnost.

U toku eksploatacije zgrade energija se koristi za:

- grejanje prostora zgrade (prostora u kojima je prema važećoj regulativi potrebno obezbediti propisanu temperaturu u toku zimskih meseci),
- hlađenje prostora zgrade (prostora u kojima je prema važećoj regulativi potrebno obezbediti propisanu temperaturu u toku letnjih meseci),
- ventilaciju prostora zgrade, za koje je potrebno obezbediti takav vid ventilacije,
- pripremu sanitarne tople vode (STV),
- veštačko osvetljenje,
- korišćenje uređaja u domaćinstvu (kućnih aparata), a kod poslovnih objekata sistema koji su neophodni za obavljanje poslovnih aktivnosti.

Prema pravilniku o energetske efikasnosti zgrada („Sl. glasnik RS“, br. 61/2011) potrošnja energije u fazi korišćenja zgrade zavisi od:

- geometrijskih karakteristika zgrade: razuđenosti omotača (kompaktni objekti imaju bolje karakteristike - manje gubitke, manje hladnih mostova i mogućnosti za toplotne gubitke) grejane površine, grejane zapremine zgrade (visine prostorija), odnos punih i transparentnih površina na fasadi, orijentacija objekta, odnosno, transparentnih površina prema stranama sveta, karakteristika spoljne stolarije i kvaliteta njihove ugradnje, položaj prostorija u stanu u odnosu na strane sveta i dr.
- karakteristika omotača zgrade: vrste sklopa omotača zgrade, vrste prozora i vrata i njihovih termičkih svojstava ali i načina ugradnje, senila ili roletne, njihov položaj (spoljašnji ili unutrašnji), vrste primenjenih materijala u toplotnom omotaču (laki, srednje teški i teški sistem gradnje), tehnike gradnje i dr.
- energetske karakteristike sistema i uređaja koji troše energiju, za grejanje, hlađenje, ventilaciju, osvetljenje, ali i uređaja u domaćinstvu (šporeta, bojlera za STV, mašina za veš i sudove kao i malih kućnih aparata i njihovih karakteristika sa aspekta potrošnje energije), odabir energenta koji napaja sisteme sa dominantnom potrošnjom (to je najčešće grejanje i hlađenje objekta).
- uslova okruženja: klimatski uslovi, izloženost vetru, nadmorska visina, zasenčenje od prirodnih ili izgrađenih komponenti u okruženju, tipa i vrste vegetacije (listopadna ili četinarska), mogućnosti korišćenja OIE (u prvom redu drvene biomase za zagrevanje),

možnosti korišćenja prirodnih uslova za instaliranje i korišćenje sistema solarne, geotermalne ili energije vetra, čime je objekat manje zavistan od energije koju treba dovesti spolja u sistem.

broja korisnika prostora (svaki korisnik emituje energiju u unutrašnji prostor što smanjuje potrebnu količinu energije, dobici od ljudi), kao i dužine boravka u prostoru, navika i sklonosti korisnika, načina korišćenja zgrade, postizanja odgovarajućih uslova komfora, učestalosti i vremena korišćenja sistema koji su instalirani u objektu, a koji troše energiju. Energija koja se koristi za izgradnju i korišćenje zgrade se mogu sagledati i kvantifikovati analizom energije životnog ciklusa objekat, što će biti izloženo u narednom poglavlju.

2.1.7. Analiza energije životnog ciklusa objekta

Energija životnog ciklusa – LCE (skr. en. *life cycle energy*) se izračunava na godišnjem nivou, u odnosu na predviđeni životni vek zgrade. Analiza energije životnog ciklusa – LCEA (skr. eng. *life cycle energy analysis*) je metodologija za procenu energije koju zgrada potroši tokom svih faza svog životnog ciklusa. Analiza energije životnog ciklusa je metodologija koja se oslanja na principe metodologije za ocenu životnog ciklusa zgrade i ima za cilj utvrđivanje količine ugrađene energije u objekat i operativne energije potrošene u fazi proizvodnje, eksploataciji i rušenja objekta. Jedan od načina procene LCE može se izračunati primenom sledeće jednačine (Ramesh, Prakash & Shukla, 2010, parafrazirano Slavković, 2016):

$$\mathbf{LCE = EE_i + EE_r + OE + DE}$$

gde je: LCE - energija životnog ciklusa, EE_i - inicijalna ugrađena energija, EE_r - naknadna ugrađena energija, OE - operativna energija i DE - energija rušenja zgrade.

Rezultati dobijeni primenom LCEA metodologije se u publikovanim istraživanjima Brown et al. (2014) i Wallhagen et al. (2016) izražavaju u obliku primarne ili finalne energije. Struktura primarne energije se za svaku zemlju razlikuje. U Srbiji, prema Pravilniku o energetske efikasnosti zgrada („Sl. glasnik RS“, br. 61/2011), primarna energija je energija dobijena iz obnovljivih i neobnovljivih izvora energije. Primarna energija nije pretrpela proces transformacije ili konverzije. Za razliku od primarne energije, finalna energija je energija koja je potrošena za zadovoljavanje svih energetskih potreba pri korišćenju objekta,

za grejanje, hlađenje, ventilaciju, pripremu STV, upotrebu električnih uređaja i osvetljenje, uključujući i gubitke u prenosu i distribuciji energije, energiju termotehničkih sistema i sistema koji proizvode energiju iz obnovljivih izvora energije („Sl. glasnik RS“, br. 61/2011). Potrošnja električne i toplotne energije u Srbiji 2009. godine po sektorima prikazana je u Tabeli 2.1.

Tabela 2.1. Potrošnja finalne energije u Srbiji 2009. godine po sektorima (IEA, 2009)

POTROŠNJA PO SEKTORIMA	Električna energija GWh	Toplotna ener. TJ
Industrija	6526	20972
Transport	256	0
Stambeni objekti	14062	15699
Servisi	5195	4334
Poljoprivreda	214	382
Ukupno	26253	41387

Procenat od 53% finalne energije koji je u Srbiji 2009. godine troši u sektoru stambenih objekata veći je od proseka Evropskih zemalja. Od količine toplotne energije koja je 2009. godine proizvedena u Srbiji, 51% se koristi u sektoru stambenih objekata (IEA, 2009). Ovi pokazatelji o potrošnji primarne energije, finalne i toplotne energije u Srbiji ukazuju na potrebu za merama kako bi se ovi nepovoljni rezultati umanjili, i dale preporuke kako je moguće projektovanjem smanjiti potrebe za energijom, odnosno, produkcijom CO₂. U dosadašnjim nastojanjima da se poveća energetska efikasnost u Srbiji, od usvajanja Pravilnika o energetske efikasnosti zgrada („Sl. glasnik RS“, br. 61/2011) i Metodologije za energetske sertifikaciju objekata koja je sastavni deo pravilnika, sve mere su se odnosile na smanjenje korišćenja energije u fazi eksploatacije objekata (operativne energije), a time i emisije CO₂ i CO₂ e od operativne faze, dok je izostavljen postupak eksploatacije sirovina, proizvodnje i prerade, kao i izgradnje objekata. Energija koja se koristi za izgradnju i korišćenje zgrade i emisija CO₂ koja nastaje iz tih aktivnosti se mogu sagledati analizom emisija CO₂ životnog ciklusa objekta, što će biti izloženo u narednom poglavlju.

2.1.8. Analiza emisije CO₂ životnog ciklusa objekta

Proizvodnja i potrošnja energije u direktnoj je vezi sa produkcijom CO₂ i ostalih gasova staklene bašte. Pokazatelji za proizvodnju i potrošnju energije u 2009. godini, ali i produkciju

CO₂ u regionu prikazani su u Tabeli 2.2. Pokazatelji potrošnje energije po stanovniku u regionu za 2013. godinu, ukazuju na podatak da je u Srbiji zabeležen pad emisije CO₂ po stanovniku, ali da je i dalje ta vrednost najviša u regionu. (IEA, 2013).

Tabela 2.2. Pokazatelji potrošnje energije u regionu za 2009. po stanovniku (IEA, 2009)

	Srbija	Hrvatska	BiH	Makedonija
Stanovništvo	7,44	4,44	3,93	2,04
Proizvodnja energije (Mtoe)	10,56	4,15	3,96	1,45
Uvoz energije	6,48	4,86	1,42	1,32
Ukupno snabdevanje sa primarnom energiom (Mtoe)	17,07	8,96	5,39	2,76
Potrošnja električne energije (GWh)	29,95	16,14	9,01	7,120
Emisija CO ₂ (Mt CO ₂)	53,43	20,70	17,16	8,02
Primarna energija po stanovniku (toe/capita)	2,29	2,02	1,37	1,36
Potrošnja električne energije po stanovniku (KWh/capita)	4,026	3,635	2,295	3,496
Emisija CO ₂ po stanovniku (t CO ₂ /capita)	7,18	4,66	4,37	3,94

Godišnja emisija CO₂ određuje se na osnovu vrste energenta koji se koristi za dobijanje potrebne energije koja se troši u zgradi [kg/m²a], a prema Pravilniku o energetske efikasnosti zgrada u Srbiji („Sl. glasnik RS“, br. 61/2011), jedinične vrednosti emisija CO₂ po energentima su prikazane u Tabeli 2.3.

Tabela 2.3. Specifične emisije CO₂ za pojedine vrste energenata ("Sl. gl. RS", br. 61/2011)

Energent	Po jedinici goriva	Po jedinici energije
zemni gas	1,9 kg / m ³	0,20 kg / kWh
tečni naftni gas	2,9 kg / kg	0,215 kg / kWh
ekstra lako ulje za loženje	2,6 kg / l	0,265 kg / kWh
lako ulje za loženje	3,2 kg / kg	0,28 kg / kWh
daljinska toplote	0,33 kg / kWh	0,33 kg / kWh
električna energija	0,53 kg / kWh	0,53 kg / kWh
smeđi ugalj (domaći)	1,5 kg / kg	0,32 kg / kWh
smeđi ugalj (strani)	1,88 kg / kg	0,40 kg / kWh
lignit (domaći)	1,0 kg / kg	0,33 kg / kWh

Prema proceni (Knudstrup, 2004) globalna potrošnja energije može da se smanji za više od 30% do 2050. godine bez većih promena u navikama potrošača kroz eko – inovacije a time prepolovi jaz između emisija gasova staklene bašte za 450 ppm CO₂ e i ublaži trend rasta klimatskih promena¹⁰. U tom smislu bi analizom životnog ciklusa objekta u fazi

¹⁰ Izvor: EU Resource Efficiency Perspectives in a Global Context: A fast track analysis, <http://ec.europa.eu/environment/enveco/studies.htm> procenjuju

projektovanja i korišćenjem materijala, i tehnika gradnje, bilo moguće identifikovati kritične tačke u životnom ciklusu objekta i predložiti moguće uštede u emisijama GHG.

Nezavisno istraživanje koje je sproveo Arup Research & Development (2015) uzimajući u obzir predviđanja stručnjaka za klimatske promene, pokazuje da zidane kuće imaju toplotnu masu što omogućava smanjenje potrebe za klimatizacijom. Korišćenjem termalne mase za hvatanje solarnih dobitaka, mogu se takođe ostvariti uštede, čime se smanjuje potrošnja goriva u zimskom periodu za grejanje. Ove uštede mogu nadoknaditi nešto veću količinu ugrađenog CO₂ u zidanoj kući za samo 11 godina i na kraju dovesti do najniže emisije CO₂ u celom životnom ciklusu zgrade (Whole-life Carbon and Buildings, 2016).

Sturgis (2017) tvrdi da će istraživanja ugrađenog i operativnog ugljenika promeniti način na koji se zgrade projektuju. Isti autor zapaža da struka još uvek nije razumela i sagledala značaj emisije ugljenika povezane sa izgradnjom i životom zgrada. Ušteda u korišćenju energije u operativnoj fazi objekta je prepoznata kao jedan od zadataka na kome su inženjeri angažovani, ali energija iz materijala je tako veliki problem o kome nema dovoljno istraživanja, a ni svesti. Arhitekte imaju priliku preuzeti vođstvo u redefiniranju principa za projektovanje niskougljeničnih zgrada. Sturgis (2017) dalje ukazuje da arhitekte mogu postati ključni faktor za projektovanje niskougljeničnih zgrada i doprineti inovacijama u ovoj oblasti.

Sabki et al. (2017) u svojim istraživanjima tvrde da Malezija godišnje može smanjiti za 4,72 miliona tona CO₂-e, ako cela građevinska industrija usvoji IBS sistem izgradnje.¹¹ Studija je pokazala da 90% emisija povezanih sa ovim metodama izgradnje potiče od proizvodnje materijala. Istraživanje je sprovedeno na porodičnoj kući i ostvarena ušteda u emisijama CO₂ od 33,72 t, što predstavlja smanjenje ukupnih emisija od 26,27% korišćenjem alternativnog načina izgradnje.

Istraživanja koja su sproveli Guggemos i Horvath (2005) i Goggins (2010) analizirajući procentualno učešće ugrađenog ugljenika u čeličnoj armaturi i betonskom materijalu iznose podatke da je za čelik to 71,61%, i beton 27,27% u konvencionalnom sistemu, a u IBS sistemu ugrađeni ugljenik u čeličnoj armaturi i betonskom materijalu je 54,90% i 42,72%. Niži ugrađeni ugljenik u čeličnoj armaturi IBS sistema je moguć zbog procesa proizvodnje i

¹¹ IBS, Lokalni sistem gradnje u kome se proizvode prefabrikovani AB elementi konstrukcije

kontrole kvaliteta (Goggins, 2010). Ovo istraživanje je značajno za donošenje odluka u kom pravcu treba razvijati građevinsku industriju kako bi se na nacionalnom i globalnom nivou smanjio ugljenični otisak.

Različita stanovišta sa kojih se meri uticaj izgradnje objekta na životnu sredinu tokom životnog ciklusa objekta, bilo da se meri utrošena energija, otpadni materijali (čvrsti, tečni ili gasoviti, uticaji GHG) zajednički se mogu iskazati kao ugljenični otisak. U nastojanju da se ublaže uticaji iz građevinskog sektora na životnu sredinu prisutni su različiti načini i pristupi u projektovanju i izgradnji objekata. Pojedini pristupi su zasnovani na studijama i multidisciplinarnim naučnim istraživanjima uočenih problema. Sa druge strane, postoje i značajni pokušaji korišćenja tradicionalnih ali zaboravljenih načina gradnje sa komponentama prisutnim u okruženju. Između ove dve krajnosti je čitav niz prelaznih i kombinovanih pogleda i stavova koji su ideje vodilje za arhitekte danas. U tom smislu je bitno sledeće poglavlje u kome se razmatraju svetska iskustva i trendovi u ovoj oblasti.

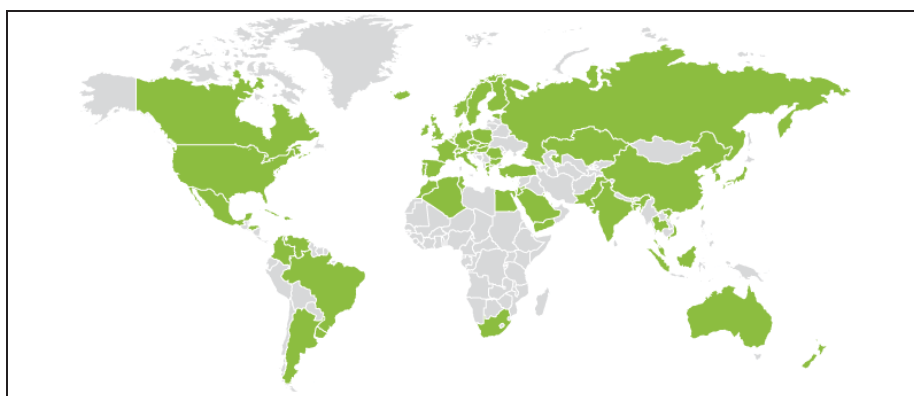
2.2. SVETSKA ISKUSTVA I TRENDVI U IZGRADNJI OBJEKATA

Šezdesetih godina dvadesetog veka počinje da se budi svest o potrebi očuvanja životne sredine. Ova nastojanja su proizašla ne samo iz činjenice da se eksploatacijom sirovina degradira životna sredine, zagađuje voda, vazduh i zemljište, već i zbog toga što su mineralni materijali postali teže dostupni, a njihova eksploatacija energetski zahtevnija.

U Evropi i Americi su radi podsticanja reciklaže osnovana udruženja prerađivača reciklažnih materijala koja finansiraju istraživanja u oblasti tehnologije prerade i primene reciklažnih materijala. U početku se istraživalo u pravcu iznalaženja načina da se postojeći materijali prerade. Industrija građevinskih materijala se danas orijentiše ka istraživanjima baziranim na iznalaženju materijala koji se mogu proizvesti od reciklažnih sirovina, ali i materijala koji se u celosti, 100% mogu reciklirati. Sa aspekta primene građevinskih materijala koji se koriste u postupku gradnje objekata bitno je da se materijali od kojih se objekti grade mogu reciklirati u što većem procentu. Danas smo svedoci takozvane *urbane reciklaže* i *urbanog rudarstva* kao modela u okviru koga se građevinarstvo na svetskom nivou planira. Sve je prisutniji

koncept cirkularne ekologije i cirkularne ekonomije, direktno naslonjen na primeni principa vraćanja u energetske i resursne tokove. Današnje stanje u građevinarstvu, na svetskom nivou, u velikom procentu se bazira na zameni postojećeg građevinskog fonda, rušenju dotrajalih objekata, u varijanti kada ti objekti nemaju kulturne ili istorijske vrednosti, rekonstrukciji postojećeg građevinskog fonda i prilagođavanju novim propisima i standardima ili zameni građevinskog fonda sa objektima koji treba da zadovolje nove standarde, energetske efikasnim, opremljenim savremenim instalacijama koje treba da zadovolje narasle potrebe korisnika, ili pak rekonstrukciji postojećih objekata koji su građeni po starim standardima i materijalima, koji su tada bili prihvatljivi prema propisima a koji su danas prevaziđeni, u smislu instalacija, termike, namene i slično. Ekonomska i energetska kriza su nametnule nove zahteve pred projektante objekata, proizvođače građevinskih materijala i izvođače. U Americi je izgradnja novih objekata odložena do daljnjeg, a građevinarstvo se preorjentalisalo na rekonstrukciju objekata koji nisu energetske efikasni, na primer zamena staklenih fasada novim fasadama koje će biti prihvatljivije sa stanovišta energetske efikasnosti i uštede energije, za zagrevanje i hlađenje objekata, zamene instalacija i uređaja koji su energetske neefikasni sa novim uređajima sa višim stepenom energetskog iskorišćenja, instalaciju sistema pasivnih ili aktivnih za zahvat sunčeve energije, energije vetra ili geotermalne energije. Osim zamene fasade česta je pojava da se izvode radovi na „utopljavanju“ već postojećih objekata, pojačavanju termo izolacije, zameni fasadne stolarije sa novim elementima prozora i vrata, poboljšava način ugradnje fasadnih elemenata, ugrađuju prozori i vrata koji su zastakljeni trostrukim niskoemisionim staklom prema novim termičkim proračunima toplotnih gubitaka objekta.

Internacionalna organizacija BIR (Internacionalno udruženje reciklera) (skr. en. *Bureau of International Recycling*), je samo jedna od organizacija sakupljača i prerađivača reciklažnih materijala u svetu. Članice ove organizacije su nacionalne organizacije zemalja prikazanih na Slici 2.1.






Slika 2.1. Zemlje članice BIR (Izvor: <http://www.bir.org>)

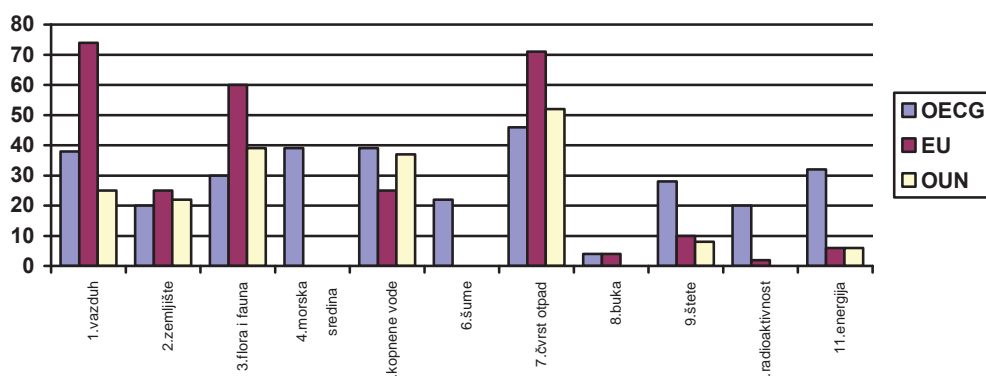
Međunarodna trgovina reciklažnim materijalima je sve značajnija. Ova asocijacija nastoji da se na globalnom nivou vrši razmena i trgovina reciklažnim materijalima. Proizvođači roba i materijala dužni su da poštuju standarde koji postoje za kvalitete materijala i proizvoda, kao i one koji su ustanovljeni za materijale proizvedene od novih sirovina. Sa industrijskog aspekta materijali koji se najviše recikliraju su materijali koji se koriste u velikim količinama, kao što su metali, na prvom mestu čelik i aluminijum, zatim ostali obojeni metali, bakar, olovo, cink u manjoj meri, a od nemetala plastika, staklo i papir. Organski otpad i proizvodnja komposta je takođe vrlo primenjivan metod reciklaže organske frakcije otpada.

Proizvodnja metala se sve više bazira na preradi reciklažnih materijala. Čelik, aluminijum, bakar i mesing su samo neki od metala koji u postupku izrade imaju u izvesnom procentu zastupljene materijale koji su reciklirani iz sekundarnih sirovina. U tom smislu je ustanovljena obaveza obeležavanja proizvoda određenim znakom kojim se daje do znanja potrošačima da li je proizvod moguće reciklirati i da li se u samom proizvodu u postupku izrade koristi reciklirani materijal i u kom procentu (Tabela 2.4). Obeležavanje materijala, kao proizvoda koji u postupku izrade koriste manje primarnih sirovina, a pri tome i štede energiju potrebnu za proizvodne procese, kod budućih korisnika koji imaju svest o potrebi očuvanja životne sredine može biti faktor za odabir upravo tog proizvoda, a ne nekog drugog koji je prisutan na tržištu materijala ili proizvoda.

Tabela 2.4. Način obeležavanja proizvoda sa aspekta reciklabilnosti i primene reciklažnih materijala (Izvor: Nikolić Topalović, 2010)

NAČIN OZNAČAVANJA PROIZVODA		
Oznaka	Na proizvodima	
		Proizvod koji se može reciklirati
		Proizvod sa učešćem recikliranog materijala u procentu koji se prikazuje brojem

Prilikom izbora građevinskog materijala sa stanovišta zaštite životne sredine treba posmatrati moguće uticaje i posledice primene na životnu sredinu u svim fazama životnog ciklusa građevinskog materijala. Od momenta uzimanja iz prirode, proizvodnje, eksploatacije, pa do njegove reciklaže po isteku veka trajanja. Indikatori tih uticaja su mnogobrojni. Broj indikatora u zemljama članicama EU je različit, propisan je nacionalnim propisima i predstavljen je u Dijagramu 2.10.



Dijagram 2.10. Indikatpори stanja životne sredine prema ljubičasta polja - OECD, bordo polja - EU i svetla polja - OUN (Izvor: Milašin, 1995: 58)

Ustanovljen je čitav niz indikatora stanja zivotne sredine koji su značajni pokazatelji i smernice u kom pravcu treba da se usmeravaju tehnologije proizvodnje i prerade materijala. Procena je da je 2002 godine u Americi reciklirano 64% čelika i gvožđa. Čelik koji se danas koristi u građevinarstvu može biti proizveden i iz recikliranih konzervi (BIR, 2008). Čelik je daleko najviše reciklirani materijal u svetu. Ukupna proizvodnje čelika u 2008 dostigla je 1,3 milijarde tona, od čega je preko 500 miliona tona iz otpadnog materijala (BIR, 2008). Najčešći izvor sirovina je iz industrijskih procesa, ili su to iskorišćeni proizvodi, na kraju životnog ciklusa, kao što su kontejneri, vozila, bela tehnika, industrijske mašine i građevinski materijal. Čelik je idealan za reciklažu jer ne gubi svoja fizička svojstva tokom procesa

reciklaže, a proces se može ponoviti beskonačni broj puta. Ostali metali koji su na visokoj lestvici po količini recikliranih komponenti su: aluminijum, bakar, cink, olovo, nikl, kalaj, titan, molibden i plemeniti metali, legure mesing i bronza. Svi metali se mogu reciklirati, izuzev ako je njihova reciklaža neisplativa. U poređenju sa ekstrakcijom rude, korišćenje sekundarnih metala značajno smanjuje CO₂ emisiju, štedi energije, vode i emisija u vazduh. Zato je potrebno razmotriti ekološke aspekte primene recikliranih materijala, a to je urađeno u narednom poglavlju.

2.2.1. Ekološki aspekti primene recikliranih materijala

U cilju dobijanja relevantnih pokazatelja kako metoda upravljanja otpadnim materijalima utiče na životnu sredinu, od strane asocijacije WRAP (skr. eng. *Waste & Resources Action Programme*) je naručen veliki međunarodni istraživački projekat sa Tehničkim Univerzitetom u Danskoj (IPU) i Danskim Centrom za otpad (skr. eng. *Danish Topic Centre on Waste*). Projekat je sagledao istraživanja koja su rađena u 55 naučno istraživačkih studija širom sveta, u Severnoj Americi, Evropi i Aziji. Danski tim stručnjaka je analizirao životni ciklus proizvoda (LCA). Namera je bila da se sprovede sveobuhvatna međunarodna revizija postojećih analiza životnog ciklusa (LCA) projekata koji su koristili ISO standard metodologije za procenu uticaja na životnu sredinu i upravljanja ključnim materijalima na različite načine kroz: reciklažu, spaljivanje ili deponovanje. Studije su rađene za sledeće materijale: papir i karton, straklo, čelik, aluminijum, plastiku, drvo i agregat. U Tabeli 2.5. su date opcije upravljanja otpadom u svim pregledanim scenarijima. Svaka od pregledanih studija je poređenje između dve ili više opcija za upravljanje otpadom. Istraživanje je pokazalo postojanje međuzavisnosti između sistema upravljanja otpadom i energetskog sistema u okruženju tehnospfere, uključujući:

- vrstu energije koja se koristi za proizvodnju repromaterijala,
- vrstu energije koja se koristi za proizvodnju,
- tip procesa reciklaže koji se primenjuje.

Tabela 2.5. Opcije upravljanja otpadom u svim pregledanim scenarijima
(Izvor: MBE WRAP, 2006)

Materijal	Reciklaža ili insineracija			Reciklaža i deponovanje		
	Reciklaža	Insineracija	Nema preferenci	Reciklaža	Deponovanje	Nema preferenci
Papir	22	6	9	12	0	1
Staklo	8	0	1	14	2	0
Plastika	32	8	2	15	0	0
Aluminijum	10	1	0	7	0	0
Čelik	8	1	0	11	0	0
Drvo						
Agregat				6	0	0
Ukupno	80	36	12	65	2	1

Cilj komparativne analize LCA je bio da prikaže ekološke posledice izbora jedne alternative nad drugom. Najbolji rezultati su postignuti kod korišćenja energenata koji emituju manju emisiju gasova staklene bašte. Od 188 slučajeva koji su analizirani, njih 83% favorizuju reciklažu nad deponovanjem ili spaljivanjem (MBE WRAP, 2006). Od uticaja na životnu sredinu u razmatranje su uključeni: korišćenje energije, resursi, potencijal globalnog zagrevanja, drugi energetske uticaji u vezi toksičnosti, otpada i drugih uticaja (kao što je korišćenje zemljišta i biodiverziteta). Rezultati većine studija pokazuju da recikliranje ima manje negativnih uticaja na životnu sredinu u odnosu na druge opcije za upravljanje otpadom. Da bi se istražile relativne ekološke prednosti celog životnog ciklusa materijala poređeni su scenariji sa različitim opcijama za upravljanje otpadom. Reciklaža je u svim studijama pokazala uštedu u emisiji gasova staklene bašte u ekvivalentnim tonama CO₂e po toni čelika, aluminijuma, stakla, papira i kartona koji se proizvodi reciklažom umesto proizvodnje od primarnih sirovina. Insineracija drvenog otpada je poređena sa deponovanjem, i rezultati su pokazali da je insineracija u prednosti u odnosu na deponovanje. Studije koje bi poredile reciklažu drvenog otpada sa insineracijom nisu rađene u ovom istraživanju. Reciklaža agregata je sa aspekta gasova staklene bašte prihvatljivija od deponovanja (MBE WRAP, 2008). Rezultati većine studija pokazuju da se recikliranjem proizvodi više koristi za životnu sredinu i imaju manje uticaj na životnu sredinu u odnosu na druge opcije za upravljanje otpadom.

Istraživanje sprovedeno u Velikoj Britaniji rađeno za papir/karton, staklo, plastiku, aluminijum i čelik, pokazalo je da se recikliranjem tih materijala sačuvalo između 10-15 miliona evra tona CO₂ ekvivalenata godišnje u poređenju sa deponovanjem tih materijala na

deponije ili spaljivanjem istih materijala u spaljivaonicama radi proizvodnje energije. To je ekvivalent za oko 10% godišnje emisije CO₂ iz transportnog sektora, ili jednako smanjenje oko 3,5 miliona automobila sa puteva Velike Britanije (Georgeson, 2006).

Praktičnom primenom znanja dobijenih analizom uticaja životnog ciklusa moguće je doći do stvaranja usaglašene metodologije za uticaj životnog ciklusa LCI ili uticaj na životnu sredinu i povećanje primenjenih istraživanja (European Commission, 2011d), u smislu favorizovanja materijala sa manjim uticajem na životnu sredinu, uvođenje podsticaja za te proizvode i postavljanje minimalnih standarda ekoloških performansi za proizvode kao deo integrisane politike pod Direktivom o eko-dizajnu (Directive 2003/32/EC on the Eco-Design of Energy-using Products – EuP Council of May 2003, Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009). Novi poslovni modeli za proizvode koji promovišu recikliranje mogu plasirati odgovornost proizvođača za proizvode na kraju životnog ciklusa, preuzimanje i vraćanje u energetske tokove.

Istraživanje objavljeno 2008. godine od strane BIR, govori u prilog koristi po životnu sredinu od reciklaže i uštedi u emisiji CO₂, predstavljeno je u Tabeli 2.6. Poređenje je dato u odnosu na proces proizvodnje materijala u celosti od primarnih sirovina i proizvodnju uz primenu recikliranih materijala.

Tabela 2.6. Ušteda u količini CO₂ reciklažom (BIR, 2008)

UŠTEDA RECIKLAŽOM U PRODUKCIJI CO ₂	%
Aluminijum	>92%
Bakar	>65%
Fero	>58%
Papir	>18%
Nikl	>90%
Cink	>76%
Olovo	>99%
Kalaj	>99%

Čelik koji se proizvodi od recikliranih sirovina koristi 74% manje energije, 90% manje novih sirovina (rude) materijala i 40% manje vode, ona takođe proizvodi 76% manje zagađuje vodu, 86% manje zagađuje vazduha i 97% manje otpada iz postupka eksploatacije ruda (BIR, 2008).

Za proizvodnju stakla se koristi energija ne samo za transport i eksploataciju sirovina koje treba dovesti do fabrike za proizvodnju stakla već i energija za postizanje temperature do

koje je potrebno zagrijati bazične sirovine između 1400⁰C i 1700⁰C. Studije koje su rađene 2002. godine (Parfitt, 2002) u Velikoj Britaniji, ukazuju na činjenicu, da je samo u industriji za proizvodnju stakla potrošeno 8611.000.000 KWh energije uključujući električnu energiju, a emisija ugljen dioksida iznosila je 1,8 miliona tona, od fosilnih goriva koja su izgorela u fabrikama za proizvodnju stakla.

Papir i karton su materijali koji se takođe nalaze na visokom mestu po količini godišnje recikliranog materijala u svetskoj industriji reciklaže. Reciklažom papira i kartona dobijaju se proizvodi koji se primenjuju u građevinarstvu kao termo izolacioni materijali, ili kao obloge za gips karton ploče.

Studija rađena 1995. u Nemačkoj se bavi korišćenjem fosilnih goriva (nafta, prirodni gas, ugalj) za proizvodnju materijala i sa potencijalom da se smanji ulaz fosilnih resursa i fosilnih emisija CO₂. Umesto prirodnih sirovina analizirala se primena recikliranih materijala i ponovo korišćenje proizvoda, mada se ti proizvodi samo 10% plasiraju na tržištu Nemačke, a 90% izvoze (Patel et al., 2000). Detaljna analiza se izvodi kako bi se utvrdilo u kojoj meri energije koju troši i emisije CO₂ oslobođena iz sistema može biti smanjena. Ukupne potencijalne uštede vezane za korišćenje otpadne biomase i upotrebu se procenjuje na 220 PJ i bruto konačne energije i 14 Mt (10⁶ tona) bruto fosilnih CO₂. Ovo je ekvivalentno 13% uštede energije i 24% smanjenje emisije CO₂. Dakle, potencijal se može porediti sa štednjom kroz poboljšanje energetske efikasnosti (Patel et al., 2000).

Mogućnosti reciklaže iskorišćenih pneumatika su višestruke. Finije strukture recikliranih komponenti se dodaju u postupku proizvodnje hidroizolacionih materijala, puteva, sportskih terena i dečijih igrališta.

Reciklažom plastike se proizvode kanalizacione cevi, sistemi za drenažu, šahtovi, vodovodne cevi, ambalaža, alati, podne obloge, tepisi, zavese, roletne, tkanine za proizvodnju odevnih i dekorativnih materijala, vlakna za alate, geotekstili, mrežice za građevinarstvo, folije za građevinarstvo, hidroizolacioni materijali, netkani tekstili za hidroizolacione materijale, polipropilenska vlakna za građevinarstvo, karbonska vlakna za građevinarstvo, i još čitav niz proizvoda koji se u Evropskoj i svetskoj reciklažnoj industriji iz dana u dan povećava i već su nadmašile ostale industrijske grane. Materijali koji se proizvode reciklažom moraju zadovoljiti međunarodne standarde kvaliteta kako bi njihova upotreba bila dozvoljena. Zato

nije retkost da se u svetu reciklabilni materijali koriste u manjoj ili većoj meri za gradnju objekata.

Ima puno slučajeva objekata za čiju je gradnju korišćen neki ambalažni otpad bez neke prerade već kao takav upotrebljen, kao na Slici 2.2. Objekt je sagrađen od staklenih flaša i maltera proizvedenog od cementa i otpadnog papira.



Slika 2.2. Jedna od kuća sagrađena od staklene ambalaže i maltera koji se spravlja od cementa i starog papira (Izvor: <http://www.greenhomebuilding.com>.)¹²

Materijali su reciklirani jednostavnim metodom po principu „kućne radinosti“ i od njih su izgrađeni objekti, kao što je prikazano na Slici 2.3. Prikazana je gradnja kuće elementima sušenim na suncu. Ovi blokovi su proizvedeni od starog papira i gline. Paralelno u Arizoni i Teksasu se intenzivno radi na dobijanju sertifikata za ovaj materijal koji ima više naziva u zavisnosti od toga koji materijal je matrica. Ako je cement, on se naziva *Papercrete*, a sa matricom gline je *Adobe* ili *Padobe*, *Fidobe*, što su komercijalni nazivi proizvoda.



Slika 2.3. Gradnja kuće elementima sušenim na suncu spravljenim mešavinom papira i gline, malter je od papira i cementa (Izvor: <http://www.greenhomebuilding.com>.)¹³

¹² Izvor: <http://www.greenhomebuilding.com>. (10.12.2013)

¹³ Izvor: <http://www.greenhomebuilding.com>. (10.12.2013)

Od jednostavnih objekata koji su izgrađeni širom sveta do objekata koji su savremenog dizajna, materijali su undustrijski reciklirani i izrađeni proizvodi za potrebe gradnje, primenjeni i u eneterijeru i u eksterijeru, kao na slici 2.4. Objekti su u celosti izgrađeni od recikliranih materijala, počev od konstruktivnih elemenata, preko fasade, krova i unutrašnje obrade, podova, zidova.



Slika 2.4. Objekti izgrađeni u potpunosti od recikliranih materijala (Izvor: <http://www.greenhomebuilding.com>)¹⁴

Kuća od recikliranog plastičnog otpada (Slika 2.5.), proizvodi firme iz Velsa *Affresol*, montira se za samo nedelju dana, a namenjena je za socijalno stanovanje. Materijal od koga je izgrađena je recikliran. Kuća je napravljena od 18 tona reciklirane plastike, TPR¹⁵. Ovaj patentirani građevinski materijal TPR je negoriv, otporan na vlagu i postojan. Procenjuje se da je njegov životni vek najmanje 60 godina. Objekat je prema BREEM standardu vrednovan sa 5 zvezdica. Najbolje vrednovan je objekat sa šest zvezdica.



Slika 2.5. Objekat izgrađen u potpunosti od recikliranih materijala (Izvor:<http://www.affresol.com>)¹⁶

¹⁴ Izvor: <http://www.greenhomebuilding.com>. (10.12.2013)

¹⁵ TPR (skr. en. *Thermal Poly Rock*) reciklirana plastika (termoplastična guma, kombinacija polimera koji imaju termoplastične karakteristike)hipoalergenska, netoksična i ne sadrži ftalate

¹⁶ Izvor: <http://www.affresol.com> (20.5.2013)

Primeri visoko tehnološki obrađenih proizvoda koji su sofisticirani i predstavljaju veliki korak napred u energetske efikasnosti objekata i iskorišćenju energije sunca i vetra, podražavajući prirodne oblike prikazani su na Slici 2.6.



Slika 2.6. Objekti kojima je fasada “solarni brešljan“ izrađena od recikliranih materijala, čelika i plastike (Izvor: Preston Koerner; Green Tech.)¹⁷

Ova dva objekta su proizvedena kombinacijom primarnih i recikliranih materijala. Fasada je izrađena u potpunosti od recikliranih komponenti i zapravo je sofisticirana kombinacija fotovoltačnih ćelija proizvedenih od reciklirane plastike koje sem solarne energije koriste i energiju vetra, „solarni brešljan“ je postavljen na podkonstrukcija od 100% recikliranog čelika.

Italijanski arhitekta *Alessio Batisstella* svoju održivu arhitekturu realizovao je u nekoliko različitih objekata na različitim lokacijama. Za svoje projekte koristi lokalnu radnu snagu i materijale, zemlju, drvo, klimatske uslove maksimalno koristi za snabdevanje energijom objekata koje projektuje. Istovremeno ti objekti imaju još jednu socijalnu crtu održivosti - obezbeđuju prostor za boravak i školovanje dece u Gazi (Slika 2.7.).

¹⁷ Izvor: Preston Koerner; Green Tech, SMIT GROW Solar and Wind Facades, March 4, 2008 (20.05.2013)



Slika 2.7. Dečiji centar NASSER u Gazi, arhitekta *Alessio Batisstella*¹⁸ (Izvor: EKO KUĆA, br 25, 2017:45)

Širom sveta se organizuju sajmovi na kojima se nove „zelene tehnologije“ u gradnji objekta i primeni materija prezentuju stručnoj i široj javnosti. Na sajmu Zelene gradnje u Šangaju EXPO 2010, Italijanski i Švedski paviljon izgrađeni su od recikliranih materijala. Italijanski paviljon kreiran za sajam u Šangaju 2010. godine (Slika 2.8.) izazvao je veliku pažnju. To je prva zgrada napravljena korišćenjem materijala „i.light“ koji je kreirala kompanija „Italcementi Group“ postupkom reciklaže. Za potrebe ovog projekta iskorišćeno je više od 3.700 betonskih panela koji pokrivaju 1.887 kvadratnih metara. Kako se spoljašnja svetlost menja tokom dana, tako i unutrašnjost zgrade prima različite tonove.



Slika 2.8. Italijanski paviljon u Šangaju EXPO 2010¹⁹ (Izvor: Izvor: decorinportal.com; <https://www.tportal.hr/>)

¹⁸Izvor: EKO KUĆA br 25, specijalno izdanje Kongres: Održiva arhitektura i energetska efikasnost 2017:45)

Providni beton na Italijanskom paviljonu, staklena fasada kombinovana sa energetski efikasnim sistemima za grejanje i hlađenje privukli su veliku pažnju. Italijanski paviljon je na EXPO 2015. u Milanu sagrađen od betona koji prečišćava vazduh (Slika 2.9.).



Slika 2.9. Italijanski paviljon na EXPO 2015. u Milanu, izgrađen od betona koji prečišćava vazduh (Izvor: decorinportal.com; <https://www.tportal.hr/>)

Istraživanja koja se sprovode u oblasti reciklaže su angažovala veliki broj naučnika. Prema izveštaju koji je objavila BIR (2008) obrt članica ove internacionalne asocijacije koja broji oko 700 članova širom sveta, izdvojeno je za istraživanja u oblasti reciklaže 10%. Osim toga, mnoge firme širom sveta ulažu značajna sredstva za iznalaženje novih tehnologija i materijala.

Građevinski materijali imaju u svom životnom ciklusu različit vek trajanja. Neki su u tom smislu nedostupni pet godina, a drugi i šezdeset-sedamdeset godina. Tehnologije proizvodnje novih materijala su usmerene u pravcu mogućnosti reciklaže materijala i to je jedna od bitnih stavki za sertifikate novih proizvoda i njihovu primenu. Internacionalna i nacionalna sertifikaciona tela propisuju standarde koje materijali treba da zadovolje, počev od eksploatacije sirovina, preko transporta, proizvodnje, ugradnje, upotrebe, uticaja na životnu sredinu i ljude, reciklaže i ponovne proizvodnje. Procenat recikliranih komponenti u proizvodu i reciklabilnost su, sa aspekta održivosti, neophodne pri proceni održivosti i sticanju sertifikata kojim se dokazuju svojstva tzv. zelenih materijala, pa tako i segment koji je bitan u proceni održivosti arhitekture.

¹⁹ Izvor: decorinportal.com; <https://www.tportal.hr/.../miliijunski-paviljoni-buducnosti-u-sa>, http://www.designed.rs/news/expo_2010 (20.5.2013)

2.3. ODRŽIVA ARHITEKTURA I METODOLOGIJA PROCENE ODRŽIVOSTI

Glen Murkut kaže: „Govorim o očuvanju materijala, o zaštiti okoline, brizi o starim velikim šumama i razumevanju kako pronaći održivu arhitekturu. Zato dodirnite zemlju Vašom arhitekturom lagano, poput otiska stopala“ (Murkut, 2017: 17).

Pojam održivosti nastao je sedamdesetih godina prošlog veka posle prve velike energetske krize i predstavlja složenu isprepletanu vezu između ekološke, ekonomske i socijalne sigurnosti (Kosorić, 2008:11).

“Proces izgradnje arhitektonske celine značajan je čin, koji od postanka civilizacije uključuje i specijalizovane osobe – graditelje“ (Stanković, 2012: 207). „Na graditelju je da te složene isprepletane odnose uskladi. Graditelj ima obavezu da na human i održiv način rešava potrebe ljudi u arhitektonskom zdanju i javnom prostoru“ (Stanković, 2012: 151).

Princip ili paradigma održivog razvoja dostigla je svetsku slavu 1987. godine kada je Brundtland komisija formulisala široko prihvaćenu definiciju održivog razvoja u izveštaju Naša zajednička budućnost. Prema ovom izveštaju pojam održivog razvoja je „razvoj koji obezbeđuje zadovoljenje potreba današnjice bez ugrožavanja mogućnosti budućih generacija da zadovolje svoje sopstvene potrebe“ (Brundtland Report, 1987: 8). Na konferenciji Ujedinjenih nacija za zaštitu životne sredine i razvoj UNCED (skr. eng. *United Nations Conference for Environment and Development*) u Rio de Žaneiru 1992. usvojena je deklaracija i Agenda 21. koja postaje prekretnica u definisanju i primeni načela održivog razvoja, sa 27 prioriternih domena delovanja (Maksin, 2011). Agenda je značajna jer propisuje metodologiju za praćenje napretka u primeni, ali i donošenju odluka na globalnom i lokalnom nivou. U tom slislu je bitan član 40. Agende 21 kojim se iskazuje potreba za razvojem urbanih indikatora za praćenje napretka. U skladu sa Agendom 21 gradovi su u obavezi da donesu svoje lokalne agende, što je široko prihvaćeno (Rodrigez Lopez, Fernandez Sanchez, 2009). U Johanezburgu je 2002. usvojen Plan implementacije donetih zaključaka i obaveze koje potpisnici treba da preduzmu. Primenom pojma „održivi razvoj“ na građevinarstvo razvija se pojam „održivo graditeljstvo“. Zaključeno je da je građevinarstvo značajan sektor koji se mora uključiti u sprovođenje mera za smanjenje

emisija, jer je građevinarstvo najveći industrijski sektor po potrošnji resursa (27 European Construction Tehnology Platform, 2005)²⁰.

Grad, javna zgrada i kuća zajedno sačinjavaju jedan celovit ambijent. Ovaj ambijent je uvek u odnosu s onim već datim, to jest sa prirodom koja u našem kontekstu označava predeo sa svim njegovim kako opštim, tako i posebnim obeležjima. Stanovanje, prema tome, znači i prijateljevanje sa prirodnom sredinom. Snalaženje u prostoru i poistovećenje ostvaruju se preko organizovanog prostora i izgrađenog oblika, to jest preko arhitekture (Norberg-Schulz, 1984).

Održivo graditeljstvo tj. arhitektura je (Kosorić, 2008) pokret koji teži da stvori energetske efikasne zgrade, prijateljski naklonjene prema okruženju, uz efikasnu upotrebu prirodnih resursa. Ovo načelo povlači za sobom promenu u konceptu upotrebe građevinskih materijala i odnosa objekta prema okruženju, raspoloživim resursima na lokaciji i njenoj okolini. U tom nastojanju da se odgovori na zahteve koji su postavljeni pred graditeljstvo, arhitektae kao kreatori, projektanti nastoje da pronađu različite načine da kroz projektovanje smanje uticaje. Novi pristup projektovanju objekata sa minimiziranjem korišćenja resursa, objekte i instalacije koji će sa svojom opremom i instalacijama imati manje potrebe za energijom i materijalima, a sa druge strane korisnicima pruža visok komfor i zadovolj njihove zahteve u smislu uslova boravka, socijalnih i ekonomskih kriterijuma. Prema Stankoviću (2012) projektno rešenje mora da sagleda ceo životni ciklus arhitektonskog dela.

Kosorić (2008) u održivo graditeljstvo uključuje celoviti životni ciklus zgrade, uzimajući u obzir kvalitet okruženja, kvalitet funkcije i budućih vrednosti. Održiva arhitektura tako u literaturnim izvodima ima različite nazive: zelena, ekološka, prirodna, bioklimatska, energetske efikasna, solarna, niskoenergetska, envajementalna, a zavisno od toga kakav je pristup definisanja pojma održivosti (Knudstrup, 2004). Novonastala situacija na globalnom energetske i ekološkom planu direktno utiče na promene zahteva samog tržišta (Kosorić, 2008). Principi održivog graditeljstva definisani od strane OECD-a su:

- Efikasno raspolaganje resursima, neobnovljivim ali i obnovljivim je uočeno kao značajan problem. Posebno se ističe korišćenje vode i proizvodnja otpada. Više od

²⁰ 27European Construction Tehnology Platform (2005), *MATERIALS, Vision 2030 & Strategic Resarsh Agebda, Focus Area Materials. Version 1*, <http://www.ectp.org.20.1.2013>.

50% odluka koje su donesene se odnosi na prečišćavanje vode, komunalne i tehnološke²¹. Uočen je povećan pritisak na šumske resurse u smislu povećanja upotrebe drveta pa su u tom smislu donete odluke koje se odnose na održivo upravljanje šimskim fondom (Rio de Žaneiro, 1992), što je potvrđeno i konferenciji u Johanesburgu 2002. Druge međunarodne inicijative su ministarske konferencije za zaštitu šuma u Evropi (Strazbur, 1990; Helsinki, 1993; Lisabon, 1998), što je dovelo do Pan-evropskih kriterijuma i indikatora za održivo gazdovanje šumama. Iz Montreala je potekla inicijativa za proces za održivi razvoj Severne i Boreal šume, kao i UN forum o šumama (OECD, 2004);

- Energetska efikasnost, što uključuje smanjenje gasova sa efektom staklene bašte i emisije CO₂. Procena ekoloških performansi je usko vezana sa energetsom efikasnosti, i udelom obnovljivih izvora energije, počev od Konvencije o Klimatskim promenama iz 1992. godine;
- Prevencija zagađenja (što uključuje kvalitet unutrašnjeg vazduha i umanjenje buke);
- Usklađivanje sa okruženjem što podrazumeva procenjivanje uslova i mogućnosti lokacije;
- Potpun i sitemski pristup koji uključuje sistem za upravljanje okruženjem.

U tom smislu su u Srbiji usvojeni sledeći zakoni, pravilnici i strategije:

- Zakon o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu („Sl. gl. RS“, br. 135/2004);
- Pravilnik o graničnim vrednostima, metodama merenja imisije, kriterijumima uspostavljanja mernih mesta i evidenciji podataka („Sl. gl. RS“, br. 54/92 i 30/99);
- Nacionalna strategija održivog razvoja Republike Srbije („Sl. gl. RS“, br. 101/2007);
- Strategija prostornog razvoja Republike Srbije za period 2009-2013-2020. godine („Sl. gl. RS“, br. 18/2009);
- Nacionalne strategije za uključivanje Republike Srbije u mehanizam čistog razvoja u okviru Kjoto protokola za sektore upravljanja otpadom, poljoprivrede i šumarstva („Sl. gl. RS“, br. 8/2010).

Održivi pristup u okviru projektovanja, prema Kosorić (2008), može se posmatrati kroz sledeće stavove:

²¹ Izvor: <http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/31558547.pdf> 2004

- rušiti i iznova graditi samo ako nije ekonomično ili praktično ponovo koristiti, adaptirati ili zadržati postojeću konstrukciju,
- smajiti potrebu za transportom tokom rušenja, rekonstrukcije i izgradnje, kao i strogo kontrolisati sve aktivnosti u cilju smanjenja buke, prašine, vibracija, zagađenja i otpada,
- maksimalno koristiti lokaciju, mikroklimu, dominantne vetrove i klimatske uslove, potencijale za korišćenje sunčeve energije; obezbediti funkcionisanje javnog saobraćaja, kao i adekvatno tretiranje okolnih zgrada,
- projektovanje zgrada treba da bude usmereno ka minimalizaciji cene transporta i njenih uticaja na okruženje tokom veka trajanja čineći lakšim održavanje, kao i ka objedinjavanju tehnika i tehnologija u cilju očuvanja energije, vode, i umanjenja emisija ka tlu, vodi i vazduhu,
- kad god je moguće potrebno je koristiti tehnike konstrukcije koje su nasleđene na lokaciji, učeći od lokalne tradicije u pogledu materijala i projektovanja,
- stavljanje funkcije zgrade i unutrašnjeg komfora ispred bilo kakvog izveštaja koji se tiče vlasnika ili projektanta. Ovo čini građevinu sigurnom, fleksibilnom i prilagodljivom za korisnike,
- izgradnja odgovarajućeg kvaliteta i trajanja postiže se kvalitetnim građevinskim materijalima, posebno u segmentu završne obrade, kao i postupka ugradnje primenjenih materijala,
- izbegavati upotrebu materijala od neobnovljivih resursa ili onih koji ne mogu biti ponovo korišćeni ili reciklirani, naročito u konstrukcijama kratkog životnog veka.

Ugroženost zdravlja ljudi zbog uticaja koji postoje u zgradama je takođe bitna. Prosečno vreme u toku dana koje korisnici prostora provedu u zatvorenom prostoru je 70% (Kosorić, 2008). Iz toga proizilazi da je čovek više izložen unutrašnjim uslovima koji postoje u prostoru u kome boravi pa je potrebno u svakoj fazi projektovanja razmišljati o kvalitetu življenja u zgradama i energiji koju zgrada troši u cilju postizanja komfora u najširem smislu. U tom smislu se poseban akcenat pridaje zdravom unutrašnjem okruženju bez emisija štetnih materija po zdravlje posebno na isparljiva organska jedinjenja - VOCs (skr. en. Volatile organic compounds).

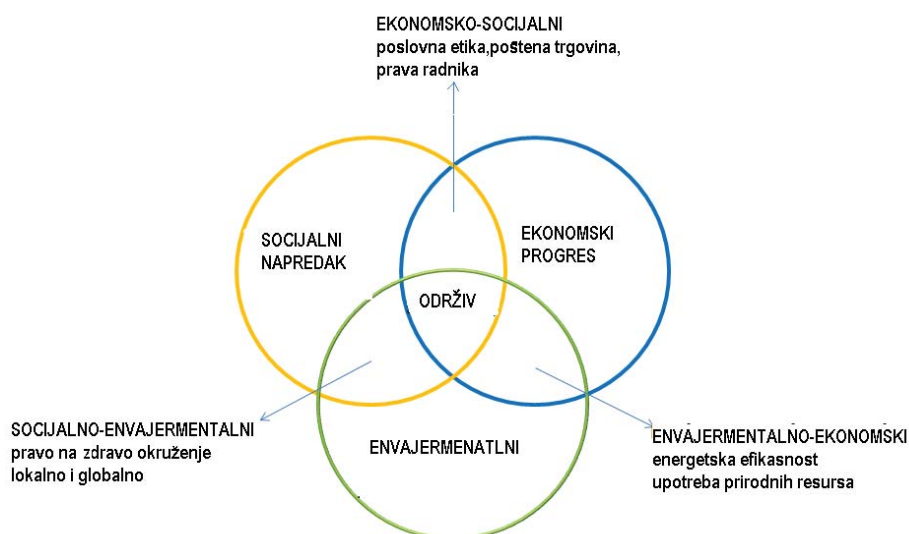
U konceptu održive arhitekture bitan segment čini projektovanje okruženja što se može posmatrati kroz sledeće principe:

- energetska efikasnost radi smanjenja potrošnje energije u zgradama, nikako ne na račun komfora, primena metoda i sistema koji za osvetljenje, hlađenje, ventilaciju i grejanje koriste proizvode koji su sa velikim stepenom iskorišćenja i malim gubicima, efikasni i štedljivi.
- primena ekološki povoljnih materijala u projektima, materijala koji minimiziraju degradaciju životne sredine. Materijali i proizvodi će se birati na osnovu njihovih uticaja na životnu sredinu pri proizvodnji, montaži, korišćenju i na kraju životnog ciklusa;
- oblikovanje prema principima okruženja, mere će se primeniti radi dovođenja u vezu sa onim što je duh mesta, ali i klimatskim uslovima regiona, mere radi revitalizacije i poboljšanja ekološke situacije na lokaciji. Formiranje zgrade tako da postoji sklad između korisnika i prirode; mogućnost reciklaže i energetske efikasnosti.

Dobar projekat treba da predvidi mere radi efikasnosti, dugovečnosti, elegantne veze između korisne površine, komunikacije, oblika zgrade, sistema instalacije i građevinske tehnologije. Treba da poseduje simboličke veze sa odgovarajućom istorijom, zemljištem i duhovnim principima koji kroz fazu projektovana treba da se istraže. U isto vreme zgrada treba da bude dobro izgrađena, laka za korišćenje i da poseduje odgovarajuće estetske kvalitete.

Ova načela su dovela do šireg poimanja samog procesa projektovanja i njegove multidisciplinarnosti i usvajanja koncepta integralnog projektovanja. Integralno projektovanje je pristup koji podrazumeva sveukupno objedinjavanje arhitektonskog, građevinskog, mašinskog i energetskog aspekta, ali su u postupku integralnog projektovanja znanja i veštine kojima su urbanisti, prostorni planeri, saobraćajni inženjeri, inženjeri zaštite od požara i hortikulture, često potrebni kako bi se postigli principi održivog graditeljstva. Integralno projektovanje uključuje međusobnu saradnju tokom različitih projektantskih procesa. Harmonija između prirode i izgrađenog prostora je neophodan uslov održivosti. Prema Bokalders i Block (2010) postoje tri stuba održivosti: zaštita životne sredine,

ekonomski ras i socijalni progres (Dijagram 2.11.). Zona preklapanje sva tri stuba je ona uska zona održivosti.

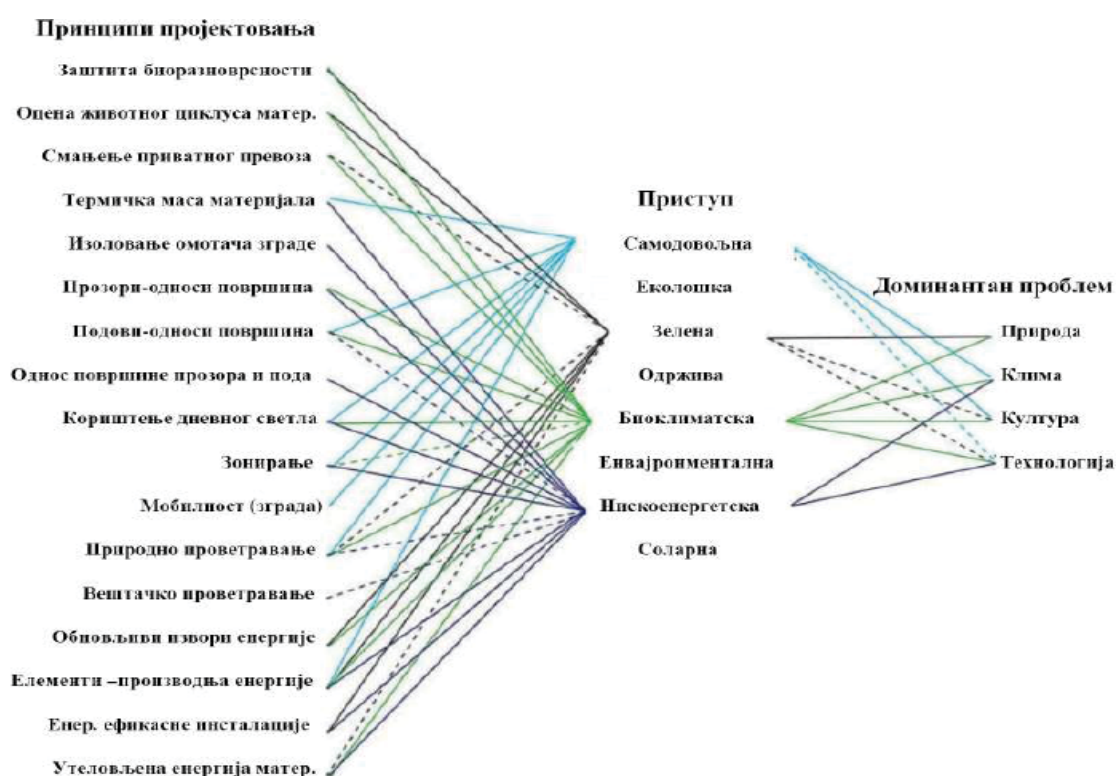


Dijagram 2.11. Tri stuba održive arhitekture i njihovo preklapanje (Bokarders, Block, 2010)

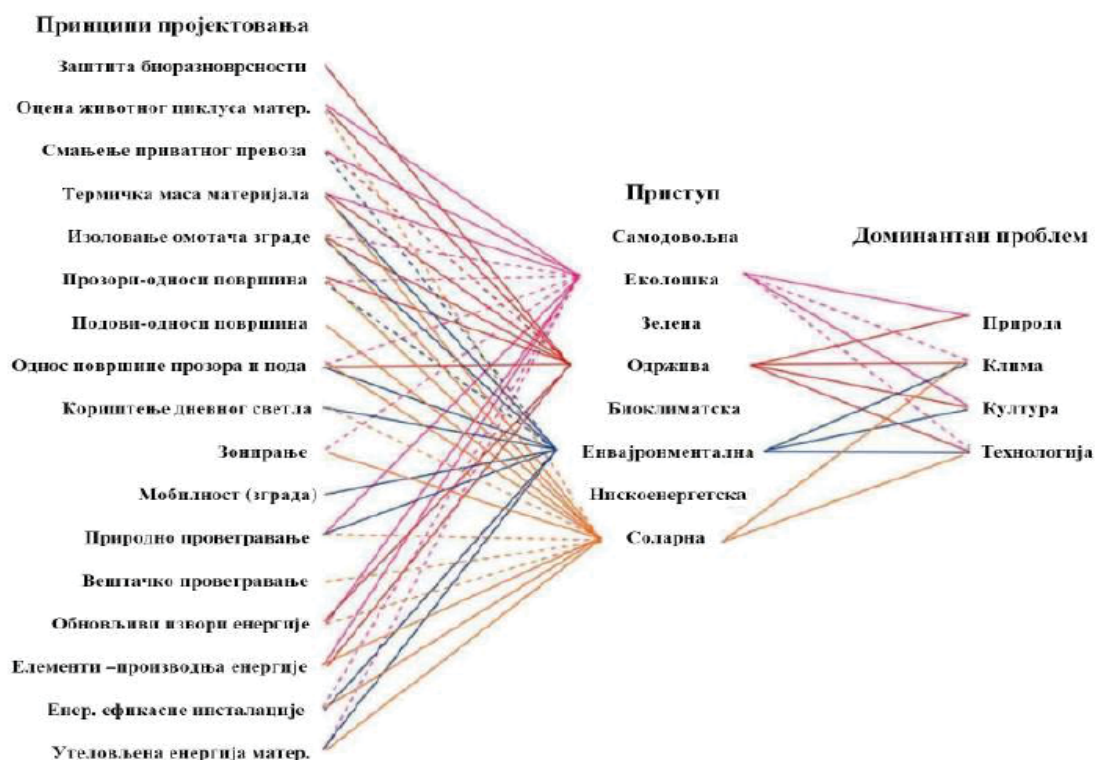
Knudstrup et al. (2009) kroz dostupnu literaturu analiziraju različite pristupe održivoj arhitekturi. Održiva arhitektura je često povezana sa definicijom održivog razvoja u Brundtlandovom izveštaju: „održivi razvoj je razvoj koji zadovoljava potrebe današnjice bez ugrožavanja mogućnosti budućih generacija da zadovolje svoje sopstvene potrebe“ (Brundtland Report, 1987: 8). Ovako široku postavljenu definiciju održivosti, zbog nedovoljne jasnoće kritikuju i osporavaju (Hagan, 2001). Projekti se često nazivaju envajermentalnim, ekološkim, niskoenergetskim, zelenim ili bioklimatskim. Različiti pristupi održivoj arhitekturi doveli su do velike palete različitih naziva, ali zajedničko je da se u svim konceptima koji se bave održivim projektima arhitekta fokusiraju na dva pitanja (Williamson et al. 2003, parafrazirano Knudstrup, 2009). Prvo pitanje se odnosi na to kako dizajn zgrade utiče na prirodno okruženje, a drugo na koncept za smanjenje oslanjanja na fosilna goriva potrebna za upravljanje zgradom.

Osim toga podcrtana je važnost klimatskog i/ili kulturnog konteksta u kojem je projekat postavljen. Principi dizajna publikovani u časopisima ukazuju na različite pristupe održivoj arhitekturi, kao i na glavna pitanja i probleme koji motivišu proučene pristupe. Pitanja ili problemi se dodeljuju u skladu s principima dizajna koji se primenjuju u zavisnosti od različitih pristupa, kao i u definicijama koje se nalaze za pojam povezan sa odgovarajućim pristupima. Grafički predstavljeni principi u dizajnu, pristupu i važna pitanja za održivu

arhitekturu prikazani su u Dijagramu 2.12. i 2.13. (Knudstrup, 2009). Leva kolona ilustracije pokazuje katalog principa dizajna koji se nalaze u publikacijama. Kolona u sredini pokazuje uložene pristupe, a desna kolona pokazuje kategorizaciju glavnih pitanja ili zabrinutosti. Prema Hagan i Williamson (2001, parafrazirano Knudstrup, 2009) na Dijagramima 2.12. i 2.13. izuzeci su održivi pristup, koji je inspirisan izveštajem Brundtland komisije i idejom pasivne kuće, koju je 1987. i 1988. formirao Bo Adamson na Univerzitetu Lund (Švedska) i Wolfgang Feist, direktor Instituta pasivne kuće u Darmštatu Nemačka (en. *Passive House Institute*).



Dijagram 2.12. Mapiranje različitih pristupa (samoodrživ, zeleni, bioklimatski i niskoenergetski) za održivu arhitekturu, njihove principe dizajna i dominantni pristup (Knudstrup, 2009)



Dijagram 2.13. Mapiranje različitih pristupa (ekološki, održiv, u skladu sa spoljašnjom sredinom i solarni) za održivu arhitekturu, njihove principe dizajna i dominantni pristup (Knudstrup, 2009).

Principi dizajna: očuvanje i poboljšanje biodiverziteta, analiza životnog ciklusa i materijala, smanjenje privatnog transporta, termalna masa materijala, izolacija i površina zgrade, odnos površine prozora i orijentacije, odnos poda i prostora, odnos poda i prozora, iskoristivost dnevnog svetla, zoniranje, mobilnost (u kući), ventilacija (prirodna), ventilacija (mehanička), izvori obnovljive energije, elementi za proizvodnju energije, energetski efikasna izolacija, embodirana energija od materijala. Pristup je: samoodrživ, ekološki, zeleni, održiv, bioklimatski, envajrmentalni, niskoenergetski, solarni.

Važna pitanja koja se razmatraju su: priroda, klima, kultura i tehnologija.

Postoje i razlike u pristupima, glavnim pitanjima ili problemima. Neki pristupi se fokusiraju na (socijalne) kulturne implikacije životnog stila i/ili na koji način tehnološki razvoj može da reši klimatske i/ili prirodne posledice ljudskog ponašanja.

Neka od dominantnih principa dizajna su:

- Pristupi koji se bave prirodom favorizuju biodiverzitet, životni ciklus i toksičnost materijala, smanjenje transporta i obnovljivih izvora energije zbog smanjenja energije, potrošnja u zgradi kroz oblik zgrade.
- Pristupi koji se tiču klimatskih uslova imaju prioritet smanjenje gubitaka energije kroz fasadne i krovne elemente (izolacija, prozor odnos prema površini prema orijentaciji, odnos površine prozora i površine poda, zoniranje, termalna masa, mehanička ventilacija) i smanjenje potrebe za energijom tokom životnog ciklusa (korišćenje dnevne svetlosti, prirodne ventilacije i upotrebe energetski efikasnih uređaja) i ljudski toksičnih materijala, sačuvati biodiverzitet i smanjiti transporta.
- Prvobitno je ekološki aspekt bio dominantan, i zapravo jedini uz pomoć koga je vrednovana održivost objekata. Tako su koncipirani prvi modeli za procenu održivosti (više o modelima za procenu održivosti izloženo je u Poglavlju 2.3.1.). To su Liderstvo u energetsom i ekološkom projektovanju - LEED (skr. en. *Leadership in Energy and Environmental Design*), i Metod za procenu uticaja na životnu sredinu zasnovanu na istraživanjima - BREEM (skr. en. *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) početkom devedesetih godina kada se otpočelo sa razvojem prvih modela za vrednovanje ekoloških aspekata održivosti zgrada.
- Vremenom se osim ekoloških počinju vrednovati i preostala dva aspekta, ekonomski i socijalni. Instituti, saveti zelene gradnje i privatne organizacije su od tog perioda razvili mnoge modele za procenu održivosti koji su primenjivali različite indikatore za vrednovanje, najčešće u skladu sa istraživanjima koja su sprovodili ili u skladu sa nacionalnom legislativom. Kako se nacionalna legislativa razlikuje od zemlje do zemlje to su i rezultati istraživanja raznoliki. Donošenje standarda ISO i EN su u početku takođe bili fokusirani na uspostavljanje zakonodavnog okvira za ocenjivanje ekoloških performansi zgrada, da bi kasnije bili doneti standardi za vrednovanje ekonomskih i socijalnih aspekata održivog građenja (ISO standardi i EN standardi u građevinskom sektoru su dati u Poglavlju 2.4. tabelarni pregled). ISO i EN standardi postavljaju okvir za definisanje indikatora na osnovu kojih se vrši ocena performansi zgrade i propisuje metodologija procenjivanja. Prema standardima ocenjivanje se vrši za sve faze životnog ciklusa počev od eksploatacije sirovina, preko proizvodnje,

izgradnje objekta, upotrebom i održavanjem, i rušenja na kraju životnog ciklusa, sa upravljanjem nastalog građevinskog otpada, ponovnom upotrebom, odlaganjem ili reciklažom. Ekološke performanse zgrada ocenjuju se tokom životnog ciklusa zgrada primenom LCA, metodologije, primenom baza podataka građevinskih materijala, sklopova, transport, emisija koje nastaju kao proizvod aktivnosti u toku životnog ciklusa.

Indikatori za ocenjivanje ekoloških performansi prema EN 15643-2²² standarda se dele u tri kategorije: ulazni indikatori, koji se odnose na korišćenje materijala i energije; izlazni indikatori, koji ocenjuju uticaje; i izlazni indikatori za sekundarne sirovine – materijal, otpad i energiju iz otpada.

Detaljni spisak ekoloških parametara koji se mere i vrednuju u dati su u Poglavlju 2.4.2.1. i Prilogu 4 – Z. Dozvoljene granične vrednosti emisija regulisane su nacionalnim propisima i razlikuju se za svaku zemlju ponaosob. Ekonomske performanse se ocenjuju primenom Ocena troškova životnog cilusa - LCCA (skr. en. *Life Cycle Cost Assessment*) metodologije. Ekonomske performanse se ocenjuju na osnovu EN 15643-4²³ standarda prema dve ključne grupe preporučenih indikatora: troškovi i novčana vrednost.

Socijalne performanse su predmet EN 15643-3 standarda²⁴, a indikatori za procenu su podeljeni u pet grupa: zdravlje i komfor; pristupačnost – dostupnos za različite kategorije i tipove dostupnosti; održavanje; sigurnost / bezbednost i opterećenje od susedstva.

Istraživanje koje se sprovodi i dalje analize odnosiće se samo na ekološke aspekte, delimično i ekonomske, dok se socijalni aspekt neće razmatrati. (Detaljniji opis ekoloških indikatora biće izložen u poglavlju 2.4.2.1. i Prilogu 4 – Z.) Metodologija procene održivosti zgrada je na globalnom nivou povezana sa sertifikacionim modelima od kojih će jedan broj biti izložen u narednom poglavlju.

²² Prema standardu EN 15643 – 2 Sustainability of construction works Assessment of buildings – Part 2: framework for the assessment of environmental performance.

²³ Prema standardu EN 15643 – 4 Sustainability of construction works Assessment of buildings – Part 4: framework for the assessment of economic performance.

²⁴ Prema standardu EN 15643 – 3 Sustainability of construction works Assessment of buildings – Part 3: framework for the assessment of social performance.

2.3.1. Prikaz sertifikacionih modela za procenu održivosti zgrada

Sertifikacioni modeli za procenu održivosti zgrada počinju se razvijati i koristiti kao dokaz ekološke ispravnosti zgrada. Sertifikacione modele razvijaju državne institucije u okviru Saveta za zelenu gradnju²⁵ ili privatne firme. Sertifikacioni modeli se međusobno razlikuju i usklađeni su sa lokalnim klimatskim, socijalnim, ekonomskim i zakonodavnim propisima mada imaju i neke zajedničke kriterijume. Neki od modela procenjuju celu zgradu, a neki procenjuju održivost pojedinih elemenata konstrukcije. Najčešće je prva faza sertifikacija u fazi projektovanja - predsertifikacija. Stručni konsultanti pružaju usluge projekantima, tako da mogu zadovoljiti određene kriterijume koji se traže sertifikatom. Pojedini kriterijumi koje iz određenih razloga izvođači ne mogu ispuniti mogu se nadomestiti „kupovinom kredita“. To se na primer odnosi na upravljanje građevinskim otpadom u regionima u kojima nema isplativog načina da se to uradi na način koji je tražen sertifikatom. Ovaj princip je prisutan i kod procene na svetskom i regionalnom nivou kada zacrtani programi primene održivog razvoja i smanjena emisija nisu dostignuti. Broj sertifikacionih modela koji se koriste na internacionalnom nivou je veliki. Jedan broj najrasprostranjenijih je prikazan u Tabeli 2.7.

Tabela 2.7. Sertifikacioni modeli za procenu održivosti zgrada

Naziv	Objašnjenje	Zemlja porekla
LEED	Liderstvo u energetskom i ekološkom projektovanju – skr. en. <i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>	SAD, Kanada i Evropa
BREEAM	Metod za procenu uticaja na životnu sredinu zasnovan na istraživanjima – skr. en. <i>Building Research Establishment Environmental Assessment method</i>	Velika Britanija
The code for Sustainable Homes	Propisi za održive kuće	Velika Britanija
DGNB	Nemački savet zelene gradnje – skr. nem. <i>Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen</i>	Nemačka
LEnSE	Označavanje ekoloških, socijalno i ekonomski pogodnih zgrada – skr. en. <i>Label for Environmental, Social and Economic Building</i> ²⁶	EU
Eco Profile	Ekološki profil	Norveška
Eco indicator	Ekološki indikator	Holandija
HQE	Visokokvalitetno okruženje - skr. en. <i>High Quality</i>	Francuska

²⁵ Savet za zelenu gradnju je udruženje koje promovise održivu gradnju, vrši edukaciju za konsultante i pomaže u sertifikaciji objekata, kako u fazi projektovanja tako i u fazi izgradnje. Osim toga radi i na unapređenju lokalne regulative i harmonizaciji sa EU regulativom, radi na edukaciji stručne javnosti i promovisanju novih tehnologija koje mogu pomoći u realizovanju programa energetske i resursne efikasnosti. SAD Savet zelene gradnje (*US Green Building Council*) je pripremio jedan od prvih modela za ocenu ekološke ispravnosti zgrada LEED.

²⁶ Model je deo projekta EU za standardizaciju građenja ekološki naprednih zgrada.

	<i>Environment</i>	
TQB Tool	Alat za ocenu ukupnog kvaliteta zgrade – skr. en. <i>Total Quality Building Tool</i>	Austrija
Protocollo Itaca	Istitut za inovacije i transparentnost ugovora i ekološku kompatibilnost - nacionalna asocijacija regija i autonomna pokrajina ITACA (ITHAKA) – skr. en. <i>Istitute for innovation and transparency of contracts and the compatilibity environmental – national Association of Regions and autonomous Province ITACA (ITHAKA)</i>	Italija
SBTool	Alat za održive zgrade – skr. en. <i>Sustainable Buildings Tools</i>	Internacionalni (IISBE – skr. eng. <i>The International Initiative for a Sustainable Built Environment</i>)
VERDE	Zelena – Program razvijen u okviru saveta za zelenu gradnju	Španija
LiderA	Lidersko ocenjivanje – skr. en. <i>Lider Assessment</i>	Portugal
NABERS	Australijski sistem ocene izgrađene životne sredine – skr. en. <i>The National Australian Built Environment Raring System</i>	Australija
Green Star	Zelena zvezda	Australija
CASBEE	Sveobuhvatni sistem procene za izgradnju ekološke efikasnosti – skr. en. <i>Comprehensive Assessment System for Building Environemntal Efficiency</i>	Japan

Savet zelene gradnje Srbije edukuje sertifikatore za LEED model licenciranja, pa je tako od njegovog osnivanja 2010. godine, sertifikovano devet objekata. To su poslovni objekti čiji su strani investitori imali zahteve da njihovi objekti budu sertifikovani po ovom modelu. Sertifikacija po ovim modelima nije obavezna u Srbiji. Prema Pravilniku o energetske efikasnosti zgrada („Sl. glasnik RS“, br. 61/2011), vid sertifikacije koji je obavezan u Srbiji od 30. septembra 2012. godine je sertifikacija svih novih stambenih i poslovnih objekata za energetske efikasnost, što je samo deo zahteva koji se pred održive objekte postavljaju. Sertifikacija objekata ima prvu fazu u kojoj se za dobijanje građevinske dozvole u fazi projektovanja radi Elaborat energetske efikasnosti zgrade, prema metodologiji koja je propisana u Pravilniku o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrada („Sl. gl. RS“, br. 69/2012) sertifikacija objekata za energetske efikasnost se dokumentuje Energetskim pasošem, dokumentom koji se izdaje po završetku izgradnje ili rekonstrukcije objekta, posle izvršenih merenja. Ovo je neophodan dokument za tehnički prijem objekta. U Energetskom pasošu (do sada je izdato 1000) objekti su rangirani u osam nivoa prema potrošnji finalne energije na godišnjem nivou, a za potrebe grejanja objekta. Objekti su razvrstani prema nameni. Osnovna podela stambenih objekata je na zgrade sa

jednim i zgrade sa više stanova, pa su tako i zahtevi različiti. Za nove objekte je najniži prihvatljiv energetska razred C, što je značajan pomak u odnosu na dotadašnju potrošnju kWh/m². Energetska sanacija objekata prema ovom Pravilniku podrazumeva poboljšanje energetske performansi objekta za jedan razred u odnosu na postojeću potrošnju. Proračunom energetske efikasnosti zgrada u Srbiji računa se i emisija CO₂ kao rezultat potrebne energije za grejanje. Kod stambenih zgrada još uvek nije potrebno računati energiju za hlađenje i ventilaciju. Takođe, ni potrošnja vode nije vrednovana u postupku sertifikacije. To je sledeća faza u izmeni regulative, kada će i ovi proračuni biti deo sertifikata.

Za potrebe ove doktorske disertacije detaljnije su analizirani sledeći modeli sertifikacije:

- LEED - Liderstvo u energetskom i ekološkom projektovanju,
- BREEAM - Metod za procenu uticaja na životnu sredinu zasnovan na istraživanjima,
- DGNB - Nemački savet zelene gradnje.

Osim modela razvijeni su i softveri, koji u metodologiji procene najčešće primenjuju LCA metodologiju, kojom se procenjuju ekološki uticaji građevinskih materijala, proizvoda i sklopova. Neki softveri imaju mogućnost procene i ekonomskih kriterijuma, koji su bitni za procenu održivosti, pa će i oni biti detaljno analizirani u poglavlju 2.5.3.

2.3.1.1. Sertifikacija po LEED standardu

LEED Model sertifikacije je razvijen od strane SAD Saveta zelene gradnje - USGBC (skr. en. *U.S. Green Building Council*). USGBC je osnovan 1993. godine i broji preko dvadeset hiljada članova. Osnovan je kao organizacija koja promovise i omogućava globalni pristup održivosti, ocenjujući ključne karakteristike u oblastima zdravlja ljudi i zaštite životne sredine. Takođe ima zadatak da informiše, podiže nivo svesti i da orijentiše zajednicu ka eko-održivim zgradama.

LEED model je u početku razvijan za američki kontinent, kasnije je razvijen prilagođeni model za Evropu, a danas se koristi širom sveta. LEED standardi definišu propise za gradnju objekata koji su ekološki i održivi, bilo sa tačke potrošnje energije, bilo sa tačke potrošnje svih prirodnih resursa uključenih u proces realizacije. Sertifikacija podrazumeva univerzalni sistem, prihvaćen i razvijen za sertifikaciju zgrada koje su projektovane, izvedene i vođene

na održiv i efikasan način. Šematski prikaz performansi zgrade koje se vreduju prema LEED sertifikatu prikazan je na Slici 2.10.

Sistem LEED bazira se na dodeljivanju kredita (poena) za svaki uslov koji karakteriše održivost zgrade. Iz sume kredita proizilazi nivo sertifikacije (osnovni, srebrni, zlatni i platinasti).²⁷ Krediti su grupisani u šest kategorija koje uslovljavaju preskriptivne, obavezne predulove, kao i broj dodatnih karakteristika u oblasti zaštite životne sredine, koji zajedno definišu krajnju sumu bodova za sertifikaciju zgrade.

Uslovi koje je neophodno zadovoljiti su razvrstani po sledećim kategorijama:

Održivo gradilište - Zgrade koje su LEED sertifikovane moraju imati minimalni mogući uticaj na oblast oko gradilišta.

Efikasnost u potrošnji vode - Prisustvo sistema za rekuperaciju kišnice i slavine sa regulatorima protoka garantuju maksimum efikasnosti u potrošnji vode.

Energija i Atmosfera - Koristeći energiju na najbolji mogući način i iz obnovljivih izvora, moguće je, u znatnoj meri, smanjiti troškove, redukujući u isto vreme emisije CO₂ u atmosferu.

Materijali i Resursi - korišćenje prirodnih, obnovljivih, reciklirajućih ili lokalnih materijala nagrađuju se u sistemu LEED ocenjivanja.

Kvalitet uslova boravka - Prostor unutar zgrada mora biti tako projektovan da ima veću energetska efikasnost i da favorizuje maksimalan komfor za krajnjeg korisnika.

Inovacija u projektovanju - Promoviše korišćenje inovativnih građevinskih tehnologija u poređenju sa najboljim primerima iz prakse, u skladu sa ciljevima LEED sertifikacije.

²⁷ Izvor: <http://serbiagbc.org/wp-content/uploads/2010/11/LEED-1.jpg> (12. 06.2014.)



Slika 2.10. LEED performanse zgrade koje su predmet vrednovanja u uslovima ekoodrživosti²⁸ (Izvor: <http://serbiagbc.org>)

LEED sertifikacija ima četiri nivoa:

- Osnovni (*Certified*): 40 – 49 poena,
- Srebrni (*Silver*): 50 – 59 poena,
- Zlatni (*Gold*): 60 – 79 poena,
- Platinasti (*Platinum*): 80 i više poena.

Za adekvatni nivo se dodeljuje oznaka, prikazana na Slici 2.11. kojom se potvrđuje kvalitet, odnosno, održivost objekta. Ugradnja adekvatne opreme koja će omogućiti postizanje odgovarajućih LEED kredita / bodova je neophodan preduslov. Kako se performanse objekta u toku eksploatacije mogu promeniti, iz veoma različitih razloga, monitoring i provera u periodima od pet godina je sastavni deo kontrole održivosti.



Slika 2.11. Oznaka o performansi zgrade u uslovima ekoodrživosti za LEED²⁹ (izvor: <http://serbiagbc.org>)

²⁸ Izvor: <http://serbiagbc.org/wp-content/uploads/2010/11/LEED> (12.05.2014.)

²⁹ Izvor: <http://serbiagbc.org/wp-content/uploads/2010/11/LEED-2.jpg> (12.05.2014.)

U Srbiji je 2010. godine osnovan Savet zelene gradnje - SGBC (skr. en. *Serbia Green Building Council*) koji promoviše održivu gradnju, edukuje stručnjake preko kurseva i predavanja, obrazuje građevinsku industriju, unapređuje zakonsku regulativu.

2.3.1.2. Sertifikacija po BREEAM standardu

Model BREEAM je razvijen u Velikoj Britaniji 1990. godine. Danas se koristi u više od 70 zemalja za sertifikovanje stambenih, poslovnih, novih objekata ali i za stare objekte posle rekonstrukcije. Ovaj metod je obavezan vid sertifikacije u Velikoj Britaniji. Jedan je od modela koji se koristi širom sveta, i do danas je sertifikovano više od 200.000 objekata. Ciljevi BREEAM modela su ublažavanje uticaja životnog ciklusa zgrada na životnu sredinu, sertifikacija zgrada u skladu sa svojim ekološkim prednostima, obezbeđenje ekoloških oznaka, ekološko obeležavanje zgrada, podizanje svesti među vlasnicima, stanarima, projektantima o prednostima zgrada sa smanjenim uticajem životnog ciklusa na životnu sredinu i povećanje potražnje za održivom gradnjom.

BREEAM model je razvijen da bi zadovoljio sledeće osnovne principe:

1. Osiguravanje kvaliteta životne sredine kroz pristupačan, holistički i uravnotežen uticaj na životnu sredinu.
2. Korišćenje kvantificiranih mera za utvrđivanje kvaliteta životne sredine.
3. Usvajanje fleksibilnih pristupa i izbegavanje uobičajenih projektantskih rešenja.
4. Korišćenje najboljih dostupnih znanja i primera dobre prakse kao osnove za standardni učinak za utvrđivanje kvaliteta životne sredine.
5. Društvene i ekonomske koristi od ispunjavanja ciljeva koje pokriva.
6. Pružanje zajedničkog okvira procene koji je prilagođen da zadovolji lokalni kontekst, uključujući klimu i lokalne uslove.
7. Integrisanje građevinskih stručnjaka u razvoju operativnih procesa kako bi se osiguralo široko razumevanje i pristupačnost.
8. Usvajanje sertifikata treće strane kako bi se osigurala nezavisnost, kredibilitet etikete.
9. Usvajanje postojećih alata industrije, prakse i drugih standarda kad god je moguće da podrži razvoj događaja u politici i tehnologiji.
10. Konsultacije i obaveštavanja zainteresovanih strana o stalnom razvoju u skladu sa promenama u standardima učinka.

Nivoi rejtinga za nove građevinske projekte prema verziji BREEAM 2011. prikazani su u Tabeli 2.8.

Tabela 2.8. Merila BREEAM rejtinga (izvor: www.breeam.org)

BREEAM Ocena	% Rezultata
Izvanredan	≥ 85
Odličan	≥ 70
Vrlo dobar	≥ 55
Dobar	≥ 45
PASS	≥ 30
Nerazvrstan, ispod potrebnog nivoa	< 30

Nivoi BREEAM rejtinga pružaju mogućnost klijentima ili drugim zainteresovanim strankama da porede učinak jedne zgrade sa drugim BREEAM sertifikovanim zgradama. BREEAM postavlja minimalne standarde performansi u ključnim područjima npr. energija, voda, otpad, vizuelni komfor, kvalitet vode, odgovorno poreklo i sl. Kriterijumi koji se moraju zadovoljiti da bi objekat mogao ući u sistem sertifikacije, prikazani su u Tabeli 2.9.

Tabela 2.9. Minimalne BREEAM norme za vrednovanje rejtinga (Izvor: www.breeam.org)

BREEAM pitanje	PASS	Dobar	Vrlo dobar	Odličan	Izvanredan
Man 01: Održive nabavke	jedan kredit	jedan kredit	jedan kredit	jedan kredit	dva kredita
Man 02: Održive nabavke	nema	nema	nema	jedan kredit	dva kredita
Man 04: učešće zainteresovanih strana	nema	nema	nema	jedan kredit (Građevina-informacije o korisniku)	jedan kredit (Građevina-informacije o korisniku)
Hea 01: Vizuelni komfor	Kriterijum 1 samo	Kriterijum 1 samo	Kriterijum 1 samo	Kriterijum 1 samo	Kriterijum 1 samo
Hea 04: kvalitet vode	Kriterijum 1 samo	Kriterijum 1 samo	Kriterijum 1 samo	Kriterijum 1 samo	Kriterijum 1 samo
Ene 01: smanjenje emisije CO ₂	nema	nema	nema	šest kredita	deset kredita
Ene 02: Energetsko nadgledanje	nema	nema	jedan kredit - prvi	jedan kredit - prvi	jedan kredit - prvi
Ene 04 Niska ili nulta ugljenična tehnologija	nema	nema	nema	jedan kredit	jedan kredit
Wat 01: Potrošnja vode	nema	jedan kredit	jedan kredit	jedan kredit	jedan kredit
Wat 02: Monitoring voda	nema	Kriterijum 1 samo	Kriterijum 1 samo	Kriterijum 1 samo	Kriterijum 1 samo
MAT 03: Odgovorno poreklo	Kriterijum 3 samo	Kriterijum 3 samo	Kriterijum 3 samo	Kriterijum 3 samo	Kriterijum 3 samo
Bcr 01: Upravljanje građevinskim otpadom	nema	nema	nema	jedan kredit	jedan kredit

WST 03: Operativni otpad	nema	nema	nema	jedan kredit	jedan kredit
LE 03: Ublažavanje ekoloških uticaja	nema	nema	jedan kredit	jedan kredit	jedan kredit

Vrednovanje ekoloških kriterijuma

Ponderi ekološkog kriterijuma su osnova za metod procene uticaja na okolinu bilo koje zgrade, jer pružaju sredstva za definisanje, samim tim i rangiranje relativnih uticaja na okolinu. BREEAM koristi eksplicitan sistem ponderisanja izveden iz kombinacije konsenzusa pondera i rangiranja od strane stručnjaka. Pregled pondera za svaki od devet vrednovanih parametara životne sredine uključenih u program BREEAM Novogradnja je obavezni vid sertifikacije svih novih objekata koji se grade u Velikoj Britaniji. Ponderi su dati su u Tabeli 2.10. Izračunavanje BREEAM rejtinga jedne zgrade vrše sertifikovani procenitelji, a procedura počinje u fazi projektovanja, odnosno, predsertifikacija. Procenitelj mora odrediti BREEAM rejting pomoću odgovarajućih alata procene i kalkulatora. Indikacija performansi u odnosu na BREEAM šeme može se odrediti pomoću BREEAM Estimatora (Procenitelja). Estimator je u fazi predsertifikacije dostupan na internet stranici BREEAM (www.breeam.org), isključivo za akreditovane procenitelje i nema otvoren pristup. Za svaku ekološku sekciju dodeljuje se broj kredita u skladu sa kriterijumima. Procenat kredita računa se za svaku sekciju. Procenat kredita postignut u svakoj sekciji se zatim množi sa odgovarajućim ponderom koji je određen za tu sekciju. To daje ukupan rezultat ekološke sekcije. Rezultati za sekcije se zatim sabiraju i dobija se ukupan zbir.

Tabela 2.10. BREEAM ponderi za Ekološke sekcije koje se vrednuju
(Izvor: www.breeam.org)

Ekološke sekcije	ponderisanje
Upravljanje	12%
Zdravlje i dobrobit	15%
Energija	19%
Transport	8%
Voda	6%
Materijali	12.5%
Otpadni materijali	7.5%
Korišćenje zemljišta i ekologija	10%
Zagađenje	10%
Ukupno	100%
Inovacije	10%

Dodatnih 1% može se dodati na konačni rezultat za svaku inovaciju, u smislu nekih boljih rešenja, a maksimum za inovacije je 10%. Na osnovu vrednovanja zgrade mogu dobiti ocenu

od 1 do 6 zvezdica, a zgrada koja dobije 6 zvezdica ima nulte emisije ugljenika. Od 2007. godine harmonizovanjem sa legislativom Velike Britanije napravljen je novi model za stanove pod nazivom Propis za održive stanove³⁰. On je nastao razvojem BREEMA za stambene zgrade. Od uvođenja propisa obavezna je serifikacija svih novih stanova. Proces određivanja BREEAM rejtinga je naveden u nastavku i primer proračuna za jedan objekat je prikazan u Tabeli 2.11.

Tabela 2.11. Primer BREEAM rezultata i proračun rejtinga (Izvor: www.breeam.org)

BREEAM Sekcija	Ostvareni h kredita	Maksimalno dostupno kredita	% od ostvareni h kredita	Section Weightin	Rezultat sekcije
Menadžment	10	22	45,00%	0,120	5,45%
Zdravlje i dobrobit	8	10	80,00%	0,150	12,00%
Energija	16	30	53,33%	0,190	10,13%
Transport	5	9	55,56%	0,080	4,44%
Voda	5	9	55,56%	0,060	3,33%
Materijali	6	12	50,00%	0,125	6,25%
Otpad	3	7	42,86%	0,075	3,21%
Upotreba zemljišta i ekologija	5	10	50,00%	0,100	5,00%
Zagađenje	5	13	38,50%	0,100	3,85%
Inovacija	2	10	20,00%	0,100	2,00%
Konačni BREEAM zbir					55.66%
BREEAM Ocena					Vrlo dobro

2.3.1.3. Sertifikacija po DGNB standardu

Nemački savet za zelenu gradnju razvio je DGNB model za procenu ekološke ispravnosti zgrada. Prva verzija osnovnog modela se pojavila 2008. godine³¹, kao opšta verzija za različite tipove zgrada. Nova verzija koja je razvijena u sledećoj fazi (2015. godine) ima modele za različite tipove zgrada ili urbanih kompleksa minimalne veličine dva hektara. Osim novih stambenih zgrada razvijena je verzija i za postojeće zgrade, ali i za zgrade sa poslovnom, industrijskom i društvenom namenom, kao i za nova urbana područja i zgrade sa stanovima za iznajmljivanje. Model procenjuje zgrade od početka faze planiranja i izrade projekta procesom predkvalifikacije, planiranja, izgradnje, korišćenja i obnove. Procenjuje se 50 kriterijuma koji su svrstani u šest grupa kvaliteta: ekološki, ekonomski, socijalni, funkcionalni, tehnološki, proizvodnja i lokacija. Ekološka oznaka kvaliteta koja se može dobiti ako su ispunjeni zahtevani kriterijumi od 2008. godine kada su uspostavljeni sertifikati

³⁰ Code for Sustainable Homes, Technical Guide, London november 2010, <http://breeam.org>, (12.09.2015)

³¹ Izvor: DGNB <http://dgnb.de> (poseta sajtu 15. avgusta 2016.)

je: bronza, srebro i zlato. Promenom od 2015. godine je ustanovljen i najviši nivo sertifikata - platina. Izgled sertifikata koji svedoči o ekoodrživosti u DGNB sertifikacionom modelu je prikazan na Slika 2.12.

Gesamterfüllungsgrad	Mindestfüllungsgrad	Auszeichnung	DGNB
ab 35 %	— %	Bronze*	
ab 50 %	35 %	Silber	
ab 65 %	50 %	Gold	
ab 80 %	65 %	Platin	

*Diese Auszeichnung gilt nur für Bestandsgebäude

Slika 2.12. DGNB sertifikati, koji svedoče o performansi zgrade u uslovima ekoodrživosti (Izvor: <http://dgnb.de>)

Sistem sertifikacije se sprovodi kroz proces projektovanja u kome se vrednuju karakteristike koje objekat treba da poseduje u smislu zadovoljenja određenih zahteva i dodelu poena za propisane uslove. Sistem je praćen softverom koji omogućava proces ocenjivanja. Za sertifikaciju se zahteva procena akreditovanog sertifikatora. Osim projekta potrebno je i da izvođenje prati uslove planirane u projektu. Baza građevinskih proizvoda je DGNB navigator u kome proizvođači građevinskih materijala plasiraju svoje ekološke materijale sa podacima o njihovim ekološkim karakteristikama, što pomaže projektantima da prilikom projektovanja i izvođenja primenjuju ekološki ispravne proizvode. Razredi DGNB sertifikata su prikazani u Tabeli 2.12.

Osim ove baze materijala moguće je uvoziti i podatke sa baze Naturenplus, koja je u Nemačkoj ustanovljena kao baza ekoloških materijala. Sastavni deo programa je i procena troškova u fazi eksploatacije i održavanje objekata u okviru DGNB modela. Softverski program koji je podrška za izradu svih potrebnih dokumenata za sertifikaciju po DGNB modelu je GaBi (više o softverima u Poglavlju 2.5.3.).

Tabela 2.12. Razredi DGNB sertifikata i presertifikata (DGNB, 2011)

DGNB sertifikat	Rezultat [%] ostvarenih poena za indeks ukupnih performansi	Rezultat [%] ostvarenih poena u svakoj kategoriji kriterijuma
Platina - ranije Zlato	≥ 80 %	≥ 65 %
Zlato - ranije Srebro	≥ 65 %	≥ 50 %

Srebro - ranije Bronza	≥ 50 %	≥ 35 %
Bronza - ranije Sertifikovan	≥ 35 %	-
Nesertifikovan - ispod potrebnog nivoa	< 35 %	-

Indikatori su razvrstani u kategorije i svaki ima svoj faktor težine, kojim se dobijeni poeni množe (ponderišu) čijim se sabiranjem dobija konačni broj poena. U svakoj od kategorija postoje minimalni uslovi koji se moraju zadovoljiti, odnosno, minimalni broj poena koji su potrebni da bi se postigao neophodan prag za vrednovanje, tj. kvalifikacija u DGNB sertifikaciji. Svaka grupa kvaliteta ima definisano učešće u ukupnom kvalitetu, a samo se u ukupnom zbiru ne računaju poeni koji se odnose na kvalitet lokacije. Kvalitet DGNB modela je u tome što se u vrednovanju održivosti objekta primenjuje širi pristup, pa se osim sa ekološkog aspekta, što je uobičajeno, vrednuju ekonomski i socio-kulturni kvaliteti objekta, kompleksa ili urbane celine. Ovakav pristup u analiziranju održivosti je kompleksniji i sveobuhvatniji, pa je DGNB model sertifikacije prihvaćen osim u Nemačkoj, u većem broju zemalja: Sloveniji, Turskoj, Ukrajini, Španiji, Grčkoj, Bugarskoj, Švajcarskoj, Austriji i Danskoj. Model je prilagođen EN legislativi, standardima i tehničkim uputstvima. U Srbiji još uvek nema objekata sa sertifikatima DGNB. Pregled kategorija i indikatora sa težinama dat je u Tabeli 2.13. prema DGNB sertifikatu.

Tabela 2.13. Pregled kriterijuma i indikatora sa težinama i brojem poena (DGNB, 2011)

Područje ocenjivanja	Grupa kriterijuma	KRITERIJUMI	Maksimalni broj poena	Faktor težine	Konačan broj poena	Težina grupe
EKOLOŠKI KVALITET	LCA	GWP potencijal globalnog zagrevanja	10,00	3	30,00	22,5%
		ODP potencijal oštećenja ozonskog omotača	10,00	1	10,00	
		POCP potencijal stvaranja fotohemijskog ozona	10,00	1	10,00	
		AP potencijal zakiseljavanja	10,00	1	10,00	
		EP potencijal eutrofikacije	10,00	1	10,00	
	Globalni i lokalni ekološki uticaji	Lokalni ekološki uticaji	10,00	3	30,00	
		Održivo korišćenje resursa/drvo	10,00	1	10,00	
	Potrošnja resursa i nastanak otpada	Potrošnja primarne energije iz neobnovljivih resursa	10,00	3	30,00	
		Ukupna potrošnja primarne energije i procenat energije iz obnovljivih resursa	10,00	2	20,00	
		Potrošnja pijaće vode i količina otpadne vode	10,00	2	20,00	
		Korišćenje zemljišta	10,00	2	20,00	
	EK ON OM	Trošak tokom životnog ciklusa	Troškovi za održavanje zgrade tokom životnog ciklusa, svakodnevno održavanje, popravke i zamene dotrajalih delova	10,00	3	

	Ekonomске performanse	Pogodna za drugu upotrebu, fleksibilnost prostora	10,00	2	20,00	
SOCIO-KULTURNI I FUNKCIONALNI KVALITET	Zdravlje, komfor i zadovoljstvo korisnika	Toplotni komfor, zimi	10,00	2	20,00	22,5%
		Toplotni komfor, leti	10,00	3	30,00	
		Kvalitet vazduha u unutrašnjem prostoru	10,00	3	30,00	
		Akustički komfor	10,00	1	10,00	22,5%
		Vizuelni komfor	10,00	3	30,00	
		Uticaj korisnika na funkcionisanje zgrade	10,00	2	20,00	
	Kvalitet spoljašnjeg prostora	10,00	1	10,00		
	Funkcionalnost	Sigurnost i bezbednost	10,00	1	10,00	22,5%
		Pristupačnost	10,00	2	20,00	
		Efikasnost korišćenja prostora	10,00	1	10,00	
		Mogućnost konverzije	10,00	2	20,00	
		Javni pristup	10,00	2	20,00	
	Estetski kvalitet	Pogodnost za bicikle	10,00	1	10,00	22,5%
Kvalitet projekta i urbanog planiranja verifikovan kroz konkurse		10,00	3	30,00		
TEHNIČKI KVALITET	Tehnički kvalitet projekta zgrade i sistema	Integracija javne umetnosti	10,00	1	10,00	22,5%
		Zaštita od požara	10,00	2	20,00	
		Izolacija od zvuka i buke u unutrašnjosti	10,00	2	20,00	
		Kvalitet omotača zgrade	10,00	2	20,00	
		Lako čišćenje i održavanje	10,00	2	20,00	
KVALITET PROCESA	Kvalitet u procesu planiranja	Lako uklanjanje i recikliranje	10,00	2	20,00	10,0%
		Sveobuhvatni projektni zadatak	10,00	3	30,00	
		Integrno projektovanje zgrade	10,00	3	30,00	
		Sveobuhvatno projektovanje zgrade	10,00	3	30,00	
		Aspekti održivosti u fazi tendera	10,00	2	20,00	
		Dokumentacija za upravljanje objektom	10,00	2	20,00	
	Kvalitet građenja	Uticaji gradilišta na okolni prostor/proces građenja	10,00	2	20,00	
		Edukacija izvođača	10,00	2	20,00	
KVALITET LOKACIJE		Obezbeđenje kvaliteta građenja	10,00	3	30,00	
		Sistemska puštanje u rad	10,00	3	30,00	
		Rizici gradilišne lokacije	10,00	2	20,00	
		Uslovi gradilišne lokacije	10,00	2	20,00	
		Javna slika i socijalni uslovi	10,00	2	20,00	
		Pristup transportima	10,00	3	30,00	
		Pristup specijalnoj opremi	10,00	2	20,00	
Priključci na infrastrukturu	10,00	2	20,00			
UKUPNO					Σ=100%+10%	

Uticaj primenjenih materijala se meri preko ekološkog kvaliteta zgrade kroz potencijal globalnog zagrevanja, potencijal oštećenja ozonskog omotača, potencijal za stvaranje fotohemijskog ozona, potencijal acidifikacije, potencijal eutrofikacije, kroz održivo korišćenje resursa/drвета, lako uklanjanje i recikliranje, i kroz aspekte održivosti u fazi tendera. Primena načina održavanja, komponenti za čišćenje prostora, takođe, može biti u kategoriji uticaja, kroz materijale koji se koriste za čišćenje objekta.

Sertifikacija se vrši u dve faze: predsertifikacija (u fazi projektovanja) i sertifikacija izvedenog objekta. Kako se performanse objekta u toku eksploatacije mogu promeniti, iz

veoma različitih razloga, kontinuirani monitoring i provera na svakih pet godina je sastavni deo kontrole održivosti.

Osim analiziranih serifikacionih modela u svetu se razvija još čitav niz modela serifikacije objekata. Serifikacioni modeli se razvijaju u skladu sa nacionalnim standardima kvaliteta svake zemlje ponaosob. Kao primer treba reći da se LEED standard za Evropu i Ameriku razlikuje, jer su i propisi koji su prisutni na ova dva kontinenta različiti. ISO standardi kojima je propisana metodologija procene održivosti građevinskih objekata EN 16309: 2014+A1: 2015 i EN 16627: 2015 su usvojeni 2015. i sada su u fazi harmonizacije, i usvajanja na nacionalnim nivoima svake zemlje ponaosob. Kada harmonizacija ovih i srodnih standarda bude izvršena biće moguće porediti objekte u čitavoj Evropi po metodologiji koja je propisana, a modeli serifikacije će biti približno isti. U Srbiji ovi standardi još uvek nisu u pripremi.

2.4. ZAKONODAVNI OKVIR I EU STANDARDI RELEVANTNI ZA ODRŽIVOST ZGRADA

Brojni su međunarodni propisi, direktive, saopštenja, akcioni planovi i agende u kojima se daju preporuke za neke od aspekata održivosti u arhitekturi i građevinarstvu. Veliki broj propisa i preporuka se odnosi na potrošnju energije i proizvodnju energije iz obnovljivih izvora. Usvajanjem smernica za resursno efikasnu Evropu³² (SEC, 2011, 1067), upravljanje resursima i ekonomske aktivnosti su prepoznati ciljevi od vitalnog značaja.

U zemljama Evropske unije, donošenje standarda i usvajanje propisa u ovoj oblasti je u fazi harmonizacije. Kada standardi budu jedinstveni i važeći u većem broju zemalja, to će doprineti lakšem poređenju rezultata dobijenih vrednovanjem održivosti zgrada. Za sada se ti propisi čak i u zemljama članicama EU razlikuju. Deo propisa i standarda iz oblasti zaštite životne sredine koji su usvojeni u zemljama EU je usvojen i u Srbiji. Posebno je značajna primena propisa u vezi energetske efikasnosti objekata, kojima je od 2013. godine neophodna izrada elaborata o energetskej efikasnosti pojedinih kategorija zgrada, i uveden je energetske

³² European Commission (2011d) Analysis associated with the Roadmap to a Resource Efficient Europe

pasoš za zgrade. Zatim delimično su značajni i ISO standardi koji su obavezni deo poslovanja, smernice za kategorizaciju otpadnih materijala i zabrane prekograničnog prometa opasnih materijala. Postoji i čitav niz standarda koji se vode kao standardi u pripremi, što znači da još uvek nisu usvojeni u Srbiji.

Sa poslednjim direktivama koje su usvojene u EU³³ (SEC, 2011, 1067), resursna efikasnost je prepoznata kao srž politike zaštite životne sredine u cilju postizanja „zelenije“ i konkurentnije ekonomije. Jedna od sedam vodećih inicijativa je inicijativa za Resursno efikasnu Evropu i Smernice za postizanje postavljenih ciljeva. To je bitna prekretnica, sa jasnim ciljem postizanja smanjenja ukupnog korišćenja resursa. Doprinos građevinskog sektora u ostavarivanju ovih ciljeva od vitalnog je značaja.

2.4.1. Inostrana regulativa

Prvi i osnovni dokument kojim su postavljene osnove održivog razvoja na nivou EU je *Strategija održivog razvoja Evropske unije - SDS* (skr. en. *The EU Sustainable Development Strategy*) (COM 264, 2001) usvojena 2001. godine i revidirana u dva navrata i to 2006. (COM 718, 2006) i 2009. godine (COM 147/4, 2009). Kao osnovni izazovi za održivi razvoj Evrope do 2010. godine prepoznati su: klimatske promene i čista energija, održiva potrošnja i proizvodnja, zaštita i upravljanje prirodnim resursima, javno zdravlje, socijalna inkluzija, demografija, migracije i održivi transport. Poslednjom revizijom je kriza prepoznata kao šansa za razvoj ekonomske i ekološke održivosti. Iz tih preporuka je proizašao novi koncept „cirkularne ekonomije“ i „cirkularne ekologije“. Promena u gledanju na proizvodne procese zasnovane na „cirkularnoj ekonomiji“ i „cirkularnoj ekologiji“, i odnos prema polucijama, se menja. Do tada je koncept odnosa prema štetnim produktima po životnu sredinu bio smanjiti polucije, a ono što je nemoguće smanjiti, na kraju postupka, rešiti sistemima prečišćavanja. Posle uvođenja cirkularne ekologije na otpadne materije se gleda kao potencijalne izvore sirovina za neke druge procese ili proizvode.

Kako je broj direktiva, deklaracija, smernica, planova, strategija, saopštenja i preporuka veliki, biće navedeni propisi koji su relevantni za temu doktorske disertacije. Jedan od njih je: Direktiva o energetske performansama zgrada (Directive 2010/31/EU) koja postavlja

³³ European Commission (2011d) Analysis associated with the Roadmap to a Resource Efficient Europe

generalni okvir za metodologiju proračuna energetske performansi novih ali i starih zgrada. Značajna je i Direktiva o energetskej efikasnosti (Directive 2012/27/EC), kojom se menjaju Direktive 2009/125 i 2010/30, a ukidaju Direktive 2004/8/EC i 2006/32/EC. Direktiva propisuje unapređenje mera energetske efikasnosti kako bi se postigli ciljevi uštede energije i posle 2020. i strategije za nova radna mesta i ukupan rast u skladu sa principima održivog razvoja. Prema ovoj direktivi obaveze članica su da sačine svoje strategije na državnom, ali i na lokalnom nivou, kojima će se podsticati i finansijski stimulisati obimna rekonstrukcija i energetska sanacija već postojećeg građevinskog fonda, jer je uočeno da se najveće uštede mogu postići u sektoru građevinarstva, u korišćenju objekata, kako privatnih tako i u objektima koji su u vlasništvu vlada. Data je preporuka da se u skladu sa direktivom 2010/31 godišnje obnavlja 3% površina koje se greju ili hlade. Države potpisnice treba da izgrade i sisteme za finansiranje obnova. Energetski menadžment i ESCO (skr. en. *Energy Saving Company*)³⁴ kompanije, treba da ostvare uštedu od 1,5% u količini isporučene energije krajnjim korisnicima.

Uredba o usaglašenosti uslova za plasiranje građevinskih proizvoda (Regulation EU. No 305/2011) kojom se ukida Direktiva 89/106/EEC. Uredbom se definiše CE znak i procedura za pripremu i apliciranje za deklaraciju.

Saopštenje Komisije, Bela knjiga (eng. *White paper*). Adaptiranje na klimatske promene: ka evropskom okviru za akciju (COM 147, 2009). Za sektor građevinarstva ovo saopštenje iznosi potrebu uvođenja kriterijuma održivosti u postupku harmonizovanja standarda i mogućnost proširenja Eurokodova, kao i promene u implementiranju sistema procene uticaja na životnu sredinu i direktiva o starteškoj proceni uticaja na životnu sredinu.

Saopštenje komisije o indikatorima održivosti za praćenje primene Strategije održivog razvoja Evropske unije (COM 161, 2005). U ovom dokumentu se definišu indikatori koji treba da se prate i služe za procene održivog razvoja uopšte. Indikatori su podeljeni u tri nivoa. Prvi nivo su indikatori koji služe za procene na globalnom nivou, ima ih 12. Drugi nivo čine 45 indikatora, kojim se detaljno identifikuju aspekti. Treći nivo, koji ima najveći broj indikatora - 98, služi za detaljnije ocene jedne oblasti. Treći najdetaljniji nivo indikatara

³⁴ Kompanije koje u različitim sektorima imaju realizaciju projekata kojima se podstiče ušteda u potrošnji energije.

ocenjuje i udeo u ukupnoj potrošnji proizvoda sa eko-oznakom, potrošnju materijala po domaćinstvu, ali i ekološku ispravnost proizvoda.

Akcionni plan održive potrošnje i proizvodnje i politika održive industrije (COM 397, 2008). U fokusu akcionog plana je unapređenje energetske i ekološke performansi proizvoda. Stavljajući se akcent na smanjenje korišćenja resursa. Moguće uštede energije do 2030. u sektoru zgradarstva od 30% primenom predloženih mera. Ekološke performanse proizvoda će biti praćene tokom celog životnog ciklusa proizvoda, koji treba da budu jasno obeleženi, što bi prema (COM 397, 2008) povećalo tražnju za proizvodima koji imaju manje uticaja na životnu sredinu.

Radi promovisanja proizvoda sa boljim energetske i ekološke performansama usvojene su dve direktive. Prva je Direktiva o uspostavljanju okvira za primenu zahteva za ekodizajn koji je vezan za energiju (Directive 2009/125/EC). Kako je već u akcionom planu precizirano, fokus je usmeren na analizu potrošnje energije i resursa tokom celog životnog ciklusa, a ovom direktivom se to proširuje na veći broj proizvoda. U građevinskom sektoru to se odnosi na prozore, termoizolacione materijale ili proizvode koji koriste vodu u većoj količini, što dovodi do povećane potrošnje energije. Očekivana proizvodnja otpada i reciklaža kao mogućnost povratka u resursne i energetske tokove. Druga je Direktiva o označavanju proizvoda i standardnim informacijama o proizvodu, koje se odnose na potrošnju energije i drugih resursa povezanih sa energijom (Directive 2010/30/EU). Označavanje proizvoda koji troše manje energije, što će kupcima jasno dati informaciju da ti proizvodi u toku eksploatacije troše manju količinu energije, odnosno, posredno manju emisiju gasova staklene bašte. Ovo je bitno sa aspekta javnih nabavki, jer će tako proizvodi biti lakše identifikovani kao prijateljski prema životnoj sredini.

Saopštenje komisije o efikasnosti korišćenja resursa u sektoru zgrada (COM 44, 2014) takođe je značajno spomenuti. Sektor građevinarstva odgovoran je za potrošnju polovine resursa, trećine vode i trećinu nastalog otpada. Projektanti, svojim odlukama, izborom građevinskih materijala i proizvoda mogu pozitivno uticati na smanjenje resursa, vode i proizvodnju otpada. Promovisanje recikliranih materijala ili ponovnom upotrebom smanjiće se pritisak na eksploataciju prirodnih sirovina. Urbano rudarstvo, podsticanje reciklaže ili ponovne upotrebe je metod kome treba težiti. Smanjenje operativne energije je do sada bilo u

žiži intresovanja, a procene su da se za proizvodnju građevinskih materijala troši godišnje 5-10% ukupno potrošene energije u Evropi. Ovo smanjenje dovodi do promene odnosa operativne i ugrađene energije u proizvode, pa se akcenat stavlja na performanse materijala, potrošnju energije, a posebno na izvor energije i materijala. Obnovljivi izvori su cilj. Zgrade, koje su projektovane tako da se u periodu eksploatacije koristi manje energije, a time i manje gasova staklene bašte, imaju pozitivne ekonomske efekte i manje troškove za korisnike.

Primena sertifikacije u smislu ekoloških performansi je u Evropi još uvek dobrovoljna, pa je tek oko 1% zgrada sa ovim sertifikatom. Obzirom da je poznato da se godišnje izgradi 0,5-1% novih zgrada, a da je sertifikacija dobrovoljna, ovaj procenat sertifikovanih objekata je značajan pomak. Harmonizacijom propisa i provođenjem izmena na nacionalnom nivou može doći do značajnijeg pomaka.

Iz svih direktiva, saopštenja i agendi usledilo je donošenje standarda u građevinskom sektoru sa aspekta održivosti. Od strane institucija zaduženih za standardizaciju prvo su usvojeni međunarodni ISO standardi, a zatim i evropski EN standardi. Pregled najvažnijih standarda u oblasti održivosti zgrada biće izložen u narednom poglavlju.

2.4.2. Standardi relevantni za procenu održivosti zgrada

Nacionalni instituti za standardizaciju ove standarde donose na nacionalnom nivou. U Srbiji je to Institut za standardizaciju, koji radi na poslovima pripreme SRPS standarda i njihove usklađenosti sa ISO i EN standardima. Tema održivog građenja je regulisana kroz više oblasti za koje su nadležni tehnički komiteti. Jedan broj standarda ISO i EN je usvojen u Srbiji, a izvesni broj ima status standarda u pripremi.

Kvalitet proizvoda ili usluga podrazumeva između ostalih atributa i bezbednost za ljude i za životnu sredinu, tj. zaštitu od ugrožavanja, odnosno, kontrolu emisija koje utiču na životnu sredinu. Sistem upravljanja kvalitetom - QMS (ISO 9000) ima za cilj da zadovolji kupca i njegove želje u vezi sa proizvodom, odnosno kvalitetom proizvoda (Ćirović, Lazić Vojinović, 2012: 141). Postavlja se pitanje: „Može li kupac biti zadovoljan kvalitetom proizvoda ako proizvodnja ili eksploatacija tog proizvoda ugrožava njegovo zdravlje?“

Shodno tome je i donošenje standarda serije ISO 14000 u cilju promovisanja koncepta održivosti i njegovog inkorporiranja u sve proizvode i usluge, jer oni predstavljaju teret i opterećuju životnu sredinu. Ovaj dugogodišnji program Ujedinjenih Nacija se sprovodi kroz izmene zakona, propisa, normi, standarda i dokumenata na svetskom i nacionalnom nivou. U tom smislu je u okviru ISO organizacije osnovan Tehnički komitet ISO TC 207 za upravljanje zaštitom životne sredine, čiji su stručnjaci osmislili standarde koji definišu sistem upravljanja zaštitom životne sredine – EMS (skr. en. *Enviromnetal Management System*) (Ćirović, Lazić Vojinović, 2012). Ovi standardi čine seriju standarda ISO 14000, a prvi datiraju iz 1996. godine.

Standardi se stalno usavršavaju i svakih pet godina inoviraju u skladu sa novim iskustvima i saznanjima. Kao i standardi serije ISO 9000 i standardi serije 14000 su izdati kao naši nacionalni standardi sa oznakom SRPS ISO 14000 standardi. Standarde serije ISO 14000 čini nekoliko grupa standarda:

- standard za upravljanje zaštitom životne sredine,
- standard za proveravanje sistema zaštite životne sredine,
- standard za ekološko obeležavanje (ekološki znak),
- standard za vrednovanje učinka zaštite životne sredine,
- standard za ocenjivanje životnog ciklusa proizvoda.

Model prema kome treba uskladiti poslovni sistem da bi se dobio sertifikat EMS je dat u standardu SRPS ISO 14001. Standardi za proveravanje sistema upravljanja zaštitom životne sredine (ISO 14010, ISO 14011 i ISO 14012) zamenio je jedinstveni standard za proveru upravljačkih sistema za obezbeđenje kvaliteta (QMS) i zaštitu životne sredine (EMS) – (SRPS) ISO 19011 Uputstva za proveravanje sistema menadžmenta kvaliteta i/ili sistema upravljanja zaštitom životne sredine (Ćirović, Lazić Vojinović, 2012).

Bitan momenat za građevinarstvo je faza uključivanja i usluga, osim dotadašnjeg standardizovanja samo proizvoda u postupke ocene pri standardizaciji. Od tada se osim proizvodnje građevinskih materijala, izgradnje objekata, razmatra i usluga, odnosno, projektovanje građevinskih objekata, ali i njihovog okruženja, tj. uticaj celokupnih aktivnosti na životnu sredinu.

Za bolje razumevanje pojedinih termina na međunarodnom i internacionalnom nivou Standardom (SRPS) ISO 14050 - rečnik dati su pojmovi koji se koriste u ovim standardima u upravljanju zaštitom životne sredine i njihovo tumačenje.

Životna sredina je prema (SRPS) ISO 14050 okruženje u kome određena organizacija obavlja svoje aktivnosti, uključujući vazduh, vodu, zemljište, prirodne resurse, floru, faunu, ljude i njihove uzajamne odnose.

Aspekti životne sredine su elementi aktivnosti proizvoda ili usluga date organizacije, koji mogu da budu u uzajamnom odnosu sa životnom sredinom (odnosno imaju uticaja na životnu sredinu).

Uticaj na životnu sredinu je prema rečniku svaka promena životne sredine, pogoršanje ili poboljšanje, koja je potpuno ili delimično rezultat aktivnosti proizvoda ili usluga neke organizacije. Uticaj može biti negativan ili pozitivan.

Upravljanje zaštitom životne sredine je deo ukupnog sistema upravljanja koji obuhvata organizacionu strukturu, aktivnosti, planiranja, odgovornosti, praksu, postupke, procese i resurse za razvoj, uvođenje, podsticanje, preispitivanje i održavanje politike zaštite životne sredine.

Svaka organizacija svojom delatnošću, bilo da se bavi proizvodnjom ili pružanjem usluga, može da ugrozi životnu sredinu. Ona može da utiče na: zagađenje vazduha, zagađenje vode, zagađenje zemljišta, iscrpljivanje prirodnih resursa, zagađenje bukom i zagađenje vibracijama. Sa donošenjem prve serije standarda ISO 14040 1997. godine, u građevinarstvu dolazi do proširenja granica sa proizvodnje građevinskih materijala na deo koji razmatra životni ciklus tog proizvoda LCA, odnosno, vrednovanje uticaja koji su skopčani sa svim aktivnostima u postupku proizvodnje materijala i sve njegove uticaje, do konačnog odlaganja na kraju upotrebe. Serija 14040 ISO obuhvata niz standarda koji se odnose na LCA. Guinee (2001) tvrdi da je ISO prvenstveno odgovoran za standardizaciju metodologije LCA. Grupa standarda ISO 14040 treba da se koristi kao polazna tačka za daljni razvoj metodologije LCA u sektoru građevinarstvu (Fava, 2005). Standardi seriji ISO 14000 koji propisuju osnovni okvir za procenu LCA dati su u Prilogu 2-A.

Standardi ISO i EN su od strane nacionalnog instituta za standardizaciju prihvaćeni kao SRPS standardi, jedan deo je već u primeni i usvojen je od referentne ustanove a jedan veći deo koji se odnosi direktno na standarde održivosti građevinskih objekata ima status standarda u pripremi. Standardi koji se primenjuju u proizvodnji građevinskih materijala, u sektoru industrije su prevedeni i njihova primena je obavezujuća. To se pre svega odnosi na standarde serije ISO 9000, 14000, 19000. Posle donošenja standarda neophodno je donošenje tehničkih propisa kojima se reguliše primena standarda, a to je sastavni deo procedure primene.

Za izradu ovog istraživanja su najbitniji standardi kojima su propisane procedure ocenjivanja održivosti zgrada i komponenti, koji se mogu svrstati u tri kategorije:

1. Opšti standardi koji propisuju okvir za procenu održivosti građevinskih radova:
 - CEN/TC 350 – Održivost građevinskih radova (en. *CEN/TC 350 Sustainability of construction works*), Harmonizovani evropski standardi za procenu održivosti građevinskih radova su u razvoju već sedam godina,
 - EN 15643-1: 2010 - Održivost građevinskih radova - Procena zgrada - Deo 1: Opšti okvir - (eng. *EN 15643 – 1:2010 Sustainability of construction works – Assessment of buildings – Part 1: General framework*);
2. Standardi koji se odnose na ekološke uticaje zgrade i komponenti tokom celog životnog ciklusa:
 - EN 15643-2: 2011 - Održivost građevinskih objekata - Procena građevina – Deo 2: Okvir za procenu ekoloških performansi (en. *EN 15643 – 2:2011 Sustainability of construction works – Assessment of buildings – Part 2: Framework for the assessment of environmental performance*),
 - EN 15978: 2011 - Održivost građevinskih objekata - Procena ekoloških performansi zgrada - Metodologija proračuna (en. *EN 15978: 2011 Sustainability of construction works – Assessment of environmental performance of buildings - Calculation methods*),
 - EN 15804: 2012 +A1:2013 - Održivost građevinskih objekata - Deklaracije proizvoda o ekološkim karakteristikama - Osnovna pravila za kategorizaciju

građevinskih proizvoda (en. *EN 15804: 2012 +A1:2013 Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products*),

- EN 15942: 2011 - EPD Komunikacija formata biznis – u – biznis (en. *EN 15942: 2011 EPD Communication format business-to-business*),
- CEN/TR 15941: 2010 - EPD Metodologija za izbor i upotrebu generičkih podataka (en. *CEN/TR 15941: 2010 EPD Methodology for selection and use of generic data*),
- EN 16309:2014+A1: 2015 – Održivost građevinskih objekata – Procena socijalnih performansi zgrada - Metodologija proračuna (en. *EN 16309:2014–A1: 2015 – Sustainability of construction works – Assessment of social performance of buildings-Calculation methods*),
- EN 16627: 2015 – Održivost građevinskih objekata – Procena ekonomskih performansi zgrada – Metodologija proračuna (en. *EN 16627: 2015 – Sustainability of construction works – Assessment of economic performance of buildings-Calculation methods*),

3. Standardi za ocenu socijalnih i ekonomskih okvira održivosti zgrada i proizvoda:

- EN 15643-3: 2012 - Održivost građevinskih objekata - Okvir za procenu–Procena socijalnih performansi zgrada (en. *EN 15643-3: 2012 – Sustainability of construction works – Assessment of buildings – Assessment of social performance of buildings*),
- EN 15643-4: 2012 - Održivost građevinskih objekata - Okvir za procenu–Procena ekonomskih performansi zgrada (en. *EN 15643-4: 2012 – Sustainability of construction works – Assessment of buildings – Assessment of economic performance of buildings*).

Prvi standardi za procenu održivost građevinskih radova usvojeni su u EU 2010. godine i sada su u fazi razvoja i harmonizacije. U Srbiji ovi standardi još nisu usvojeni, i imaju status standarda u pripremi:

- EN 15804: 2012 (SRPS EN 15643-1: 2012 CEN/TC 350, standard je u pripremi) - Održivost građevinskih objekata – Deklaracije proizvoda o zaštiti životne sredine –

osnovna pravila za kategorizaciju za građevinskih proizvoda (eng. *EN 15804: 2012, Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products*),

- EN 15643-1: 2010 (SRPS EN 15643-1: 2012 CEN/TC 350 standard je u pripremi) - Održivost građevinskih objekata – Ocenjivnje održivosti zgrada – Deo 1: Opšti okvir (eng. *EN 15643-1 : 2010. Sustainability of construction works – Assessment of buildings – Part 1: General framework*).

Opšti okvir se primenjuje na sve tipove zgrada i relevantan je za ocenjivanje performansi novih zgrada u vezi sa životnom sredinom tokom njihovog životnog ciklusa performansi, zgrada tokom njihovog upotrebnoog veka i završetka životnog veka.

- EN 15643-2: 2011 (SRPS EN 15643-2: 2012 standard je u pripremi) - Održivost građevinskih objekata – Ocenjivnje održivosti zgrada – Deo 2: Okvir za ocenjivanje performansi u vezi sa životnom sredinom (eng. *EN 15643-2: 2011: Sustainability of construction works – Assessment of buildings – Part 2: Framework for the assessment of environmental performance*). Ovaj standard čini deo serije standarda i obezbeđuje specifične principe i zahteve za ocenjivanje performansi zgrada u vezi sa životnom sredinom, uzimajući u obzir tehničke karakteristike i funkcionalnost zgrade.
- EN 15978: 2011 (SRPS EN 15978: 2014 standard je u pripremi) - Održivost građevinskih objekata – Ocenjivanje performansi zgrada u vezi sa životnom sredinom - Metoda proračuna (eng. *EN 15978: 2011 - Sustainability of construction works. Assesment of ervironmental performance od buildings. Calculation method*).

Standard EN 15978: 2011 definiše metod proračuna ekološke ocene zgrada, oslanjajući se na osnovnu metodologiju koja je propisana ISO 14040, 14044 i 14025. Standardom EN 15978: 2011 životni ciklus zgrade je podeljen na četiri faze: proizvodnju (A1-A3), izvođenje (A4-A5), korišćenje (B1-B5) i kraj životnog ciklusa zgrade (C1-C4). Kao dodatna faza izvan granica sistema je faza (D) reupotrebe i reciklaže. (detaljni Dijagram 2.4. dat je u poglavlju 2.1.2.), a standardi značajni za istraživanje detaljno su dati u Prilogu 2 - B).

2.4.2.1. Analiza indikatora ekološke ispravnosti ugrađenih komponenti relevantnih za procenu životnog ciklusa zgrada

Primena indikatora ekološke ispravnosti propisana je standardima ISO i EN koje donose institucije zadužene za standardizaciju. Indikatori koji se odnose na zgradu definisani su standardom EN 15978: 2011- Održivost građevinskih objekata – Procena ekoloških performansi zgrada. Metoda proračuna (Metodologija za procenu ekološke procene zgrada) (en. *EN 15978: 2011- Sustainability of construction works. Assessment of environmental performance of buildings. Calculation method. (Methodology for assessment of environmental assessment of buildings)*). Njihova podloga data je u standardu EN 15804: 2012 - Održivost građevinskih objekata – Deklaracije proizvoda o zaštiti životne sredine – Osnovna pravila za proizvodnu kategoriju građevinskih proizvoda (Osnovna pravila za ocenjivanje uticaja proizvoda na životnu sredinu) (en. *EN 15804: 2012- Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products (Core rules for the environmental product assessment)*) kojim je definisan nivo proizvoda.

Na osnovu standarda EN 15634–1: 2010 - Održivost građevinskih objekata – Procena objekata – Deo 1: Opšti okvir (en. *EN 15643 – 1:2010 Sustainability of construction works – Assessment of buildings – Part 1: General framework*) propisan je opšti okvir, a standardom EN 15634–2: 2011 Održivost građevinskih objekata – Procena objekata – Deo 2: Okvir za ocenu ekoloških performansi (en. *EN 15643 – 2:2011 Sustainability of construction works – Assessment of buildings – Part 2: Framework for the assessment of environmental performance*) su predloženi indikatori za ocenu ekoloških performansi podeljeni u tri kategorije: ulazni indikatori (od korišćenja resursa, materijala i energije), izlazni indikatori za ocenu uticaja na životnu sredinu i izlazni indikatori za sekundarne sirovine, otpad i izvoz energije.

Izlazni indikatori za ocenu uticaja na životnu sredinu

Informacije o ekološkim uticajima iskazane su indikatorima kategorije uticaja LCIA (skr. en. *Life Cycle Impact Assessment*), koji označava fazu ocenjivanja životnog ciklusa sa analizama i vrednovanjem veličine i značaja mogućih uticaja proizvoda na životnu sredinu tokom životnog ciklusa, korišćenjem faktora karakterizacije prema EN 15804: 2012 prikazane su u Tabeli 2.14.

Tabela 2.14. Indikatori kojima se meri uticaj na životnu sredinu prema EN 15804: 2012

Indikator		Jedinica mere
GWP	Potencijal globalnog zagrevanja	kg CO ₂ -equi
ODP	Potencijal oštećenja ozonskog omotača	kg CFC 11- equi
AP	Potencijal acidifikacije	kg SO ₂ -equi
EP	Potencijal eutrofikacije	kg (PO ₄) ³ - equi
POCP	Potencijal stvaranja troposferskog ozona	kg Ethene - equi
ADP_elements	Potencijal osiromašenja abiotičkih resursa za element	kg Sb - equi
ADP_fossil fuels	Potencijal osiromašenja abiotičkih resursa za goriva	MJ, net calorific value

Pojedini uticaji na životnu sredinu koji su propisani standardom, iskazuju se brojevanim vrednostima indikatora. Vrednosti se mogu dobiti iz baza podataka LCI za ceo ili delimični životni ciklus, u zavisnosti od toga kako je baza podataka koncipirana. Vrednosti zavise od vrste i količine materijala i ulaze u LCIA analizu. Svaki od indikatora ima merne jedinice u kojima se predstavlja; manje brojčane vrednosti znače i manji uticaj na životnu sredinu.

Ključni indikatori relevantni za ocenu uticaja primenjenih materijala u stambenoj arhitekturi su: potencijal globalnog zagrevanja i potencijal acidifikacije.

Identifikovanje materijala, komponenti i procesa koji su sa najvećim uticajem na emisije, i zamena sa materijalima koji imaju manji uticaj na životnu sredinu može pružiti korisne informacije još u fazi projektovanja. U nekim programima postoji mogućnost analize i primene recikliranih materijala, kao zamenskih, u svrhu smanjenja emisija tokom projektovanja. I ostali indikatori su u vezi sa emisijama u industrijskim procesima, ali je njihov uticaj manji.

Ulazni indikatori od korišćenja resursa, materijala i energije

Ulazni indikatori za korišćenje resursa, materijala i energije prema EN 15643-2: 2011 Održivost građevinskih objekata – Procjena objekata – Deo 2: Okvir za ocenu ekoloških performansi (eng. *EN 15643-2: 2011 Sustainability of construction works – Assessment of buildings – Part 2: Framework for the assessment of environmental performance*) sa mernim jedinicama dati su u Tabeli 2.15.

Tabela 2.15. Indikatori kojima se procenjuje korišćenje resursa prema EN 15643–2: 2011

Indikator	Jedinica mere
Upotreba obnovljive primarne energije, isključujući energetske resurse korišćene kao sirovine	MJ, net caloriic value
Upotreba resursa obnovljive primarne energije korišćenih kao sirovina	MJ, net caloriic value
Primena neobnovljive primarne energije	MJ, net caloriic value
Upotreba resursa neobnovljive primarne energije korišćenih kao sirovine	MJ, net caloriic value
Upotreba sekundarnih materijala	kg
Upotreba obnovljivih sekundarnih goriva	MJ
Upotreba neobnovljivih sekundarnih goriva	MJ
Količina upotrebljene čiste vode	m ³

Među indikatorima koji opisuju korišćenje resursa ima indikatora koji su relevantni za ocenu primene recikliranih materijala, i to je upotreba sekundarnih materijala, koja kroz svoje korišćenje može proizvesti redukciju upotrebe čiste vode, a indirektno i upotrebu neobnovljive primarne energije, i korišćenja obnovljivih i neobnovljivih resursa primarne energije korišćenih kao sirovina.

Izlazni indikatori za sekundarne sirovine, otpad i izvoz energije

Mogućnost korišćenja izlaznih tokova iz sistema: sekundarnih sirovina, otpada i energije proizvedene iz otpada ocenjuje se indikatorima datim u Tabeli 2.16.

Tabela 2.16. Jedinice mere indikatora prema EN 15643–2: 2011

Indikator	Jedinica mere
Komponente za ponovnu upotrebu	kg
Materijali za reciklažu	kg
Materijali sa povratom u energetske tokove	kg
Izvezena energija ³⁵	MJ, za svaki od nosilaca (izvora energije)

U ovoj grupi indikatora za ocenu se mogu u fazi projektovanja identifikovati materijali, komponente ili sklopovi sa manjim uticajem na životnu sredinu i takvi materijali se u fazi projektovanja mogu proceniti kao poželjni ili zamenski materijali u odnosu na one koji imaju veći uticaj.

Detaljan spisak emisija koje su predmet procene dat je u Prilogu 4 – Z (Tabele: 4p.49. do 4p.59.).

³⁵ Termin se odnosi na energiju dobijenu tj. energetskim iskorišćavanjem, sagorevanjem čime se proizvodi energija (na deponijama spaljivaonicama)

Sa usvajanjem Indikatora kojima se meri uticaj na životnu sredinu i Indikatora kojima se procenjuje korišćenje resursa je uspostavljena mogućnost da se uz pomoć baza građevinskih materijala i računarskih programa može vrednovati projektno rešenje. Programi koji se koriste su sa različitim bazama podataka, različitim granicama sistema, pa je i njihova primena za procenu projekata je različita. U tom smislu važno je postojanje nacionalnih propisa i baza građevinskih materijala.

2.5. MOGUĆNOST PRIMENE LCA U PROJEKTOVANJU

„Arhitektonsko delo nastaje sjedinjavanjem dva posebna sveta. Sveta objektiviteta, definisanog spoljašnjim, stvarnim, objektivnim, prirodnim, društvenim, privrednim, kulturnim i drugim osobenostima i sveta subjektiviteta, unutrašnjeg sveta, sveta svog autora, sazdanog iz njegovih misli, znanja, osećaja, afiniteta i ambicija“ (Martinović, 1983: 9).

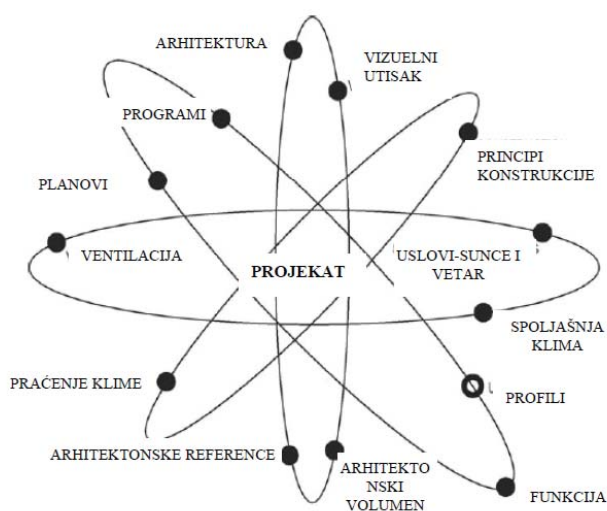
Projektovanje podrazumeva široki spektar različitih vrsta projekata, počev od urbanističkih, preko projekata slobodnih prostora, parkova, rekreativnih zona, trgova, zgrada, enterijera, nameštaja ili urbanog mobilijara. Osim projekata za izgradnju novih objekata česti su i projekti rekonstrukcija i sanacija, usled dotrajalosti ugrađenih materijala, energetskog poboljšanja ili prenamene već postojećih objekata. U istraživanju koje je rađeno u okviru Američke agencije za životnu sredinu EPA (eng. *US Environmental Protection Agency*) samo 1% projekata su namenjeni izgradnji novih objekata³⁶, preostalih 99% su projekti popravki, ili sanacija postojećeg građevinskog fonda, ako je konstruktivni sklop objekta kvalitetan.

Tako široka lepeza poslova na kojima arhitektae mogu biti angažovane u svojoj poslovnoj karijeri pruža sa jedne strane zadovoljstvo i mogućnost kreativnog izraza, ali i veliku odgovornost pred sobom samim i pred čitavim društvom, a šire gledano i životnom sredinom. U procesu projektovanja nameću se brojna pitanja: Jesmo li svojim projektom dali

³⁶ Izvor: <https://www.epa.gov> (20.03.2015)

najbolji izbor? Šta je najbolje rešenje? Da li je najbolje za korisnika ili za okruženje? Šta je ono što je najbolje za životnu sredinu?

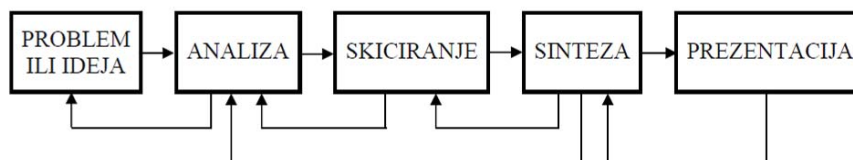
Kada je čovečanstvo počelo da se suočava sa posledicama klimatskih promena, došlo je do promene u poimanju uloge i zadatka arhitekta u procesu dizajniranja i projektovanja objekata. Tradicija narodne arhitekture, kao iskustvo graditelja, koja je nastajala kroz vekove, njen odnos sa prirodnim okruženjem, materijali od kojih su objekti građeni, prožimanje izgrađenog i prirodnog, počelo je da budi interesovanje šireg kruga arhitekata. Postavlja se pitanje: Kako to da su naši preci imali svest o tome da treba graditi u skladu sa prirodom, a mi smo se otuđili od prirode i tih vekovima sticanih znanja? Nova tehnička rešenja, novi građevinski materijali, nove potrebe korisnika, kombinovani sa starim iskustvima i znanjima, uz pomoć savremenih alata za modelovanje i optimizovanje objekata su prepoznati kao put ka prevazilaženju jaza između izgrađenog i prirodnog okruženja, vraćanje ravnoteže između izgrađene i prirodne sredine. Knudstrup et al. (2004) daju ilustraciju različitih parametara uključenih u proces integralnog dizajna (Slika 2.13.).



Slika 2.13. Šematski prikaz parametara koji su uključeni u proces integralnog dizajna (IDP) projekta (Knudstrup et al., 2004)

Integralni dizajn projektovanja je složen mentalni proces u kome treba objediniti parametre: želje i potrebe klijenata, funkciju zaštite od klime, sunce i vetar na lokaciji, ventilaciju, unutrašnji komfor, volumen objekta, arhitektonska i urbanistička obeležja okolnog prostora, arhitekturu i konstruktivni sklop. Šematski prikaz pojednostavljenog procesa dizajna,

prikazan na Dijagramu 2.14., ilustruje različite faze i glavne petlje povezane sa samim procesom.



Dijagram 2.14. Mapa procesa integralnog dizajna (Knudstrup et al., 2004)

Knudstrup et al. (2004) zapaža da će računar postati veoma važan alat za rukovanje sa sve složenijim problemima, koji se istovremeno prilagođavaju različitim elementima, jer se za tu svrhu razvijaju odgovarajući programi. Proces projektovanja prolazi kroz pet faza. Prva faza je *formulacija problema ili projektna ideja*. Ona je prvi korak u procesu dizajniranja. U ovoj fazi treba opisati problem ili ideju projekta. Druga faza je *faza analize* i ona obuhvata analizu svih informacija koje treba nabaviti pre nego što se počne sa procesom skiciranja, npr. informacije o lokaciji, arhitektura susedstva, topografija, vegetacija, sunce, svetlost i senka, dominantni pravac vetra, pristup i veličina područja i susednih zgrada. U ovoj fazi treba razmotriti zahteve iz regionalnih planova, generalnih i detaljnih planova, koji navode niz preciznih zahteva i ograničenja za područje kao što su ograničenja za izgradnju, i dati informacije o lokaciji i infrastrukturi, na primer priključke na putnu mrežu, vodovod, kanalizaciju, elektro mrežu i buduće planove za razvoj područja. Osim toga, važno je biti svestan posebnih osobina uže i šire lokacije, arhitektonskog i urbanog nasleđa. U fazi analize pribavljaju se detaljne informacije o zahtevima klijenta za prostorom, funkcionalnom šemom i opremom itd. Na projektantu je da, sa principima prirodne ventilacije u novoj zgradi, iznađe optimalna rešenja za pojedinačne parametre uzimajući u obzir spoljašnje okruženje, želje za klimatskom zaštitom, namenu zgrade i zahteve za funkcionalnošću. Na kraju faze analize donosi se izjava o ciljevima i programu za izgradnju.

Faza skiciranja je treća faza u kojoj se profesionalno znanje arhitekta i inženjera kombinuje i pruža zajedničku inspiraciju u procesu integralnog dizajna tako da su zadovoljeni zahtevi i želje bitni za formiranje sklopa zgrade. Ovo se odnosi i na zahteve arhitekture, dizajna, radnog okruženja i vizuelnog uticaja, kao i zahteva za funkciju, izgradnju, potrošnju energije i uslove u zatvorenom prostoru. U fazi skiciranja arhitekta mora više puta da proceni kako izbori vezani za oblik zgrade, prostorni program, orijentacija zgrade, izgradnja i klimatska

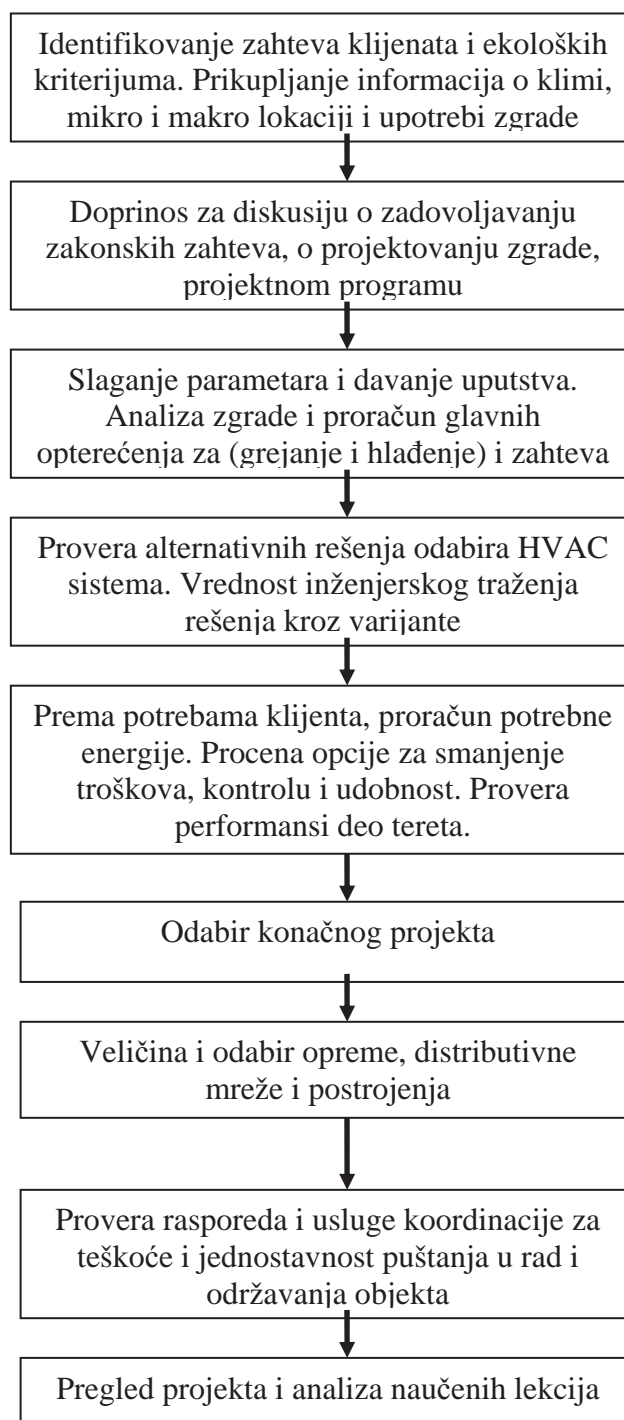
zaštita utiču na potrošnju energije zgrade u smislu grejanja, hlađenja, ventilacije i dnevne svetlosti. Međusobni uticaji navedenih elemenata moraju ispuniti zahteve koji su postavljeni za oblikovne, funkcionalne i tehničke aspekte zgrade. Proučavanje tehničke i arhitektonske literatura u ovoj fazi daje korisne doprinose. Uz pomoć računara formiraju se modeli, koji su potrebni za donošenje odluka. U ovoj fazi nastaju mnoge skice kako bi se rešili različiti problemi i doveli do optimizacije. Optimizacija bi trebalo da dovede do konačnog i najboljeg rešenja koje će se pojaviti u sledećoj fazi sinteze.

Faza Sinteze je četvrta faza u kojoj nova zgrada nalazi svoj konačan oblik. Ona podrazumeva razmatranje ispunjenja zahteva zadatah u ciljevima i programu. Ovde se postiže tačka u procesu integralnog dizajna gde se svi elementi objedinjuju (arhitektura, planovi, vizuelni uticaj, funkcionalnost, profil korisnika, estetika, dizajn prostora, radno okruženje, prostorni program, principi izgradnje, potrošnja energije i tehnologija, uslovi unutrašnjeg prostora) i čine sintezu. U fazi sinteze različiti parametri korišćeni u projektu prikazani na Slici 2.13. trebali bi biti optimizovani, a modeli tehničkih kalkulacija trebalo bi da dokumentuju konačne proračune u vezi sa klimatskom zaštitom, energetske okvirom zgrade i prirodnom ventilacijom. Na ovaj način projekat postiže fazu u kojoj svaka stavka, može da se kaže, „pada na mesto“, a moguće je dodati i druge moguće kvalitete. Projekat pronalazi svoj konačni oblik i izraz, a nova zgrada, arhitektonski volumen, estetski i vizuelni uticaj, funkcionalna, tehnička rešenja i kvalitet. U tome je prednost „integralnog projektovanja“ u odnosu na „umetnički“ pristup projektovanju objekata.

Peta faza u procesu projektovanja je *prezentacija*. To je završna faza projekta. Projekat je predstavljen na takav način da su svi kvaliteti pokazani kao prednost. Ishod procesa integralnog dizajna je preciziran i jasno ukazuje na to kako su ciljevi projekta ispunjeni. Prezentacija obuhvata projektni izveštaj sa dokumentacijom svih aspekata prethodnih faza, kao i prezentaciju i opis završenog projekta u tekstu, dijagramima, fasadama, presecima, osnovama, detaljima i proračunima koji dokazuju merljive kvalitete (Knudstrup et al., 2004).

Da bi analizirali u kojoj fazi projekta se može primeniti LCA i sa kakvim učinkom, Bayer et al. (2010) su proces projektovanja zgrade prikazali u formi Dijagrama 2.15. Granice projekta su prema njima šire, obuhvataju i proces analize održavanja objekta i puštanja u rad. Proces projektovanja prolazi kroz niz faza u koje su uključene aktivnosti projektanta i njegova

komunikacija sa investitorom, i projektantima ostalih sistema, ali i referentnim ustanovama koje su zadužene za plansku dokumentaciju, gradsku infrastrukturu ili zaštitu kulturnog nasleđa, i čije je uslove potrebno u fazi projektovanja pribaviti i primeniti u projektu.



Dijagram 2.15. Faze u projektovanju zgrade (Bayer et al., 2010)

Za različite vrste projekata razvijeni su različiti LCA alati, programi kojima se može pomoći arhitektima i planerima da porede varijantna rešenja projekata sa aspekta njihovog uticaja na životnu sredinu. Različiti programi analiziraju različite uticaje, sa različitim granicama sistema, pa je prema proučavanoj literaturi, često nemoguće porediti istraživanja, jer nisu rađena u istom programu, znači nemaju iste parametre koje analiziraju ili nemaju iste granice sistema. Programi su uglavnom napravljeni tako da su prilagođeni uslovima pojedinih zemalja ili kontinenata, oslonjeni su na nacionalnu regulativu i baze podataka, i najčešće su prilagođeni nekoj od faza projekta. Rezultati LCA mogu biti korisni za identifikaciju područja sa visokim uticajem na životnu sredinu, kao i za procenu i poboljšanje dizajna proizvoda. Ispitivanje čitavog životnog ciklusa pruža široku perspektivu za analizu i pomaže da se izbegne donošenje odluka koje na kraju uzrokuju veću štetu.

Oliveira, Silva i Gomes (2013) u svojim istraživanjima zapažaju da je odabirom konstruktivnog sklopa uslovljen i životni vek objekta i intenzitet održavanja cele zgrade, a to utiče ne samo na ekološke performanse, već i na socijalne i ekonomske performanse. Autori zaključuju da LCA analiza zaštite životne sredine, troškovi kao i poštovanje funkcionalnih zahteva moraju biti pravilno izbalansirani i korišćeni za podršku pri donošenju odluka o dizajnu. U proučavanoj stručnoj literaturi koja razmatra mogućnost primene LCA u procesu projektovanja, zastupljeni su različiti pristupi. Autori kao što su Wallhagen, Malmqvist i Eriksson (2016) porede brojčanu zastupljenost LCA analiza, korišćenih u stručnim radovima, prema različitim strukama: arhitekta, menadžeri, stručnjaci za LCA, sertifikatori, eksperti.

Autori Bayer et al. (2010) i Baek et al. (2013) su teorijski razmatrali u svojim radovima benefite koji se mogu dobiti primenom LCA, odnosno, određenih programa za projekte, u svrhu naučnih istraživanja. Verbeeck i Hens (2010) su prikazali rezultate za konkretne projekte koji su realizovani, i u kojima je u postupku projektovanja korišćen neki od LCA alata ili metoda za odabir između varijantnih rešenja, u segmentu koji je bio cilj održivosti projekta. Nekada je to ušteda energije u postupku eksploatacije objekta, nekada je to ušteda u emisijama gasova staklene bašte ili nekog od parametara koji su za određeni objekat postavljeni kao cilj, na primer: acidifikacija, eutrofikacija, ili ušteda u emisiji CO₂, u nekoj od faza životnog ciklusa objekta.

Organizatori konkursa za novi centar u Kiruni, u Švedskoj, u kome su učestvovala ekipe iz 10 evropskih zemalja, sproveli su anketu među učesnicima konkursa, kako bi saznali koliko su upoznati sa mogućnostima procene uticaja na životnu sredinu i koliko koriste programe za procenu uticaja na životnu sredinu u projektovanju. Anketom je ustanovljeno da je 13% učesnika u konkursu koristilo alat za procenu uticaja ili sistema za upravljanje u takmičenju, a čak 47% je koristilo neke od LCA programa pre samog konkursa.³⁷ Ipak je zaključeno da je znanje u oblasti korišćenja ovih alata malo, a da je svest o potrebi korišćenja ovih alata mnogo veća. Istraživanjem se došlo do zaključka da se alati za procenu uticaja na životnu sredinu mogu bolje integrisati u procese početnog dizajna u planiranju građevinskih projekata i arhitektonskim konkursima³⁸.

Wallhagen, Malmqvist i Eriksson (2016) u svojim radovima zapažaju da je potrebno bolje edukovati stručnjake koji se bave projektovanjem, strategijama i rešenjima za zaštitu životne sredine.

Kim et al. (2013) uz pomoć LCA su analizirali potrošnju energije i emisije CO₂ u ulaznim materijalima za četiri objekta od kojih su dva imala RC (armirano-betonsku konstrukciju) i S (čeličnu konstrukciju). Osim toga, emisija CO₂ je merena korištenjem cene na Međunarodnoj robnoj berzi za trgovanje emisijama CO₂. Istraživanje je pokazalo da je i energetska potrošnja i emisija CO₂ u proseku 26% niža za strukturu RC nego za strukturu S, a troškovi izgradnje (uključujući i troškove emisije CO₂) RC strukture bili su niži za oko 9,8%, u poređenju sa S strukturom. „Ovo istraživanje pruža uvid na koji način će građevinska industrija, u proučavanom području, uticati na tržište ugljenika, za koje se očekuje dalji rast u budućnosti“ (Kim et al., 2013:35).

Primenom programa za analizu potrošnje energije tokom životnog ciklusa „zelene zgrade“, Asdrubali et al. (2014) konstatuju da većinu energije, koju zgrada konzumira, oko 80% potroši u operativnoj fazi (znači tokom eksploatacije objekta). Su-Hyun i Chang-U (2016) u svojim istraživanjima zapažaju da je pored razmatranja operativne energije i ugljenika koji nastaje kao proizvod korišćenja energije (za rasvetu, pripremu tople vode, za zagrevanje i

³⁷ Izvor: kth.diva-portal.org/wsmash/record.jst?pid=diva2%3A929610&dswid=151Institution of Civil Engineers

³⁸ Izvor: kth.diva-portal.org/wsmash/record.jst?pid=diva2%3A929610&dswid=151Institution of Civil Engineers

hlađenje), pri analizi takođe potrebno uzeti u obzir i „ugrađeni” ugljenik građevinskog materijala. Ugrađeni ugljenik je količina ugljenika puštena tokom proizvodnje i prerade materijala. Uglavnom potiče od potrošnje materijala, energije fosilnih goriva u celom lancu snabdevanja i proizvodnje. Analiza životnog ciklusa stoga razmatra potrošnju na svim nivoima i u tome je njen prevashodni značaj.

Hwang (2014) u svojim istraživanjima ukazuje na činjenicu da nastojanja za smanjenje potrošnje energije u operativnim fazama, može dovesti do velike potrošnje energije na drugom području proizvodnje i nabavke povećane količine materijala i opreme za dodatne sisteme niskoenergetskih zgrada. Strategija za smanjenje energetske efikasnosti bez holističkog pogleda, koji počinje od prirodne sredine, može dovesti do prekomerne potrošnje neobnovljivih geobioloških izvora (npr. mineralni materijali, fosilna goriva, itd.). Studija slučaja je sprovedena radi istraživanja kako odabir pojedinih komponenti može uticati na životnu sredinu. U poređenju sa operativnim energetske uslovima, rezultati razjašnjavaju kako energija i donošenje odluka orijentisanih na uzroke donose različite dizajnerske rezultate, i kvantifikuju komponente zidova, tavanica, podova i sl. Istraživanje je rađeno na modelu porodične kuće veličine 101,9 m² u Južnoj Koreji. Autor zapaža da je odabir male zgrade efikasan za cilj istraživanja jer tako namerava da meri uticaj na životnu sredinu prema varijaciji elemenata pasivnog dizajna (veličina prozora, orijentacija zgrade, zidni materijali) za izgradnju objekata sa visokim performansama (bez uticaja proizvodnje mehaničkih sistema). Rezultati sinteze potvrđuju da su za scenario sa najmanjom operativnom energijom potrebna veća ulaganja u indirektnu energiju u građevinarstvu, što pokazuje da povećanje efikasnosti dovodi do povećanja tokova materijala. Ovaj rezultat ukazuje na važnost obračuna potrošnje ugrađene energije za izgradnju objekata i njegovog uključivanja pri donošenju odluke. I zato je u istraživanju za potrebe ove disertacije izvršen obračun ugrađenog ugljenika za različite sisteme gradnje i izvršeno njihovo poređenje. Osim ugrađenog ugljenika izvršen je obračun operativnog ugljenika i urađeno poređenje ta dva uticaja u toku životnog ciklusa analiziranih modela.

Procenu emisije u vazduh tokom faze izgradnje analiziraju Zhang et al. (2013) parafrazirali Su-Hyun i Chang-U (2016). Dodatno, Baek et al. (2013) parafrazira Su-Hyun i Chang-U (2016) izvodi studiju da identifikuje rekvizite za program procene životnog ciklusa ugljen-dioksida (LCA)CO₂ (en. *Life cycle assessment carbon dioxide*) koje se mogu koristiti u fazi

projektovanja (Baek et al., 2013). Nadalje, Bribián et al. (2009) predstavljaju LCA kao poslednju reč tehnologije u vezi sa primenom dobijenih podataka u građevinskom sektoru. Dodatno, Verbeeck i Hens (2010), parafrazirali Su-Hyun i Chang-U (2016), su istakli cilj i obim LCI i uveli nekoliko metoda izračunavanja LCI zgrade, iznoseći rezultate analize uticaja na životnu sredinu, životnog ciklusa za četiri tipične stambene zgrade u Belgiji (Verbeeck, Hens, 2010a).

Primena LCA za potrebe pronalazjenja rešenja rekonstrukcije stambenog objekta je takođe analizirana od strane Brown et al. (2014) i Wallhagen et al. (2016). U projektu rekonstrukcije stambenog objekta je korišćena LCA analiza, čime je smanjena operativna energija za 50% u odnosu na referentnu 1995. godinu, a unutrašnja temperatura je u toku zimskih meseci povećana na 20°C. Smanjenje operativne energije je 0,35 Mt CO₂-e/godišnje od čega je 83% tog iznosa postignuto korekcijama u sistemu ventilacije i zamene prozora. Projektom rekonstrukcije je predviđena zamena prozora, intervencije na utopljanju podova, zidova i tavanica, a povraćaj investicije je prema istom autoru moguć za tri godine (Brown et al., 2014). Autori međutim iznose zapažanje da se svaka dilema između rekonstrukcije ili rušenja objekta mora analizirati ponaosob i zaključuju da nema univerzalnog rešenja.

Tendencije ka smanjenju emisija CO₂ su prisutne širom sveta i sve više istraživanja i napora je usredsređeno da se razviju i komercijalizuju nisko-ugljenični građevinski materijali koji mogu zadovoljiti potražnju za ekološkim zgradama i zapravo pomoći da se emisije CO₂, iz građevinskog sektora smanje. Kao rezultat toga, došlo je do rasta potreba za procenom opterećenja na životnu sredinu od strane životnog ciklusa građevinskih materijala kroz procenu uticaja na životnu sredinu i kontinuirano upravljanje tokom trajanja objekta. Su-Hyun i Chang-U (2016) su sprovedenim istraživanjima primenom LCA analize u projektovanju smanjili emisije CO₂ za 25% po jedinici površine objekta. Studija analizira emisije ugljenika i smanjenje CO₂ emisija objekata izgrađenih sa niskim nivoom ugljenika.

Cheonghoon et al. (2013) konstatuju da je faza ranog dizajna, najkritičnije vreme za procenu održivosti zgrade i da je ta faza naročito važna u donošenju odluka o građevinskim materijalima, koji utiču na održive performanse finalnog proizvoda. Okvir za izradu alatke za procenu održivosti zgrada u računarskom okruženju koristeći pristup procene životnog ciklusa (LCA) počinje od baza podataka kao što su Inventar ugljenika i energije (ICE).

„Indeks održivosti izgradnje“, prema istim autorima, olakšava donošenje odluka u odabiru optimalne kombinacije građevinskog materijala u smislu ekološke i ekonomske održivosti.

O postojećim alatima za procenu ugljen-dioksida - LCCO₂ (skr. eng. *Life cycle carbon dioxide assessment*) u životnom ciklusu, njihovoj primeni u ranoj fazi dizajna, i određenim ograničenjima u njihovoj primeni za smanjenje emisije, diskutuju i Kumanayake i Luo (2017). Cilj njihove studije je da se identifikuju zahtevi za procenu LCCO₂ i identifikuju programi koji se mogu koristiti u fazi izrade idejog rešenja.

Alat za procenu uticaja na životni sredinu i ekonomsku održivost (BEES), koji je razvio Nacionalni institut za standarde i tehnologiju u Sjedinjenim Američkim Državama, dopušta korisnicima uključivanje troškova životnog ciklusa u proces odabira materijala primenom faktora ponderisanja između ekoloških i ekonomskih kriterijuma. Baek et al. (2013), da bi identifikovali zahteve za očuvanje životne sredine, koriste program procene emisije ugljenika i troškove nastale usled korišćenja ekološke arhitektonske tehnike tokom životnog ciklusa zgrade. Kim et al. (2013) su razvili konceptualni model za analizu CO₂ životnog ciklusa zasnovanog na Troškovima životnog ciklusa - LCC (skr. eng. *Life Cycle Costing*) kako bi se utvrdio uticaj ugljen-dioksida i prema njemu planirala „zelena konstrukcija“. Alati za procenu uticaja na životnu sredinu su sa različitim bazama materijala, najčešće usko povezani sa nacionalnim industrijama, različitih granica sistema, što će biti razmatrano u narednom poglavlju.

2.5.1. Klasifikacija LCA alata

Alati za LCA mogu se klasifikovati na osnovu njihove sposobnosti za analizu sistema gradnje (alate specifične za građevinarstvo) i potrebne veštine korisnika. Bayer et al. (2010) su alate koji se fokusiraju na građevinskoj industriji, podelili na tri glavne vrste LCA alata, mada neki alati mogu imati karakteristike više od jedne klase:

1. LCA alati za analizu proizvoda,
2. LCA alati za analizu izgradnje zgrada i sklopova, sa veoma različitim granicama sistema,
3. LCA alati koji obuhvataju sve faze životnog ciklusa celokupne izgradnje.

Dostupnost alata je različita, granice sistema takođe. Pojedini alati su veoma kompleksni i zahtevaju visok stepen znanja korisnika, ili visoka ulaganja u nabavku i obuku. Alati za procenu uticaja na životnu sredinu su razvijeni za unapređenje održivih zgrada. U ranijim fazama projektovanja arhitekta, urbanisti i pejzažne arhitekta su bili ključni akteri čije odluke određuju uticaj na životnu sredinu planiranjem građevinskih projekata³⁹. Pomponi i Moncaster (2016) u svojim istraživanjima zapažaju da veliki broj različitih metodologija za proračun LCA dovodi do toga da nije moguće porediti te podatke na globalnom nivou i ukazuju na činjenicu da je tek između 20 i 40% uticaja zgrade na životnu sredinu uključeno u proračune (Pomponi, Moncaster, 2016).

Primenom LCA alata izračunato je da izgradnja nove kuće u Velikoj Britaniji prouzrokuje puštanje u proseku oko 45 tona CO₂ e u toku gradnje⁴⁰. Da bi se ovaj podatak mogao sagledati u daljoj perspektivi, potrebno je uporediti ugrađeni ugljenik sa operativnim ugljenikom kuće. Operativni ugljenik varira, ali prosečno domaćinstvo u Velikoj Britaniji⁴¹ emituje 3.300 kg CO₂ za zagrevanje svojih domova. Ova vrednost uključuje zagrevanje prostorija i tople vode, ali ne i energiju za osvetljenje ili za uređaje koji imaju svoju ugrađenu energiju i ugljen-dioksid u odnosu na operativnu energiju i ugljen-dioksid. Nasuprot tome, emisija ugljen-dioksida za zagrevanje novih kuća u UK je oko 2.000 kg CO₂ godišnje.⁴² To znači da izgradnja nove kuće u UK čuva oko 1.300 kg operativnog ugljenika svake godine. Međutim, ova emisija ugljenika od novih kuća dolazi na račun dodatnih emisija ugrađenog ugljenika nove konstrukcije i materijala od kojih je novi objekat sagrađen.

Svaka zgrada ima drugačiji profil upotrebe energije, odnosno, emisije CO₂. Analiza bi trebalo da se uradi od jednog slučaja do drugog, pri čemu treba posmatrati emisije ugljenika tokom celog životnog ciklusa.

Postoje, mnogi proizvodi koji ne utiču na operativni ugljenik zgrade. Renoviranje uz upotrebu takvih materijala i proizvoda često nosi sa sobom koristi u smislu ušteta u

³⁹Izvor: kth.diva-portal.org/wsmash/record.jst?pid=diva2%3A929610&dswid=151Institution of Civil Engineers (20.11.2015)

⁴⁰ Izvor: <http://www.buildingconservation.com/environmental-impacts.htm> (20.11.2015)

⁴¹Izvor: kth.diva-portal.org/wsmash/record.jst?pid=diva2%3A929610&dswid=151Institution of Civil Engineers (20.11.2015)

⁴²Izvor: kth.diva-portal.org/wsmash/record.jst?pid=diva2%3A929610&dswid=151Institution of Civil Engineers (20.11.2015)

emisijama ugljenika. Zadržavanjem postojećih materijala i izbegavanjem potrebe za novim materijalima i proizvodima mogu se postići benefiti. Ovo je jedan od ciljeva u istraživanju koje se sprovodi kroz ovu doktorsku tezu. Mogu li se postići benefiti po životnu sredinu korišćenjem recikliranih materijala za rekonstrukciju ili izgradnju jedne kuće za četvoročlanu porodicu.

Kada je u pitanju renoviranje i popravka, neke jednostavne mere mogu se preduzeti da se smanji ugrađeni ugljen-dioksid. Jedan od najefikasnijih je zalaganje za ponovnu upotrebu materijala (reupotrebu), bilo na istom projektu ili na nekom drugom mestu. Ponovno korišćenje materijala može da uštedi i do 95% sadržanih emisija ugljenika od ugljenika koji se potroši pri proizvodnji i nabavci novog proizvoda⁴³.

Peterson definiše integralni dizajn kao zajednički proces koji može da postigne visoke performanse, niske energije, održive zgrade uzimajući u obzir sve varijable dizajna zajedno. Integralni dizajn sagledava okruženje zgrade, i analizira kako zgrada i njeni sistemi mogu biti integrisani sa pratećim sistemima, a koliko su materijali, sistemi i proizvodi povezani u interakciji i utiču jedni na druge (Peterson, 2007).

2.5.2. Ocenjivanje životnog ciklusa u građevinskoj industriji

Metodologija LCA koja se odnosi na građevinsku industriju može biti analizirana na četiri nivoa:

1. nivo materijala,
2. nivo proizvoda,
3. nivo zgrade ili kompleksa zgrada (blok),
4. nivo grada kao najvišeg nivoa, ili šire posmatrano nivo prostornog plana grada, regiona, države, kontinenta, a najšire gledano planete Zemlje.

Svaki viši nivo je širi po obuhvatu od nivoa ispod, i širi od početnog nivoa materijala koji je baza za obračun.

⁴³Izvor:<http://www.buildingconservation.com/articles/environmental-impacts/environmental-impacts.htm>
(20.11.2015)

Nivo materijala – U suštini, LCA proces je zasnovan na nivou materijala. Podatke o materijalima i formiranje liste uticaja materijala za LCI bazu je informacija koja je u domenu obračuna tehnologa, hemijskih inženjera, i povezan je sa usko stručnim informacijama koje je potrebno izmeriti i klasifikovati, a zatim dostaviti radi formiranja LCI baza podataka. Arhitekta su korisnici baza LCI podataka, pri kreiranju projekata i donošenju odluka.

Nivo proizvoda – Na nivou proizvoda, LCA se izračunava kao grupa materijala, koji se montiraju u izgradnji objekta. Kada je proizvod završen, emisije iz svake komponente proizvoda se sabiraju. U ovoj fazi je potrebno temeljno poznavanje izvora i količine materijala i proizvodnih procesa gotovog proizvoda da bi se izvršila LCA proizvoda. Namena LCA softvera, kao što su Gabi, Boustead ili SimaPro je za računanje LCA proizvoda. Na nivou proizvoda je moguće dobiti veću količinu podataka korisnih za arhitekta korisnike LCA, što će pomoći u odabiru najboljeg rešenja. Ovo je posebno važno u situaciji kada je funkcionalna jedinica prepoznatljiva pa se na osnovu toga proizvodi mogu porediti, odnosno, mogu se porediti njihovi uticaji.

Nivo izgradnje – Izgradnja objekta ili dela objekta je sledeći nivo LCA analize u kome je proizvod deo zgrade ili zgrada. U tom slučaju, arhitekta je osoba koja je kompetentna (ekspert) za LCA. Uloga arhitekta u procesu projektovanja je da koordiniše sve aktivnosti, počev od investitora, konstruktivnih i instalaterskih aktivnosti, a sve u skladu sa važećim zakonima i pravilima struke, kao i raspoloživim kapacitetima na mikrolokaciji. Arhitekta poseduje znanja i razume kako se objekat gradi, kakav je protok građevinskog materijala i proizvoda na gradilištu, otpada koji nastaje pri izgradnji i obavljanju pojedinih građevinskih radova, namenu objekta i funkciju zgrade tokom vremena eksploatacije. U tom smislu je LCA koristan alat za donošenje odluka još u fazi projektovanja.

Nivo građevinske industrije ili prostornog planiranja – Na nivou građevinarstva, Ekonomska analiza ulaz-izlaz (EIO eng. Economic Input-Output) je osnovna metoda LCA, verovatno najbolji alat za analizu industrijske proizvodnje i podatke ekonomskog učinka. Metoda EIO-LCA⁴⁴ se koristi u građevinskoj industriji da kvantifikuje uticaje pojedinačnih sektora građevinske industrije, na primer, cementa ili proizvodnje čelika, ali i prigradskog širenje i urbane densifikacije, kao i promene u korišćenju zemljišta (Bayer et al., 2010). Tako LCA

⁴⁴Izvor: <http://www.eiolca.net/Method/LCAApproaches.html>. (8.2.2015)

može postati alat za arhitekta i prostorne planere pri donošenju ispravnih odluka za širu zajednicu.

Na nivou materijala i nivou proizvoda, korišćenjem LCA informacija arhitekta u procesu projektovanja mogu imati pomoć u donošenju odluka baziranim na rezultatima analize. Ovo će biti deo istraživanja, odnosno, poređenje materijala i proizvoda koji se mogu vrednovati sa aspekta uticaja na životnu sredinu, ali i sa aspekta trajnosti i ekonomskog aspekta. Na nivou zgrade, arhitekta mogu sami biti LCA praktičari, koristeći specifične LCA alate koji proračunavaju otisak na životnu sredinu predloženih projekata, bilo radi ispunjavanja regulatornih zahteva (na primer, da projekat bude ispod propisanog limita uticaja) ili kao deo iterativne metodologije projekta koji nastoji da minimizira uticaj na životnu sredinu projekta. Korišćenje metode LCA na najvišem nivou (grad, region, država) može biti od koristi za kreatore politike i planere.

U toku faze procesa dizajna prema Bayer et al. (2010) LCA može pomoći u: izboru između različitih građevinskih opcija dizajna, izboru između različitih građevinskih konstruktivnih sistema, sklopova i proizvoda, identifikaciji proizvoda i sklopova koji izazivaju maksimalne i minimalne doprinose ukupnom uticaju na životnu sredinu kroz životni ciklus zgrade, identifikaciji faza životnog ciklusa izgradnje zgrade koje izazivaju maksimalne i minimalne doprinose ukupnom uticaju, smanjenju uticaja usmerenih ka određenom pitanju zaštite životne sredine (npr. deficit vode, acidifikacija, eutrofikacija, smanjenje emisije GHG i sl).

Bayer et al. (2010) definišu mogućnosti primene LCA u pojedinim fazama procesa projektovanja:

Tokom faza pre-oblikovanja, LCA može da pomogne u definisanju ekoloških ciljeva projekta LCA, u donošenju odluka u vezi sa građevinskim otiskom između nekoliko opcija. Kompromis između uticaja iz faze proizvodnje i operativne faze, može pomoći u proceni odabira vrste montaže ili materijala, kod donošenja različitih opcija i njihovih uticaja, formiranja ekološkog otiska za različite varijante i donošenju osnovne odluke za izbor strukturnog sistema.

U fazi šematskog oblikovanja moguće je uz pomoć LCA napraviti poređenje građevinskih proizvoda i sklopova, odabir onih koji imaju manji uticaj na životnu sredinu ali u ovoj fazi sa tačno izračunatim količinama. Analiziranjem energetske potrebe po fazama životnog ciklusa

može se pomoću LCA olakšati donošenje odluka i odabir one koja imala manji uticaj na životnu sredinu.

U fazi razvoja dizajna (projekta), LCA analiza može dati jasne informacije o proceni uticaja predloženog osvetljenja i HVAC sistema.

U životnom ciklusu objekta moguće je identifikovati najvažnije faze u smislu uticaja na životnu sredinu, i doneti odgovarajuće izmene na dizajnu, na osnovu predloženih varijanti. Materijal koji je konačno izabran se takođe može uporediti uz pomoć LCA rezultata.

Iz stručne literature o mogućnosti primene LCA u fazi projektovanja i identifikovanje mogućih mesta na kojima se uz pomoć pojedinih programa može proveriti ili porediti projektno rešenje prikazano je u Tabeli 2.17. (osencena polja su faze u kojima je primena nekih od programa moguća za poređenje varijanti i pomoć pri odabiru zasnovana na LCA analizi), prema autorima Bayer et al. (2010).

Tabela 2.17. Šema izvršenih poslova i zadataka u procesu projektovanja, prema Bayer et al. (2010)

Faza Pre-dizajna	Faza dizajna	Faza razvoja dizajna
Identifikacija želja i potreba investitora, vlasnika	Plan projekta i glavna osnova sprata, i svih ostalih etaža je pripremljena	Detaljni plan projekta ukazuje na građevinsku lokaciju i poboljšanje projekta
Odeljenje, soba po soba, interakcija za osnivanje matrica	Pogled, izgled, kote, skice i modeli spremni za prenošenje na konfiguraciju zgrade	Detaljni planovi, kote sekcije, raspored i pripremljene beleške
Preliminarno odrađena struktura, mašinska, elektro i ostalih inženjerskih sistema	Komparativne analize inženjerskih sistema i strukturne, mehaničke, elektro i ostalih inženjerskih sistema	Završetak strukture, mehaničke, elektro i ostalih inženjerskih sistema
Stvoren blok planova pokazuje sve prostorije, komunikacije i vertikalnu povezanost etaža	Prostor i lokacija neophodni za ovaj utvrđeni sistem	Preispitivanje dobiti od regulatornih agencija
Pripremljene su procene za operativne troškove projekta	Sprovedena je preliminarna projekcija materijala, opreme i pribora	Provera usklađenosti

Za izradu LCA analize koriste se različiti alati, koji se koriste za različite namene. Alati čija je upotreba rasprostranjena i za koje su u objavljenim studijama prikazani rezultati navedeni su u Tabeli 2.18. Rezultati su raznorodni, zavise od programa u kome je rađena LCA. U nekima je funkcionalna jedinica ceo objekat, dok je u drugima to jedan m² osnove. Rezultati zavise i od toga šta je postavljeno kao cilj analize.

Tabela 2.18. Pojedini alati koji se koriste za različite LCA

	Programi	Zemlja u kojoj se primenjuje
1.	ATHENA® Impact Estimator	SAD i Kanada
2.	ATHENA® EcoCalculator	SAD i Kanada
3.	BEES® (Izgardnja za zaštitu životne i ekonomske održivosti)	SAD i Kanada
4.	WIN Zero	EU
5.	EIO-LCA (ekonomski ulaz - izlaz, LCA)	SAD i Kanada
6.	EQUER	Francuska
7.	Open LCA	EU, Engleska
8.	Eco-Quantum	Holandija
9.	LISA	Nemačka, Engleska
10.	Envest	Globalni
11.	PEMS	Globalni
12.	Umberto	Italija, Španija
13.	SIB LCA	Švajcarska
14.	Boustead	Engleska
15.	SimaPro	Holandija, Danska, Engleska, Nemačka
16.	GaBi	Nemačka, Danska
17.	Eco2soft	Austrija

Kriterijumi koje treba imati u vidu kod odabira alata za LCA, prema Bayer et al., 2010 su:

- faza dizajna, nivo projekta,
- dostupnost informacija o materijalima za izgradnju i komponentama, kao i opremi,
- dostupnost rezultata o energetsom okviru za objekat,
- vremenska ograničenost, sa aspekta vremena potrebnog za pronalaženje podataka, i izrada projekta,
- veštine korisnika,
- tačnost potrebnih informacija.

Osim navedenih kriterijuma zapaža se i da su pojedini od navedenih alata veoma kompleksni, finansijski zahtevni i traže visoki stepen poznavanja rada u programu, kao što su: SimaPro, Boustead ili GaBi, što je pokazala anketa sprovedena od strane Bayer et al. (2010). Navedeni programi su korišteni u velikim projektnim biroima, koji su mogli da ih finansiraju i angažuju stručnjake za LCA. Ti kompleksni i celoviti programi su dostupni malom broju

arhitekata. Manje kompleksni programi, najčešće nemaju uključene sve analize, ili imaju granice sistema koje ne obuhvataju ceo životni ciklus objekta, već samo deo. Pojedini programi su dobri za analizu uticaja materijala i njihovog poređenja, a drugi analiziraju sklopove i daju rezultate u vezi konstruktivnih sistema, poredeći njihove uticaje. Pojedini programi imaju mogućnost proračuna operativne energije, dok je u drugima potrebno iz posebnog programa ubaciti vrednosti za operativnu energiju. I najzad ono što je takođe veoma bitno, to je da veliki deo programa ima obaveznu finansijsku nadoknadu za njegovo korišćenje, najčešće na godišnjem nivou, i nije jednostavno pronaći otvorene programe koji su dostupni većem broju stručne javnosti bez nadoknade. Anketa koju su sproveli Bayer et al. (2010) sa članovima timova koji su koristili LCA analize u četiri realna projekta i analize rađene za četiri istraživačke studije, govore o postojanju svesti kod stručnjaka o potrebi brige za životnu sredinu, nedostupnosti programa iz finansijskih razloga, nedostatak finansijskih podsticaja od strane države za ove dodatne troškove i velikoj količini informacija koje se dobiju LCA analizama, sa kojima arhitektae nemaju dovoljno znanja kako te informacije da koriste, pa je sa tog aspekta potrebno u projektovanju predvideti i sredstva za angažovanje stručnjaka za LCA.

2.5.3. Smernice za izbor LCA alata

Izbor LCA alata zavisi od scenarija upotrebe LCA. Za potrebe istraživanja detaljnije su proučeni sledeći softverski alati: SimaPro, EIO – LCA, Eco2soft, ATHENA Impact Estimator for buildings, GaBi, BEES. LIT i ZeroWIN koji će biti korišteni za dobijanje rezultata.

1. ATHENA® Impact Estimator for Buildings (Procena uticaja za zgrade) omogućava korisniku da proceni uticaje zgrade tokom celog životnog ciklusa i sklopova uključujući: temelje, zidove, podove, krovove, stubove i grede. Pruža puni inventar prirodnih resursa, energije, korišćenja vode, emisija u vazduh, vodu i zemljište. Razvijen je kao sredstvo kojim arhitektae mogu kroz implikacije različitih materijala, proizvoda i opcije projekta analizirati kompromise između različitih uticaja na životnu sredinu. Jedini je program u Severnoj Americi koji za analizu koristi LCA metodologiju, analizira sve faze životnog ciklusa primenjenih materijala i komponenti u strukturi zgrade: proizvodnju materijala počev od

ekstrakcije sirovina, kao i sadržaj recikliranih materijala, transport, izgradnju, regionalni prosek potrošnje energije, transport i druge faktore, tip i životni vek zgrade, održavanje, rušenje ili dekostrukciju, sa transportom i odlaganjem na deponiju prema lokalnim propisima i operativnu energiju. Na osnovu izbora materijala moguće je odrediti različiti životni vek zgrade.

2. BEES® (Izgradnja za zaštitu životne sredine i ekonomsku održivost) obezbeđuje poređenje do pet proizvoda u jednoj iteraciji na osnovu životne sredine i ekonomskog učinka. Omogućava korisnicima da osim odabira distance za transport materijala podese i pondere selektivno za životnu sredinu i ekonomske uticaje. Osim toga moguće je podesiti i težinu uticaja za različite faktore životne sredine (<http://www.bfrl.nist.gov/oa/software/BEES/bees.html>).

Za analizu koristi LCA metodologiju, analizira sve faze životnog ciklusa primenjenih materijala i komponenti u strukturi zgrade: proizvodnju materijala počev od ekstrakcije sirovina, kao i sadržaj recikliranih materijala, transport, izgradnju, regionalni prosek potrošnje energije, transport i druge faktore kao što je potrošnja vode, ukupne ili ugrađene, strukturu energije koja se koristi po fazama životnog ciklusa, obnovljive ili neobnovljive i slično. Prednost programa je brzo poređenje varijanti koje postoje u bazi podataka. Program je moguće koristiti onlajn bez finansijske nadoknade. Sam program ima životni vek ugrađenih materijala i proizvoda i osim primarnih materijala razmatra i mogućnosti primene recikliranih što je još jedna od prednosti.

3. EIO-LCA (ekonomski ulaz-izlaz, LCA) pruža smjernice o relativnim uticajima različitih vrsta proizvoda, materijala, usluga ili industrije sa aspekta korišćenja resursa i emisija u lancu snabdevanja. Poželjan je jer se sa njim lako i brzo mogu dobiti informacije koji su uticaju na životnu sredinu materijala, ili transportnih sistema. Nije usmeren na analizu celokupnog životnog ciklusa već razmatra delimični LCA: „od klevke do gradilišta“.

4. ZeroWIN Alat za prevenciju otpada (en. *Waste Prevention Tool*). Prevencija otpada je dobila najveći prioritet u okviru Evropskog zakona o upravljanju otpadom. Ovaj alat je sproveden tokom FP7-projekta Ka nultom otpadu u industrijskim mrežama, 2014. (en. *FP7-project "Towards Zero Waste in Industrial Networks" (ZeroWIN), 2014*). Cilj projekta je bio

da se ispita i razvije nov i inovativan pristup i efikasna strategija za prevenciju otpada. Projekat je pokrenut u skladu sa strategijama smanjenja emisija gasova staklene bašte od najmanje 30%, povećanjem recikliranja i reupotrebe od najmanje 70% od ukupne i smanjenje korišćenja sveže vode od najmanje 75%.⁴⁵ Ovaj alat pruža mogućnost poređenja efekata različitih mera prevencije otpada za industriju koja proizvodi fotonaponske ćelije i izgradnju. Alat daje mogućnost uvida u efekte prevencije otpada u odabranim industrijama, i građevinskom sektoru. Moguće definisati podešavanja sistema i izbor između nekoliko opcija za prevenciju otpada, upoznavanje relevantnosti konkretnih mera prevencije otpada u cilju smanjenja efekata na vodeni omotača i globalno zagrevanje, i same količine čvrstog otpada. Alat se lako koristi i pogodan je za prve brze analize kada su u pitanju objekti koji se ruše i na njihovom mestu gradi drugi objekat, a postoji mogućnost i volja investitora da se od postojećih materijala koji nastaju demontažom postojećeg objekta iskoristi iskoristiv građevinski materijal, ili kada postoji mogućnost nabavke materijala koji su nastali rušenjem nekog drugog objekat. Osim toga, u okviru programa postoji mogućnost odabira upotrebe industrijskih materijala koji u procesu proizvodnje koriste reciklirane komponente, u nekoliko varijanti ali i one koji koriste nove sirovine (cement, beton, aluminijum, čelik) i poređenja uticaja na životnu sredinu korišćenja materijala. Rezultati se dobijaju u procentima uštede u odnosu na konvencionalni način gradnje (bez korišćenja recikliranih ili već korišćenjih materijala). Prednost programa se ogleda u lakoj i jednostavnoj primeni, izboru ponuđenih opcija, mogućnost da se investitoru na jednostavan način predoče prednosti korišćenja postojećih ili recikliranih materijala i slobodnom pristupu programu što daje mogućnost da se njegova primena proširi i time takođe dođe do rezultata u primeni programa.

5. Eco2soft softverski alat za procenu održivosti zgrada je razvijen u okviru austrijskog instituta za biologiju i ekologiju građenja IBO (skr. nem. *Österreichisches Institut für Baubiologie und Ökologie GmbH*). Ovaj softver je u upotrebi u Austriji, Sloveniji, Švajcarskoj i Nemačkoj. Program ima bazu podataka za građevinske materijale koji se koriste u Austriji i zemljama u kojima se program koristi. Osnova za procenu ekoloških performansi je LCA analiza. Granice LCA su od eksploatacije sirovina do izlaska iz fabrike

⁴⁵Izvor: <http://www.4980.timewrap.at/sat/ZeroWIN/index.php> (12. 04. 2014.)

„od kulevke do kapije“, transport i izgradnja, zatim instalacije i rušenje i odlaganje na deponiju su van granica sistema. Ekološke performanse koje se procenjuju su: potencijal globalnog zagrevanja, potencijal acidifikacije, potrošnja primarne energije i proračunavaju se po m² površine primenjenog sloja materijala. Ovakav način daje informaciju koliki je uticaj svakog primenjenog materijala i omogućava pravljenje izbora materijala sa boljim ekološkim osobinama. Program ima i već pripremljene elemente koje je moguće usvojiti kao rešenje ili korigovati. Odabir sistema grejanja nije obavezan, već se proračun može raditi i bez grejanja. Softver je jednostavan za korišćenje, nabavka softvera je uslovljena finansijskim izdatkom.

6. SimaPro softverski alat za procenu održivosti proizvoda i usluga je softverski alat koji LCA pruža profesionalni alat za prikupljanje, analizu i praćenje učinka održivosti proizvoda i usluga. Moguće je simulirati model i analizu kompleksnih životnih ciklusa na sistematičan i transparentan način i meriti uticaj na životnu sredinu svih proizvoda i usluga u svim fazama životnog ciklusa. Identifikacija kritičnih tačaka u životnom ciklusu. Rezultate analiza⁴⁶ je moguće izvoziti u Microsoft Excel ili Microsoft Word. Precizan je i pouzdan LCA u segmentu emisije ugljen-dioksida i vodenog otiska, a naročito u smislu uticaja na životnu sredinu. Koristi Monte Carlo analizu za izračunavanje nesigurnosti rezultata LCA. Analizira 18 različitih faktora životne sredine. Viša ocena je poželjna, bolja po životnu sredinu, a niža je manje poželjna jer ima veći uticaj na životnu sredinu, tako se očekuje smanjenje upotrebe primarnih sirovina za proizvodnju materijala što je varijanta koja je najprihvatljivija. Reciklaža i energetska komponenta materijala često variraju u rangu, jer su neki postupci reciklaže energetske zahtevni. Opcije za odlaganje ili spaljivanje su skoro uvek najmanje poželjne opcije. Svaka varijanta traži pojedinačnu analizu i istraživanje koji faktori životne sredine su prvenstveno odgovorni za dobijanje rezultata. Sima Pro 8 verzija ima uvršten i otisak vode prema standardima i izračunavanje odgovarajućeg vodenog traga.⁴⁷ Program je kompleksan i za njegovo korišćenje je potrebna visoka stručna osposobljenost i veće finansijsko ulaganje za nabavku softvera.

7. GaBi Softver je alat za univerzalnu procenu životnog ciklusa za održivost organizacije, objekata, procesa ili životnog ciklusa proizvoda. Ocenjivanjem životnog ciklusa zgrade

⁴⁶Izvor: <http://pre-sustainability.com/belind-the-scenes-at-monte-carlo-simulatiorn> (15.06.2014.)

⁴⁷Izvor: <http://pre-sustainability.com/water-footprinting-with-simapro> (10.06.2016.)

program pruža potrebne informacije o energetske potrebe zgrade i uticajima tokom celog životnog ciklusa. Program nudi rezultate u vidu usklađenih dokumenata potrebnih za DGNB pred-sertifikaciju i sertifikaciju nemačkog udruženja za održivu gradnju. Alat nudi sveobuhvatne analize za svaki tip i veličinu izgradnje kako bi se ilustrovala ekološka dimenzija projekta. Urbaniste i arhitekte koji žele da kreiraju zgrade na održiv način suočava sa sledećim pitanjima: Kakvi su uticaji korišćenja recikliranih materijala u procesu izgradnje? Kako se primarna energija troši u zgradi? Koliki je karbonski otisak? Svaki objekat je jedinstven i zahteva pojedinačnu analizu koja kroz izveštaj daje ilustruju uticaja na životnu sredinu i održivost, kao potencijale za optimizaciju. Korišćenje alata omogućava poboljšanje performansi održivosti i daje mogućnost komparativne analize različitih opcija u svim fazama planiranja. Omogućava analizu ekoloških žarišta u celoj zgradi kroz izveštaje što pomaže shvatanju eko-efikasnog planiranja i izgradnje. Program je finansijski zahtevan, a za rad i tumačenje rezultata potrebno je izdvojiti značajna sredstva za nabavku softvera i obuku.

Primenom LCA alata mogu se dobiti sledeće informacije vezane za određeni projekat:

Inventar životnog ciklusa – LCI baza podataka (skr. eng. *Life Cycle Inventori*) (podaci čine bazu analize LCA). Baze podataka sadrže materijale i informacije o potrošnji energije, kao i podatke o emisijama gasova za najčešće korišćene proizvode i procese.

Upravljanje (menadžment) životnim ciklusom – LCM (skr. eng. *Life Cycle Management*) je okvir koji koristi metode kao što su LCA (skr. eng. *Life Cycle Assessment*) i Obračun troškova životnog ciklusa LCC (skr. eng. *Life Cycle Costing*) da podrži odluke koje vode ka održivom razvoju. LCM pristup može biti osnova za poboljšanje poslovnih strategija organizacije i njenih odgovarajućih proizvoda i usluga.

Obračun troškova životnog ciklusa – LCC pruža podršku u donošenju odluka o izboru građevinskog sistema ili izgradnje celog projekta na osnovu finansijskih koristi, za razliku od LCA, u kome je odluka zasnovana na ekološkim prednostima sistema ili dizajna. LCC pruža osnovu za sagledavanje finansijskih tokova projekta od početnih ulaganja do budućih troškova tokom određenog vremenskog perioda.

Analiza energije životnog ciklusa – LCEA (skr. eng. *Life Cycle Energy Analysis*) je skraćeni oblik LCA koji koristi energiju kao jedinu meru uticaja na životnu sredinu. Analiza energije

životnog ciklusa pomaže u izboru energetski efikasnih materijala, sistema i procesa u životnom ciklusu zgrade.

Obračun ugljenika – CA (skr. eng. *Carbon Accounting*) može biti izražen kao celokupna masa CO₂ ekvivalenta ili samo kao masa ugljenika sadržanog u CO₂, i može biti izražena u svim jedinicama mase. U slučaju objekta, obračun emisije CO₂ je iz faze proizvodnje građevinskih materijala i izgradnje objekta i operativne faze životnog ciklusa objekta. U stručnoj i naučnoj javnosti su prisutne tendencije da se osim regulative za uspostavljanje energetskih razreda po osnovu potrošnje energije uvede praksa obaveznog obračuna CO₂.

U velikom broju zemalja, pa i u Srbiji, sa donošenjem regulative o energetskoj efikasnosti i konsenzusa oko potrebe da se smanji konzumiranje energije u objektima, vršen je obračun samo za operativni CO₂. Za potrebe energetskog saniranja koriste se dodatne količine termoizolacionih materijala ili sistema, što dovodi do povećane količine ugrađenog CO₂. Osim operativnog CO₂, neophodno je uzeti u obzir i ugrađeni CO₂, kako bi se sagledalo koliki je uticaj proizvodnje materijala i izgradnje objekata na životnu sredinu (UNEP, 2007). Samo merenjem ili računanjem obe ove faze u životnom ciklusu ugljenika moguće je napraviti uštede u emisijama. Ovo je još jedna od faza istraživanja koja se planira sprovesti.

Programskim paketima je tako moguće kvantifikovati uticaje objekta na životnu sredinu. U zavisnosti od toga koji se program koristi rezultat proračuna može biti ili obračun energije, emisije koje nastaju od korišćene energije, procesa i materijala, a pojedini programi imaju i mogućnost ponderisanja u funkciji ekonomskih i ekoloških parametara LCA. Ugljenični otisak je zbir emisija svih gasova sa efektom staklene bašte projekta i zbog toga je kvantifikovanje uticaja projekta kroz obračun ugljeničnog otiska za sada najbolji način za vrednovanje i optimizovanje modela.

Granice sistema u programima su različite pa je i mogućnost primene programskih paketa povezana sa granicama u kojima se rezultati mogu primeniti za vrednovanje i procenu projekta. U zavisnosti od granica sistema i raspoloživosti programa, razlikuju se i mogućnosti primene koncepta LCA u procesu projektovanja, pa se to razmatra u narednom poglavlju.

3.0. PROJEKTOVANJE ZASNOVANO NA KONCEPTU ŽIVOTNOG CIKLUSA OBJEKTA

Za projektovanje zasnovano na konceptu životnog ciklusa objekta potrebno je ispunjenje niza preduslova koji su neophodni a odnose se na: industriju, transport, građevinske materijale, njihovu sertifikaciju, baze podataka, postojanje programa za proračun uticaja na životnu sredinu, edukovani inženjeri za primenu programa i izgrađena svest svih donosioca odluka u planiranju i izgradnji prostora.

3.1. PODACI I PRETPOSTAVKE ZA METODOLOŠKI POSTUPAK PROCENE ŽIVOTNOG CIKLUSA OBJEKATA U SRBIJI

Za procenu životnog ciklusa objekata potrebno je postojanje baza podataka građevinskih materijala, proizvoda sistema transporta i procesa izgradnje, životnog veka materijala i komponenti, ali i svih emisija koje nastaju u procesu eksploatacije, i svake od faza životnog ciklusa materijala, strukture potrošnje materijala u proizvodnji, emisija iz faze transporta, strukture energije koja se troši po svakoj pojedinačnoj fazi, obnovljive ili neobnovljive energije, otpada koji nastaje u fazi proizvodnje, montaže, i demontaže na kraju životnog ciklusa, uticaja koji ti otpadni materijali mogu imati na životnu sredinu, emisija u fazi korišćenja materijala, posebno emisija na vazduh u unutrašnjem prostoru, ekološke toksičnosti, kancerogenog i nekancerogenog efekta koje mogu izazvati. Potrošnja vode u svakoj od faza je postala veoma važan faktor za ocenu, kako iz faze proizvodnje tako i iz faze korišćenja. Mogućnost reciklaže, ili učešće recikliranih komponenti, za pojedine materijale može doneti pozitivne efekte sa aspekta uticaja na životnu sredinu. Osim postojanja baza podataka potrebno je imati i program za analizu životnog ciklusa i program za obračun energije iz faze izgradnje i operativne faze. Programi mogu imati različite granice sistema, pa se prema tome mogu analizirati i različite faze životnog ciklusa. Programi koji analiziraju ceo životni ciklus od klevke do klevke, kao što su GaBi ili SimaPro su finansijski veoma zahtevni i time nedostupni za korišćenje. Obzirom da u Srbiji nema nacionalne baze

materijala i procesa, kao ni programa za analizu životnog ciklusa, ovo istraživanje će biti urađeno sa dostupnim programima i bazama.

3.1.1. Sertifikacija materijala u Srbiji

Interpretacija i komparativna analiza rezultata dobijenih metodom LCA istraživanih objekata i tumačenje mera za unapređenje projektovanja ili izvođenja objekta može biti usmerena u pravcu donošenja odluka koje se sa aspekta životne sredine nameću kao prihvatljivije, odnosno, održivije. Rezultati analiza inventara i LCA se koriste za potvrdu doprinosa koji se može ostvariti u smanjenju uticaja i opterećenja na životnu sredinu od proizvoda ili sistema. U konkretnoj analizi životnog ciklusa objekta može se analizirati uticaj proizvodnje građevinskih materijala, kroz sertifikaciju pojedinačnih materijala. Inicijativa za formiranje baze „zelenih“ materijala je pokrenuta 2012. godine. Prema istraživanjima M. Nikolić Topalović (2010) materijali koji se na tržištu Srbije koriste su proizvedeni u Srbiji, a delimično potiču iz uvoza. Edukovanost projekatanta i izvođača građevinskih radova o potrebi korišćenja recikliranih materijala je skoro zanemarljiva. Odabir materijala sa manjim uticajem na životnu sredinu trebalo bi da bude daleko veći. Osim veće informisanosti struke o uticaju građevinskih materijala na životnu sredinu, za primenu LCA studije u procesu projektovanja objekta potrebno je da na nacionalnom nivou postoji urađena baza podataka lokalnih građevinskih materijala, ali i uvoznih materijala koji se na tržištu Srbije koriste u izgradnji objekata. Srbija još uvek nema bazu podataka neophodnih za proračun LCA, ni za pojedinačne materijale, a ni za metode transporta, energije, ugljenika, emisija gasova staklene bašte ni otpadnih materijala u fazi eksploatacije, prerade, izgradnje objekta i rušenja objekata. Srbija ima listu opasnih materija, opasnog i neopasnog otpada, kao i propise u vezi sa ambalažom i ambalažnim otpadom. Srbija nema propise u vezi sa obaveznom procedurom u vezi sa postupanjem sa otpadom koji nastaje posle rušenja objekta, ako taj otpadni materijal nije opasan. Nema propisa kojima se od firmi koje se bave rušenjima i demontažom objekata traže potvrde o upravljanju GOM-om, što je obavezna praksa u uređenim zemljama EU u kojima je ovaj otpad sirovina koja se vraća u energetske tokove i koristi za ponovne proizvodne procese, a time smanjuje pritisak na životnu sredinu i prirodne resurse (Nikolić Topalović, 2010). Neophodni podaci za analizu LCA zgrada u Srbiji se pre svega odnose na

nepostojanje određenih baza podataka, procedura ni metoda. Bazu podataka o količini sirovine koja je potrebna za proizvodnju pojedinačnih građevinskih materijala koji se u domaćoj građevinskoj industriji proizvode, kako za domaće, tako i za inostrano tržište. Nedostaju baze podataka o potrebnoj energiji za eksploataciju, sirovina, transport i proizvodnju, kao i strukture korišćene energije i ugljenika, kao i otpadnih materijala, gasovitih, tečnih i čvrstih u okviru granica sistema od kolevke do kapije. Firme koje proizvode građevinske materijale verovatno poseduju u svojim bazama podataka ove informacije, ali kako one nisu javne, smatraju ih poslovnim tajnama pa su tako nedostupne. Nema procedura za obaveznost redovnog održavanja zgrada i zamene dotrajalih sistema i komponenti, kao što je to na primer u Nemačkoj, Švedskoj ili Austriji. Takođe, nema podataka o životnom veku građevinskih proizvoda proizvedenih u Srbiji. Nepostojanje ovakvih baza podataka umanjuje mogućnost izvoza domaćih proizvoda na inostrano tržište u zemlje u kojima je uvedena primena LCA metodologije u izgradnji objekata. Nema baze podataka o upravljanju GOM-om mada je Prema Strategiji upravljanja otpadom Republike Srbije („Sl. glasnik RS” broj 29/2010) i Lokalnom planu upravljanja otpadom grada Beograda 2011-2020 („Sl. list grada Beograda” broj 28/2011) bilo u planu formiranje pogona za reciklažu GOM-a u periodu do 2015. Plan nije ostvaren. Nema ni podataka o postupcima za ponovnu upotrebu, reciklažu, sagorevanje ili deponovanje koji su potrebni za proračune. Prema Normama i standardima rada u građevinarstvu (1987) za pojedine pozicije radova postoji planirana količina otpadnih materijala u smislu količine koju treba pri normiranju uračunati, i kreću se od 5% - 10%. U otpadnim materijalima ima opasnog otpada i ambalaže od opasnih materijala, ali veliki procenat je neopasni otpad i ambalaža. Nema procedura ni obaveznosti kod klasifikacije otpada, pripreme za reciklažu, ni metoda reciklaže.

Osnovni problem je nedostatak nacionalne baze podataka, koja obuhvata potrebne materijale, utrošenu energiju, strukturu energenata, gorivo, otpad, emisije u prve tri faze životnog ciklusa, od kolevke do kapije. Domaći proizvođači građevinskih proizvoda nisu obavezni da za svoje proizvode u sertifikatima prezentuju svoje emisije, utrošenu energiju i ekološke karakteristike materijala. Uvođenjem Eko-znaka, prikazanog na Slici 3.1., 2009. godine proizvođači imaju mogućnost da deklarišu svoju eko oznaku (Slika 3.2.).



Slika 3.1. U susret prirodi i Eko znak, ustanovljeni u Srbiji 2009.

Ova deklaracija je dobrovoljna, tj. nije obavezna. U građevinskom sektoru je tek par proizvođača koji imaju ovaj znak (Nikolić Topalović, 2010). Eko znak ima za cilj afirmisanje proizvoda koji imaju prijateljski i domaćinski odnos prema životnoj sredini. Eko znak je namenjen onim proizvodima za čiju se proizvodnju smanjuje potrošnja resursa, koriste sekundarne sirovine, reciklirani ili delimično reciklirani materijali, i generalno imaju manji negativni uticaj na životnu sredinu od postojećih na tržištu.

Ova oznaka ne znači da je proizvod dobar za okolinu, već je znak da je on manje štetan za ekosistem (Bokardes, Block, 2010). Pravilnik prema kome se ovaj znak može dobiti u Srbiji je usvojen 2009. godine („Sl. gl. RS“, br. 3/2009). Mali broj firmi koje se bave proizvodnjom građevinskih proizvoda u Srbiji poseduje ovaj znak. Jedna od retkih je Potisje iz Kanjiže, preduzeće koje ima Eko znak za dva tipa crepa i proizvode koji su namenjeni izvozu. Za proizvode za koje se dodeljuje Eko–znak, kriterijumi su isti kao za Cvet–eko, znak ustanovljen na nivou Evropske unije.



Slika 3.2. Eko znak u Srbiji ustanovljen 2009. godine

Inicijativa za formiranje Kataloga zelenih građevinskih materijala i proizvoda (GBPS) od strane USAID-a i ACES-a, 2011. godine nije zaživela¹ (poslednji put sajt je posećen u junu 2016. i nije bilo spiska materijala). U Srbiji samo u sektoru niskogradnje postoji mobilno postrojenje za reciklažu građevinskog otpada. Reciklaža građevinskog otpada je svedena na pojedinačne slučajeve reupotrebe, i preprodaje na slobodnom tržištu od strane nekoliko privatnih firmi koje se bave rušenjem objekata. Sistemski ona nije rešena ni u Beogradu, kao delu Srbije u kome živi trećina stranovništa Srbije. Od strane JKP Gradska čistoća Beograda su prisutni napori da se reši problem nekontrolisanog odlaganja GOM-a, pa postoji nekoliko usluga u cilju upravljanja otpadom u sektoru građevinarstva. Procenat izdvojenih komponenti iz građevinskog otpada je zanemarljiv, a u reciklažnom centru u Višnjičkoj ulici nema registrovanih podataka o izdvojenim količinama iz GOM-a. Nema podataka kolike su uštede moguće u materijalima i energentima. Nema ni ustanovljenih prodajnih lanaca koji bi demontirane materijale ponudili na tržištu, a to je način kako se u nekim zemljama EU podstiče reciklaža (WRAP, 2008). Nije poznat podatak u kojoj meri je moguće iskoristiti GOM, ali su prisutna istraživanja o mogućnosti primene recikliranih i reciklabilnih materijala u završnim građevinskim radovima (Nikolić Topalović, 2010), poboljšanju energetske efikasnosti objekata (Nikolić Topalović, Pavlović 2010), o mogućnosti primene otpadnih materijala za proizvodnju opeke (Ćirović et al., 2010). Istraživanja u naučnoj javnosti Srbije su nedovoljna i uglavnom su pojedinačna, nema institucionalno podržanih projekata koji bi uz ozbiljne finansijske podrške omogućili formiranje nacionalne baze podataka. Zato će u ovom istraživanju za potrebe disertacije potencijalne uštede koje se mogu ostvariti u količini upotrebljenih materijala i energije postignute reciklažom ili primenom postojećih materijala koji će biti ponovno korišćeni biti računati na osnovu inostranih baza podataka. Distance, kao i način transporta će biti planirani u odnosu na realnu lokaciju gradilišta i proizvodne pogone koji u Srbiji proizvode građevinske materijale koji su ugrađeni u objekat.

3.1.2. Baze podataka procesa i građevinskih materijala ugrađenih u objekte

U nedostatku nacionalne baze podataka inostrane baze su izvor informacija za analize ulaza i izlaza u proceni LCA. Baze podataka potrebnih za LCA analizu su sa otvorenim ili

¹ IZVOR: www.aces.rs/aktivni, posećen 15.06. 2016.

zatvorenim pristupom preko internet sajtova. Za razliku od otvorenih baza podataka, zatvorene podrazumevaju registraciju korisnika i finansijsku nadoknadu, najčešće na godišnjem nivou od nekoliko stotina do nekoliko hiljada evra. Informacije koje su date u bazama se delimično razlikuju jer je način prikupljanja informacija u nekim varijantama vezan za nacionalna istraživanja. Tačni podaci u bazama mogu biti i vezani sa opremom i mašinama koje se nalaze u pojedinim proizvodnim procesima svakog od proizvođača. Pojedini podaci su nacionalne korporacije plasirale kao prosek u okviru sektora, kao uprosečene vrednosti. Istraživanja koja primenjuju LCA ili LCEA metodologiju za analizu energije životnog ciklusa zgrade koriste sledeće baze podataka koje su u manjoj ili većoj meri dostupne za preuzimanje:

- Inventar ugljenika i energije – ICE (skr. eng. *Inventory of Carbon and Energy*),
- Ekoinvent – Centar za inventare životnog ciklusa (eng. *Ecoinvent – the Centre for Life Cycle inventories*),
- Baze podataka koje su u sklopu softverskih programa kojima se vrši procena uticaja,
- GreenSpec – Centar za inventare životnog ciklusa Ujedinjenog Kraljevstva (eng. *Life Cycle inventories United Kingdom*),
- ELCD.3 – Evropska referentna baza podataka o životnom ciklusu (eng. *European Life Cycle Database*),
- GEDnet – Baza Američkog centra za procenu životnog ciklusa (eng. *USA Life Cycle Database*),
- Level – Baza Centra za životnu sredinu Novog Zenlanda (eng. *Environmental Choice New Zealand*).

Baza podataka ICE je baza, sa slobodnim pristupom iz koje će biti usvojeni podatci i koja je u sklopu progresa za LCA analizu ugljeničnog otiska. Baza razmatra koncept ugrađenih materijala za koje su dati podaci o ugrađenoj energiji i ugrađenom ugljeniku ili u širem opsegu gasovi sa efektom staklene bašte (GHG) komponenti zgrade, kao i transport. Reciklirani materijali su uključeni u ovu bazu i moguće je porediti rezultate sa različitim izborom primenjenih materijala.

Metodologija analize životnog ciklusa objekta pre donošenja standarda EN 15978:2011 nije bila jasna i decidirana, pa su u istraživanjima prisutna odstupanja pri definisanju granica

obuhvata sistema, metodologiji potrošnje energije. U pojedinim fazama se izostavlja potrošnja energije, količina nastalog otpada, minimalna količina materijala koji se uključuje u sistem i ulazi u proračun. Obzirom da je svaka zemlja ponaosob, sa svojim proizvodnim procesima, energentom koji se koristi za proizvodnju građevinskih proizvoda, specifična i direktno povezana sa lokalnim uslovima, to je za precizne i tačne parametre potrebno uključiti podatke iz lokalnih studija i sistema. Kako u Srbiji ova informacija nije dostupna, odnosno, nema registra građevinskih proizvoda, i studija koje su rađene za lokalne građevinske proizvode, to se za analizu emisija i energije uzimaju podaci iz svetskih i evropskih baza podataka.

3.1.3. Životni vek porodične kuće i ugrađenih komponenti

Životni vek zgrade je prema *Pojmovniku održive gradnje* (CEDEF, 2012) stvarni period vremena u kome neka zgrada nastavlja da ispunjava svoje prvobitne funkcije. Životni vek zgrade se meri od početka upotrebe do faze rušenja ili demontaže. Adalberth (1997) navodi da se tehnički životni vek proizvoda završava kada proizvod zastari ili se istroši, a estetski životni vek kada stanari nisu zadovoljni proizvodom pa odluče da ga zamene. U ovom istraživanju neće se razmatrati oštećenja i zamena materijala nastala iz subjektivnih ili estetskih razloga, prekomernom ili prečestom upotrebom, neadekvatnim održavanjem, fizičkim oštećenjem, zapuštanjem, oštećenjima usled vremenskih nepogoda.

Relevantne komponente za formiranje pretpostavke o predviđenom životnom veku tipične porodične kuće i njenih komponenti su:

- set ISO standarda 15686 (Prilog 2-A.)
- specifikacije proizvođača građevinskih materijala, sistema i proizvoda,
- pregledni naučni članci,
- empirijski podaci.

Standardi serije ISO 15686 definišu referentni i procenjeni životni vek zgrade i njenih komponenti. Referentni životni vek je životni vek koji se očekuje u referentnim uslovima upotrebe. Procenjeni životni vek podrazumeva vek koji se očekuje u specifičnim uslovima upotrebe. Prema ISO 15686 proračun referentnog životnog veka se računa prema jednačini (Slavković 2016):

$$\text{ESLC} = \text{RSLC} \cdot \text{faktor A} \cdot \text{faktor B} \cdot \text{faktor C} \cdot \text{faktor D} \cdot \text{faktor E} \cdot \text{faktor F} \cdot \text{faktor G}$$

gde je: ESLC - procenjeni životni vek komponente (en. *Etimated Service Life of a Component*), RSLC - referentni životni vek komponente (en. *Reference Service Life of a Component*), faktor A -faktor kvalitet, faktor B - faktor dizajn, faktor C - nivo izvršenja namene, faktor D- faktor unutrašnje sredine, faktor E - faktor spoljašnje sredine, faktor F - faktor unutrašnjih uslova i faktor G - nivo održavanja zgrade.

Naučni članci osporavaju ovu metodologiju, a u standardima nisu date vrednosti faktora ili rasponi vrednosti. Straub (2012) dovodi u pitanje pogodnost množenja faktora zbog međusobne korelacije. Re Cecconi i Lacono (2005) u istraživanjima uvode i izučavaju brojčane vrednosti pojedinačnih faktora kako bi elimilisali subjektivnost kod određivanja vrednosti za faktore. Bahr i Lennerts (2010., parafrazirano u Straub, 2012) uvode podelu na primarne i sekundarne faktore kako bi diferencirali faktore i ukazali na njihov različiti stepen uticaja.

Proizvođači građevinskih materijala, proizvoda i sistema u Srbiji nisu u obavezi da kroz deklaracije informišu korisnike o životnom veku proizvoda koji se plasiraju na domaćem tržištu. Ova informacija je u nekim zemljama EU sastavni deo deklaracije proizvoda, i važan izvor podataka. Osim fizičkih i hemijskih osobina materijala, proizvoda ili sistema, degradacija materijala usled faktora spoljašnje, unutrašnje sredine ili upotrebe je bitan faktor za teorijsku procenu životnog veka. Ljudski faktor može dovesti do bitnih odstupanja u dužini životnog veka zasnovanog na teorijskim postavkama, loša i neadekvatna ugradnja ili neprimereno održavanje mogu biti od velikog uticaja na životni vek materijala, proizvoda ili sistema, a samim tim i objekta. Pretpostavljeni životni vek nekih građevinskih materijala, proizvoda i sistema (Slavković, 2016) prikazan je u Tabeli 3.1. Podaci o životnom veku proizvoda su najčešće vezani za određenu grupu proizvoda, sistema i komponenti. Proizvođači koji su prepoznali zaštitu životne sredine kao prioritet i „benčmarketing“ za svoje proizvode deklarišu i njihov životni vek da bi tako povećali njihovu potražnju.

Tabela 3.1. Pretpostavljeni životni vek nekih građevinskih materijala. proizvoda i sistema (Slavković, 2016)

Materijali	Komponente zgrade	Predviđeni životni vek kuće	Izvor podataka
Opeka, blokovi, malter, beton	Sklop, spoljašnji zidovi, pregradni zidovi, grede, temelji	60 – 100	Adalberth, 1997
Materijali za oblaganje	Krovni pokrivač	30	Dahlstrom et al., 2012; Adalberth, 1997
	Hidroizolacioni materijali i parne brane	30	Dahlstrom et al., 2012
	Boje i tapete	10	Adalberth, 1997
	Lamperija	30	Adalberth, 1997
	Keramičke pločice	30	Dahlstrom et al., 2012
	Parquet klasični drveni	50	Adalberth, 1997
Termoizolacioni materijali	Polistiren	50	Hernandez, Kenny, 2011
Prozori i vrata	Dvostruki i trostruki spoljašnji prozori i vrata	30	Dahlstrom et al., 2012; Hernandez, Kenny, 2011; Adalberth, 1997
Sistemi	Sistem električnih instalacija	50	Adalberth, 1997
	Sistem vodovodnih instalacija	50	Adalberth, 1997
	Sistem za odvodnjavanje atmosfere vode	30	Dahlstrom et al., 2012; Adalberth, 1997
	Solarni termalni sistemi za zagrevanje vode sa kolektorima	20	Hernandez, Kenny, 2011
	Fotonaponske instalacije	25	Hernandez, Kenny, 2011;
	Sistem mehaničke ventilacije sa rekuperacijom toplote	50	Hernandez, Kenny, 2011; Adalberth, 1997
	Bojler	16	Adalberth, 1997

Pojedinačni podaci se mogu naći i na sajtovima Ekoinventa (Ecoinvent Centre, 2016) i Grinspeka (Greenspec, 2016)

Istaknuti međunarodni časopisi izlažu rezultate procene životnog veka stambenih zgrada u rasponima od 30 do 100 godina, ne obrazlažući metodologiju koja je primenjena. Analiza 24 studije slučaja stambenih zgrada iz različitih zemalja pokazuje da polovina ispitanih zgrada ima predviđeni životni vek od 50 godina, a petina vek od 100 godina (Karimpour et al., 2014). Druga analiza 46 studija slučaja porodičnih zgrada pokazala je da dve trećine ima predviđeni životni vek od 50 godina, a desetina vek od 100 godina (Ramesh et al., 2010).

Domaći autori (Letić, Jakšić, 1996) daju donekle slični životni vek građevinskih delova stambene zgrade, i prikazani su u Tabeli 3.2.

Treba imati u vidu i činjenicu da se kroz garantne listove pojedinih komponenti ugrađenih materijala može pronaći različiti predviđeni životni vek za srodne materijale ili komponente, pa je to još jedan od načina da se prilikom analize sagleda učestalost zamene pojedinih ugrađenih komponenti u periodu eksploatacije objekta.

Tabela 3.2. Trajnost pojedinih građevinskih delova stambene zgrade (Letić, Jakšić, 1996)

	Delovi objekta (elementi i komponente)	Predvideni vek trajanja
Krovni pokrivači	Pokrivač od crepa	40 - 50
	Pokrivač od škriljca	50 - 80
	Dvostruka krovna hartija	20 - 30
	Pocinkovani lim	20- 25
	Pocinkovani oluci	40
Malteri	Spoljni malter	35 - 50
	Malter preko trske	60
	Malter na tavanici	60 - 80
	Malter na zidu	60
Podovi	Cementni estrih	60
	Pod od opeke i kamena u pesku	60
	Parquet klasični	40
	Linoleum	30 - 40
	Drveni pod	40
Stepenice	Drvene stepenice	50 - 60
	Drvene stepenice (hrast, bukva)	70 - 90
	Kamene stepenice	100
Prozori, vrata	Prozori (bor)	40
	Prozori (hrast)	60
	Vrata	50 - 70
	Roletne (drvene i plastične)	20 - 30
Instalacije	Liveni radijatori	35
	Elektroinstalacije	60
	Vodovodne i gasne instalacije	40 - 70
	Molerski radovi	5 - 10
	Dimnjačke kape	15 - 20
	Kanalizacija	50
	Ložišta	20 - 30
	Zidne obloge	60 - 80

Treba imati u vidu i činjenicu da se kroz garantne listove pojedinih komponenti ugrađenih materijala može pronaći za srodne komponente različiti predvideni životni vek, pa je to još jedan od načina da se prilikom analize sagleda učestalost zamene pojedinih ugrađenih komponenti u periodu eksploatacije objekta.

Procena životnog veka zgrade i njenih komponenti varira i podaci dostupni u literaturi se primenjuju kao opšti vremenski okvir, a ne kao zagarantovani okvir koji definiše vremenske granice posle kojih zgrada ili komponente više neće biti upotrebljive. Procena životnog veka u ovom istraživanju je rađena sa sledećim pretpostavkama:

- komponente sa životnim vekom koji je jednak celokupnom veku porodične kuće su komponente konstruktivnog sklopa, temelja, spoljašnjih zidova i tavanica,
- komponente koje se ugrađuju radi unapređenja kuće (bravarija, stolarija, termoizolacioni materijali i obloge),
- komponente sa kraćim životnim vekom i učestalom zamenom (boja za krečenje, spoljašnjih i unutrašnjih zidova i tavanica, keramičke pločice, obloge) i čine kategoriju investicionog održavanja objekta
- analizira se reciklabilnost i reciklaža komponenti koje se zamenjuju i komponenti konstruktivnog sklopa i uštede koje se time mogu postići.

Na osnovu analizirane literature i empirijskog iskustva o periodu upotrebe porodičnih kuća u Srbiji, kao i učestalosti zamene njenih komponenti, formirana je pretpostavka da je predviđeni životni vek porodične kuće u Srbiji od 50 do 100 godina.

Pretpostavljeni životni vek će biti primenjen u analizi LCA porodičnog objekta kroz naredne faze istraživanja.

4.0. REFERENTNA PORODIČNA KUĆA – IDEJNI NIVO

Prostorni plan Republike Srbije od 2010. do 2020. („Sl. gl. RS“, broj 88/2010) osnovni je planski dokument prostornog planiranja i razvoja, i ima strateško razvojnu i regulatornu namenu. To je osnov za definisanje strategije razvoja na državnom, regionalnom i lokalnom nivou. Osnov je za donošenje prostornih planova jedinica lokalne samouprave. Ovim planskim dokumentom se, kao značajna komponenta planiranja, uspostavlja posebni značaj integrisane zaštite životne sredine u okviru prostornog i urbanističkog planiranja, projektovanja i izgradnje, kroz instrumente procene uticaja (strateške procene planova i programa, kao i procene uticaja pojedinih projekata). Navodi se i problem ugroženosti poljoprivrednog zemljišta širenjem naselja, radom velikih rudarsko-energetskih industrijskih basena, izgradnjom, trendom gradnje „grinfild“ investicija, industrije, privrednih i radnih zona, hemijskim zagađenjem, erozijom, zabarivanjem, poplavama, nekontrolisanim deponovanjem otpada. Kao ključni problemi navode se nepoznavanje ili nedostatak volje za prihvatanje principa održivosti, i *ad hoc* zamena građevinskog fonda, odsustvo standarda i fenomen „investitorskog urbanizma“ koji ugrožava identitet naselja, javno dobro i javni interes. Održivost, kao generalni princip koji mora biti primenjen kod svih aktivnosti u prostoru Republike Srbije¹ se uspostavlja kao jedan od principa i ciljeva prostornog razvoja, zaštićeno i održivo korišćenje prirodnog i kulturnog nasleđa i predela (Prostorni plan Republike Srbije od 2010. do 2020., („Sl. gl. RS“, broj 88/2010).

Planovi nižeg reda su u saglasnosti sa Prostornim planom Republike Srbije od 2010. do 2020. („Sl. gl. RS“, broj 88/2010), što znači da održivost kao generalni princip, treba da bude prisutna i u planovima nižeg reda, generalnim i detaljnim. Novi Zakon o planiranju i izgradnji („Sl. gl. RS“, broj 145/2014) je u izmenama i dopunama usvojenim 2014. godine takođe poseban naglasak stavio na održivi razvoj kroz načela uređenja i korišćenja prostora, kroz integralni pristup u planiranju, racionalno i održivo korišćenje neobnovljivih resursa i optimalno korišćenje obnovljivih resursa. Značaj održivosti u smislu smanjenja korišćenja neobnovljivih resursa, zaštitu i održivo korišćenje prirodnih dobara i nepokretnih kulturnih dobara, čuvanje specifičnosti predela, očuvanje običaja i tradicije.

¹ IZVOR: Prostorni plan Republike Srbije, MGRS

Struktura postojećeg građevinskog fonda stambenih objekata u Srbiji se razlikuje i zavisi od čitavog niza faktora. Sa druge strane kvalitet građevinskog fonda zavisi i od ulaganja u održavanje objekata u periodu eksploatacije. Nacionalna tipologija stambenih zgrada Srbije (Jovanović Popović et al., 2013), Tabela 4.1, pokazuje strukturu i starost građevinskog fonda stambenih objekata u Srbiji.

Tabela 4.1. Nacionalna tipologija – zastupljenost tipova prema površini u m² (Jovanović Popović et al., 2013: 24)²

	Period izgradnje	Porodično stanovanje		Višeporodično stanovanje				Σ m ²	%
		1	2	3	4	5	6		
A	<1919	8 812 918	1 641 759	181 255	128 836	319 202		11 083 970	3,83%
B	1919-1945	14 060 213	871 044	1 056 060	343 833	1 829 417		18 160 567	6,27%
C	1946-1960	19 797 175	951 208	1 419 450	2 699 971	1 591 895	127 540	26 587 239	9,18%
D	1961-1970	27 080 821	1 858 685	6 464 054	6 207 704	2 226 913	1 031 502	44 869 679	15,49%
E	1971-1980	38 021 616	1 921 639	10 176 303	17 481 251	3 154 044	2 418 507	73 173 360	22,26%
F	1981-1990	34 331 187	2 121 357	10 867 713	15 936 685	3 401 177	815 053	67 473 172	23,29%
G	1991-2011	23 129 363	1 449 853	8 362 188	10 410 747	4 987 582		48 339 733	16,69%
	Σ m ²	165 233 293	10 815 54	38 527 023	53 209 027	17 510 230	4 392 602	289 687 720	100,00%
	%	57,04%	3,73%	13,30%	18,37%	6,04%	1,52%	100%	

Ekipa eksperata, koja je bila uključena u izradu tipologije stambenih objekata, kao deo velikog Evropskog projekta *Tabula* klasifikovala je stambeni fond u Srbiji. Klasifikacija stanova prema *Tabuli* prikazana je u Tabeli 4.2.

Tabela 4.2. Nacionalna tipologija prema *Tabuli* – zastupljenost tipova prema površini u m² (Jovanović Popović et al., 2013: 25)

	Period izgradnje	Porodično stanovanje		Višeporodično stanovanje		Σ m ²	%
		SFH	TH	MF	AB		
A	<1919	8 812 918	1 641 759	501 961	128 836	11 083 970	3,83%
B	1919-1945	14 060 213	871 044	2 883 973	343 833	18 160 567	6,27%
C	1946-1960	19 797 175	951 208	3 011 345	2 827 511	26 587 239	9,18%
D	1961-1970	27 080 821	1 858 685	8 690 967	7 239 206	44 869 679	15,49%
E	1971-1980	38 021 616	1 921 639	13 330 347	19 899 758	73 173 360	22,26%
F	1981-1990	34 331 187	2 121 357	14 268 890	16 751 738	67 473 172	23,29%
G	1991-2011	23 129 363	1 449 853	13 349 770	10 410 747	48 339 733	16,69%
	Σ m ²	165 233 293	10 815 54	56 037 253	57 601 629	289 687 720	100,00%
	%	57,04%	3,73%	13,30%	18,37%	100%	

U građevinskom fondu stambenih objekata Srbije (Tabela 4.3.) može se primetiti da je zastupljenost objekata porodičnog stanovanja prisutna sa veoma dominantnih 96,3% u odnosu na 3,7% višeporodičnog stanovanja. Takođe, odnos broja stanova (Tabela 4.4.) porodičnog

² Podaci prikazani u Tabeli 10.1., 10.2., 10.3. i 10.4. dobijeni su na osnovu anketa sprovedenih 2011. i 2012. godine, iz Popisa stanovništva, domaćinstva i stanova u Republici Srbiji 2011. godine, kao i podataka Republičkog zavoda za statistiku Republike Srbije. Baza podataka formirana je uz pomoć agencije „Ipsos“ (Jovanović Popović et al., 2013: 26).

stanovanja prema broju stanova u objektima višeporodičnog stanovanja je 73,1% prema 26,9%. Ovakav odnos broja objekata i broja stanova porodičnog stanovanja prema višeporodičnom je bio razlog za odabir objekta iz grupe porodičnog stanovanja za analizu u ovoj doktorskoj disertaciji.

Tabela 4.3. Nacionalna tipologija – zastupljenost tipova prema broju zgrada (Jovanović Popović et al., 2013: 26).

	Period izgradnje	Porodično stanovanje		Višeporodično stanovanje				Σ m ²	%
		1	2	3	4	5	6		
A	<1919	117 985	17 394	183	40	345		135 047	6,05%
B	1919-1945	194 546	10 937	1 530	170	1 663		208 846	9,30%
C	1946-1960	286 259	12 034	2 013	1 175	1 344	34	302 859	13,48%
D	1961-1970	376 057	23 328	5 624	2 113	1 661	242	409 025	18,21%
E	1971-1980	454 893	20 636	8 104	4 337	1 876	415	490 261	21,83%
F	1981-1990	386 958	19 768	7 837	4 176	2 024	163	420 926	18,74%
G	1991-2011	252 884	12 567	6 757	2 971	3 277		278 456	12,40%
	Σ m ²	2 069 582	116 664	32 048	14 982	12 190	4 392 602	2 246 320	100,00%
	%	91,13%	5,19%	1,43%	0,67%	0,54%	0,04%	100%	

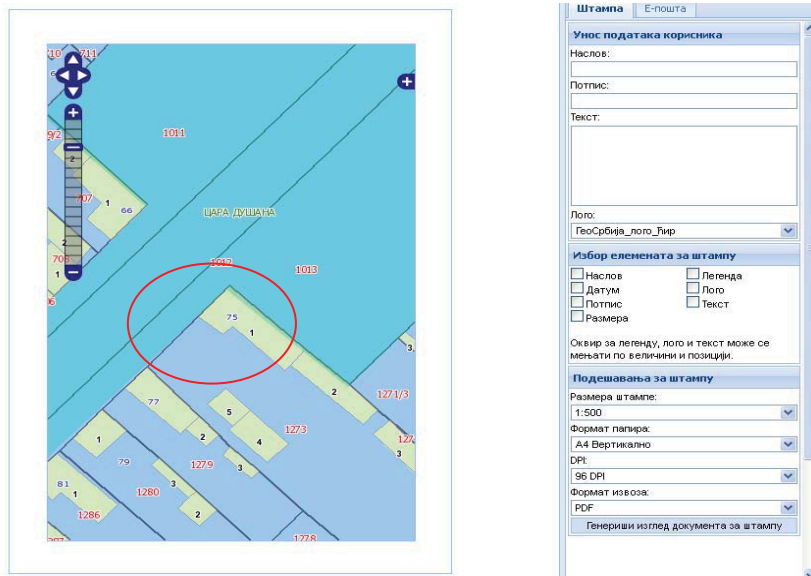
Tabela 4.4. Nacionalna tipologija – zastupljenost tipova prema broju stanova (Jovanović Popović et al., 2013: 28).

	Period izgradnje	Porodično stanovanje		Višeporodično stanovanje				Σ m ²	%
		1	2	3	4	5	6		
A	<1919	117 985	17 394	1 098	567	2 980		140 024	4,40%
B	1919-1945	195 812	11 078	12 240	2 457	18 268		239 854	7,53%
C	1946-1960	289 604	12 139	19 539	13 696	17 006	1 814	353 798	11,11%
D	1961-1970	379 607	23 490	69 853	31 154	21 256	16 692	542 052	17,02%
E	1971-1980	494 751	22 444	106 162	101 130	26 639	30 005	781 131	24,53%
F	1981-1990	435 469	22 951	96 395	79 762	25 907	11 084	671 568	21,09%
G	1991-2011	291 304	13 679	75 003	38 920	37 686		456 592	14,34%
	Σ m ²	2 204 532	123 175	380 290	267 686	149 741	4 392 602	3 185 019	100,00%
	%	69,22%	3,87%	11,94%	8,40%	4,70%	1,87%	100%	

Kao što je u uvodnom poglavlju istaknuto, u okviru projekta *Tabula* i Nacionalne tipologije stambenih zgrada istražene su karakteristike stambenog fonda i predložene mere koje imaju za cilj poboljšanje energetske efikasnosti zgrada i smanjenje emisije CO₂ kao jednog od osnovnih gasova koji formira efekat staklene bašte. Autori navode da je i pored obimnog posla koji je urađen kroz *Tabula* projekat, ostao neistražen ekološki aspekt primenjenih materijala, kroz primenu koncepta životnog ciklusa materijala, koji se bavi između ostalog ocenom ugrađene energije po principu „od klevke do klevke“ kroz koji je moguće dalje unapređenje građevinskog fonda, a odatle i dalja ušteda energije (Jovanović Popović et al., 2013: 22). Značaj uticaja primenjenih građevinskih materijala kroz analizu koncepta životnog ciklusa materijala razmatraju između ostalih i Jovanović Popović i Kosanović (2009) u svom radu.

4.1. LCA REFERENTNE PORODIČNE KUĆE - IDEJNO REŠENJE

Referentna porodična kuća na kojoj je rađeno istraživanje se projektuje na lokaciji na kojoj postoji stambeni objekat izgrađen 1900. godine, u devastiranom stanju. Postojeći objekat je prizemni, sa tavanskim prostorom koji nije grejan. Pokrajinski Zavod za zaštitu spomenika nije svrstao objekat u kategoriju objekata koji su pod zaštitom, o čemu postoji validni dokument. Planom detaljne regulacije lokacija je predviđena za stambenu gradnju.

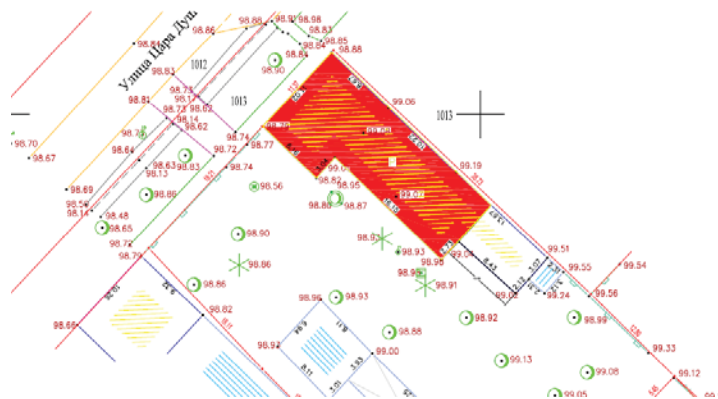


Slika 4.1. Lokacija postojećeg objekta na kome se sprovodi analiza i nezvanični podaci o vkasništvu i dimenzijama lokacije³

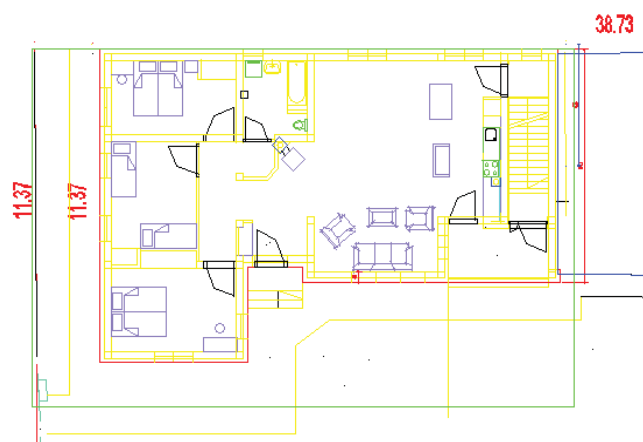


Slika 4.2. Postojeći objekat, prednji izgled, bočni izgled⁴

³ Izvor: www.rgz.gov.rs/ www.geosrbija.rs poseta 10.januar 2015.



Slika 4.3. Situacija objekta



Slika 4.4. Osnova objekta - idejno rešenje koje se analizira

4.1.1. Varijantna rešenja referentne porodične kuće – modeli za istraživanje na nivou idejnog rešenja

Obzirom da je objekat u periodu izrade idejnog rešenja već bio u fazi devastacije i sklon padu, razmatrane su sledeće varijante intervencije u izradi idejnog projekta:

1. Varijanta A – (prezentovana kroz model A): Postojeći objekat se ruši i gradi se novi u približnim gabaritima, a za izgradnju se planira nabavka novih građevinskih materijala. Izgrađeni objekat treba da zadovolji energetski razred C, prema nacionalnim standardima.
2. Varijanta B – (prezentovana kroz modele B-1, B-2, B-3, B-4 i B-5): Postojeći objekat se ruši, i gradi se novi u približnim gabaritima uz korišćenje raspoloživog i

⁴ Fotografije sa terena, lična arhiva autora

upotrebljivog materijala koji postoji na lokaciji. Izgrađeni objekat zadovoljava energetski razred C, prema nacionalnim standardima. U ovoj varijanti će biti urađene simulacije sa različitim recikliranim materijalima koji se mogu naći na lokaciji posle rušenja postojećeg objekta ili nabaviti na lokaciji udaljenoj najviše 20 kilometara.

3. Varijanta C – (prezentovana kroz model C): Podrazumeva rekonstrukciju postojećeg objekta, u postojećim gabaritima, ojačavanje sa neophodnim vertikalnim i horizontalnim serklažima, zamenu dotrajalih podova i popravku tavanica, izradu hidroizolacije, malterisanje zidova sa unutrašnje, ali i spoljašnje strane, jer je malter sklon padu i devastiran, zamenu olučnih horizontala i vertikalna, zamenu instalacija vodovoda i kanalizacije i zamenu elektro instalacija.

Treba naglasiti da se i rekonstrukcija i izgradnja objekta planira u skladu sa važećim propisima i standardima za stambene objekte na nacionalnom nivou, planu detaljne regulacije za područje u kome se objekat nalazi. Projekat se radi u skladu sa zahtevima investitora, uz pružanje jasne informacije o energetskim, ekološkim i finansijskim uštedama koje se mogu ostvariti.

U nedostatku nacionalne baze podataka inostrane baze su izvor informacija za analize ulaza i izlaza u proceni LCA. Baze podataka potrebne za LCA analizu životnog ciklusa:

- Inventar ugljenika i energije –ICE (skr. eng. *Inventory of Carbon and Energy*).
- Ekoinvent–Centar za inventare životnog ciklusa (eng. *Ecoinvent – the Centre for Life Cycle inventories*).

Baza podataka ICE verzija 2.0 (Hammond, Jones, 2011) razmatra koncept ugrađenih materijala za koje su dati podaci o ugrađenoj energiji i ugrađenom ugljeniku ili u širem opsegu gasovi sa efektom staklene bašte (GHG) komponenti zgrade, kao i transport. Reciklirani materijali su uključeni u ovu bazu i moguće je porediti rezultate sa različitim izborom primenjenih materijala. ICE baza sistematizuje podatke u skladu sa međunarodnim standardima ISO serije 14040. Osim ovog standarda u formiranju baze podataka uključene su i EN 15978: 2011, EN 15804: 2012, PAS 2050 WRI GHG Protokol za proizvode (eng. *PAS 2050 WRI GHG Protocol for products*). ICE baza je slobodna i dostupna. Nastala je u UK a značajan broj podataka i regulative je iz ove zemlje.

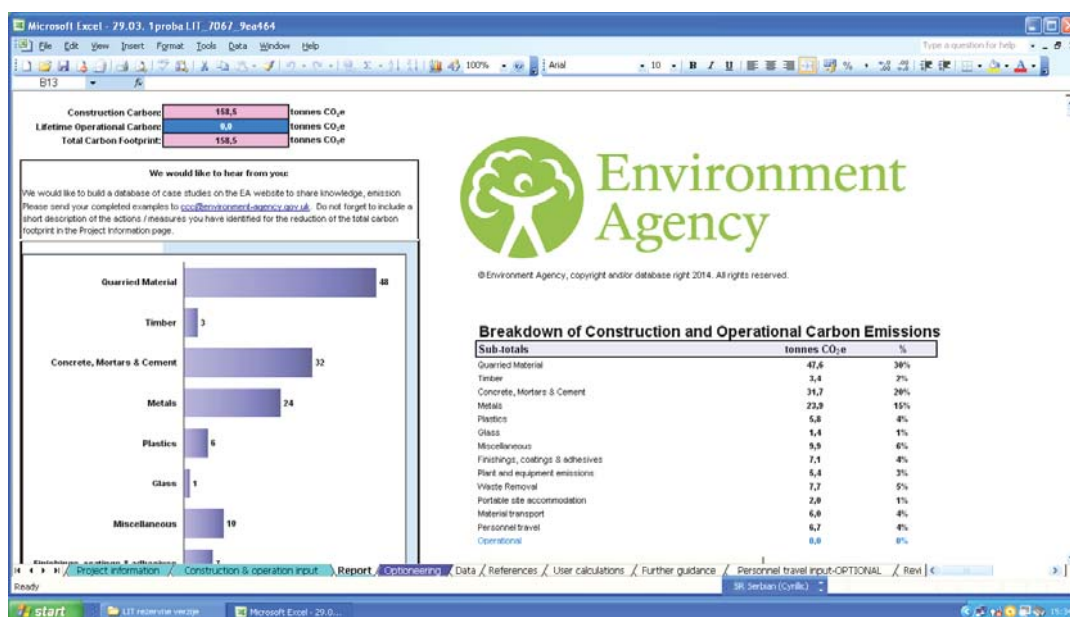
Na nivou idejnog rešenja nema tačnih količina pa su količine materijala i radovi koje treba izvesti kao i materijalizacija približno proračunati.

Varijanta A je referentna na nivou idejnog rešenja i podrazumeva rušenje postojećeg objekta i izgradnju novog u približnim gabaritima, sa primenom uobičajenih tehnika gradnje bez razmatranja mogućnosti smanjenja emisija u životnu sredinu, kako bi ova varijanta bila referentni model prema kome se računaju ostale varijante, odnosno, vrši procena koliko je moguće smanjiti emisije GHG, potrošnju vode i smanjiti otpadne materijale. LCA analiza je rađena u programu koji je dostupan na sajtu Agencije za zaštitu životne sredine Velike Britanije LIT (Environment Agency UK <https://www.gov.uk>). Ova varijanta podrazumeva objekat izgrađen od novih materijala, zidovi su od opekarskih proizvoda, giter blokova, sa izolacijom koja će zadovoljiti C energetske razred, AB temeljima i podnom pločom od betona, naravno sa potrebnim hidro i termo izolacionim slojevima. Pregradni zidovi takođe od opekarskih proizvoda, malterisani obostrano, međuspratna konstrukcija LMT tavanica, sa potrebnom termo izolacijom prema tavanskom prostoru koji je negrejan. Krovna konstrukcija je drvena, a krovni pokrivač je crep. Objekt je na lokaciji koja ima gradske priključke na instalaciju vodovoda, kanalizacije i elektro intalacija, i opremljen je u skladu sa savremenim standardima.

U ovoj varijanti ugrađena su sva četiri koraka koja predviđa metod LCA: 1. definisanje ciljeva i rezultata, 2. analiza inventara, 3. procena uticaja i 4. interpretacija.

Idejni nivo, novi objekat, giter blok, AB i LMT tavanica

Ubacivanjem približno izračunatih količina pojedinih građevinskih materijala dobijeni su rezultati, detaljno prikazani u Prilogu 4 – B. Izveštaj za osnovni model je prikazan na Slici 4.5.



Slika 4.5. Izveštaj za model novi objekat varijanta A

Ugljenični otisak za referentni model je prikazan u Tabeli 4.5. i iznosi 158,50 tona CO₂ e.

Tabela 4.5. Ugljenični otisak za referentni objekat A

Title of project: Idejni projekat	Carbon Footprint	
Construction Carbon:	158,50	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	0,00	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	158,50	tonnes CO₂e

Procentualno učešće pojedinih materijala u procesu izgradnje, transporta, emisije od opreme koja se koristi u izgradnji, električne energije u prostoru za osoblje i radnike na gradilištu, transport otpadnih materijala do deponije otpada 30 km od lokacije, transport radnika do mesta stanovanja 30 km od lokacije. Ugljenični otisak referentnog objekta iskazan u tonama CO₂ e je prikazan u Tabeli 4.6.

Tabela 4.6. LCA procentualno učešće emisija za pojedine materijale, operacije i aktivnosti referentnog objekta varijanta A

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions

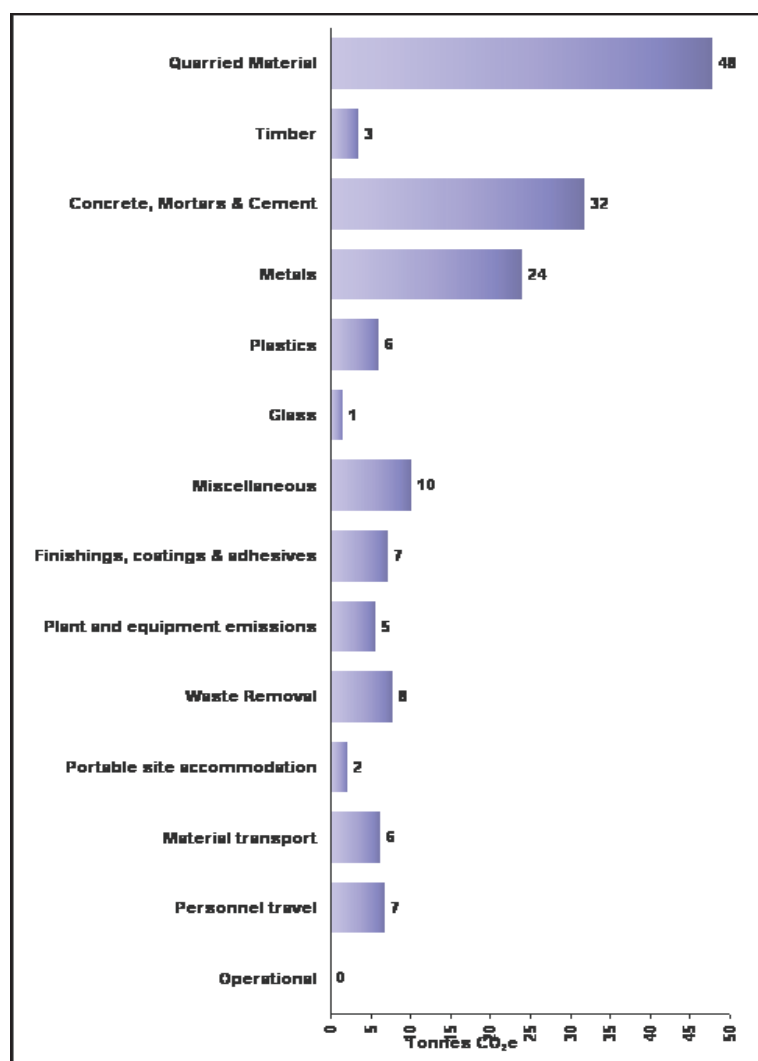
	Sub-totals Varijanta A	tonnes CO ₂ e	%
1.	Quarried Material	47,60	30%
2.	Timber	3,40	2%
3.	Concrete, Mortars & Cement	31,70	20%
4.	Metals	23,90	15%
5.	Plastics	5,80	4%
6.	Glass	1,40	1%

7.	Miscellaneous	9,90	6%
8.	Finishings, coatings & adhesives	7,10	4%
9.	Plant and equipment emissions	5,40	3%
10.	Waste Removal	7,70	5%
11.	Portable site accommodation	2,00	1%
12.	Material transport	6,00	4%
13.	Personnel travel	6,70	4%
14.	Operational	0,00	0%
Total Carbon Footprint		158,50	100%

Najveće učešće u emisijama je od grupe materijala u koju spadaju cigla, crep i keramika i iznosi 30%, zatim 20% čine emisije od grupe materijala u koje spadaju cement, beton i malter, a na trećem mestu je upotreba metala pre svega čelika, bakra i aluminijuma sa 15%. Svi korišćeni materijali za referentni objekat (varijanta A) su proizvedeni od novih sirovina, da bi se u varijantama B-1., B-2., B-3., B-4. i B-5. analizirale mogućnosti primene recikliranih ili reupotrebljenih komponenti u rekonstrukciji ili izgradnji novog objekta.

Ugljenični otisak pojedinih komponenti koje učestvuju u izgradnji referentnog objekta (varijanta A) je prikazan u Dijagramu 4.1.

Grupe materijala sa većim uticajem u smislu ugljeničkog otiska se posebno analiziraju i razmatra se mogućnost njihove supstitucije materijalima koji imaju manje uticaja u produkciji CO₂ e, ili mogućnost za njihovom optimizacijom u smislu količine upotrebljenih materijala. U tom smislu sledeći deo analize vodio bi u pravcu primene programa kojim će se analizirati varijante mogućih ušteda u korišćenju vode, produkciji gasova staklene bašte (GHG), generisanog čvrstog otpada, obzirom da na lokaciji imamo na raspolaganju GOM koji nastaje rušenjem postojećeg objekta sa potencijalom u smislu cigli, crepa, drvene građe i šuta za nasipanje ili reupotrebom materijala koji se može iskoristiti za gradnju novog objekta.



Dijagram 4.1. Ugljenični otisak za pojedine grupe materijala u izgradnji referentnog objekta A

Za ovaj deo istraživanja se koristi program ZeroWIN

Urađena je dalja analiza koliko je moguće napraviti uštede u emisijama GHG, potrošnji vode i produkciji otpada za sedam varijanti izgradnje objekta sa zidovima od opekarskih proizvoda, armirano betonskih temelja, lako armirane betonske podne ploče, međuspratne tavanice tipa LMT, drvenom krovnom konstrukcijom i crepom, kao krovnim pokrivačem.

4.1.1.1. Definisanje ciljeva LCA na nivou idejnog rešenja

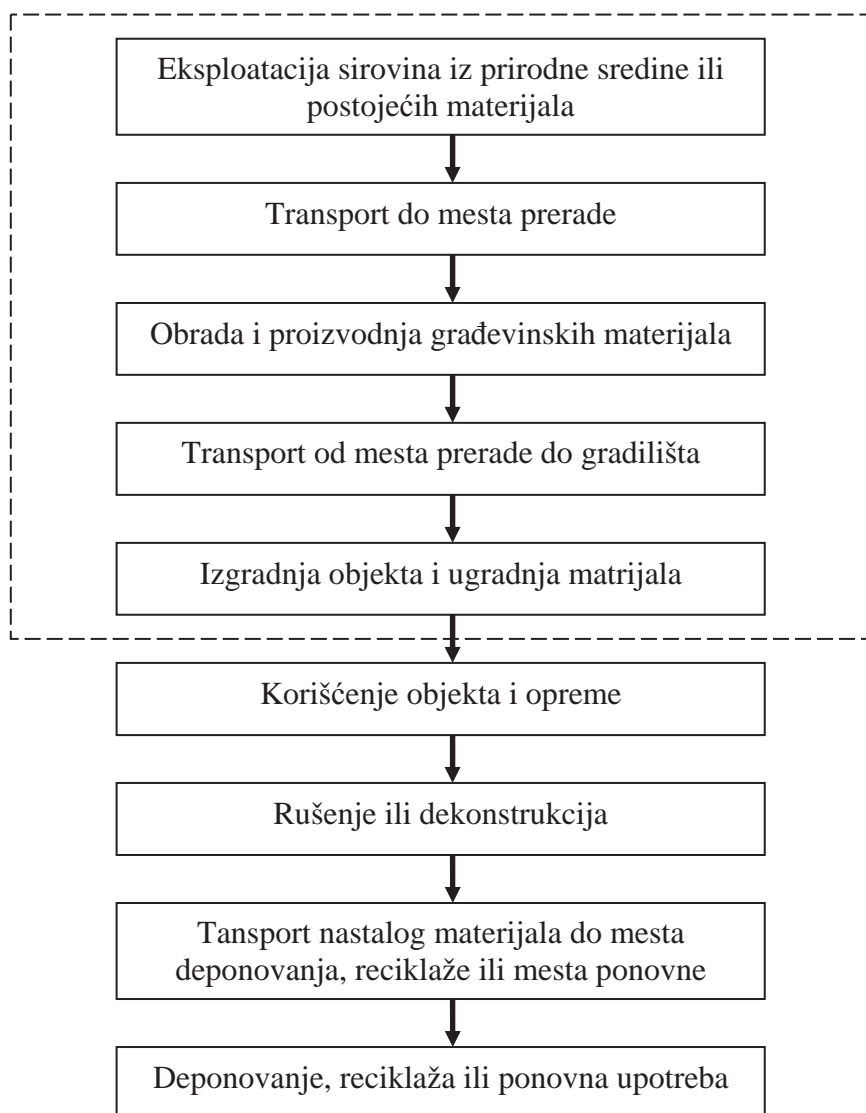
Cilj analize LCA u ovom projektu porodične kuće je da se pronađe rešenje koje će imati najmanje uticaja na životnu sredinu u smislu GHG, manju potrošnju vode i manju produkciju otpada. Granice sistema u ovoj fazi analize su od kolevke do početka korišćenja objekta, i ne razmatra se faza eksploatacije objekta.

Emisije GHG građevinskog objekta proizilaze kao zbir emisija koje nastaju u postupku:

1. izgradnje - što detaljno podrazumeva emisije pri eksploataciji sirovina, proizvodnji materijala, transportu, izgradnji objekta, zameni komponenti u toku životnog veka objekta,
2. emisije u operativnoj fazi objekta - nastaju kao posledice korišćenja različitih vidova energije koja služi da obezbedi komforno korišćenje objekta u smislu grejanja, ventilacije, klimatizacije, sanitarne tople vode. Ove emisije neće biti predmet analize na nivou idejnog projekta.

Potrošnja vode u nacionalnoj legislativi još uvek nije prepoznata kao parametar prema kome se određuje i meri uticaj aktivnosti na životnu sredinu, ali program u kome je rađena simulacija manju potrošnju vode evidentira kao poželjnu. Manja proizvodnja otpada u fazi izgradnje objekta je bitna, jer se time štede resursi.

Obzirom da na lokaciji postoji objekat koji može biti izvor recikliranih komponenti GOM-a, razmatraju se mogućnosti uštede GHG, vode i otpada. Ove uštede je moguće ostvariti kroz korišćenje materijala koji će nastati prilikom rušenja postojećeg objekta, uz primenu metoda rušenja koje će sačuvati pojedine primenljive elemente zidova, krovnih pokrivača ili drvene građe, stolarije i slično. Rušenje se u tom smislu radi uz veću primenu ručnog rada, a manje uz primenu građevinskih mašina za rušenje, jer se pri izvođenju rušenja sa građevinskim mašinama stvara mešani otpad, koji daje manji procenat recikliranih komponenti. Analizirane faze izgradnje su prikazane na Dijagramu 4.2.



Dijagram 4.2. Analizirane faze u životnom ciklusu zgrade, na nivou idejnog rešenja

4.1.1.2. Analiza inventara

Programom je moguće analizirati sledeće opcije prikazane u Tabeli 4.7. za primenu recikliranih materijala pri odabiru idejnog rešenja. Detaljne tabele sa procentima recikliranih komponenti za svaku od varijanti date su u Prilogu 4–A.

Tabela 4.7. Analizirani parametri za uštede u emisijama GHG, vode i produkcije otpada na nivou idejnog rešenja (Izvor: Zero WIN)⁵

	Materijali i procenti reciklaže
1	
1.1	preovlađuje cigla
1.2	aluminijum
2	Proizvod BETON
2.1	beton sa prim agregat CEM I
2.2	beton sa CEM III
2.3	Beton rec sa CEM III
2.	EOL opcija
2.4	Deponija
2.5	90% rec - 20 km
2.6	100% reciklaža na gradilištu
3	ČELIK
3.1	Novi
3.2	50% reciklirani 50% novi
3.3	80% reciklirani 20% novi
3.	EOL opcija
3.4	90% off
3.5	99% off
3.6	80%
4	OPEKA
4.1	100 % nova opeka
4.2	10% stara a 90% nova
4.3	30% stara a 70% nova
4.	EOL opcija
4.4	Odložene na deponiju
4.5	100% od opeke se reciklira I koristi a licu mesta
4.6	30% se reupotreba 70% reciklira na licu mesta
5	BETONSKI BLOKOVI
5.1	100% novi betonski blokovi
5.2	80 % sadr za recik I CEM III
5	EOL opcija
5.3	Odlaganje na deponiju
5.4	90% se reiklira na licu mesta(20km)
5.5	100% se reciklira i koristi kao krš na licu mesta
6	GIPS I GIPSANI OKVIRI
6.1	Gips od primarnih materijala i recikliranog papira
6.2	FGD gips i reciklirani papir
6.3	50% novi FDG i 50% ponovo FDG
6	EOL opcija
6.4	Odlaganje u rudnike ili na deponiju
6.5	Reciklaža do 80%
6.6	Demontaža i ponov. upotreba 50% i ostali se ponovo reciklira
7	DRVO, PUNO DRVO

⁵ Izvor:wastepreventiontool.boku.ac.at/ZeroWIN_WastePreventionTool.htm

European Union's Seventh Programme for research, technological development and demonstration under grant agreement No 226752

7.1	Primarno drvo od posečene šume
7.2	15% od demonstrirane 85% novo
7.3	50% od demontirane 50% novo
7	EOL opcija
7.4	100% od drveta se spaljuje ili koristi za proizvodnju pare ili struje
7.5	90% drveta se reciklira
7.6	50% se ponovo koristi a 50%reciklira
8	ALUMINIJUM
8.1	Proizvodi od novih sirovina
8.2	10% od reciklira 90% od novih sirovina
8.3	50% od recikliranih a 50% od novih
8	EOL opcija
8.4	Kolekcija izvlačenje iz mešovito otpada 65%
8.5	Kolekcija i izvlačenje 95% otpada
8.6	Pravilna reciklaža izvučeno 50% otpada
	Ukupni BENEFIT

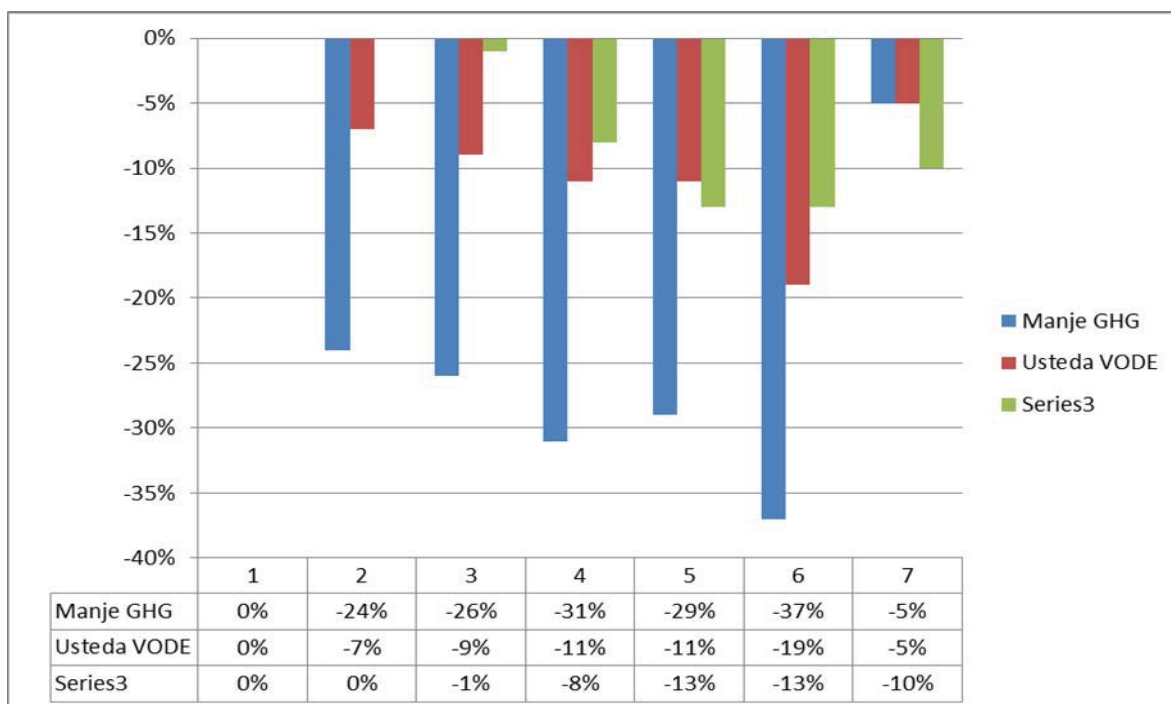
4.1.1.3. Procena uticaja životnog ciklusa kuće

Analiza je rađena za sedam varijanti rešenja. Prva referentna varijanta je izgradnja novog objekta sa primenom materijala koji se izrađuju od novih komponenti. To je varijanta A, tj. referentni model A. Druga, treća, četvrta, peta i šesta varijanta su sa različitim procentom recikliranih i reupotrebljenih komponenti što sa samog gradilišta ili sa susednih lokacija udaljenih do 20 km od mesta izgradnje ili komponenti koje se proizvode reciklažom u industriji. To su varijante B-1, B-2, B-3, B-4 i B-5. Poslednja sedma varijanta, varijanta C, je urađena za rekonstrukciju i sanaciju postojećeg objekta sa zamenom dotrajalih materijala i izradom svih novih instalacija. Usporedni pregled vrednosti dobijenih pomoću programa ZeroWIN (WastePreventionTool.htm) analizom svih sedam varijantnih rešenja moguće uštede u emisijama GHG, uštede u potrošnji vode i mogućnosti smanjenja produkcije otpada prikazane su u Tabeli 4.8. i Dijagramu 4.3.

Tabela 4.8. Usporedni pregled ušteda u emisijama GHG, ušteda u potrošnji vode i mogućnosti smanjenja otpada

Br.	model	VARIJANTA	UKUPNI BENEFIT		
		Opis objekta	Manje GHG	Ušteda vode	Manje otpada
1.	A.	referentni objekat, izgrađen u potpunosti novim građevinskim materijalima, bez reciklaže ili reupotrebe sve demontirane komponente upućene na deponiju	- 0 %	- 0 %	- 0 %

2.	B-1.	novi objekat, izgrađen delimično novim građevinskim materijalima, delimično recikliranim ili reupotrebljenim komponentama, višak demontiranih komponenti upućen na deponiju	- 24%	- 7%	- 0%
3.	B-2.	novi objekat, izgrađen novim i recikliranim građevinskim materijalima sa primenom recikliranih ili reupotrebljenim komponenti, višak demontiranih komponenti upućen na deponiju	- 26%	- 9%	- 1%
4.	B-3	novi objekat, izgrađen novim i recikliranim građevinskim materijalima sa maksimalnom primenom recikliranih ili reupotrebljenim komponenti i višak demontiranih komponenti upućen na deponiju	- 31%	- 11%	- 8%
5.	B-4.	novi objekat, izgrađen novim i recikliranim građevinskim materijalima sa maksimalnom primenom recikliranih ili reupotrebljenim komponenti, neupotreblljive demontirane komponente upućene na deponiju	- 29%	- 11%	- 13%
6.	B-5.	novi objekat, izgrađen novim i recikliranim građevinskim materijalima sa maksimalnom primenom recikliranih ili reupotrebljenih komponenti i minimumom otpada za deponiju	- 37%	- 19%	- 13%
7.	C	rekonstrukcija postojećeg objekta novim građevinskim materijalima, demontirane komponente upućene na deponiju	- 5%	- 5%	- 10%



Dijagram 4.3. Uporedni pregled ušteta u emisijama GHG, ušteti u potrošnji vode i smanjenja otpada

4.1.1.4. Tumačenje rezultata na nivou idejnog rešenja – zaključci i preporuke

Uštede u emisijama GHG

Varijanta A – nema ušteta u analiziranim emisijama GHG u okviru granica sistema (Prilog 4 – A).

Varijante B-1, B-2, B-3, B-4, B-5 –u ovim varijantama je manja produkcija GHG, odnosno, uštede se kreću od 24% do 37%. Visok procenat od 37% u varijanti 6. (model B-5) je posledica pretpostavljenog visokog procenta reupotrebljenih i recikliranih materijala. Obzirom da je na nivou idejnog projekta, bez tačnih količina, kao i kvaliteta materijala u smislu potencijala na maksimalnom nivou, treba ovu najvišu opciju smatrati potencijalno mogućom ali sa manjim procentom verovatnoće (Prilog 4 – A).

Varijanta C – ima 5% ušteta u gasovima staklene bašte GHG, jer je u ovoj varijanti znatan udeo armirano-betonskih komponenti kojima se planira sanacija i rekonstrukcija objekta i zamena dotrajalih komponenti, pa je ušteta u GHG samo 5%.

Obzirom da se varijante B-1, B-2, B-3, B-4 kreću u rasponu od 24% do 31% u okviru ovih varijanti treba tražiti rešenje.

Ušteta u potrošnji vode

Varijanta A – nema ušteta u korišćenju vode u okviru granica sistema.

Varijante B-1, B-2, B-3, B-4, B-5 – uštede u korišćenju vode se kreću od 7% do 19%. *Varijanta C* – ima 5% ušteta u korišćenju vode, jer je u ovoj varijanti znatan udeo armirano -betonskih komponenti kojima se planira sanacija i rekonstrukcija objekta i zamena dotrajalih komponenti, pa nema većih ušteta u potrošnji vode.

Obzirom da se *Varijante B-1, B-2, B-3, B-4, B-5* kreću u rasponu od 7% do 11% verovatno da se u okviru ovih varijanti nalazi rešenje (Prilog 4 – A).

Ušteta u produkciji otpada

Varijanta A - nema ušteta u produkciji otpada u okviru granica sistema.

U varijanti B-1 nema ušteta u produkciji otpada, dok

Varijante B-2, B-3, B-4 i B-5 imaju uštedu u produkciji otpada od 1% do 13%.

Varijanta C - ima 10% ušteta u produkciji otpada, jer je u ovoj varijanti znatan udeo postojećih opekerskih proizvoda, koji su već prisutni na gradilištu, komponenti kojima se planira sanacija i rekonstrukcija objekta i zamena dotrajalih komponenti (objekat je devastiran), pa nema većih ušteta u otpadu.

Obzirom da se Varijante B-2, B-3, B-4 i B-5 kreću u rasponu od 1% do 13% verovatno da se u okviru ovih varijanti nalazi rešenje.

Ukupni rezultati ušteta u emisijama GHG, uštete u potrošnji vode i produkciji otpada

Varijante B-1. i B-2. imaju vrednosti ušteta u GHG od 24% do 26%, vode od 7% do 9% i otpada od 0% do 1% (Tabela 4.8.).

Varijante B-3. i B-4. imaju vrednosti ušteta u GHG od 31% do 29%, vode oko 11% i otpada od 8% do 13% (Tabela 4.8.).

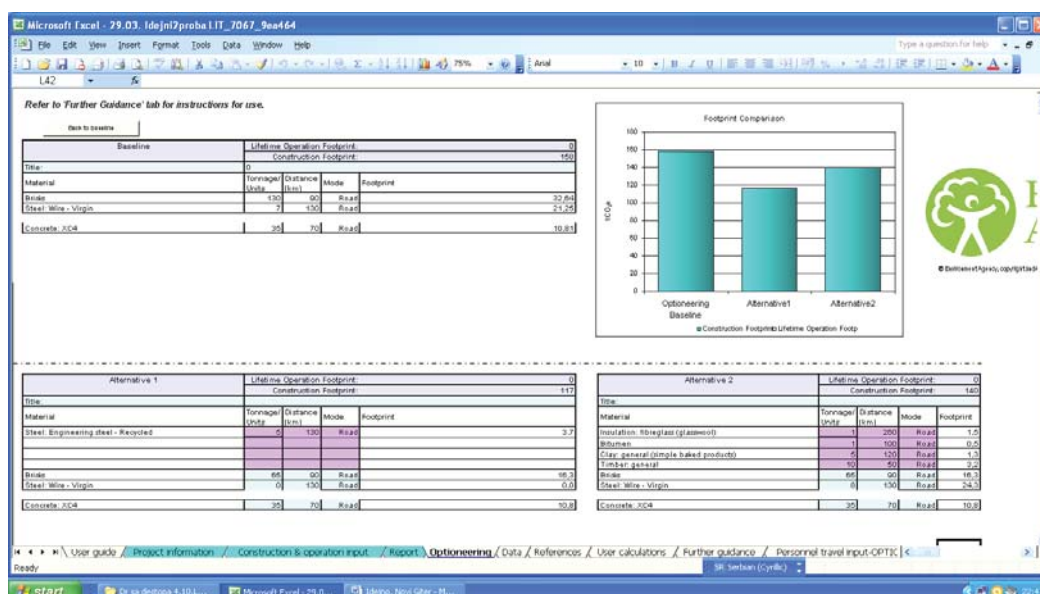
Varijanta B-5. ima vrednost ušteta u GHG od 37%, vode od 19% i otpada od 13% (Tabela 4.8.).

Varijanta C. ima vrednost ušteta u GHG od 5%, vode od 5% i otpada od 10% (Tabela 4.8.).

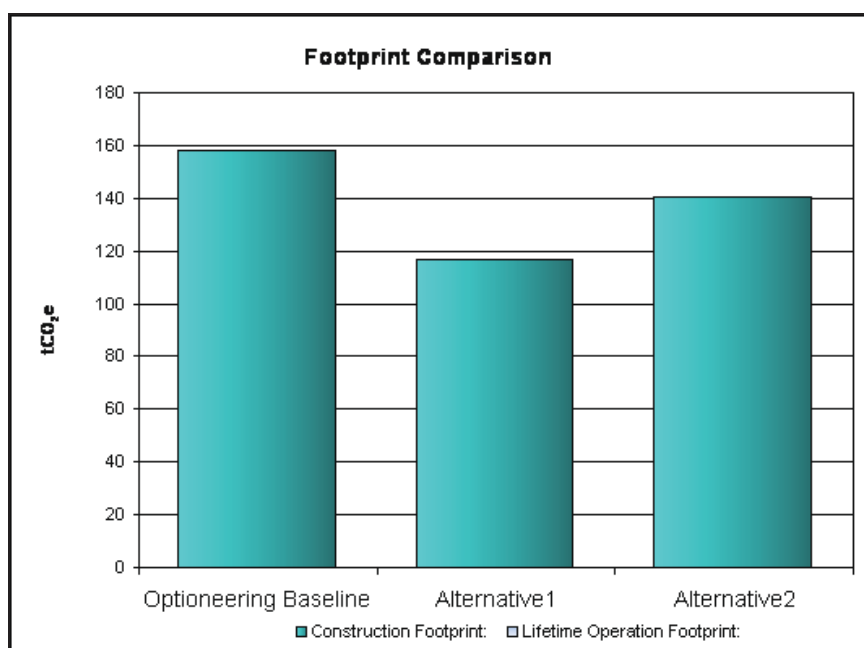
Varijanta C biće analizirana sa aspekta ugljeničkog otiska CO₂ e, da bi se dobile približne vrednosti za ovo varijantno rešenje. Slika 4.6. Izveštaj za model rekonstrukcije, srednje vrednosti u dijagramu, najviše vrednosti su za novi objekat od novih materijala, bez recikliranih komponenti, a najniže vrednosti su za objekat od recikliranih materijala, uz primenu reupotrebljenih materijala u optimalnoj količini sa redukovanom upotrebom cementa i sa „zelenim betonima“ (Prilog 4– A).

4.1.1.5. Procena ugljeničkog otiska na nivou idejnog rešenja

Na kraju celog postupka izvršena je procena ugljeničkog otiska na nivou idejnog rešenja za preostale dve varijante (B i C) u poređenju sa osnovnom varijantom A, sa ciljem da se dođe do saznanja koja varijanta ima najmanji ugljenični otisak. Poređenje ugljeničnih otisaka za A, B-3 i C varijantu dato je kroz detaljni prikaz rešenja u Prilogu 4 – A. Grafičke vrednosti ovih rešenja su date kroz izveštaj za modele, Slika 4.6. i Dijagram 4.4. Proračun ugljeničkog otiska rađen je u programu koji je dostupan na sajtu Agencije za zaštitu životne sredine Velike Britanije LIT (<https://www.gov.uk> Environment Agency UK).



Slika 4.6. Izveštaj za referentni model A, model B-3. i model C na nivou idejnog rešenja



Dijagram 4.4. Poređenje ugljeničnog otiska za novi objekat A (osnovna varijanta) novi objekat sa primenom postojećih materijala i recikliranih materijala, B-3 (alternativa 1) i rekonstrukcija objekta C (alternativa 2)

Tabelarni pregled vrednosti ugljeničnog otiska referentnog objekta (varijanta A), novog objekta izgrađenog sa primenom recikliranih i reupotrebljenih komponenti materijala (varijanta B-3 ili B-4) sa velikim uticajem na životnu sredinu, uz primenu „zelenih betona“ i rekonstrukcije postojećeg objekta (varijanta C) je prikazana u Tabeli 4.9.

Tabela 4.9. Poređenje ugljeničnog otiska za novi objekat varijanta A (osnovna varijanta) novi objekat sa primenom postojećih i recikliranih materijala, varijanta B-3 (alternativa 1) i rekonstrukcija objekta varijanta C (alternativa 2)

Nivo idejnog rešenja VARIJANTA MODELA		Opis materijalizacije objekta	Ugljenični otisak izgradnje objekta [tona CO ₂ e po objektu]
1.	Optioneering Baseline	Novi objekat bez recikliranih materijala	158,00 tona CO ₂ e
2.	Alternativa 1	Novi objekat sa recikliranim i reupotrebjenim komponentama	117,00 tona CO ₂ e
3.	Alternativa 2	Rekonstrukcija postojećeg objekta	140,00 tona CO ₂ e

4.1.1.6. Diskusija analize ugljeničkog otiska na nivou idejnog rešenja

Osnovna Varijanta A, izgradnja novog objekta od novih građevinskih materijala, je varijanta sa ugljeničnim otiskom koji iznosi 158,50 tona CO₂e, što je najveći ugljenični otisak od tri analizirane varijante. Ovo je varijanta koja je u prvoj fazi analize referentna varijanta u odnosu na koju su poređene preostale varijante. Ova varijanta na nivou idejnog rešenja ima približne i pretpostavljene količine materijala. U ovoj varijanti nisu korišćeni reciklirani materijali, ali su distance od fabrike za sve komponente koje se ugrađuju u objekat uračunate, od proizvodnih pogona do gradilišta. Transport iz cementare do gradilišta je takođe ušao u proračun. To je referentna varijanta idejnog projekta. Preostali materijali su proizvedeni u domaćoj građevinskoj industriji, pa su u proračunu uticaja uvrštene i realne distance transporta od proizvodnih pogona do gradilišta (distance za pojedine materijale su u opsegu od 50 km do 360 km). Proračun obuhvata i transport radnika do gradilišta i povratak do mesta stanovanja, za koje je u sve tri varijante pretpostavljeno da su u okruženju od 30 km, što je sa socijalnog aspekta takođe prihvatljivo, emisije od transporta. U proračun je uvrštena i emisija od pogona građevinskih mašina koje se koriste u izgradnji, odvoženje viška otpada, koji je u ovoj varijanti najveći, jer je sav otpad koji nastaje od demontaže postojećeg objekta potrebno odvesti do lokalne deponije koja je udaljena 30 km od gradilišta. Emisije od transporta i otpada takođe utiču na količinu ugljeničnog otiska. U obračun je uvrštena i potrošnja električne energije za osoblje gradilišta i garderobe za radnike. Osim toga, u proračun je uvrštena i količina otpadne vode koja nastaje od osoblja i radnika za vreme trajanja izgradnje objekta.

Varijanta B-3 Alternativa 1 je po životnu sredinu rešenje sa najmanjim ugljeničnim otiskom koji iznosi 117,00 tona CO₂ e od tri analizirana modela. Ova varijanta na nivou idejnog rešenja ima približne i pretpostavljene količine materijala, ali i približne količine potencijalno mogućih recikliranih materijala koji se mogu iskoristiti iz GOM-a na lokaciji. Ako na lokaciji nema dovoljno materijala koji se može ponovo upotrebiti nabavlja se sa distance do 20 km od gradilišta, što je uračunato u proračunu emisija. U ovoj varijanti su osim recikliranih i reupotrebljenih komponenti korišćeni i „zeleni betoni“ uz pretpostavku (i uveravanje dobijeno od proizvođača) da ih domaće cementare mogu proizvesti, a transport iz cementare do gradilišta je takođe ušao u proračun. To je zapravo prema klasifikaciji odabir varijanata 2, 3, 4 ili 5 na nivou idejnog projekta. Preostali materijali koji nisu reciklirani su proizvedeni u domaćoj građevinskoj industriji, pa su u proračunu uticaja uvrštene i realne distance transporta od proizvodnih pogona do gradilišta (distance za pojedine materijale su u opsegu od 50 km do 360 km). Proračun obuhvata i transport radnika do gradilišta i povratak do mesta stanovanja, za koje je u sve tri varijante pretpostavljeno da su u okruženju od 30 km, što je sa socijalnog aspekta takođe prihvatljivo. U proračun je uvrštena i emisija od pogona građevinskih mašina koje se koriste u izgradnji, odvoženje otpada do lokalne deponije koja je udaljena 30 km od gradilišta, količina otpada je manja nego u osnovnoj varijanti, jer se sve komponente koje se mogu ugraditi u novi objekat koriste. U proračun je uvrštena i potrošnja električne energije za osoblje gradilišta i garderobe za radnike. Osim toga, u proračun je uvrštena i količina otpadne vode koja nastaje od osoblja i radnika za vreme trajanja izgradnje objekta.

Varijanta C Alternativa 2 je po životnu sredinu rešenje sa srednjim ugljeničnim otiskom koji iznosi 140,00 tona CO₂ e od tri analizirana modela. To je zapravo prema klasifikaciji odabir varijanata 7 na nivou idejnog projekta. Ova varijanta na nivou idejnog projekta ima približne i pretpostavljene količine novih materijala, ali i približne količine materijala koji se mogu zadržati. U ovoj varijanti su osim reupotrebljenih komponenti korišćene uobičajene mešavine betona za izradu vertikalnih i horizontalnih serklaža, a transport iz cementare do gradilišta je takođe ušao u proračun. Preostali materijali koji se moraju zameniti nisu reciklirani, proizvedeni su u domaćoj građevinskoj industriji pa su u proračunu uticaja uvrštene i realne distance transporta od proizvodnih pogona do gradilišta (distance za pojedine materijale su u opsegu od 50 km do 360 km). Proračun obuhvata i transport radnika do gradilišta i povratak do mesta stanovanja, za koje je u sve tri varijante pretpostavljeno da su u okruženju od 30 km, što

je sa socijalnog aspekta takođe prihvatljivo, emisije od transporta. U proračun je uvrštena i emisija od pogona građevinskih mašina koje se koriste u izgradnji, odvoženje viška otpada do lokalne deponije koja je udaljena 30 km od gradilišta i potrošnja električne energije za osoblje gradilišta i garderobe za radnike. Osim toga, u proračun je uvrštena i količina otpadne vode koja nastaje od osoblja i radnika za vreme trajanja izgradnje objekta.

U analizu nije uključen ugljenični otisak od faze korišćenja objekta, jer se u analizu ušlo sa energetskim razredom C objekta, što znači da je debljina termoizolacije približno usvajana, a potrošnja primarne energije po m² objekta u okvirima istog energetskog razreda, pa je potrošnja operativne energije i emisije ugljenika u fazi korišćenja, za sva tri varijantna rešenja približna. Nije analizirana primena različitih energenata ili sistema za grejanje.

Na nivou idejnog rešenja nije moguće izračunati tačne količine građevinskih materijala i aktivnosti koje prate proces izgradnje objekta. Faza idejnog rešenja je početna u prosu projektovanja, ali i bitna za približnu LCA analizu projekta i njegovo dalje usmeravanje u pravcu pronalazjenja rešenja sa manjim uticajima na životnu sredinu. Tačni podaci o uticaju objekta na životnu sredinu se mogu dobiti kroz naredne faze a to je projekat za izvođenje i investiciono održavanje i kroz rešavanje detalja, što je urađeno u narednim poglavljima.

4.2. LCA REFERENTNE PORODIČNE KUĆE – PROJEKAT ZA IZVOĐENJE

Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu („Sl. gl. RS“, br. 135/2004), a zatim i Zakon o planiranju i izgradnji („Sl. gl. RS“, br. 72/2009), kao krovni zakon za izgradnju objekata, propisuje izradu studije o proceni uticaja na životnu sredinu za posebne kategorije objekata. Procena uticaja na životnu sredinu je predviđena samo za određene kategorije građevinskih objekata: industrijske, poljoprivredne, infrastrukturne, hidro i termo elektrane, aerodrome. Odnosi se na procene emisija i uticaje na životnu sredinu od uređaja i opreme koji se koriste u objektu i njihovih polucija. Uticaj stambenih i ostalih objekata koji nisu na listi objekata za

koje je obavezna procena uticaja na životnu sredinu⁶ („Sl. gl. RS“, br. 114/2008) od 2012. godine je u fokusu nacionalne legislative sa aspekta energetske efikasnosti i unapređenje energetske efikasnosti kao principa koji treba primeniti pri projektovanju zgrada. Unapređenje energetske efikasnosti, prema Zakonu o planiranju i izgradnji („Sl. gl. RS“, br. 72/2009, 81/2009 ispravka, 64/2010 odluka US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 odluka US, 50/2013 odluka US, 98/2013 odluka US, 132/2014 i 145/2014) podrazumeva smanjenje potrošnje svih vrsta energije, uštede energije i obezbeđenje održive gradnje primenom tehničkih mera, standarda i uslova planiranja, projektovanja izgradnje i upotrebe zgrada i prostora. Energetska svojstva zgrada su prema Zakonu o planiranju i izgradnji („Sl. gl. RS“, br. 72/2009), stvarna protrošnja ili proračunata količina energije koja zadovoljava različite potrebe koje su u vezi sa standardizovanim korišćenjem, a odnosi se naročito na energiju za grejanje, pripremu tople vode, hlađenje, ventilaciju i osvetljenje. Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada (Sl. gl. RS“, br. 61/2011) i Pravilnik o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrada („Sl. gl. RS“, br. 69/2012). propisuju metodologiju proračuna i način izdavanja energetske pasoša. Za stambene zgrade površine preko 50 m² u procesu projektovanja neophodno je uraditi elaborat energetske efikasnosti, a za potrebe tehničkog prijema potrebno je da zgrada ima energetski pasoš. Prema prelaznim i završnim odredbama Pravilnika o energetske efikasnosti zgrada, Tabela 6.11a („Sl. gl. RS“, br. 61/2011) proračun i izražavanje energetske razreda zgrade vrši se prema potrebnoj energiji za grejanje – $Q_{H,nd}$ [kWh/(m²a)]. Prema istom Pravilniku, propisana je metodologija obračuna emisije CO₂ od energije koja se koristi za grejanje, dok proračun potrošnje energije za pripremu sanitarne tople vode, osvetljenja, hlađenja i ventilacije, još uvek ne ulazi u proračun do usvajanja Nacionalnog programa za proračun. Prema Pravilniku o energetske efikasnosti zgrada („Službeni glasnik RS“ br 61/2011), klasifikacija energetskih potreba zgrada je izvršena u osam kategorija, energetskih razreda. Za stambene zgrade sa jednim stanom, kakva je zgrada na kojoj se sprovodi istraživanje, godišnja potrošnja energije za grejanje zgrade prikazana je u Tabeli 4.10. i razlikuje se za postojeće i nove zgrade.

⁶ IZVOR: Uredba o utvrđivanju Liste projekata za koje je obavezna procena uticaja i Liste projekata za koje se može zahtevati procena uticaja na životnu sredinu (Sl. Glasnik RS br. 114/2008)

Tabela 4.10. Energetski razredi stambenih zgrada sa jednim stanom („Sl. gl. RS“, br. 61/2011)

ZGRADE SA JEDNIM STANOM		Nove zgrade	Postojeće zgrade
Energetski razred	$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd,rel}$ [kWh/(m ² a)]	$Q_{H,nd,rel}$ [kWh/(m ² a)]
A+	≤ 15	≤ 10	≤ 12
A	≤ 25	≤ 17	≤ 20
B	≤ 50	≤ 33	≤ 38
C	≤ 100	≤ 65	≤ 75
D	≤ 105	≤ 98	≤ 113
E	≤ 200	≤ 130	≤ 150
F	≤ 250	≤ 163	≤ 188
G	> 250	> 250	> 188

Neophodan uslov za sve nove zgrade je da zgrada bude projektovana tako da zadovolji minimum energetski razred C. Ovim projektom je osnovni kriterijum zadovoljen, odnosno zgrada je tako projektovana da bude u energetskom razredu C. Projekat energetske efikasnosti, odnosno, njegovi delovi koji su relevantni za istraživanje, detaljnije su prikazani u Prilogu 4 – V.

4.2.1. Proračun parametara za elemente termičkog omotača kuće

Nove zgrade moraju zadovoljiti minimalno energetski razred C, što znači da potrošnja energije za zagrevanje zgrade treba da bude manja od $Q_{H,nd}$ 65 kWh/(m²a) (kilovat časova po metru kvadratnom godišnje). Pravilnikom o energetskej efikasnosti zgrada u Tabeli 3.4.1.3. („Sl. gl. RS“, br. 61/2011) propisane su najveće dozvoljene vrednosti koeficijenta prolaza toplote, U_{max} [W/(m²K)] za elemente termičkog omotača zgrade. Proračun energetskih potreba zgrade je rađen u programu URSA Građevinska fizika 2, a rezultati proračuna za pojedine komponente i strukture zidova, tavanica i podova detaljno su dati u Prilogu 4 – V. Proračunom su postignute vrednosti koeficijenata prelaza toplote prikazane u Tabeli 4.11.

Tabela 4.11. Ostvarene vrednosti koeficijenta prolaza toplote U za elemente konstrukcije u poređenju sa U_{max} („Sl. gl. RS“, br. 61/2011)

Opis elemenata sistema		U [W/(m ² ·K)]	Nove zgrade U _{max} [W/(m ² ·K)]
Elementi i sistemi u kontaktu sa spoljnim vazduhom			
1.	Spoljašnji zid	0,235	0,30
2.	Prozori P1	1,48	1,50
3.	Prozori P2	1,47	1,50
4.	Prozori P3	1,50	1,50
5.	Balkonska vrata	1,46	1,50
6.	Spoljna vrata	1,60	1,60
7.	Vrata prema negrejanom prostoru	1,60	1,60
Unutrašnje pregradne konstrukcije			
1.	Zid prema negrejanim prostorima	0,345	0,40
2.	Međuspratna konstrukcija ispod negrejanog prostora	0,289	0,30
3.	Međuspratna konstrukcija iznad negrejanog prostora	0,289	0,30
Konstrukcije u tlu			
1.	Pod na tlu	0,24	0,30

Proračun vrednosti koeficijenta prolaza toplote U [W/(m²·K)] je u skladu sa važećim standardima: SRPS EN ISO 13789, SRPS EN ISO 6946 i SRPS EN ISO 13370. Za prozore, roletne i balkonska varata u skladu sa standardom: SRPS EN ISO 10077–1 i SRPS EN ISO 10077-2.

Prema Pravilniku o energetskej efikasnosti zgrada („Sl. gl. RS“, br. 61/2011) potrebno je da zgrada zadovolji i sve uslove komfora: vazdušni, toplotni, svetlosni i zvučni komfor. Vazdušni komfor, kvalitet vazduha u zgradama obezbeđen je:

1. arhitektonskim merama, prirodnom ventilacijom u svim prostorijama, dimenzijama i zapreminom vazdušnog prostora, kvalitetnom ugradnjom i odabirom stolarije čime se onemogućava efekat promaje,
2. projektovanjem zgrade tako da se maksimalno koristi prirodna ventilacija i omogućava poprečna ventilacija, što je projektom omogućeno pozicijom otvora u fasadnim zidovima i otvorima u kalkansim zidovima u zoni tavanskog prostora.

Toplotni komfor u projektovanoj zgradi se obezbeđuje projektovanjem u skladu sa preduzetim merama energetski efikasne arhitekture:

1. u skladu sa tim se dimenzionišu elementi termičkog omotača,
2. elementima za zaštitu od uticaja sunčevog zračenja u periodu pregrevanja, što se postiže ugradnjom kapaka sa pomičnim elementima. Zadržavanjem postojećeg zelenila na parceli sa prirodnom senkom se smanjuje pregrevanje objekta,
3. korišćenjem termičke mase,
4. pasivnim, prirodnim noćnim hlađenjem što se postiže otvorima u zabatnim zidovima tavanškog prostora,
5. toplotnim zoniranjem zgrade; tavanški prostor je posebni deo zgrade, a granični uslovi za zidove i tavanicu prema tom prostoru su proračunati,
6. oblikovanjem zgrade, u smislu kompaktnosti osnove.

Radi obezbeđenja svetlosnog komfora u zgradi primenjene su:

1. mera kojima se postiže maksimalno uvodi dnevna svetlost, sve prostorije imaju prozore adekvatnih veličina,
2. u letnjim mesecima uz pomoć senila i zastora obezbeđen je maksimalni upad difuzne svetlosti a minimalni upad direktnog sunčevog zračenja,
3. sistemi za zaštitu od sunca su transparentni i obezbeđuju prolaz dnevne svetlosti u dovoljnoj količini bez potrebe da se u toku dana koristi veštačko svetlo,
4. kontrolom bljeska sunčevog zračenja a da se pri tome obezbedi propisani nivo osvetljaja,
5. u zavisnosti od namene prostorija projektovano je veštačko osvetljenje adekvatno nameni prostora.

Zvučni komfor se postiže primenom sledećih mera:

1. odgovarajućom zvučnom izolacijom unutrašnjih građevinskih elemenata (zidova, međuspratne konstrukcije, unutrašnje stolarije),
2. odgovarajućom zvučnom izolacijom (spoljašnjih zidova, fasadnih otvora, krovnih omotača),
3. adekvatnim materijalima i strukturom podova i zidova kojima se smanjuje efekat od udarne buke (plivajući pod),

4. adekvatnim akustičkim odzivom prostorije, adekvatna čujnost i kvalitet korisnog zvuka,
5. adekvatnim sistemima instalacija (meko oslanjanje, niskošumna kanalizacija, kućni uređaji sa adekvatnim nivoom akustičkih parametara i slično).

Elaborat toplotne zaštite rađen je prema Pravilniku o energetske efikasnosti zgrada („Sl. gl. RS“, br. 61/2011) . Proračun godišnje potrebne toplote za grejanje rađen je prema SRPS EN ISO 13790 i SRPS EN ISO 13789. Termofizičke osobine materijala korišćenih u proračunu su u skladu sa Pravilnikom o energetske efikasnosti zgrada („Sl. gl. RS“, br. 61/2011). Proračun je rađen pomoću programa URSA Građevinska fizika 2, u kome su korišćene termofizičke osobine materijala datih u Pravilniku o energetske efikasnosti zgrada. Proračunata je godišnja potrebna energija za grejanje (Tabela 4.12.).

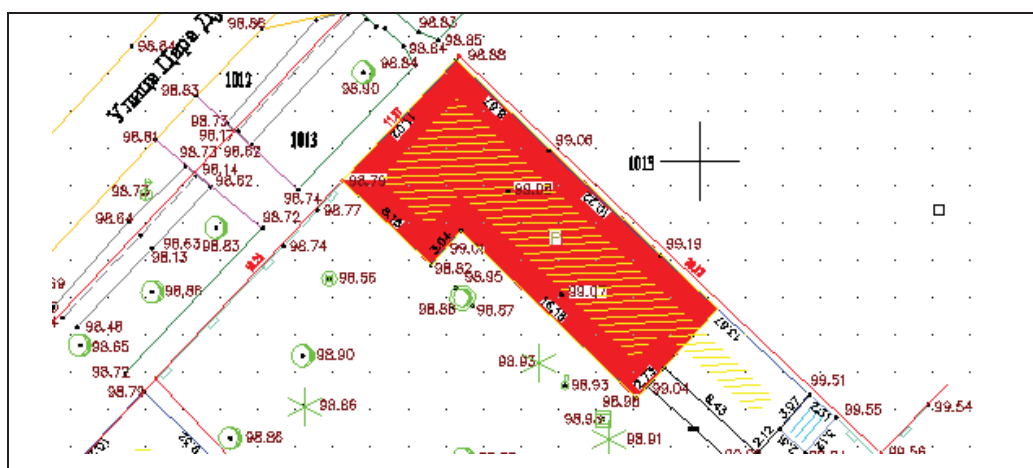
Tabela 4.12. Godišnja potrebna energija za grejanje (prema metodologiji u Prilogu 6 „Sl. gl. RS“, br. 61/2011)

Parametri toplotne zaštite zgrade	
Koeficijent transmisionog gubitka toplote H_T	115,76 W/K
Koeficijent ventilacionog gubitka toplote H_V	51,16 W/K
Godišnja potrebna energija za nadoknadu gubitka toplote $Q_{H,ht}$	10095,34 kWh
Godišnja količina energije koja potiče od unutrašnjih dobitaka toplote $Q_{H,int}$	1340,96 kWh
Godišnja količina energije koja potiče od dobitaka usled sunčevog zračenja $Q_{H,sol}$	1973,07 kWh
Bezdimenzionalni odnos toplotnog bilansa Y_H	0,33
Faktor redukcije za grejanje $a_{H,red}$	0,951
Faktor iskorišćenja dobitaka toplote za period grejanja $\eta_{H,gn}$	0,900
Godišnja potrebna energija za grejanje $Q_{H,nd}$	7112,71 kWh
Godišnja redukovana potrebna energija za grejanje $Q_{H,nd,red}$	6762,48 kWh
Specifična godišnja potrebna energija za grejanje $Q_{H,an}$	61,07 kWh/m
Energetski razred zgrade	C

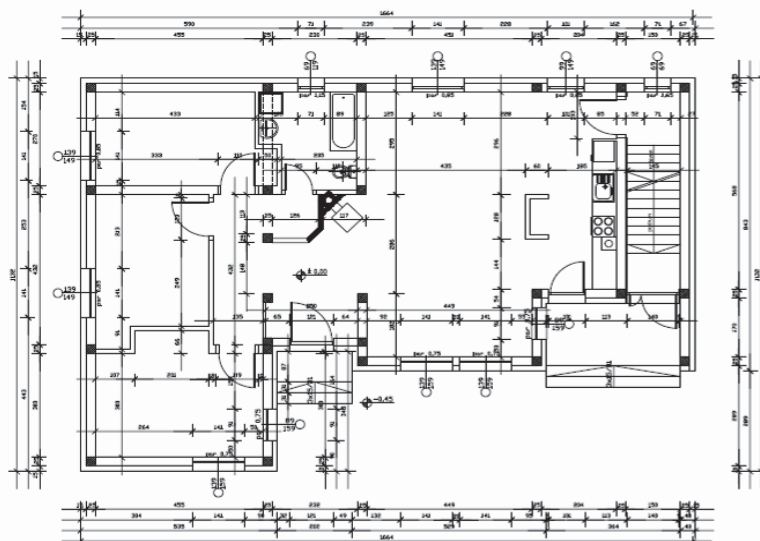
4.2.2. Varijantna rešenja referentne porodične kuće - izvođački projekat

Referentna porodična zgrada se projektuje na lokaciji na kojoj već postoji stambeni objekat na kraju životnog veka, pa je deo građevinskog materijala moguće obezbediti na samoj lokaciji, izvlačenjem iz GOM-a. Postojeći objekat je u periodu izrade idejnog rešenja već bio u fazi devastacije i sklon padu. Analiza emisija gasova staklene bašte, produkcije otpada i ušteda u potrošnji vode pokazala je uštedu. Posle izvršenih analiza na idejnom nivou doneta je odluka

da se gradi novi objekat, ali da se u cilju dobijanja tačnih rezultata kroz kompjuterske simulacije razmatra i opcija supstitucije pojedinih materijala recikliranim ili reupotrebjenim komponentama, u meri koja je moguća, prema raspoloživim količinama materijala na lokaciji koji nastaju rušenjem postojećeg objekta ili se mogu nabaviti u okruženju, 20 km od mesta gradnje. Novi objekat je prizemni, sa tavanskim prostorom koji je negrejan sa sličnim gabaritima ali prema savremenim propisima i instalacijama koje su potrebne za savremeno stanovanje. Objekat koji se projektuje je energetski razred C. Na Slici 4.7. je situacija novoprojektovanog objekta. Osnova prizemlja (Slika 4.8.), obračun površina prikazan je u Tabeli 4.13., a na Slikama 4.9. i 4.10. su izgledi iz pravca ulice i iz pravca dvorišta.



Slika 4.7. Situacija objekta koji je predmet LCA analize



Slika 4.8. Osnova objekta koji je predmet LCA analize



Slika 4.9. Izgled objekta prema ulici

Tabela 4.13. Obračun površina prostorija

	Namena	P (m2)	P (97%)	P (m1)	Vrsta poda
1.	Predsooblje	7,25	7,03	11,48	keramičke pločice
2.	Dnevna soba	22,54	21,86	21,18	parket
3.	Trpezarija	13,28	12,89	14,89	parket
4.	Kuhinja	12,79	12,40	19,04	keramičke pločice
5.	Hodnik	5,83	5,65	11,34	parket
6.	Spavaća soba	12,14	11,77	14,76	parket
7.	Spavaća soba	12,43	12,06	15,06	parket
8.	Spavaća soba	13,81	13,40	15,60	parket
9.	Predprostor	1,68	1,63	5,13	parket
10.	Kupatilo	7,06	6,85	11,00	keramičke pločice
11.	Ostava	2,60	2,52	6,48	keramičke pločice
Ukupno:		111,41	108,06		
12.	Trem	1,76	1,71		keramičke pločice
13.	Terasa	6,53	6,33		keramičke pločice
14.	Stepenišni prostor	-	-	10,66	keramičke pločice
P ukupno		119,70 m2			
P (-3%)		116,10 m2			
P bruto		154,69 m2			

Treba naglasiti da se izgradnja zgrade planira u skladu sa važećim propisima i standardima, planu detaljne regulacije za područje u kome se objekat projektuje. Za svaki od analiziranih objekata rađen je termički proračun pa su debljine i struktura zidova, podova i tavanica proračunate. Da bi bili zadovoljeni propisi u vezi energetske efikasnosti planira se da objekat bude tako isprojektovan da zadovolji energetske razred C. Postoji više varijanti za odabir sistema grejanja.



Slika 4.10. Prednji dvorišni izgled objekta

Solarni kolektori, na ovom ili nekom od ekonomskih objekata koji su pored projektovanog objekta (objekat se nalazi u zoni u kojoj je godišnji prosek dnevne energije globalnog zračenja na horizontalnu površinu (Stipić, Vidojević, Spasojević, 2012) 5,2 – 5,4 kWh/m², nagib krovnih ravni i orijentacija omogućavaju korišćenje ovog sistema. Dodatna električna energija se može obezbediti i fotovoltaznim ćelijama, na ovom ili nekom od ekonomskih objekata koji su smešteni u dvorištu. Druga mogućnost je primena geotermalne energije, instaliranjem toplotne pumpe voda-vazduh. Treća mogućnost je toplotna pumpa vazduh-vazduh koja sa svojim parametrima potrošnje energije za zagrevanje objekta ima COP 5 i preporučuje se za ovu veličinu objekta. Četvrta mogućnost je kotao na biomasu koja je u ovom području prisutan energent (toplotna moć pšenične slame je 14,0 MG/kg ili kukuruzovine 13,5 MG/kg (Stipić, Vidojević, Spasojević, 2012). Peta mogućnost je grejanje sa gas, obzirom da postoji mreža gasne instalacije na koju je moguće priključiti objekat.

Objekat ima mogućnost priključenja na gradsku vodovodnu i kanalizacionu mrežu, pa će na takav način biti rešeno snabdevanje vodom i eliminacija otpadnih voda. Da bi potrošnja vode bila manja, projektom se planira ugradnja slavina i tuševa sa aeratorima i vodokotlića sa dvostepenim sistemom upotrebe. Objekat se projektuje tako da se atmosferska voda sistemom odvođenja sakuplja u rezervoar i koristi za zalivanje zelenila u dvorištu. Za nabavku kućnih uređaja preporučuje se investitoru da odabere one koji su manji potrošači vode i električne energije (energetski razred A, A+ ili A++) što se takođe odnosi na rasvetu i na ostale uređaje koji koriste električnu energiju.

4.2.3. Varijantna rešenja referentne porodične kuće - projekt za izgradnju

Program za analizu ugljeničkog otiska Agencije za zaštitu životne sredine Velike Britanije u kome se radi analiza LCA može u jednom ciklusu da uradi poređenje za tri varijante rešenja, sa zamenom pojedinih komponenti i količina materijala. Program poseduje bazu podataka za materijale proizvedene od prirodnih sirovina (primarne materijale) ali i za reciklirane materijale, što je bio jedan od bitnih razloga za odabir programa sa kojima je rađena analiza ugljeničnog otiska.

U jednom ciklusu će biti analizirane po tri varijante za svaku od opredeljenih konstruktivnih sklopova prema modelima MG, MY i MD:

1. MG – Konstruktivni sistem čine noseći zidovi od giter blokova u kombinaciji sa vertikalnim i horizontalnim AB serklažima i stubovima, sa AB temeljima i lako armiranom podnom pločom, oznaka za ovu grupu analiziranih modela je MG (MG – 1. MG – 2 i MG – 3).
2. MY – Konstruktivni sistem čine noseći zidovi od Ytong blokova, međuspratna tavanica Ytong, AB temelji i lako armirana podna ploča, oznaka za ovu grupu analiziranih modela je MY (MY – 1. MY – 2 i MY – 3).
3. MD – Konstruktivni sistem čine prefabrikovani paneli sa drvenim ramom sa termo ispunom u kombinaciji sa AB temeljima i lako armiranom podnom pločom, oznaka za ovu grupu analiziranih modela je MD (MD – 1. MD – 2 i MD – 3).

Projekat se radi u skladu sa željama investitora, pa će LCA analize imati za cilj pružanje jasne informacije o ugljeničnom otisku izgradnje objekta i poređenje ugljeničkog otiska izgradnje sa ugljeničkim otiskom operativne faze, kao mere uticaja svake od varijanti na životnu sredinu. U tom smislu će se istraživanje odvijati u dve faze na svakom od analiziranih modela, što je prikazano u Tabeli 4.14.

Tabela 4.14. Opis istraživanja rađenih na nivou projekta za izvođenje

Model	Opis objekta	Urađena analiza na nivou projekta za izvođenje	
		Istraživanje izgradnje	Istraživanje izgradnje i korišćenje
		ugljenični otisak iz faze izgradnje	ukupni ugljenični otisak izgradnje i eksploatacije 10, 20, 30, 40, 50, 60 i 100 godina
referentni model MG			
MG-1	novi objekat, izgrađen od novih materijala	ugljenični otisak iz faze izgradnje	ukupni ugljenični otisak izgradnje i eksploatacije
MG-2	novi objekat, izgrađen delom novim i delom recikliranim materijalima	ugljenični otisak iz faze izgradnje	ukupni ugljenični otisak izgradnje i eksploatacije
MG-3	novi objekat, sa maksimalnom primenom recikliranih ili reupotrebljenih komponenti	ugljenični otisak iz faze izgradnje	ukupni ugljenični otisak izgradnje i eksploatacije
referentni model MY			
MY-1	novi objekat, izgrađen od novih materijala	ugljenični otisak iz faze izgradnje	ukupni ugljenični otisak izgradnje i eksploatacije
MY-2	novi objekat, izgrađen delom novim i delom recikliranim građevinskim materijalima	ugljenični otisak iz faze izgradnje	ukupni ugljenični otisak izgradnje i eksploatacije
MY-3	novi objekat, sa maksimalnom primenom recikliranih ili reupotrebljenih komponenti	ugljenični otisak iz faze izgradnje	ukupni ugljenični otisak izgradnje i eksploatacije
referentni model MD			
MD-1	novi objekat, izgrađen od novih materijala	ugljenični otisak iz faze izgradnje	ukupni ugljenični otisak izgradnje i eksploatacije
MD-2	novi objekat, izgrađen delom novim i delom recikliranim građevinskim materijalima	ugljenični otisak iz faze izgradnje	ukupni ugljenični otisak izgradnje i eksploatacije
MD-3	novi objekat, sa maksimalnom primenom recikliranih ili reupotrebljenih komponenti	ugljenični otisak iz faze izgradnje	ukupni ugljenični otisak izgradnje i eksploatacije

Kratak opis analiziranih modela dat je u Tabeli 4.15

Tabela 4.15. Analizirani modeli za LCA

OZNAKA GRUPE	KRATAK OPIS KONSTRUKTIVNOG SKLOPA I MATERIJALIZACIJE OBJEKTA	OZNAKA MODELA
MG	Objekat projektovan sa fasadnim i pregradnim zidovima od opearskih proizvoda, LMT tavanicom, AB vertikalim i horizontalnim serklažima, drvenom krovnom konstrukcijom i biber crepom kao krovnim pokrivačem. U sklopu ove varijante biće urađena LCA analiza za modele bez primene recikliranih komponenti, sa manjim procentom recikliranih komponenti i sa maksimalnim procentom recikliranih komponenti.	MG-1. MG-2. MG-3.
MY	Objekat projektovan sa fasadnim i pregradnim zidovima od Ytong blokova, sa Ytong „belom tavanicom“, AB vertikalim i horizontalnim serklažima, drvenom krovnom konstrukcijom i biber crepom kao krovnim pokrivačem. U sklopu ove varijante biće urađena LCA analiza za modele bez primene recikliranih komponenti, sa manjim procentom recikliranih komponenti i sa maksimalnim procentom recikliranih komponenti.	MY-1. MY-2. MY-3.
MD	Objekat projektovan sa fasadnim zidovima od drvenih prefabrikovanih panela sa ispunom od mineralne vune i lakim pregradnim zidovima sa oblogom od gips-karton ploča, sa drvenom međuspratnom tavanicom, AB temeljima i podnom pločom, drvenom rešetkastom krovnom konstrukcijom i biber crepom kao krovnim pokrivačem. U sklopu ove varijante biće urađena LCA analiza za modele bez primene recikliranih komponenti, sa manjim procentom recikliranih komponenti i sa maksimalnim procentom recikliranih komponenti.	MD-1. MD-2. MD-3.

4.2.3.1. Definisanje ciljeva LCA analize na nivou projekta za izgradnju

Cilj druge faze LCA analize je da se kroz predložene modele (varijantna rešenja) uporede ugljenični otisci izgradnje, i da se pronade kako primena recikliranih materijala utiče na ugljenički otisak izgradnje objekta. Granice ovog dela istraživanja su od kolevke do početka korišćenja objekata.

Posle ovog dela istraživanja od kolevke do početka korišćenja, u sledećem trećem delu istraživanja se poređenjem varijantnih rešenja u smislu materijalizacije modela nastoji istražiti koji od predloženih modela ima najmanji ugljenični otisak izgradnje i uporediti sa ugljeničnim otiskom iz operativne faze i kako primena recikliranih materijala utiče na ugljenički otisak izgradnje, investicionog i tekućeg održavanja objekta. Granice sistema su od kolevke do kraja životnog ciklusa.

U nedostatku nacionalne baze podataka inostrane baze su izvor informacija za analize ulaza i izlaza u proceni LCA. Informacije koje su date u bazama se delimično razlikuju jer je način prikupljanja informacija u nekim varijantama vezan za nacionalna istraživanja. Istraživanja koja primenjuju LCA ili LCEA metodologiju za analizu energije životnog ciklusa zgrade ili ugljenični otisak koriste baze podataka, a za istraživanje su korišćene sledeće:

- Inventar ugljenika i energije – ICE (skr. eng. *Inventory of Carbon and Energy*).
- GEDnet – Baza Američkog centra za procenu životnog ciklusa (eng. *USA Life Cycle Database*),
- Level – Baza Centra za životnu sredinu Novog Zenlanda (eng. *Environmental Choice New Zealand*).

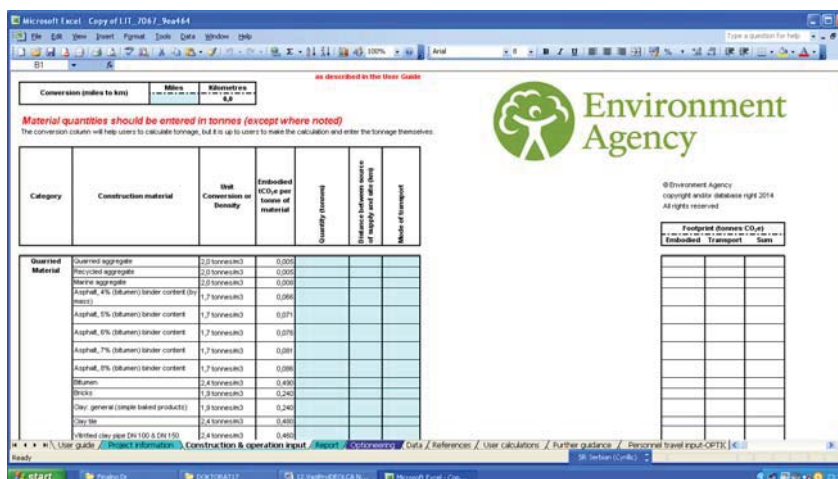
Baza podataka ICE razmatra koncept ugrađenih materijala za koje su dati podaci o ugrađenoj energiji, i ugrađenom ugljeniku ili u širem opsegu gasovi sa efektom staklene bašte (GHG) komponenti zgrade, kao i transport. Reciklirani materijali su uključeni u ovu bazu i moguće je porediti rezultate sa različitim izborom primenjenih materijala. Moguće je porediti kako izbor metode za reciklažu utiče na životnu sredinu. Zbog toga će najviše podataka biti korišćeno iz baze ICE verzija 2.0, koju su G. P. Hammond i C. I. Jones formirali 2011.

godine i koja ima otvoren pristup i može se preuzeti sa sajta <http://www.bath.ac.uk/mech-eng/sert/embodied/>.

Posle razlaganja zgrade na građevinske materijale, proizvode i sisteme sledi primena analize procesa za proizvode za koje postoje podaci o količini potrošene energije i emisije gasova staklene bašte. Za analize se koriste inostrane baze podataka, jer domaćih baza podataka nema. Prilikom unošenja podataka pronalaze se srodni ili slični materijali koji se u domaćoj industriji uz primenu novih tehnologija mogu proizvoditi, pa su distance i transport koji ulazi u proračun emisija realni. Obzirom da je jedan od principa održive arhitekture i socijalni aspekt, za izgradnju se sem domaćih građevinskih materijala i proizvoda koristi lokalna radna snaga sa distance maksimum do 30 km, čime se sa socijalnog aspekta kroz zapošljavanje pomaže šira i uža lokalna zajednica.

4.2.4. Analiza emisije CO₂ životnog ciklusa referentne kuće

Analiza LCA za dobijanje rezultata ugljeničnog otiska biće rađena u programu koji je dostupan na sajtu Agencije za zaštitu životne sredine Velike Britanije (<https://www.gov.uk> Environment Agency UK), Slika 4.11. Obzirom da je program otvoren i može se preuzeti bez finansijske nadoknade, bitna je i činjenica da se u sklopu programa nalazi baza proizvoda kako od primarnih materijala, tako i od recikliranih i zelenih cementa i betona. Ova dva argumenta su značajna za odabir programa u kome se radi istraživanje.



Slika 4.11. Program koji se koristi za proračun ugljeničnog otiska LCA zgrade, na nivou projekta za izvođenje (Environment Agency UK <https://www.gov.uk>)

Ugljenični otisak građevinskog objekta se meri emisijom CO₂ e. Ugljenični otisak objekta proizilazi kao zbir emisija ugrađenog i operativnog ugljenika.

Ugrađeni ugljenični otisak je zbir: emisije od eksploatacije sirovina, proizvodnje materijala, transporta, izgradnje objekta, emisije od korišćenja opreme i mašina, vode i energije koja se koristi u fazi gradnje, transporta radnika i energije koja se koristi za njihov smeštaj i korišćenje sanitarija i smeštaja u fazi izgradnje. Osim toga ovaj ugljenični otisak obuhvata i zamenu komponenti u toku životnog veka objekta, obzirom da pojedine komponente imaju kraći životni vek od samog objekta, zatim emisije u fazi rušenja i demontaže u fazi investicionog održavanja i transporta i deponovanja građevinskih otpadnih materijala iz faze investicionog održavanja.

Emisije u operativnoj fazi objekta nastaju kao posledice korišćenja različitih vidova energije koja služi da obezbedi komforno korišćenje objekta u smislu grejanja, ventilacije, klimatizacije, pripreme sanitarne tople vode. Godišnja emisija, operativnog CO₂ e zavisi od energetske potrebe zgrade, odnosno, energenta koji se koristi za obezbeđenje komfornog korišćenja objekta. Prema legislativi koja je u Srbiji važeća, godišnja emisija CO₂ određuje se na osnovu vrste energenta koji se koristi za dobijanje potrebne energije za potrebe grejanja i obračunava se u [kg/m²a], pa će samo ova energija biti uzeta u analizi ekološkog otiska u fazi korišćenja objekta. U tom smislu će za istraživanje biti analizirane varijante koje sa aspekta energetske potrebe za zagrevanje objekta imaju isti energetski razred C i energetsku potrošnju po metru kvadratnom i ukupnu potrošnju objekta koja je za sva tri modela ista.

Reference za utrošak energije, odnosno emisije CO₂e, i proračun ekološkog otiska u programu koji se koristi date su u Tabeli 4.16.

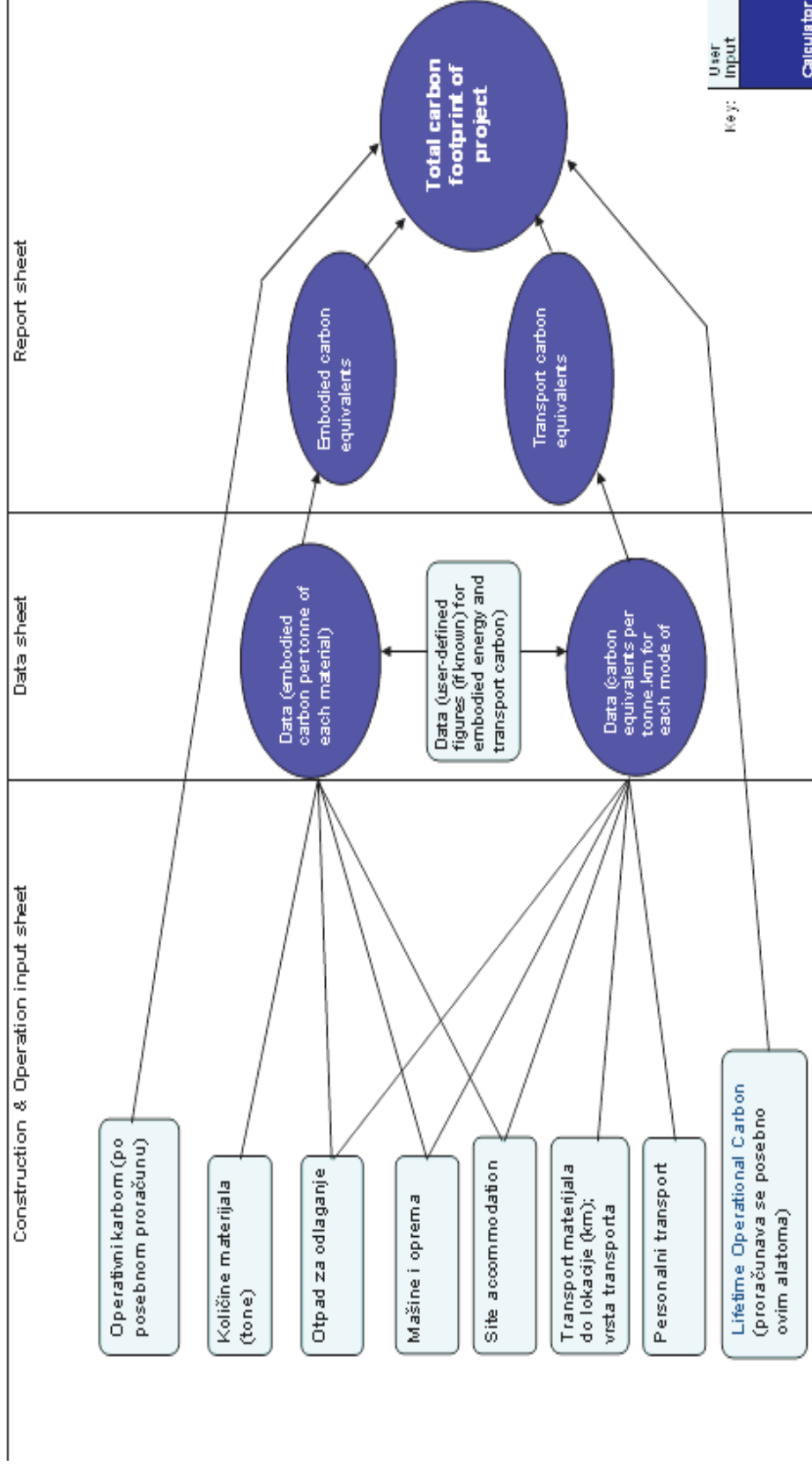
Tabela 4.16. Reference za pojedine grupe materijala (Environment Agency UK <https://www.gov.uk>)

	Reference	link
1.	Inventory of Carbon and Energy (ICE) Version 2.0. Sustainable Energy Research Team (SERT), Department of Mechanical Engineering, University of Bath, UK	http://www.bath.ac.uk/mech-eng/sert/embodied/
2.	Hammond, G. P. and Jones, C. I. (2008) Embodied energy and carbon in construction materials	http://opus.bath.ac.uk/12382/1/Hammond_%26Jones_Embodied_energy_%26_carbon_Proc_ICE-Energy_2008_161(2)_87-98.pdf

3.	AggRegain CO ₂ e emissions estimator tool v2.0 (2010) Centre for Sustainability (C4S) at TRL Limited, Taylor Woodrow Technology & Costain Limited - for WRAP.	http://aggregain.wrap.org.uk/sustainability/try_a
4.	Mineral Products Association; Summary Sustainable Development Report 2010	http://www.mineralproducts.org/sustainability/reports.html sustainability_tool/co2_emissions.html
5.	Jacobs UK calculation based on constituent materials	=
6.	British Cement Association (BCA, 2009); Fact Sheet 18 [P1] Embodied CO ₂ of UK cement, additions and cementitious material	=
7.	British Cement Association (BCA, 2009); Fact Sheet 18 [P2] Embodied CO ₂ of factory-made cements and combinations	=
8.	Defra (2013); Environmental Reporting Guidelines: Including mandatory greenhouse gas emissions reporting guidance	https://www.gov.uk/measuring-and-reporting-environmental-impacts-guidance-for-businesses/
9.	Strength from the depths; British Marine Aggregate Producers Association (BMAPA); Fourth sustainable development report for the British marine aggregate industry; December 2010	http://www.bmapa.org/downloads/BMAPA_SD_Report2010.pdf
10.	Greenhouse Gas Conversion Factor Repository Version 1.0, 2013 factors. Ricardo-AEA, CarbonSmart, Defra, DECC.	http://www.ukconversionfactorscarbon.smart.co.uk/

Funkcionalna šema obračuna ugljeničnog otiska objekta u programu Agencije za zaštitu životne sredine Velike Britanije prikazana je u Dijagramu 4.5.

Overview of the tool



Dijagram 4.5. Funkcionalna šema proračuna ugljeničnog otiska prema korišćenom programu (Izvor: Environment Agency UK <https://www.gov.uk>)

Program koji se koristi za LCA analizu projekta referentne zgrade omogućava da se analiza radi u dva stepena.

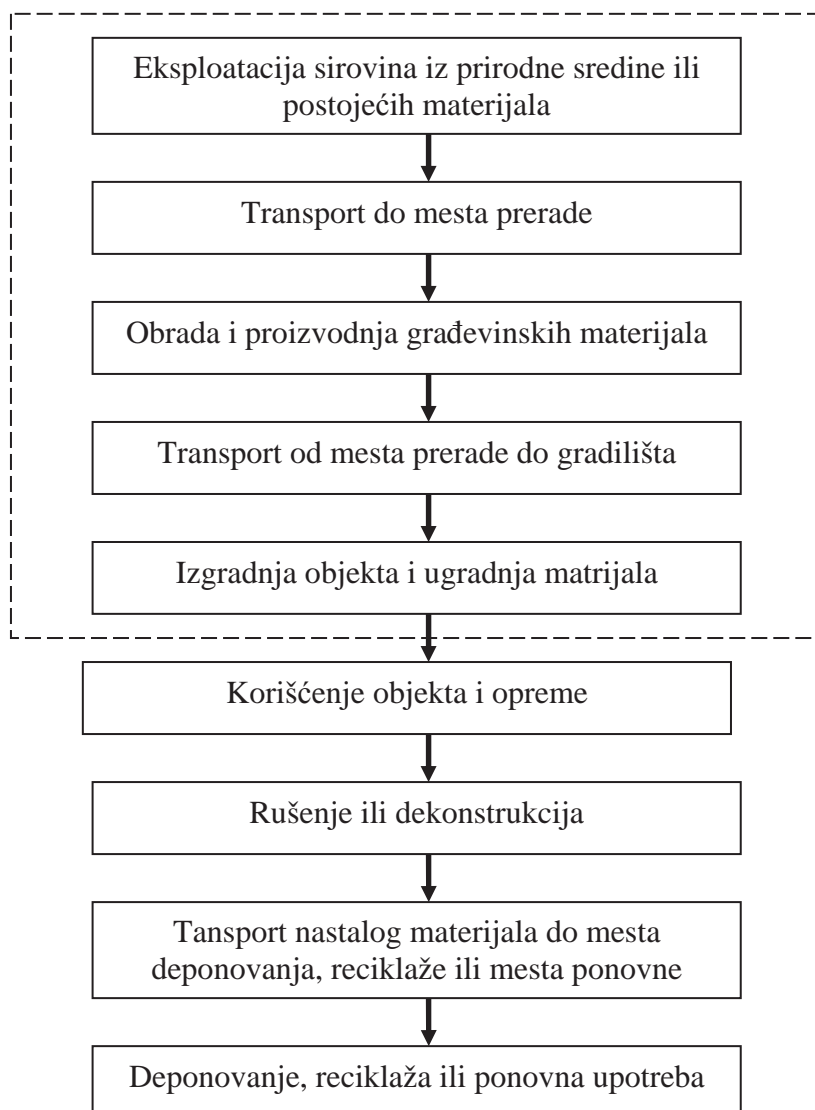
Prvo će biti rađena LCA analiza ugljeničnog otiska izgradnje za varijantna rešenja od kolevke do početka korišćenja objekta. Obračun ugljeničnog otiska izgradnje daje mogućnost za iznalaženje rešenja koja će u fazi gradnje imati najmanji ugljenički otisak, odnosno niskougljeničnu gradnju. U prvoj fazi se razmatraju uticaji različitih materijala i proizvoda koji se koriste za izgradnju objekta, sa realnim distancama iz potencijalno mogućih mesta proizvodnje u Srbiji. U bazi materijala postoje oni koji se proizvode od primarnih sirovina, ali i materijali za čiju proizvodnju se koriste reciklirane komponente. Ova činjenica daje mogućnost da se sa aspekta ugljeničnog otiska sagleda kakvi su efekti primene materijala i proizvoda od primarnih sirovina i uporedi ih sa primenom materijala od recikliranih sirovina. Obzirom da na lokaciji postoji potencijal za korišćenje materijala nastalog rušenjem postojećeg objekta, biće analizirane varijante reupotrebe pojedinih komponenti koje se mogu zvući iz GOM-a na samom gradilištu ili nabavke na susednim lokacijama na distanci do 30 km od mesta gradnje. Osim toga planira se primena industrijski proizvedenih recikliranih materijala, zelenih cementnih mešavina i zelenih betona. Istraživanje će biti rađeno za tri uobičajena tipa gradnje za objekte porodičnog stanovanja u Srbiji, a to je izgradnja: opekarskim proizvodima, Ytong blokovima i drvenim montažnim panelima. Svaka od ove tri varijante će biti analizirana u prvoj varijanti sa materijalima proizvedenim od primarnih (novih) sirovina, a u dve naredne sa mogućnošću primene industrijski proizvedenih recikliranih materijala ili reupotrebom materijala koji nastaje posle rušenja objekta za gradnju novog objekta, u manjoj ili većoj meri. Treba naglasiti da se u drugoj i trećoj varijanti koriste i industrijski proizvedeni reciklirani materijali, „zeleni“ cementi, čelik sa procentom recikliranih komponenti koje su prema standardima UK i EU, reciklirani bakar, zatim supstitucija pojedinih komponenti izvlačenjem iz GOM-a, kako bi se sagledala mogućnost smanjenja ugljeničnog otiska gradnje. Ovi industrijski proizvedeni „zeleni“ cementi se prema uveravanjima proizvođača cementa mogu proizvesti i u Srbiji ali za njima kod nas još uvek nema potražnje, pa oni nisu u uobičajenoj ponudi domaćih cementara.

Treba naglasiti da je za ova tri različita modela analizom radnih operacija i vremena koje je potrebno za njihovo izvođenje, dobijeno približno isto vreme trajanja izgradnje od 16 nedelja.

U drugoj fazi će biti rađena LCA analiza ukupnog ugljeničnog otiska izgradnje i ugljeničnog otiska operativne faze, odnosno, varijantna rešenja za period od kolevke sa uključenim fazama korišćenja objekta za 10, 20, 30, 40, 50, 60 i 100 godina. Namera je da se u ovom delu istraživanja sagleda odnos između ugljeničnog otiska iz faze izgradnje i isti uporedi sa operativnom fazom objekta. U operativnoj fazi se razmatraju uticaji ugljeničnog otiska od energije za zagrevanje objekta. Za proračun operativne energije će biti korišćena metodologija predviđena nacionalnom legislativom propisana Pravilnikom o energetske efikasnosti zgrada („Sl. glasnik RS“ br 61/2011). Treba naglasiti da se i u ovom delu istraživanja ugljenički otisak izgradnje računa sa novim materijalima proizvedenim bez upotrebe recikliranih ili reupotrebljenih komponenti, kako je uobičajeno u Srbiji. U postupku druge faze istraživanja biće uračunate i emisije od tekućeg održavanja objekta. Kako je posle 50. godine eksploatacije objekta potrebno pristupiti investicionom održavanju objekta, zameni pojedinih komponenti objekta, ovo će takođe biti sastavni deo druge faze proračuna. U sklopu radova na investicionom održavanju objekata biće analizirane varijante sa primarnim ili recikliranim i zelenim građevinskim materijalima i proizvodima, i poređenje emisija koje nastaju u fazi investicionog održavanja. Ovo poređenje je bitno jer se na takav način može sagledati koliki je uticaj faze investicionog održavanja u ugljeničnom otisku izgradnje i ukupnom ugljeničnom otisku. Poređenjem varijanti u kojima se za investiciono održavanje koriste primarni ili reciklirani i zeleni materijali se može istražiti koja od ove dve varijante za svaki od modela donosi povoljnije rezultate sa aspekta uticaja na životnu sredinu, odnosno, ima manji ugljenični otisak. LCA analiza projekta referentne zgrade će biti urađena u dva stepena za modele prikazane u Tabeli 4.17.

4.2.5. LCA analize projekta referentne kuće – analiza ugljeničnog otiska gradnje

Analizirani modeli za prvu fazu LCA ugljeničnog otiska izgradnje objekata su ukratko opisani u Tabeli 4.17. Prvo će biti urađena LCA analiza prema Dijagramu 4.6. od kolevke do početka korišćenja objekta. Time će biti dobijeni rezultati ugljeničnog otiska izgradnje, što daje mogućnost za iznalaženje rešenja koje će u fazi gradnje imati najmanji ugljenični otisak. U prvoj fazi se razmatraju uticaji različitih materijala koji se koriste za izgradnju objekta, sa realnim distancama iz potencijalno mogućih mesta proizvodnje građevinskih materijala u Srbiji.



Dijagram 4.6. Granice sistema za prvu fazu LCA zgrade, na nivou projekta za izvođenje

Tabela 4.17. Analizirani modeli za LCA granice sistema od kolevke do početka korišćenja objekta

OZNAKA GRUPE	KRATAK OPIS KONSTRUKTIVNOG SKLOPA I MATERIJALIZACIJE OBJEKTA	OZNAKE MODELA
MG	<p>Objekat projektovan sa fasadnim i pregradnim zidovima od opearskih proizvoda, LMT tavanicom, AB vertikalim i horizontalnim serklažima, drvenom krovnom konstrukcijom i biber crepom kao krovnim pokrivačem. U sklopu ove varijante biće urađena LCA analiza za modele bez primene recikliranih komponenti, sa manjim procentom recikliranih komponenti i sa maksimalnim procentom recikliranih komponenti.</p> <p>Rezultat, emisije od nabavke i izgradnje objekta, odvoza materijala sa parcele na deponiju, kao i opreme koja se koristi za gradnju, transporta radnika od mesta stanovanja do gradilišta, izgradnja traje 16 nedelja. Granice sistema od kolevke od početka korišćena objekta.</p>	<p>MG-1. model bez primene recikliranih komponenti,</p> <p>MG-2. model sa manjim procentom recikliranih komponenti,</p> <p>MG-3. model sa maksimalnim procentom recikliranih komponenti.</p>
MY	<p>Objekat projektovan sa fasadnim i pregradnim zidovima od Ytong blokova, sa Ytong „belom tavanicom“, AB vertikalim i horizontalnim serklažima, drvenom krovnom konstrukcijom i biber crepom kao krovnim pokrivačem. U sklopu ove varijante biće urađena LCA analiza za modele bez primene recikliranih komponenti, sa manjim procentom recikliranih komponenti i sa maksimalnim procentom recikliranih komponenti.</p> <p>Rezultat, emisije od nabavke i izgradnje objekta. odvoza materijala sa parcele na deponiju, kao i opreme koja se koristi za gradnju, transporta radnika od mesta stanovanja do gradilišta, izgradnja traje 16 nedelja. Granice sistema od kolevke od početka korišćena objekta.</p>	<p>MY-1. model bez primene recikliranih komponenti,</p> <p>MY-2. model sa manjim procentom recikliranih komponenti</p> <p>MY-3. model sa maksimalnim procentom recikliranih komponenti.</p>
MD	<p>Objekat projektovan sa fasadnim zidova od drvenih prefabrikovanih panela sa ispunom od mineralne vune i lakim pregradnim zidovima sa oblogom od gipskarton ploča, sa drvenom međuspratnom tavanicom, AB temeljima i podnom pločom, drvenom rešetkastom krovnom konstrukcijom i biber</p>	<p>MD-1. model bez primene recikliranih komponenti,</p>

	<p>crepom kao krovnim pokrivačem. U sklopu ove varijante biće urađena LCA analiza za modele bez primene recikliranih komponenti, sa manjim procentom recikliranih komponenti i sa maksimalnim procentom recikliranih komponenti.</p> <p>Rezultati, emisije od nabavke i izgradnje objekta, odvoza materijala sa parcele na deponiju, kao i opreme koja se koristi za gradnju, transporta radnika od mesta stanovanja do gradilišta, izgradnja traje 16 nedelja. Granice sistema od kolevke od početka korišćena objekta.</p>	<p>MD-2. model sa manjim procentom recikliranih komponenti,</p> <p>MD-3. model sa maksimalnim procentom recikliranih komponenti.</p>
--	--	--

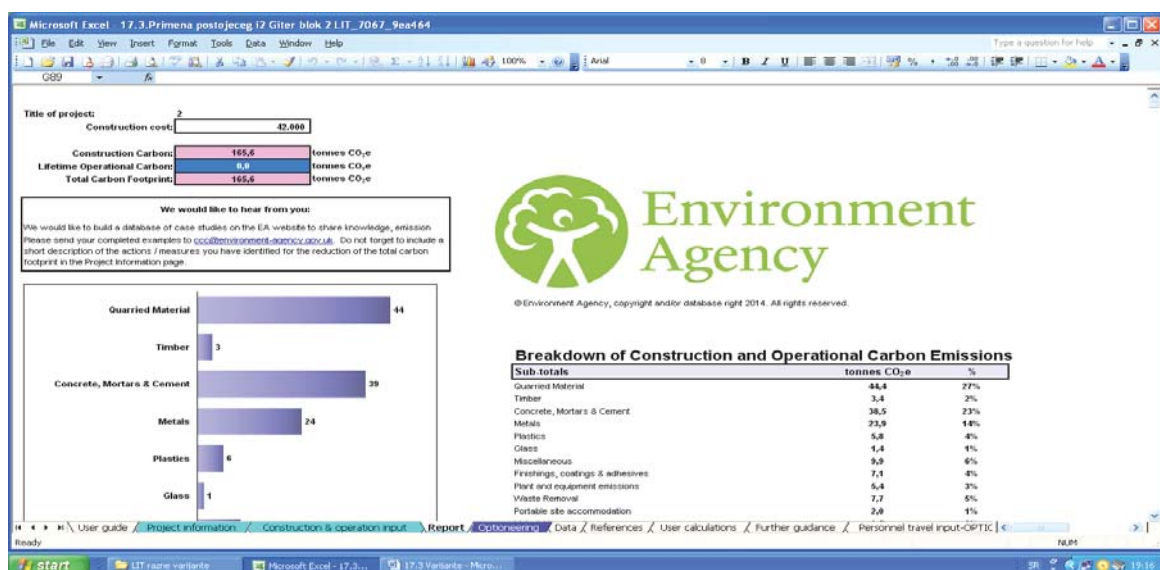
Grupa modela MG – Objekat sa zidovima i tavanicama od opekarskih proizvoda

Model MG je objekat, klasično izgrađen primenom konstruktivnih zidova od giter blok 25 cm, sa vertikalnim i horizontalnim AB serklažima, termički izolovani polistirenom u debljini od 15 cm, mrežicom i lepkom, završno obrađeni dekurenderom. Krovna konstrukcija je drvena, krov na prave stolice, podašćan, letvisan u dva pravca, krovni pokrivač je prema želji investitora biber crep, dvostruko pokrivanje. Pregradni zidovi su od opeke debljine 7 i 12 cm, zidani cementnim malterom 1:3, sa izradom serklaža, obostrano malterisani produžnim malterom u razmeri 1:1:6. Podna ploča je betonska na tamponu šljunka od 5cm, debljina AB ploče 10 cm, dvostruko armirana, sa hidro izolacijom od kondora 4, zaštitom hidro izolacije, termo izolacijom u debljini od 10 cm, zaštićenom PE folijom, i lako armiranom cementnom košuljicom u debljini 4 cm. Finalna obrada poda u zavisnosti od nemene može biti, parket (brodski pod), ili keramika u predsoblju i kuhinji, dok se u sanitarnim prostorijama u strukturi poda nalazi i sloj za pad i hidro izolacija. Tavanica je tipa LMT, sa nosećim gredicama, termo izolacijom od tvrdo presovane mineralne vune u debljini od 15 cm, PE folijom i cementnom košuljicom kao zaštitom termo izolacije u tavanskom prostoru.

Struktura zidova, tavanica i podova, bitna za proračun LCA na osnovu koje se računaju količine potrebnih materijala za model MG na nivou projekta za izvođenje, a na osnovu elaborata energetske efikasnosti koji je rađen za ovu varijantu, sa uslovom da objekat treba da zadovolji energetska razred C data je u Tabeli 4p.14. u okviru Priloga 4 – G. Analizirani ulazi građevinskih materijala u životnom ciklusu zgrade, MG – 1 na nivou projekta za izvođenje, izračunati su, a količine su određene prema Normativima i standardima rada u građevinarstvu - visokogradnja (1987) i prikazane u Tabeli 4p.15. u okviru Priloga 4 – G.

Rezultat analize modela MG – 1

Detaljni opis ulaznih podataka za referentni model MG – 1 je prikazan u Prilogu 4 – G, Tabela 4p.14. i 4p.15. na osnovu koga je posle kompjuterske simulacije u Prilogu 4 – G Tabela 4p.16. dobijen izveštaj o ugljeničnom otisku izgradnje za model MG – 1, prikazan na Slici 4.12. i Tabeli 4.18. Ugljenični otisak izgradnje modela MG – 1 je 164,60 tona CO₂ e. Ugljenični otisak za pojedine grupe materijala i aktivnosti za izgradnju referentnog modela MG – 1 prikazan je u Tabeli 4.19.



Slika 4.12. LCA analiza, izveštaj za model MG – 1

Tabela 4.18. Ugljenični otisak izgradnje za model MG – 1

Title of project: MG – 1	Carbon Footprin	
Construction Carbon:	164,60	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	0,00	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	164,60	tonnes CO ₂ e

Tabela 4.19. Procentualno učešće emisija ugljenika za grupe materijala i aktivnosti za izgradnju modela MG – 1

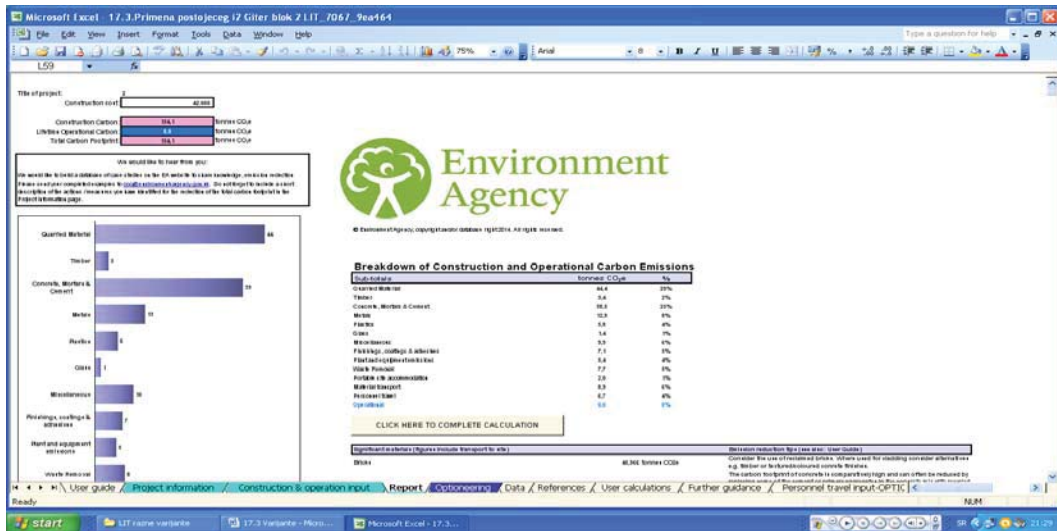
Sub-totals MG – 1	tonnes CO ₂ e	%
Quarried Material	44,40	26,97%
Timber	3,40	2,07%
Concrete, Mortars & Cement	38,50	23,39%
Metals	23,90	14,52%
Plastics	5,80	3,52%
Glass	1,40	0,85%
Miscellaneous	9,90	6,02%
Finishings, coatings & adhesives	7,10	4,31%
Plant and equipment emissions	5,40	3,28%
Waste Removal	7,70	4,68%
Portable site accommodation	2,00	1,21%
Material transport	9,50	5,77%
Personnel travel	6,70	4,07%
Operational	0,00	0%
Total Carbon Footprin	164,60	100%

Diskusija analize modela MG – 1

Analizom vrednosti emisija pojedinih materijala koji se koriste za izgradnju referentnog modela MG – 1 uočava se da su dominantne emisije od opekarskih proizvoda, što je posledica primene blokova, crepa i elemenata za tavanicu i iznosi 44,40 tona CO₂ e ili 26,97%, zatim od grupe koju čine: betoni, malteri i cementi sa 38,50 tona CO₂ e ili 23,39%, a kao treća po vrednosti ugljeničnog otiska je grupa metala sa 23,90 tona CO₂ e ili 14,52%, i sledeća četvrta po vrednosti je grupa ostalih materijala sa 9,90 tona CO₂ e ili 6,02% od ukupnog ugljeničnog otiska gradnje. Samo ove četiri kategorije materijala su odgovorne za 116,70 tona CO₂ e ili 70,90% ugljeničnog otiska gradnje modela MG – 1. Treba napomenuti da je za izgradnju modela MG – 1 projektom predviđena upotreba novih materijala proizvedenih od primarnih sirovina bez upotrebe recikliranih komponenti. Otpad koji nastaje od rušenja postojećeg objekta se odvozi na lokalnu deponiju na distanci od 30km i regularno deponuje a to dovodi do emisija 7,70 tona CO₂ e ili 4,68% od ukupnog ugljeničnog otiska gradnje modela MG – 1. Ako se na prve četiri kategorije dodaju i emisije od otpada zbir ovih pet uticaja je 124,40 tona CO₂ e ili 75,58% ugljeničnog otiska gradnje modela MG – 1. Zbog toga je za sledeću simulaciju pri pravljenju modela MG – 2 potrebno materijale zameniti u celosti ili delimično sa recikliranim materijalima ili raspoloživim komponentama koje se mogu izvući iz GOM-a i ugraditi u strukturu modela MG – 2. Prilikom izrade modela program daje instrukcije koje materijale treba zameniti, one sa najvećim ugljeničnim otiskom (Tabela 11p.17. u Prilogu 4 – G). pa se prema raspoloživim mogućnostima te sugestije mogu uključiti u proračun novog modela. Zamena čelika recikliranim čelikom, zamena cigle recikliranom ciglom, korišćenje betona sa recikliranim agregatom i cementom koji ima reciklirane komponente, sa dodatkom elektrofilterskog pepela i slično.

Analiza modela MG – 2

Detaljan opis ulaznih podataka za model MG – 2 je prikazan u Prilogu 4 – G, Tabela 4p.15. na osnovu koga je posle kompjuterske simulacije u Prilogu 4 – G, Tabela 4p.18. dobijen izveštaj o ugljeničnom otisku izgradnje za model MG – 2 prikazan na Slici 4.13. i Tabeli 4.20. Ugljenični otisak izgradnje modela MG – 2 je 144,10 tona CO₂ e. Ugljenični otisak za pojedine grupe materijala i aktivnosti za izgradnju modela MG – 2 prikazan je u Tabeli 4.21.



Slika 4.13. LCA analiza, izveštaj za model MG – 2

Tabela 4.20. Ugljenični otisak izgradnje za model MG – 2

Title of project: MG – 2		Carbon Footprint	
Construction Carbon:	144,10	tonnes CO ₂ e	
Lifetime Operational Carbon:	0,00	tonnes CO ₂ e	
Total Carbon Footprint:	144,10	tonnes CO ₂ e	

Tabela 4.21. Procentualno učešće emisija ugljenika za grupe materijala i aktivnosti za izgradnju modela MG – 2

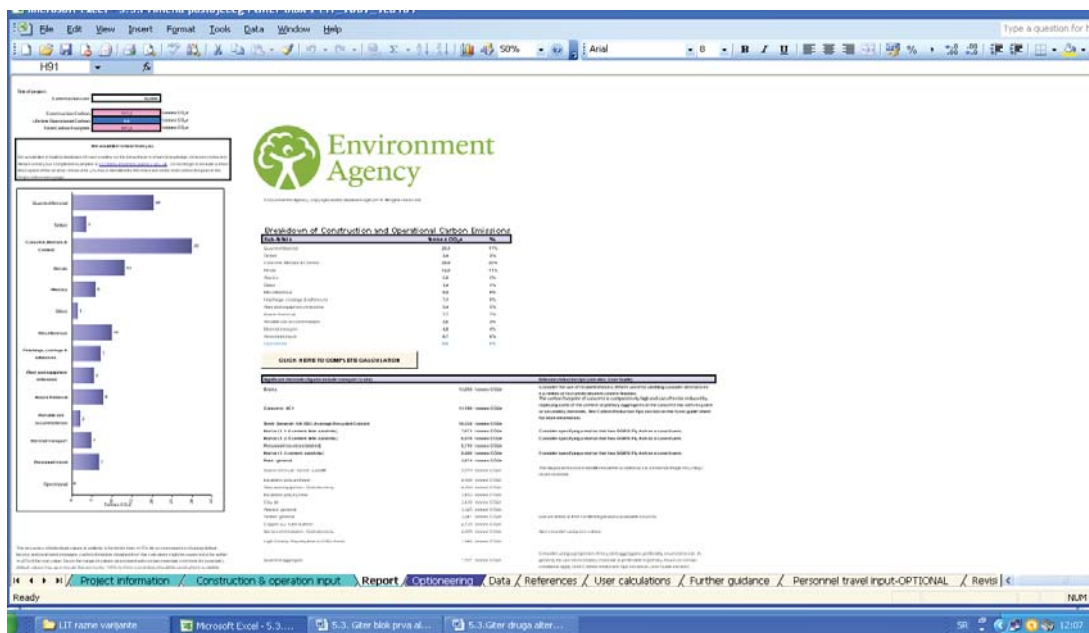
Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MG – 2	tonnes CO ₂ e	%
Quarried Material	35,40	24,57%
Timber	3,40	2,36%
Concrete, Mortars & Cement	38,50	26,72%
Metals	12,90	8,95%
Plastics	5,80	4,02%
Glass	1,40	0,97%
Miscellaneous	9,90	6,87%
Finishings, coatings & adhesives	7,10	4,93%
Plant and equipment emissions	5,40	3,75%
Waste Removal	6,70	4,65%
Portable site accommodation	2,00	1,38%
Material transport	8,90	6,18%
Personnel travel	6,70	4,65%
Operational	0,00	0%
Total Carbon Footprint	144,10	100%

Diskusija analize modela MG – 2

Na osnovu analize dobijen je izveštaj o ugljeničnom otisku izgradnje za model MG – 2 koji iznosi 144,10 tona CO₂ e što je za 20,50 tona CO₂ e manje u odnosu na referentni model MG – 1. Analizom vrednosti emisija pojedinih materijala i proizvoda koji se koriste za izgradnju modela MG – 2 uočava se da su dominantne emisije od betona, maltera i cementa, iznose 38,50 tona CO₂ e ili 26,72%, od opekarskih proizvoda 35,40 tona CO₂ e ili 24,57%, a kao treća po vrednosti ugljeničnog otiska je grupa metala sa 12,90 tona CO₂ e ili 8,95%, a iza toga je grupa ostalih materijala sa 9,90 tona CO₂ e ili 6,87% od ukupnog ugljeničnog otiska gradnje. Samo ove četiri kategorije materijala zajedno proizvode 96,70 tona CO₂ e ili 67,11% od ugljeničnog otiska gradnje modela MG – 2. Materijali sa najvećim uticajima i mogućnost njihove zamene prikazani su u Prilogu 4 – G. i Tabeli 4p.19. Treba napomenuti da je za izgradnju modela MG – 2 projektom predviđena zamena metala recikliranim metalima, čime je postignuta ušteda u emisijama iz ove grupe materijala od 11,00 tona CO₂ e i delimična supstitucija nove opeke sa materijalima iz GOM-a od rušenja postojećeg objekta, za izradu pregradnih nekonstruktivnih zidova. Neiskorišćeni GOM koji nastaje od rušenja postojećeg objekta se odvozi na lokalnu deponiju a to dovodi do emisija 6,70 tona CO₂ e ili 4,65% od ukupnog ugljeničnog otiska gradnje modela MG – 2, što je ušteda od 1,00 tone CO₂ e u odnosu na model MG – 1. Zbog toga je u sledećoj simulaciji, pri pravljenju modela MG – 3 potrebno povećati udeo recikliranih materijala ili reupotrebu komponenata koje se mogu izvući iz GOM-a i ugraditi u strukturu modela MG – 3. Treba zameniti ciglu recikliranom, koristiti agregate od reciklirane cigle, betone sa recikliranim agregatom i cementom koji ima reciklirane komponente ili sa dodatkom elektrofilterskog pepela.

Analiza modela MG – 3

Detaljan opis ulaznih podataka za model MG – 3 je prikazan u Prilogu 4 – G, Tabeli 4p.15. na osnovu koga je posle kompjuterske simulacije u Prilogu 4 – G, Tabela 4p.20. dobijen izveštaj o ugljeničnom otisku izgradnje za model MG – 3, prikazan na Slici 4.14. i Tabeli 4.22. Ugljenični otisak izgradnje modela MG – 3 je 115,40 tona CO₂ e. Procentualno učešće emisija ugljenika za grupe materijala i aktivnosti za izgradnju modela MG – 3 prikazan je u Tabeli 4.23.



Slika 4.14. LCA analiza, izveštaj za model MG – 3

Tabela 4.22. Ugljenični otisak izgradnje za model MG – 3

Title of project: MG – 3	Carbon Footprint	
Construction Carbon:	115,40	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	0,00	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	115,40	tonnes CO ₂ e

Tabela 4.23. Procentualno učešće emisija ugljenika za grupe materijala i aktivnosti za izgradnju modela MG – 3

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MG – 3	tonnes CO ₂ e	%
Quarried Material	20,40	17,68%
Timber	3,40	2,96%
Concrete, Mortars & Cement	29,90	25,91%
Metals	12,90	11,18%
Plastics	5,80	4,99%
Glass	1,40	1,21%
Miscellaneous	9,90	8,58%
Finishings, coatings & adhesives	7,10	6,17%
Plant and equipment emissions	5,40	4,61%
Waste Removal	5,70	4,94%
Portable site accommodation	2,00	1,76%
Material transport	4,80	4,17%
Personnel travel	6,70	5,81%
Operational	0,00	0%
Total Carbon Footprint	115,40	100%

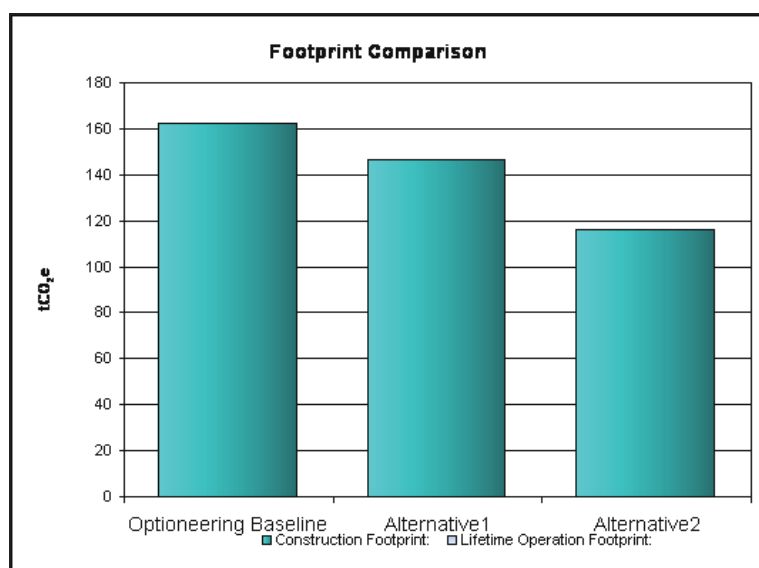
Diskusija analize modela MG – 3

Ugljenični otisak izgradnje modela MG – 3 je 115,4 tona CO₂ e što je za 49,20 tona CO₂ e manje u odnosu na referentni model MG – 1, što je manje za 29,89%. To je manje u odnosu na model MG – 2 za 28,70 tona CO₂ e. Analizom vrednosti emisija pojedinih materijala koji se koriste za izgradnju modela MG – 3 uočava se da su primenom reciklirane opeke emisije iz ove grupe materijala pale na 20,40 tona CO₂ e što je 17,68%. Zatim od betona, maltera i cementa, primenom „zelenih betona“ sa 38,50 tona CO₂ e vrednosti su pale na 29,90 tona CO₂ e ili 25,91%. Kao treća po vrednosti ugljeničnog otiska je grupa metala proizvedenih reciklažom što je primenjeno već kod modela M – 2 i iznosi 12,90 tona CO₂ e ili 11,18%. Četvrtu grupu čine ostali materijali sa 9,90 tona odnosno 8,58% od ukupnog ugljeničnog otiska gradnje. Samo ove četiri kategorije materijala proizvode 73,10 tona CO₂ e ili 63,34% od ugljeničnog otiska gradnje modela MG – 3. Materijali sa najvećim ugljeničnim otiskom i mogućnost zamene prikazani su u Prilogu 4 – G. i Tabeli 4p.21. Treba napomenuti da je za izgradnju modela MG – 3 projektom predviđena zamena metala recikliranim metalima, čime je postignuta ušteda u emisijama iz ove grupe materijala u vrednosti od 11,00 tona CO₂ e. Neiskorišćeni GOM koji nastaje od rušenja postojećeg objekta se odvozi na lokalnu deponiju, a to dovodi do emisija 5,70 tona CO₂ e ili 4,94% od ukupnog ugljeničnog otiska gradnje modela MG – 3, što je ušteda od 2,00 tone CO₂ e. Smanjenje u vrednosti ugljeničnog otiska je nastalo povećanjem udela reciklirane opeke što je dovelo do smanjenja ugljeničnog otiska u ovoj grupi materijala za 15,00 tona CO₂ e, zatim korišćenjem betonskih mešavina u kojima su reciklirani agregati i „zeleni“ cementi, odnosno, nabavkom „zelenih“ betona čime su iz ove grupe materijala smanjene emisije za 8,60 tona CO₂ e. Korekcija cementne mešavine za malterisanje uz primenu cementa sa manjim uticajem na životnu sredinu je dovela do smanjenja emisije iz ove grupe za dodatnih 1,50 tona CO₂ e. Preostale uštede su nastale usled smanjenja transporta.

4.2.5.1. Diskusija poređenja modela MG – 1, MG – 2 i MG – 3

Uporedni dijagram ugljeničnog otiska izgradnje za modele MG – 1, MG – 2 i MG – 3, prikazan je Dijagramom 4.7. Referentni model MG – 1 ima vrednost ugljeničnog otiska 164,60 tona CO₂ e. Sledeći model MG – 2 ima vrednost ugljeničnog otiska 144,10 tona CO₂ e. Do ovog smanjenja je došlo usled upotrebe recikliranog čelika, umesto čelika od primarnih

materijala, i delimične zamene opeke za pregradne zidove opekom koja se izvlači iz GOM-a na samom gradilištu, što je dovelo do smanjenja emisija u ovoj grupi materijala za 9,00 tona CO₂ e i dodatnog smanjenja količine emisija iz transporta otpada na deponiju približno za još jednu tonu. Najmanji ugljenični otisak u ovoj grupi ima model MG – 3 čiji ugljenični otisak iznosi 115,40 tona CO₂ e. Uporedni pregled numeričkih vrednosti ugljeničnih otisaka za ova tri modela dat je u Tabeli 4.24.



Dijagram 4.7. Rezultati LCA, Poređenje ugljeničnog otisaka za MG – 1 (Optioneering Baseline), MG – 2 (Alternative 1) i MG – 3 (Alternative 2)

Tabela 4.24. Uporedni pregled vrednosti LCA ugljeničnog otiska izgradnje za modele MG – 1, MG – 2 i MG – 3

	VARIJANTE MODELA MG	Ugljenični otisak izgradnje objekta
		tona CO ₂ e po objektu
1.	MG – 1	164,60
2.	MG – 2	144,10
3.	MG – 3	115,40

Smanjenje vrednosti ugljeničnog otiska je nastalo povećanjem udela reciklirane opeke, što je dovelo do smanjenja ugljeničnog otiska u ovoj grupi materijala za 15,00 tona CO₂ e, zatim korišćenjem betonskih mešavina u kojima su reciklirani agregati i zeleni cementi, odnosno, nabavkom „zelenih“ betona što je dovelo do smanjena emisije za 8,60 tona CO₂ e, korekcijom cementne mešavine za malterisanje uz primenu cementa sa manjim uticajem na životnu

sredinu, što je smanjilo emisije iz ove grupe za dodatnih 1,50 tona CO₂ e. Preostale uštede su nastale usled smanjenja transporta na deponiju ili potrebnih materijala.

Vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje posle LCA analize modela MG – 1 od početnih 164,60 tona CO₂ e, uz korišćenje recikliranog čelika i zamenom dela opekarskih komponenti, kod izgradnje modela MG – 2 smanjenjem količine otpada koji se transportuje na deponiju i koristi za gradnju novog objekta, tako što se postojeći crep koji je demontiran sa objekta koristi za popločavanje oko objekta, čime je smanjena količina potrebnog betona za izradu trotoara, a time i emisije iz betonskih i cementnih materijala što je dovelo do smanjenja ugljeničnog otiska na 144,10 tona CO₂ e, odnosno uštede od 20,50 tona CO₂ e ili 12,45% u odnosu na referentni model MG – 1. Kod formiranja modela MG – 3 zamena cementne mešavine, zamena betonskih mešavina „zelenim“ betonima je još jedna od preduzetih mera. Reupotreba postojeće opeke za izgradnju nenosećih unutrašnjih zidova. Osim toga reupotreba postojeće unutrašnje stolarije umesto nabavke nove, pa je u ovoj grupi modela tako najbolji u grupi model MG – 3, kod koga su sve ove mere preduzete, a ugljenični otisak izgradnje za ovaj model je 115,40 tona CO₂ e, što je 49,20 tona CO₂ e manje u odnosu na referentni model MG – 1, ili ušteda u emisijama za 29,89% u odnosu na referentni model MG – 1. Tabela pregled postignutih emisija i ušteda prikazan je u Tabeli 4.25. Uporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje po m² bruto građevinske površine za analizirane modele MG – 1., MG – 2. i MG – 3. prikazan je u Tabeli 4.26.

Tabela 4.25. Uporedni pregled vrednosti LCA ugljeničnog otiska izgradnje za modele MG – 1, MG – 2 i MG – 3 i postignutih ušteda

VARIJANTE MODELA MG		Ugljenični otisak izgradnje objekta		
		tona CO ₂ e po objektu	manje tona CO ₂ e od modela MG – 1	%procenat smanjenja
1.	MG – 1	164,60	0	0
2.	MG – 2	144,10	20,50	12,45%
3.	MG – 3	115,40	49,20	29,89%

Svođenjem ugljeničnog otiska na jedinicu mere m² bruto površine objekta je takođe moguće porediti dobijene vrednosti. Ugljenični otisak je za ovu grupu MG modela od 1,06 tona CO₂ e/m² kod referentnog modela MG – 1, smanjen u prvoj simulaciji na 0,93 tona CO₂ e/m² za model MG – 2, i u trećoj je vrednost ugljeničnog otiska 0,74 tona CO₂ e/m² za model MG – 3.

Primenom recikliranih i zelenih materijala smanjen je ugljenični otisak u prvoj simulaciji za 12,45%, a u drugoj za 29,89% u odnosu na referentni model u ovoj grupi, a to je MG – 1.

Tabela 4.26. Uporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje po m² bruto površine modela MG – 1, MG – 2 i MG – 3

VARIJANTE MODELA MG		Ugljenični otisak izgradnje objekta tona CO ₂ e po objektu	Bruto površina objekta u m ²	Ugljenični otisak izgradnje po m ² bruto površine tona CO ₂ e
1.	MG – 1	164,60	154,69	1,06
2.	MG – 2	144,10	154,69	0,93
3.	MG – 3	115,40	154,69	0,74

Grupa modela MY – Objekat sa zidovima i tavanicama od Ytong proizvoda

Model MY je objekat izgrađen od Ytong blokova, sa verikalnim i horizontalnim serklažima i gredama. Pregradni zidovi od Ytong blokova debljine 10 cm, povezani pomoću elastičnog sidra za konstruktivne elemente i tavanicu, zidani tankoslojnim malterom, obostrano malterisani Ytong plasterom, tankoslojnim malterom u debljini 5 – 6 mm. Ytong glet za unutrašnje površine zidova i plafona nanosi se u debljini 1 – 2 mm.¹

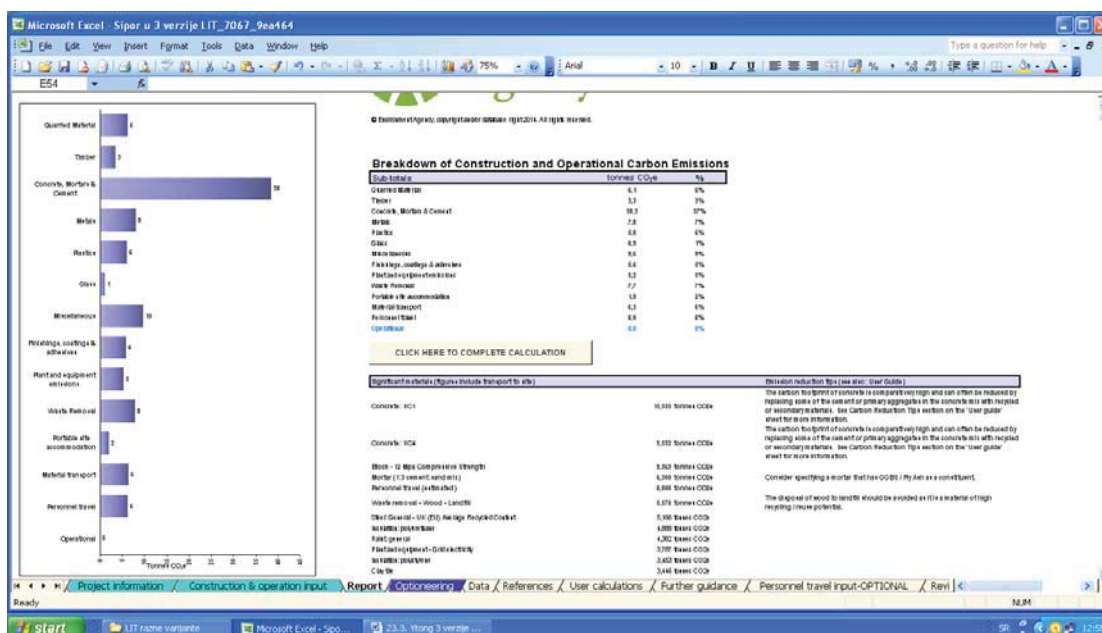
Podna ploča je betonska na tamponu šljunka debljine 5 cm, debljina AB ploče 10 cm, dvostruko armirana, sa hidro izolacijom od kondora 4, zaštitom hidro izolacije, termo izolacijom u debljini od 10 cm, tvrdo presovane kamene vune, PE foliom, i lako armiranom cementnom košuljicom u debljini 4 cm, finalnom obradom poda koja u zavisnosti od namene može biti parket (brodski pod), ili keramika u predsoblju i kuhinji, dok se u sanitarnim prostorijama u strukturi poda nalazi i sloj za pad i hidro izolacija. Tavanica je tipa Ytong (bela tavanica) debljine 20 cm sa nosećim betonskim gredicama i blokovima za ispunu. Monolitizacija se vrši sitnozrnim betonom, gornja površina ploče se obrađuje tankoslojnim malterom i sivim cementom u razmeri 1:1, kako bi se bolje zaptili spojevi u debljini 2/3 mm. Dodatna termo izolacija od tvrdo presovane kamene vune 12 cm, preko koje se postavlja PE folija i cementnom košuljicom štiti termo izolacije u tavanskom prostoru. Donja površina ploče se malteriše krečnim ili krečno gipsnim malterom, ili Ytong Plasterom u debljini 5-6 mm. Krovna konstrukcija je drvena rešetka, padaščana, letvisana u dva pravca, krovni pokrivač je biber crep, dvostruko pokrivanje.

¹ Izvor:[https:// www.ytong.rs/docs> ytong _sistem_za_zavrshnu_unutrasnju_obradu_zidova_130828.pdf](https://www.ytong.rs/docs/ytong_sistem_za_zavrshnu_unutrasnju_obradu_zidova_130828.pdf)

Struktura zidova, tavanica i podova, bitna za proračun LCA, na osnovu koje se računaju količine potrebnih materijala za model MY na nivou projekta za izvođenje, a na osnovu elaborata energetske efikasnosti koji je rađen za ovu varijantu, sa uslovom da objekat treba da zadovolji energetska razred C data je u Tabeli 4p.22. u okviru Priloga 4 – G. Analizirani ulazi građevinskih materijala u životnom ciklusu zgrade, MY – 1 na nivou projekta za izvođenje, izračunati su, a količine su određene prema tehničkim listovima proizvođača i Normativima i standardima rada u građevinarstvu - visokogradnja (1987) i prikazane u Tabeli 4p.23. u okviru Priloga 4 – G.

Rezultati analize modela MY – 1

Detaljan opis ulaznih podataka za model MY – 1 je prikazan u Prilogu 4 – D. Tabeli 4p.22. i Tabeli 4p.23. na osnovu koga je posle kompjuterske simulacije dobijen izveštaj o ugljeničnom otisku izgradnje prikazan u Prilogu 4 – D, Tabela 4p.24., za model MY – 1 prikazan na Slici 4.15. i Tabeli 4.27.



Slika 4.15. LCA analiza, izveštaj za model MY – 1

Tabela 4.27. Ugljenični otisak izgradnje za model MY – 1

Title of project: MY – 1	Carbon Footprint	
Construction Carbon:	112,50	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	0,00	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	112,50	tonnes CO ₂ e

Ugljenični otisak izgradnje modela MY – 1 je 112,50 tona CO₂ e. Procentualno učešće emisija ugljenika za grupe materijala i aktivnosti za izgradnju modela MY – 1 prikazan je u Tabeli 4.28.

Tabela 4.28. Procentualno učešće emisija ugljenika za grupe materijala i aktivnosti za izgradnju modela MY – 1

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MY – 1	tonnes CO ₂ e	%
Quarried Material	6,10	5,42%
Timber	3,30	2,93%
Concrete, Mortars & Cement	38,30	34,04%
Metals	15,80	14,04%
Plastics	5,80	5,16%
Glass	0,90	0,80%
Miscellaneous	9,60	8,53%
Finishings, coatings & adhesives	5,60	4,98%
Plant and equipment emissions	5,20	4,62%
Waste Removal	7,70	6,84%
Portable site accommodation	1,90	1,69%
Material transport	6,30	5,60%
Personnel travel	6,00	5,33%
Operational	0,00	0%
Total Carbon Footprint	112,50	100%

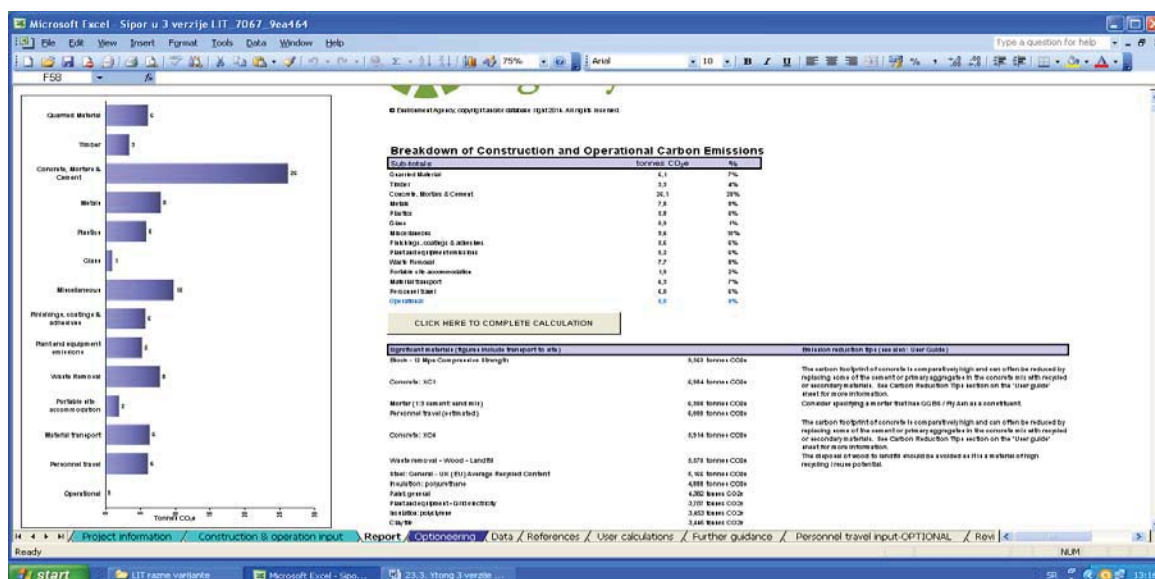
Diskusija analize modela MY – 1

Ugljenični otisak izgradnje modela MY – 1 je 112,50 tona CO₂ e. Analizom vrednosti emisija pojedinih materijala koji se koriste za izgradnju modela MY – 1 uočava se da su dominantne emisije od betona, maltera i cementa sa 38,30 tona CO₂ e ili 34,04%, zatim metala sa 15,80 tona CO₂ e, odnosno 14,04%. Na trećem mestu po uticajima su ostali materijali sa 9,60 tona CO₂ e, odnosno 8,53%. Četvrti po vrednosti je ugljenični otisak od GOM-a koji nastaje od rušenja postojećeg objekta sa transportom na lokalnu deponiju na distancu od 30 km, što dovodi do emisije 7,70 tona CO₂ e ili 6,84% od ukupnog ugljeničnog otiska gradnje. Samo ove četiri kategorije materijala su odgovorne za 71,40 tona CO₂ e ili 63,47% ugljeničnog otiska gradnje modela MY – 1. Materijali sa najvećim ugljeničnim otiskom i mogućnost njihove zamene prikazani su u Prilogu 4 – D. Tabela 4p.25. Treba napomenuti da je za izgradnju referentnog modela MY – 1 projektom predviđena upotreba novih materijala proizvedenih od primarnih sirovina bez upotrebe recikliranih komponenti. Zbog toga je u sledećoj simulaciji, pri pravljenju modela MY – 2 potrebno pojedine materijale delimično zameniti sa recikliranim

materijalima ili raspoloživim komponentama koje se mogu izvući iz GOM-a i ugraditi u strukturu modela MY – 2.

Analiza modela MY – 2

Detaljan opis ulaznih podataka za model MY – 2 je prikazan u Prilogu 4 – D, i Tabeli 4p.22. na osnovu koga je posle kompjuterske simulacije prikazane u Tabeli 4p.26. dobijen izveštaj o ugljeničnom otisku izgradnje za model MY – 2 koji iznosi 98,40 tona CO₂ e prikazan na Slici 4.16. i Tabeli 4.29.



Slika 4.16. LCA analiza, izveštaj za model MY – 2

Tabela 4.29. Ugljenični otisak izgradnje za model MY – 2

Title of project: MY – 2	Carbon Footprint	
Construction Carbon:	98,40	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	0,00	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	98,40	tonnes CO ₂ e

Ugljenični otisak za pojedine grupe materijala i aktivnosti za izgradnju modela MY – 2 prikazan je u Tabeli 4.30.

Tabela 4.30. Procentualno učešće emisija ugljenika za grupe materijala i aktivnosti za izgradnju modela MY – 2

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MY – 2	tonnes CO ₂ e	%
Quarried Material	6,10	6,20%
Timber	3,30	3,35%

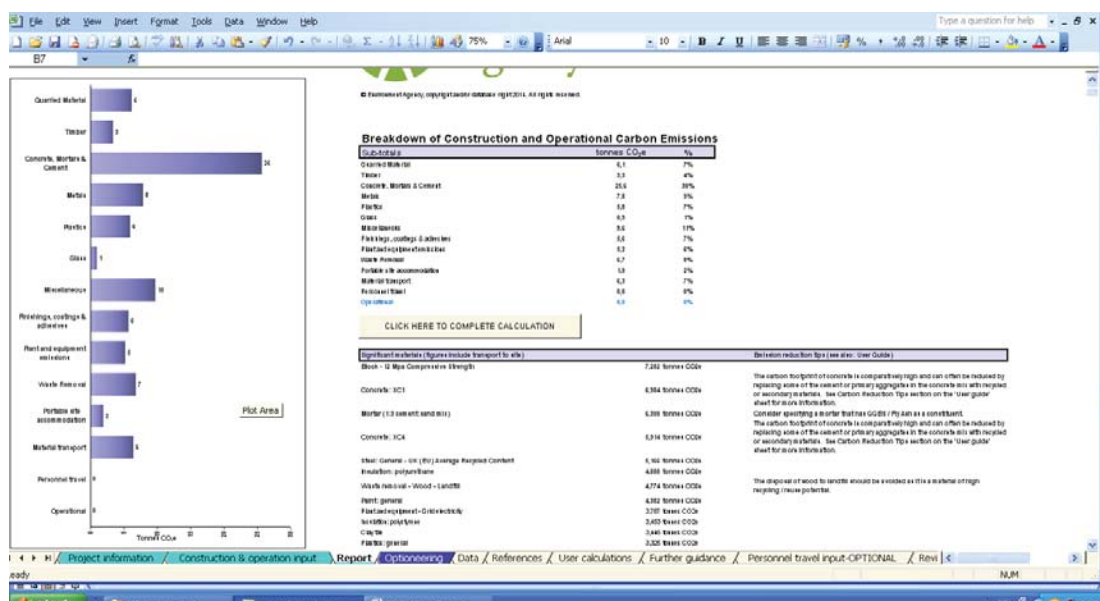
Concrete, Mortars & Cement	34,10	34,65%
Metals	7,80	7,93%
Plastics	5,80	5,89%
Glass	0,90	0,92%
Miscellaneous	9,60	9,76%
Finishings, coatings & adhesives	5,60	5,69%
Plant and equipment emissions	5,20	5,29%
Waste Removal	6,70	6,81%
Portable site accommodation	1,90	1,93%
Material transport	6,30	6,40%
Personnel travel	6,00	6,10%
Operational	0,00	0%
Total Carbon Footprin	98,40	100%

Diskusija analize modela MY – 2

Ugljenični otisak izgradnje modela MY – 2 je 98,40 tona CO₂ e što je za 14,10 tona CO₂ e manje u odnosu na referentni model MY – 1. Analizom vrednosti emisija pojedinih materijala koji se koriste za izgradnju modela MY – 2 uočava se da su dominantne emisije od betona, maltera i cementa sa 34,10 tona CO₂ e ili 34,65%, zatim od ostalih materijala sa 9,60 tona CO₂ e odnosno 9,76%. Kao treća po vrednosti ugljeničnog otiska je grupa metala sa 7,80 tona CO₂ e ili 7,93%. Četvrta od GOM-a koji nastaje od rušenja postojećeg objekta sa transportom na lokalnu deponiju na distanci od 30 km i regularno deponuje, a to dovodi do emisija 6,70 tona CO₂ e ili 6,81% od ukupnog ugljeničnog otiska gradnje. Samo ove četiri kategorije materijala su odgovorne za 58,20 tona CO₂ e ili 59,15% ugljeničnog otiska gradnje modela MY – 2. i uštedi od 14,10 tona CO₂ e u odnosu na referentni model MY – 1. Zbog toga je u sledećoj simulaciji, pri pravljenju modela MY – 3 potrebno povećati udeo recikliranih materijala ili reupotrebu komponenti koje se mogu izvući iz GOM-a i ugraditi u strukturu modela MY – 3. Materijali sa najvećim ugljeničnim otiskom i njihova mogućnost zamene prikazani su u Prilogu 4 – D. Tabela 4p.27. Kod pravljenja modela u prvom pokušaju čelik je zamenjen sa recikliranim čelikom što je dovelo do smanjenja emisija iz ove grupe materijala za 7,98 tona CO₂ e. Zatim, korišćenje starog demontiranog crepa za popločavanje dvorišnih staza, što je dovelo do smanjenja u emisijama iz grupe betona, jer je deo betona za betoniranje trotoara zamenjen sa starim crepom, a shodno tome je i količina otpada koji se odvozi na deponiju manja, pa su tu ostvarene preostale uštede ukupno od 6,12 tona CO₂ e.

Analiza modela MY – 3

Detaljan opis ulaznih podataka za model MY – 3 je prikazan u Prilogu 4 – D i Tabeli 4p.22. na osnovu koga je posle kompjuterske simulacije prikazane u Tabeli 4p.28. dobijen izveštaj o ugljeničnom otisku izgradnje za model MY – 3, prikazan na Slici 4.17. i Tabeli 4.31. Ugljenični otisak izgradnje modela MY – 3 je 84,90 tona CO₂e.



Slika 4.17. LCA analiza, izveštaj za model MY – 3

Tabela 4.31. Ugljenični otisak izgradnje za model MY – 3

Title of project: MY – 3	Carbon Footprint	
Construction Carbon:	84,90	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	0,00	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	84,90	tonnes CO ₂ e

Ugljenični otisak za pojedine grupe materijala i aktivnosti za izgradnju modela MY – 3 prikazan u Tabeli 4.32.

Tabela 4.32. Procentualno učešće emisija ugljenika za grupe materijala i aktivnosti za izgradnju modela MY – 3

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MY – 3	tonnes CO ₂ e	%
Quarried Material	6,10	7,18%
Timber	3,30	3,89%
Concrete, Mortars & Cement	23,60	27,80%
Metals	7,80	9,19%
Plastics	5,80	6,83%
Glass	0,90	1,06%

Miscellaneous (Razni)	8,60	10,13%
Finishings, coatings & adhesives	5,60	6,60%
Plant and equipment emissions	5,20	6,12%
Waste Removal	5,70	6,71%
Portable site accommodation	1,90	2,24%
Material transport	6,30	7,42%
Personnel travel	6,00	7,07%
Operational	0,00	0%
Total Carbon Footprin	84,90	100%

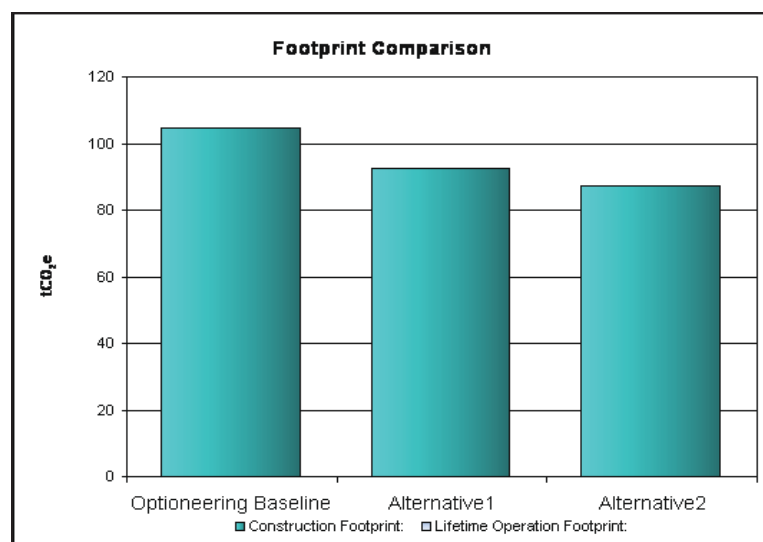
Diskusija analize modela MY – 3

Ugljenični otisak izgradnje modela MY – 3 je 84,90 tona CO₂ e što je za 13,50 tona CO₂ e manje u odnosu na model MY – 2, procentualno učešće prikazano je u Tabeli 4.32. Analizom vrednosti emisija pojedinih materijala koji se koriste za izgradnju modela MY – 3 uočava se da su dominantne emisije od betona, maltera i cementa sa 23,60 tona CO₂ e ili 27,80%, zatim od ostalih materijala sa 8,60 tona CO₂ e odnosno 10,13%. Treća po vrednosti ugljeničnog otiska je grupa metala sa 7,80 tona CO₂ e ili 9,19%. Četvrta od preostalog GOM-a od rušenja postojećeg objekta sa transportom na lokalnu deponiju na distanci od 30 km i regularno deponuje, a to dovodi do emisija 5,70 tona CO₂ e ili 6,71% od ukupnog ugljeničnog otiska gradnje. Samo ove četiri kategorije materijala su odgovorne za 45,70 tona CO₂ e ili 53,83% ugljeničnog otiska gradnje modela MY – 3. Materijali sa najvećim ugljeničnim otiskom i mogućnost njihove zamene prikazani su u Prilogu 4 – D. Tabela 4p.29. Do smanjenja ugljeničnog otiska je došlo korišćenjem jednog dela raspoložive opeke za izradu podova na tremu i pomoćnoj prostoriji koja vodi prema tavanskom prostoru, čime je smanjena količina potrebnih betona, zatim korišćenjem „zelenih“ betona, odnosno „zelenih“ cementa, što je dovelo do uštede u ovoj grupi materijala od 10,50 tona CO₂ e dok je zamenom materijala za izradu poda na tremu i ostavi, smanjenjem količine GOM-a i zamenom blokova za pregradne zidove sa blokovima Mp 10, postignuta ušteda od 3,00 tone CO₂ e. Ugljenični otisak izgradnje modela MY – 3 je 84,90 tona CO₂ e što je manje za 13,50 tona CO₂ e u odnosu na model MY – 2 i manje za 27,60 tona CO₂ e u odnosu na referentni model MY – 1.

4.2.5.2. Diskusija poređenja modela MY – 1, MY – 2 i MY – 3

Uporedni dijagram ugljeničnog otiska izgradnje za modele MY – 1, MY – 2 i MY – 3, prikazan je na Dijagramu 4.8., a uporedni pregled numeričkih vrednosti ugljeničkih otisaka

izgradnje za modele u Tabeli 4.33. Referentni model MY – 1 ima vrednost ugljeničnog otiska 112,50 tona CO₂ e. Sledeći model MY – 2 ima vrednost ugljeničnog otiska 98,40 tona CO₂ e. Najmanji ugljenični otisak u ovoj grupi ima model MY – 3 čiji ugljenični otisak iznosi 84,90 tona CO₂ e.



Dijagram 4.8. Rezultati LCA, poređenje ugljeničnog otisaka za modele MY – 1 (Optioneering Baseline), MY – 2 (Alternative 1) i MY – 3 (Alternative 2)

Uštede u emisijama su postignute zamenom čelika sa recikliranim čelikom, zatim korišćenjem „zelenih“ betona sa recikliranim agregatom i malterskih mešavina koje koriste „zelene“ cemente, zamenom blokova u nekonstruktivnim zidovima sa blokovima manje nosivosti, kao i zamenom keramike na tremu i ostavi, sa starom ciglom, izvučenom iz GOM-a i popločavanjem trotoara oko objekta sa crepom iz GOM-a. Pregled numeričkih vrednosti ugljeničnih otisaka za ova tri modela dat je u Tabeli 4.33.

Tabela 4.33. Uporedni pregled vrednosti LCA ugljeničnog otiska izgradnje za modele MY – 1, MY – 2 i MY – 3.

VARIJANTE MODELA MY		Ugljenični otisak izgradnje objekta
		tona CO ₂ e po objektu
1.	MY – 1	112,50
2.	MY – 2	98,40
3.	MY – 3	84,90

Vrednosti ugljeničnog otiska posle LCA analize izgradnje modela MY – 1 od početnog ugljeničnog otiska koji je 112,50 tona CO₂ e, uz korišćenje recikliranog čelika i zamenu dela

blokova Mpa 12 sa Mpa 10, ponovnom upotrebom opeke i crepa za obradu podova i trotoara oko objekta, postignuto je smanjenje količine potrebnog betona i smanjena količine GOM-a koji se transportuje na deponiju. Tako je formiran model MY – 2 sa ugljeničkim otiskom od 98,40 što je za 14,10 tona CO₂ e manje u odnosu na model MY – 1, odnosno smanjenje od 12,53%. Sve prethodne mere uz zamenu betonskih mešavina „zelenim“ betonima, zamena cementnih mešavina za ekološki povoljnije koje imaju u sebi reciklirane komponente postignute su uštede u emisijama pa je najbolji u grupi model MY – 3, a ugljenični otisak izgradnje za ovaj model je 84,90 tona CO₂ e, što je za 27,60 tona CO₂ e manje u odnosu na referentni model MY – 1, ili ostavarena ušteda u emisijama za 24,53%. Uporedni pregled vrednosti LCA ugljeničnog otiska izgradnje modela MY – 1, MY – 2 i MY – 3 i postignutih ušteda prikazan je u Tabeli 4.34.

Tabela 4.34. Uporedni pregled vrednosti LCA ugljeničnog otiska izgradnje za modele MY – 1, MY – 2 i MY – 3 i postignutih ušteda

VARIJANTE MODELA MY		Ugljenični otisak izgradnje objekta		
		tona CO ₂ e po objektu	manje tona CO ₂ e od modela MG – 1	procenat smanjenja
1.	MY – 1	112,50	0	0
2.	MY – 2	98,40	14,10	12,53%
3.	MY – 3	84,90	27,60	24,53%

Uporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje po m² bruto građevinske površine za analizirane modele MY – 1., MY – 2. i MY – 3. prikazan je u Tabeli 4.35.

Svođenjem ugljeničnog otiska na jedinicu mere m² bruto površine objekta moguće je porediti dobijene vrednosti. Ugljenični otisak za ovu grupu modela od 0,73 tona CO₂ e/m² kod referentnog modela MY – 1, je smanjen u prvoj simulaciji na 0,64 tona CO₂ e/m² za model MY – 2, i u sledećoj simulaciji je vrednost ugljeničnog otiska 0,55 tona CO₂ e/m² za model MY – 3.

Tabela 4.35. Uporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje po m² bruto površine modela MG – 1, MG – 2 i MG – 3

VARIJANTE MODELA MY		Ugljenični otisak izgradnje objekta tona CO ₂ e po objektu	Bruto površina objekta u m ²	Ugljenični otisak izgradnje po m ² bruto površine tona CO ₂ e
1.	MY – 1	112,50	154,69	0,73
2.	MY – 2	98,40	154,69	0,64
3.	MY – 3	84,90	154,69	0,55

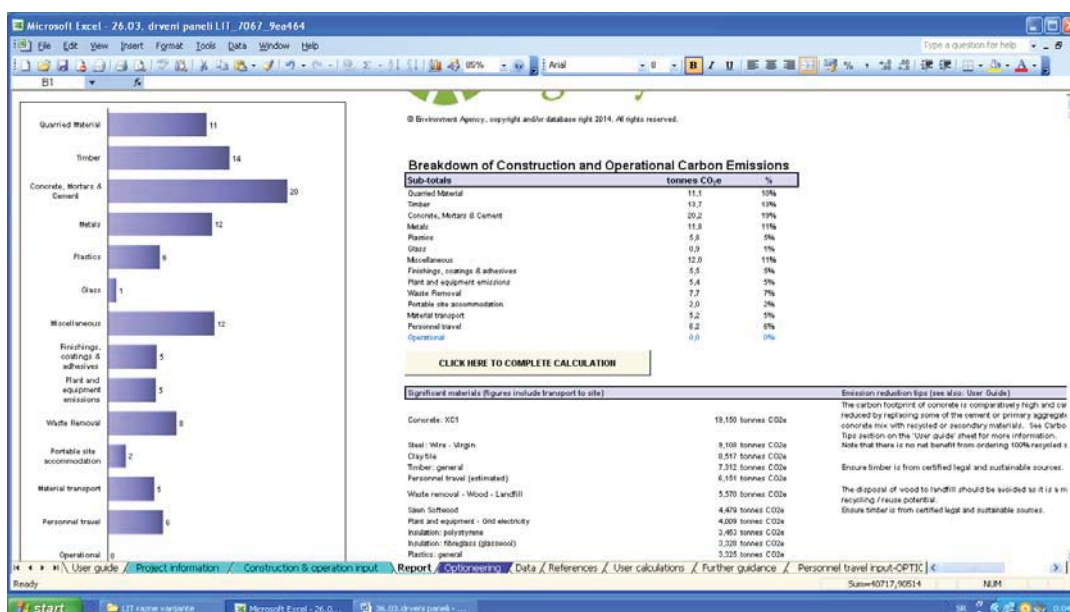
Primenom recikliranih i zelenih materijala smanjen je ugljenični otisak u prvoj simulaciji za 12,53%, a u drugoj za 24,53% u odnosu na referentni model MY – 1.

Grupa modela MD – Objekat sa zidovima od prefabrikovanih drvenih panela i tavanicom od drvenih greda

Modell MD je objekat izgrađen od prefabrikovanih drvenih panela sa ispunom od mineralne vune, oblogom od iverice, verikalnih i horizontalnih drvenih stubova, i greda, podna ploča je AB 10cm dvostruko armirana mrežastom armaturom, na sloju tampona od šljunka 5 cm debljine, a tavanica je od drvenih greda, ispunom od termo izolacije, mineralnom vunom i obostranom oblogom od OSB ploča, dodatnom termo izolacijom u tavanskom prostoru. Energetski razred C. Zidovi su od prefabrikovanih drvenih panela dimenzije 120/270 i 60/270, ispunjena termo izolacija kamena vuna 15 cm, obloga iverica obostrano, sa unutrašnje strane gipskarton ploče, a sa spoljašnje strane je dodatna izolacija od polistirena 10 cm, mrežica i lepak, završna obrada fasadni malter u debljini od 2 – 3 mm. Krovna konstrukcija je drvena rešetka, podaščana i letvisana letvama u dva pravca, krovni pokrivač je prema želji investitora biber crep, dvostruko pokrivanje. Pregradni zidovi su montažni drveni, završno obrađeni gipskarton pločama, a u prostorijama kupatila i kuhinje voodootpornim gipskarton pločama. Struktura zidova, tavanica i podova, bitna za proračun LCA, na osnovu koje se računaju količine potrebnih materijala za model MD na nivou projekta za izvođenje, a na osnovu elaborata energetske efikasnosti koji je rađen za ovu varijantu, data je u Tabeli 4p.30. u okviru Priloga 4 – D. Analizirani ulazi građevinskih materijala u životnom ciklusu modela, MD – 1 na nivou projekta za izvođenje, izračunati su, a količine su određene prema Normativima i standardima rada u građevinarstvu - visokogradnja (1987) i prikazane u Tabeli 4p.31. u okviru Priloga 4 – D.

Analiza modela MD – 1

Detaljan opis ulaznih podataka za model MD – 1 je prikazan u Prilogu 4 – D i Tabeli 4p.30. i Tabeli 4p.31 na osnovu koga je posle kompjuterske simulacije (Tabela 4p.32.) dobijen izveštaj o ugljeničnom otisku izgradnje za model MD – 1, prikazan na Slici 4.18. i Tabeli 4.36. Ugljenični otisak izgradnje modela MD – 1 je 102,50 tona CO₂e



Slika 4.18. LCA analiza, izveštaj za model MD – 1

Tabela 4. 36. Ugljenični otisak izgradnje za model MD – 1

Title of project: MD – 1	Carbon Footprin	
Construction Carbon:	102,50	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	0,00	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	102,50	tonnes CO ₂ e

Procentualno učešće za grupe materijala i aktivnosti korišćenih za izgradnju modela MD – 1 u ugljeničnom otisku izgradnje prikazani su u Tabeli 4.37.

Tabela 4.37. Procentualno učešće emisija ugljenika za grupe materijala i aktivnosti za izgradnju modela MD – 1

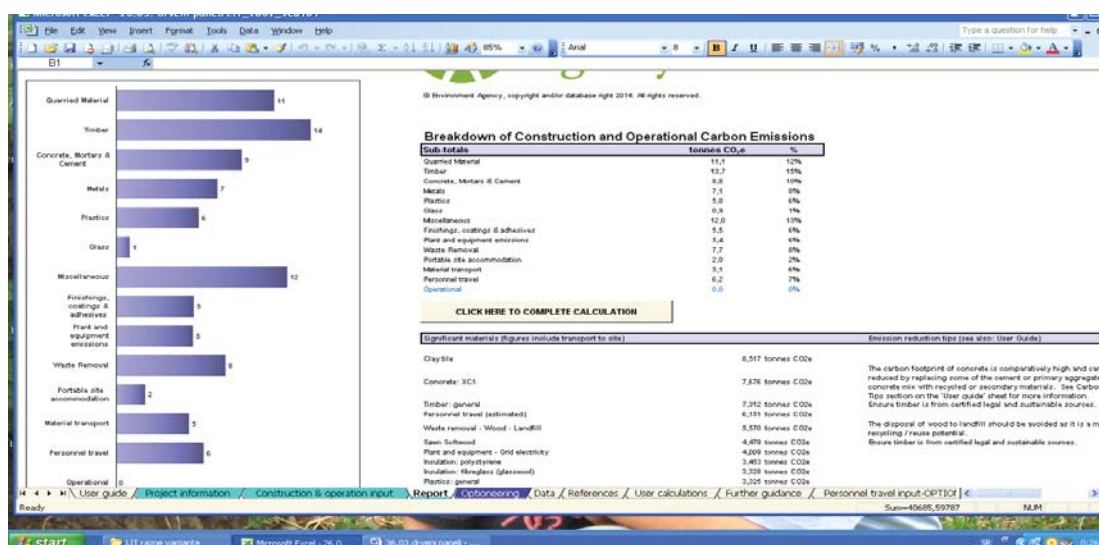
Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MD – 1	tonnes CO ₂ e	%
Quarried Material	6,10	5,95%
Timber	13,70	13,37%
Concrete, Mortars & Cement	20,20	19,71%
Metals	11,80	11,51%
Plastics	5,80	5,66%
Glass	0,90	0,88%
Miscellaneous	12,00	11,71%
Finishings, coatings & adhesives	5,50	5,37%
Plant and equipment emissions	5,40	5,27%
Waste Removal	7,70	7,51%
Portable site accommodation	2,00	1,95%
Material transport	5,20	5,07%
Personnel travel	6,20	6,05%
Operational	0,00	0%
Total Carbon Footprin	102,50	100%

Diskusija analize modela MD – 1

Ugljenični otisak izgradnje modela MD – 1 je 102,50 tona CO₂ e. Analizom vrednosti emisija pojedinih materijala koji se koriste za izgradnju modela MD – 1 uočava se da su dominantne emisije od betona, maltera i cementa sa 20,20 tona CO₂ e ili 19,71%, zatim drvenih komponenti sa 13,70 tona CO₂ e, odnosno 13,37%. Kao treća po vrednosti ugljeničnog otiska su ostali materijali koji dovode do emisija 12,00 tona CO₂ e ili 11,71%. Četvrta je grupa metala sa 11,80 tona CO₂ e ili 11,51% ukupnog ugljeničnog otiska gradnje. Samo ove četiri kategorije materijala su odgovorne za 57,70 tona CO₂ e što je 56,29% ugljeničnog otiska gradnje modela MD – 1. Materijali sa najvećim ugljeničnim otiskom i mogućnost njihove zamene prikazani su u Prilogu 4 – Đ. Tabela 4p.33. Treba napomenuti da je za izgradnju referentnog modela MD – 1 projektom predviđena upotreba novih materijala proizvedenih od primarnih sirovina bez upotrebe recikliranih komponenti. Uočava se da je ugljenični otisak od metala visok i iznosi 11,80 tona CO₂ e što je posledica upotrebe metala bez prisustva recikliranih komponenti. U sledećoj simulaciji pri pravljenju modela MD – 2 treba planirati reciklirani čelik i razmotriti koje se komponente mogu izvući iz GOM-a i ugraditi u strukturu modela MY – 2.

Analiza modela MD – 2

Detaljan opis ulaznih podataka za model MD – 2 je prikazan u Prilogu 4 – Đ i Tabeli 4p.31. na osnovu koga je posle kompjuterske simulacije (Tabela 4p.34.) dobijen izveštaj o ugljeničnom otisku izgradnje za model MD – 2 prikazan na Slici 4.19. i Tabeli 4.38.



Slika 4.19. LCA analiza, izveštaj za model MD – 2

Tabela 4.38. Ugljenični otisak za model MD – 2

Title of project: MD – 2	Carbon Footprint	
Construction Carbon:	94,10	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	0,00	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	94,10	tonnes CO ₂ e

Ugljenični otisak izgradnje modela MD – 2 je 94,10 tona CO₂e što je manje za 8,40 od modela MD – 1. Ugljenični otisci za grupe materijala korišćenih za izgradnju modela MD – 2 prikazani su u Tabeli 4.39.

Tabela 4.39. Procentualno učešće emisija ugljenika za grupe materijala i aktivnosti za izgradnju modela MD – 2

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MD – 2	tonnes CO₂e	%
Quarried Material	6,10	6,48%
Timber	13,70	14,56%
Concrete, Mortars & Cement	17,90	19,02%
Metals	7,10	7,55%
Plastics	5,80	6,16%
Glass	0,90	0,96%
Miscellaneous	12,00	12,75%
Finishings, coatings & adhesives	5,50	5,84%
Plant and equipment emissions	5,40	5,74%
Waste Removal	6,70	7,12%
Portable site accommodation	2,00	2,13%
Material transport	5,10	5,42%
Personnel travel	6,00	6,38%
Operational	0,00	0%
Total Carbon Footprint	94,10	100%

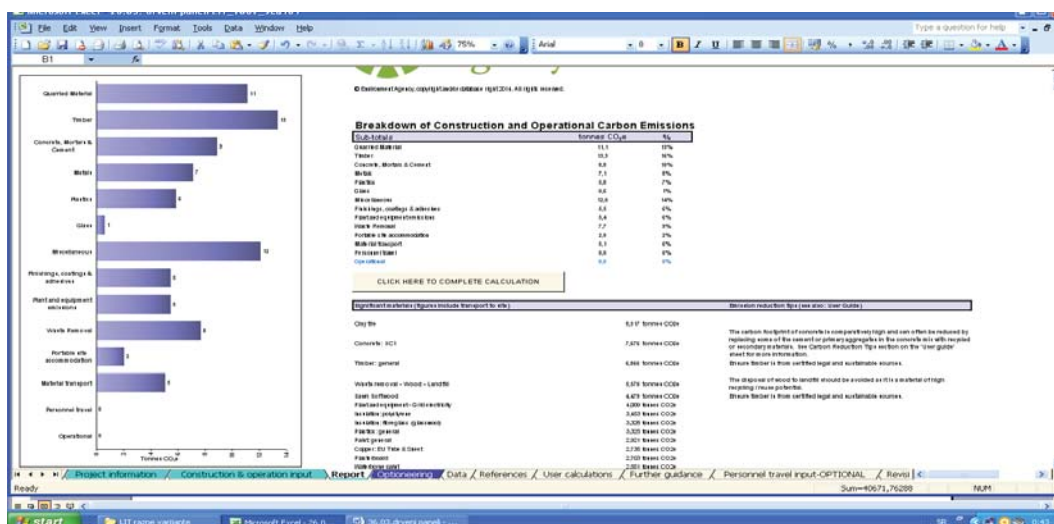
Diskusija analize modela MD – 2

Ugljenični otisak izgradnje modela MD – 2 je 94,10 tona CO₂e, što je za 8,40 tona CO₂e manje od referentnog modela MD – 1. Analizom vrednosti emisija pojedinih materijala koji se koriste za izgradnju modela MD – 2 uočava se da su dominantne emisije od cementa, maltera i betona sa 17,90 tona CO₂e što je 19,02%, zatim od drvenih komponenti sa 13,70 tona CO₂e, odnosno 14,56%. Na trećem mestu su ostali materijali koji proizvode 12,00 tona CO₂e ili 12,75%. Na četvrtom mestu su emisije od grupe otpadnih komponenti sa 6,70 tona CO₂e ili 7,12% od ukupnog ugljeničnog otiska gradnje. Samo ove četiri kategorije materijala su odgovorne za 50,30 tona CO₂e što je 53,45% ugljeničnog otiska gradnje modela MD – 2.

Materijali sa najvećim ugljeničnim otiskom i mogućnost njihove zamene dati su u Prilogu 4 – Đ. Tabela 4p.35. Treba napomenuti da je za izgradnju modela MD – 2 projektom predviđena delimična upotreba primarnih materijala i recikliranih komponenti. Kod pravljenja modela u prvom pokušaju čelik je zamenjen sa recikliranim čelikom što je dovelo do smanjenja emisija iz ove grupe materijala za 2,30 tona CO₂ e Korišćenje starog demontiranog crepa za popločavanje dvorišnih staza je dovelo do smanjenja u emisijama iz grupe betona, jer je deo betona za betoniranje trotoara zamenjen sa starim crepom, a shodno tome je i količina otpada koja se odvozi na deponiju manja. Tako su ostvarene preostale uštede od 6,10 tona CO₂ e. Uočava se da je ugljenični otisak od drvenih komponenti visok i iznosi 13,70 tona, što je posledica upotrebe drvene konstrukcije koja se u Srbiji koristi bez prisustva recikliranih komponenti, a uticaj ostalih materijala je 12,00 tona CO₂ e veći nego u modelima MG i MY što je posledica učešća gipsanih ploča. Zbog toga je u sledećoj simulaciji, pri pravljenju modela MD – 3 potrebno povećati udeo recikliranih materijala ili reupotrebu drvenih komponenti koje se mogu izvući iz GOM-a i ugraditi u strukturu modela MD – 3.

Analiza modela MD – 3

Detaljan opis ulaznih podataka za model MD – 3 je prikazan u Prilogu 4 – Đ i Tabeli 4p.31. na osnovu koga je posle kompjuterske simulacije (prikazane u Tabeli 4p.36.) dobijen izveštaj o ugljeničnom otisku izgradnje za model MD – 3, prikazan na Slici 4.20. i Tabeli 4.40.



Slika 4.20. LCA analiza, izveštaj za model MD – 3

Tabela 4.40. Ugljenični otisak za model MD – 3

Title of project: MD – 3	Carbon Footprin	
Construction Carbon:	83,40	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	0,00	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	83,40	tonnes CO ₂ e

Ugljenični otisak izgradnje modela MD – 3 je 83,40 tona CO₂ e, što je za 19,10 tona CO₂ e manje od referentnog modela MD – 1. Ugljenični otisci za grupe materijala i aktivnosti korišćenih za izgradnju modela MD – 3 prikazani su u Tabeli 4.41.

Tabela 4.41. Procentualno učešće emisija ugljenika za grupe materijala i aktivnosti za izgradnju modela MD – 3

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MD – 3	tonnes CO₂e	%
Quarried Material	6,10	7,27%
Timber	13,30	15,95%
Concrete, Mortars & Cement	8,80	10,55%
Metals	7,10	8,51%
Plastics	5,80	6,95%
Glass	0,60	0,72%
Miscellaneous	12,00	14,39%
Finishings, coatings & adhesives	5,50	6,59%
Plant and equipment emissions	5,40	6,47%
Waste Removal	5,70	6,83%
Portable site accommodation	2,00	2,40%
Material transport	5,10	6,12%
Personnel travel	6,00	7,17%
Operational	0,00	0%
Total Carbon Footprin	83,40	100%

Diskusija analize modela MD – 3

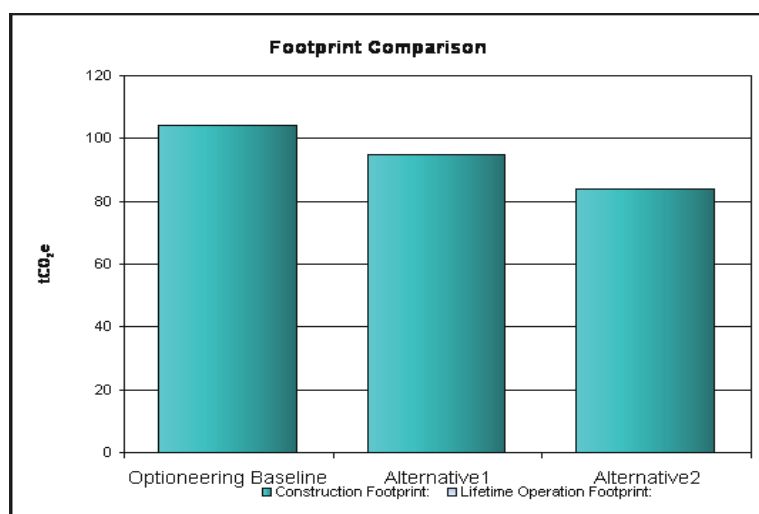
Ugljenični otisak izgradnje modela MD – 3 je 83,40 tona CO₂ e što je za 19,10 tonu CO₂ e manje u odnosu na referentni model MD – 1. Analizom vrednosti emisija pojedinih materijala koji se koriste za izgradnju modela MD – 3 uočava se da su dominantne emisije od drvenih komponenti sa 13,30 tona odnosno 15,95%. Na drugom mestu su ostali materijali koji proizvode 12,00 tona CO₂ e ili 14,39%. Na trećem mestu po emisijama su cement, malter i betoni sa 8,80 tona CO₂ e ili 10,55%. Na četvrtom mestu su emisije od grupe metala sa 7,10 tona CO₂ e ili 8,51% od ukupnog ugljeničnog otiska gradnje. Samo ove četiri kategorije materijala su odgovorne za 41,20 tona CO₂ e, što je 49,40% ugljeničnog otiska gradnje modela

MD – 3. Materijali sa najvećim ugljeničnim otiskom i mogućnost njihove zamene dati su u Prilogu 4 – Đ. Tabela 4p.37. Treba napomenuti da je za izgradnju modela MD – 3 projektom predviđena zamena čelika recikliranim čelikom (još u modelu MD – 2 i supstitucija dela betona sa komponentama opekarskih proizvoda izvučenim iz GOM-a), a u odnosu na model MD – 2 koriste se betoni sa recikliranim agregatom i manjim uticajem na životnu sredinu „zeleni“ betoni i cementne mešavina sa „zelenim“ cementima koji u svom sastavu imaju reciklirane komponente, kao i supstitucija dela cementnih materijala sa opekom iz GOM-a pa je tako ostvarena ušteda u emisijama iz ove grupe materijala u odnosu na model MD – 2 od 9,10 tona CO₂ e. Preostale uštede su nastale kao posledica manjeg transporta i manje količine otpadnih materijala. Uočava se da je ugljenični otisak od drvenih komponenti, a reupotrebom pojedinih drvenih komponenti, drvo za ogradu trema, unutrašnja stolarija je prilagođena i ugrađena u unutrašnje otvore, čime je ostvarena ušteda od 0,4 tona CO₂ e. Visok iznos emisija iz drvenih komponenti od 13,30 tona CO₂ e je posledica upotrebe drvene konstrukcije. Vrednost ugljeničnog otiska za model MD – 3 od 83,40 tona CO₂ e donosi uštedu od 10,70 tona CO₂ e u odnosu na model MD – 2, odnosno uštedu od 19,10 tona CO₂ e u odnosu na referentni model MD – 1, odnosno 18,63% manji ugljenički otisak u odnosu na referentni model.

Veće smanjenje emisija u ovoj grupi modela bi moglo nastati korišćenjem sertifikovane šume iz održivih zasada, za izradu drvene konstrukcije ili reciklažom drveta.

4.2.5.3. Diskusija poređenja modela MD – 1, MD – 2 i MD – 3

Uporedni dijagram ugljeničnih otisaka izgradne za modele MD – 1, MD – 2 i MD – 3 prikazan je na Dijagramu 4.9. Referentni model MD – 1 ima vrednost ugljeničnog otiska 102,50 tona CO₂ e. Sledeći model MD – 2 ima vrednost ugljeničnog otiska 94,10 tona CO₂ e. Najmanji ugljenični otisak u ovoj grupi ima model MD – 3 čiji ugljenični otisak iznosi 83,40 tona CO₂ e. Pregled numeričkih vrednosti ugljeničnih otisaka za ova tri modela dat je u Tabeli 4.42.



Dijagram 4.9. Rezultati LCA, poređenje ugljeničnog otisaka izgradnje modela MD – 1 (Optioneering Baseline), MD – 2 (Alternative 1) i MD – 3 (Alternative 2)

Vrednosti ugljeničnog otiska posle LCA analize izgradnje modela MD – 1 od početnih 102,50 tona CO₂ e, uz korišćenje recikliranog čelika, smanjenjem količine otpada koji se transportuje na deponiju i koristi se za gradnju novog objekta, tako što je postojeći crep koji je demontiran sa objekta korišćen za popločavanje oko objekta, čime je smanjena količina potrebnog betona za izradu trotoara, a time i emisije iz betonskih i cementnih materijala, zamenom betona sa „zelenim“ betonima, od recikliranih komponenti i „zelenim“ cementnim mešavinama zatim reupotrebom unutrašnje stolarije koju je moguće ugraditi u unutrašnje zidove, smanjene su i emisije iz dela drvenih materijala i otpada koji se odlaže na deponiju.

Tabela 4.42. Uporedni pregled LCA ugljeničnog otiska izgradnje za modele MD – 1, MD – 2 i MD – 3

VARIJANTE MODELA MD		Ugljenični otisak izgradnje objekta
		tona CO ₂ e po objektu
1.	MD – 1	102,50
2.	MD – 2	94,10
3.	MD – 3	83,40

Sve ovo je donelo uštede od 19,10 tona CO₂ e, ili 18,63% u odnosu na referentni model MD – 1. Uštede u ugljeničnom otisku za model MD – 2 iznose 8,40 tona CO₂ e što je 8,20% manje od referentnog modela MD – 1. Uporedni pregled vrednosti LCA ugljeničnog otiska izgradnje modela MD – 1, MD – 2 i MD – 3 i postignutih ušteda prikazan je u Tabeli 4.43.

Tabela 4.43. Uporedni pregled vrednosti LCA ugljeničnog otiska izgradnje za modele MD – 1, MD – 2 i MD – 3 i postignutih ušteda

VARIJANTE MODELA MG		Ugljenični otisak izgradnje objekta		
		tona CO ₂ e po objektu	manje tona CO ₂ e od referentnog modela MG – 1	%procentat smanjenja
1.	MD – 1	102,50	0	0
2.	MD – 2	94,10	8,40	8,20%
3.	MD – 3	83,40	19,10	18,63%

Uporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje po m² bruto građevinske površine za analizirane modele MD – 1., MD – 2. i MD – 3. prikazan je u Tabeli 4.44. Svođenjem ugljeničnog otiska na jedinicu mere m² bruto površine objekta je moguće porediti ugljeničke otiske. Ugljenični otisak je za ovu grupu modela MD od 0,66 tona CO₂e/m² kod referentnog modela MD – 1, smanjen je u prvoj simulaciji na 0,61 tona CO₂e/m² za model MD – 2, i u trećoj je vrednost ugljeničnog otiska 0,54 tona CO₂e/m² za model MD – 3. Primenom recikliranih i zelenih materijala smanjen je ugljenični otisak u prvoj simulaciji za 8,20%, a u drugoj za 18,63% u odnosu na referentni model MD – 1 u ovoj grupi modela.

Tabela 4.44. Uporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje po m² bruto površine modela MD – 1, MD – 2 i MD – 3

VARIJANTE MODELA MG		Ugljenični otisak izgradnje objekta tona CO ₂ e po objektu	Bruto površina objekta u m ²	Ugljenični otisak izgradnje po m ² bruto površine tona CO ₂ e
1.	MD – 1	102,50	154,69	0,66
2.	MD – 2	94,10	154,69	0,61
3.	MD – 3	83,40	154,69	0,54

4.2.5.4. Poređenje ugljeničnih otisaka za varijante modela: MG, MY i MD

Pregled vrednosti emisija ugljeničnog otiska izgradnje svih devet analiziranih modela prikazan je u Tabeli 4.45. Uočljiva je razlika između ugljeničnog otiska izgradnje modela MG – 1 i MD – 3 koja iznosi 81,20 tona CO₂e, za objekte iste bruto površine ali različito projektovane sa aspekta konstruktivnog sistema, primenjenih materijala i komponenti kojima se planira izgradnja modela.

Tabela 4.45. Uporedni pregled LCA ugljeničnog otiska izgradnje pojedinih modela, u varijantnim rešenjima

VARIJANTE MODELA MG, MY i MD		Ugljenični otisak izgradnje tona CO ₂ e po objektu		% razlika u odnosu na referentni model u grupi	Razlika tona CO ₂ e po objektu u odnosu na model MG – 1	% razlika u odnosu na model MG – 1
		Ugljenični otisak izgradnje modela	razlika u odnosu na referentni model u grupi			
1.	MG – 1	164,60	0,00	0	0,00	0,00%
2.	MG – 2	144,10	20,50	12,45%	20,50	12,45%
3.	MG – 3	115,40	49,20	29,89%	49,20	29,89%
4.	MY – 1	112,50	0,00	0	52,10	31,65%
5.	MY – 2	98,40	14,10	12,53%	66,20	40,22%
6.	MY – 3	84,90	27,60	24,53%	79,70	48,42%
7.	MD – 1	102,50	0,00	0	62,10	37,73%
8.	MD – 2	94,10	8,40	8,20%	70,50	42,83%
9.	MD – 3	83,40	19,10	18,63%	81,20	49,33%

Vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje posle LCA analize referentnih modela od primarnih materijala u svakoj od grupa za MG – 1, iznose 164,60 tona CO₂ e, dok je primenom konstruktivnog sklopa i materijala za model MY – 1 dobijen rezultat za ugljenični otisak 112,50 tona CO₂ e, koji je manji za 52,10 tona CO₂ e ili postignuta ušteda u procentualnom iznosu od 31,65% u odnosu na model MG – 1. Primenom konstruktivnog sklopa i materijala za model MD – 1 za koji je projektom predviđena primena primarnih materijala izračunat je ugljenični otisak koji iznosi 102,50 tona CO₂ e, što je manje za 62,10 tona CO₂ e ili 37,73% u odnosu na model MG – 1. Ovi rezultati pokazuju da je u fazi projektovanja promenom konstruktivnog sklopa i korišćenjem primarnih materijala moguće ostvariti uštede u ugljeničnom otisku gradnje od 31,65% ako je umesto masivnog konstruktivnog sklopa uz primenu opekarskih blokova i AB vertikalnih i horizontalnih serklaža, i tavanice sa ispunom od opekarskih elemenata projektom predložen sklop od gasbetonskih blokova i bele tavanice.

Ove uštede su proizašle najvećim delom od manje količine cementnih mešavina i betona koji se primenjuju u ova dva modela i emisija koje nastaju od proizvodnje opekarskih proizvoda koji su dominantni u modelu MG – 1.

Prilikom formiranja druge grupe modela MG – 2, MY – 2 i MD – 2, projektom je predviđeno korišćenje recikliranog čelika i reupotreba postojećeg crepa demontiranog sa postojećeg objekta i njegovo korišćenje za popločavanje oko objekta, smanjena je količina potrebnog betona za izradu trotoara, a time i emisije iz grupe betonskih i cementnih materijala. Ovim merama je postignut ugljenični otisak za model MG – 2 koji iznosi 144,10 tona CO₂ e, što je donelo uštedu od 20,50 tona CO₂ e ili 12,45% manje u odnosu na referentni model MG – 1. Ugljenični otisak za model MY – 2 od 98,40 tona CO₂ e je za 66,20 tona CO₂ e ili 40,22% manje u odnosu na model MG – 1. Ugljenični otisak za model MD – 2 od 94,10 tona CO₂ e je manje za 70,50 tona CO₂ e ili 42,83% manje u odnosu na model MG – 1.

Prilikom formiranja treće grupe modela MG – 3, MY – 3 i MD – 3, projektom je predviđena pored predloženih promena u prethodnoj simulaciji i zamena cementnih mešavina uz primenu „zelenog“ cementa, zatim zamena betonskih mešavina „zelenim“ betonima reupotreba stare unutrašnje stolarije i opeke izvučene iz GOM-a i njeno korišćenje za pod na tremu i ostavi, što je dovelo do smanjenja ugljeničnog otiska modela MG – 3 koji posle preduzetih mera iznosi 115,4 tona CO₂ e, što je donelo smanjenje od 49,20 tona CO₂ e, odnosno 29,89% manje u odnosu na referentni model MG – 1. Iste mere preduzete su u formiranju modela MY – 3 i posle kompjuterske simulacije je dobijen ugljenični otisak 84,90 tona CO₂ e što je dovelo do smanjenja za 79,70 tona CO₂ e ili manje za 48,42% u odnosu na model MG – 1. Iste mere preduzete su u formiranju modela MD – 3 za koji je posle simulacije dobijena vrednost ugljeničnog otiska od 83,4 tona CO₂ e i postignuta ušteda od za 81,20 tona CO₂ e, što je manje u odnosu na model MG – 1 za 49,33%.

Za sva tri modela MG, MY i MD mogle bi se ostvariti dodatne uštede u emisijama, ako bi se izvršila zamena drveta sa sertifikovanim drvetom iz održivih šuma. Mogućnost zamene keramičkih pločica sa lokalnim kamenom iz nekog od potencijalnih lokalnih nalazišta kamena. Termoizolacija u tavanskom prostoru bi mogla biti zamenjena sa izolacijom od mešavine zemlje i slame, ili zemlje i drobljene otpadne opeke. Dalje mogućnosti u uštedama bi se postigle ako bi se u vreme gradnje koristile eko kabine sa uređajima za sakupljanje kišnice i fotovoltaznim ćelijama (u Srbiji još uvek takvih eko kabina nema u ponudi) i ako bi se mašine koje koriste dizel gorivo mogle priključiti na elektro mrežu. Postojanje postrojenja za reciklažu gipsanih ploča i drveta bi dodatno smanjilo emisije iz otpadnih materijala koji se deponuju umesto da se recikliraju, a uštede bi bile i veće ako bi to postrojenje bilo mobilno. Ako bi bila

angažovana radna snaga iz samog mesta, ili do 10 km od mesta gradnje emisije iz transporta osoblja bi mogle biti manje za polovinu ili dve trećine, jer bi to smanjilo emisije za transport osoblja sa 6 tona CO₂ e na manje vrednosti.

Svođenjem ugljeničnog otiska na jedinicu mere m² bruto površine objekta dobijeni su rezultati koje je takođe moguće porediti. Uporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje po m² bruto površine za analizirane modele prikazan je u Tabeli 4.46.

Tabela 4.46. Uporedni pregled LCA ugljeničnog otiska izgradnje pojedinih modela, u varijantnim rešenjima po m² bruto površine

VARIJANTE MODELA MG, MY i MD		Ugljenični otisak izgradnje objekta tona CO ₂ e po m ² bruto površine
1.	MG – 1	1,06
2.	MG – 2	0,93
3.	MG – 3	0,74
4.	MY – 1	0,73
5.	MY – 2	0,64
6.	MY – 3	0,55
7.	MD – 1	0,66
8.	MD – 2	0,61
9.	MD – 3	0,54

Najveću vrednost od 1,06 tona CO₂ e/m² bruto površine ima referentni model MG – 1. Korišćenjem recikliranih i zelenih materijala moguće je smanjiti ugljenični otisak po m² bruto površine na 0,74 tona CO₂ e/m² za model MG – 3 u okviru iste grupe modela. Ili izgraditi objekat 30,19% veće bruto površine u istom konstruktivnom sistemu, ako se prilikom projektovanja predlože i u fazi izvođenja primene preporučeni materijali i komponente kao u modelu MG – 3.

Ugljenični otisak izgradnje po m² bruto površine od 1,06 tona CO₂ e/m² za referentni model MG – 1, korišćenjem drugačijeg konstruktivnog sklopa i drugih materijala i proizvoda za formiranje modela MY – 1 za koji je ugljenični otisak izgradnje po m² bruto površine 0,73 tona CO₂ e/m².

Ugljenični otisak izgradnje po m² bruto površine od 1,06 tona CO₂ e/m² za referentni model MG – 1, korišćenjem drugačijeg konstruktivnog sklopa i drugih materijala i proizvoda za

formiranje modela MD – 1 za koji je ugljenični otisak izgradnje po m² bruto površine 0,66 tona CO₂ e/m².

Ugljenični otisak izgradnje po m² bruto površine od 1,06 tona CO₂ e/m² za referentni model MG – 1, korišćenjem drugačijeg konstruktivnog sklopa i drugih materijala i proizvoda za formiranje modela MY – 3 za koji se koriste reciklirani i zeleni materijali je dobijena vrednost ugljeničnog otiska izgradnje po m² bruto površine 0,55 tona CO₂ e/m².

Ugljenični otisak izgradnje po m² bruto površine od 1,06 tona CO₂ e/m² za referentni model MG – 1, korišćenjem drugačijeg konstruktivnog sklopa i drugih materijala i proizvoda za formiranje modela MD – 3 za koji se koriste reciklirani i zeleni materijali je dobijena vrednost ugljeničnog otiska izgradnje po m² bruto površine 0,54 tona CO₂ e/m², što je skoro dvostruko manja vrednost u odnosu na model MG – 1. Jedan m² bruto površine objekta projektovanog i izvedenog prema modelu MG – 1 ima ugljenični otisak koji je približan otisku od dva m² bruto površine objekta projektovanog prema modelu MY – 3 ili MD – 3. Ovi rezultati još jednom ukazuju na značaj ugrađenih materijala i proizvoda, odabira konstruktivnog sklopa prilikom projektovanja objekta u pravcu iznalaženja rešenja koja bi imala manji ugljenični otisak.

4.3. LCA REFERENTNE PORODIČNE KUĆE – IZGRADNJE I KORIŠĆENJA

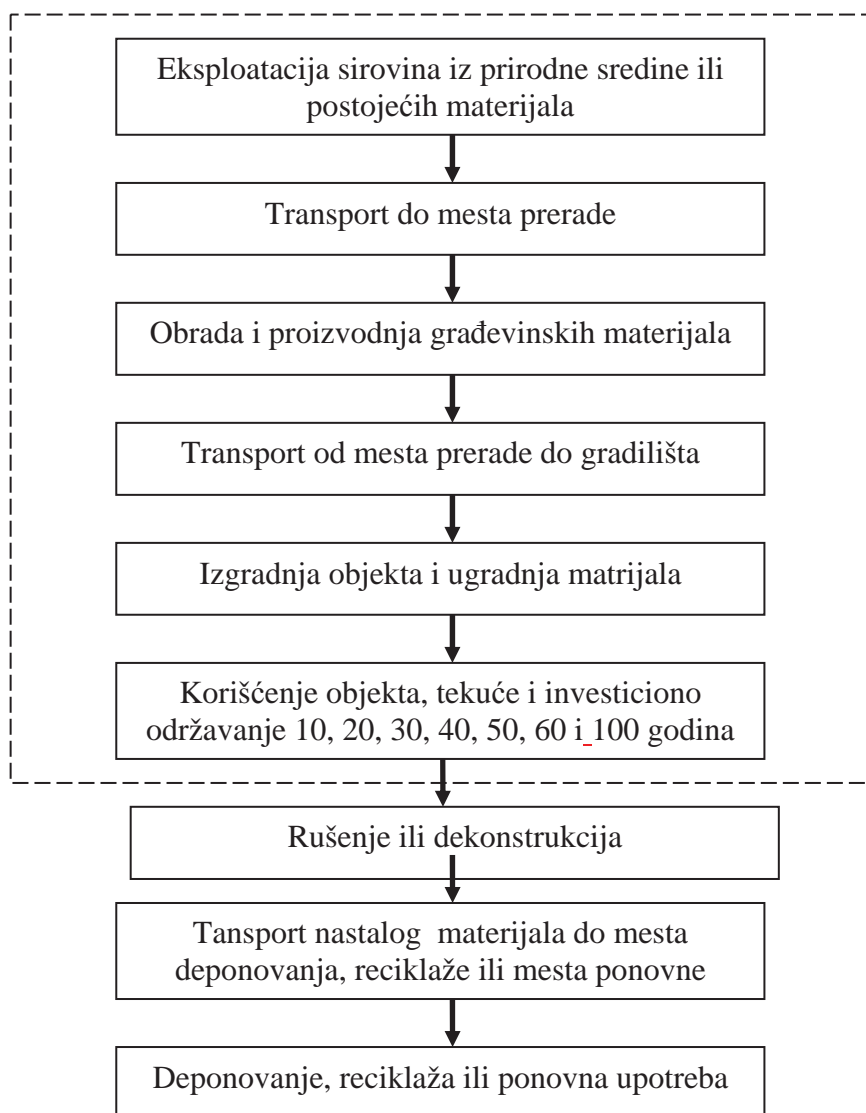
Modeli projekta za izvođenje prikazani u Tabeli 4.14. i opisani u Tabeli 4.15. posle perioda izgradnje ulaze u fazu koorišćenja, u kojoj je u vremenaskim intervalima potrebno investiciono i tekuće održavanje objekta, čime se povećava vrednost embodiranog (ugrađenog) ugljenika. Osim ugljenika koji je ugrađen u građevinskim materijalima i aktivnostima na izgradnji, u fazi korišćenja objekta su prisutne emisije operativnog ugljenika. Emisije iz operativne faze dobijene korišćenjem programskog paketa URSA građevinska fizika 2, Prilog 4 – V i potiču od korišćenja energije za zagrevanje objekta. Emisije su date u Prilogu 4 – E, Tabela. 4p.38.

U sledećem trećem delu istraživanja se poređenjem varijantnih rešenja izgrađenih primarnim materijalima, nastoji uporediti kako investiciono održavanje modela primarnim ili

recikliranim i zelenim materijalima utiče na emisije. Cilj je da se istraži kolike su emisije CO₂ životnog ciklusa iz operativne faze i uporede varijantni modeli, kako primena recikliranih materijala utiče na ugljenički otisak izgradnje, investicionog i tekućeg održavanja objekta. Granice sistema su od kolevke do kraja životnog ciklusa.

4.3.1. LCA analize projekta referentne kuće – analiza ugljeničkog otiska izgradnje i korišćenja od kolevke do kraja životnog ciklusa objekta

U narednoj trećoj fazi istraživanja će biti rađena LCA analiza prema Dijagramu 4.10. Odnosno varijanta rešenja za period od kolevke sa uključenim fazama korišćenja objekta, znači sa ugljeničnim otiskom od zagrevanja objekta u periodu 10, 20, 30, 40, 50, 60 i 100 godina, da bi se sagledalo koliki je odnos između ugljeničkog otiska izgradnje objekta, tekućeg i investicionog održavanja i ugljeničkog otiska eksploatacije objekta. U periodu eksploatacije objekta posle 50 godina je potrebno pristupiti fazi investicionog održavanja, zameni pojedinih delova i komponenti kojima je istekao životni vek, pa je ovo jedna od značajnih faza u životnom ciklusu objekta.



Dijagram 4.10. Granice sistema za treću fazu LCA analize zgrade, na nivou projekta za izvođenje

Investiciono održavanje se može planirati primarnim ili recikliranim i zelenim materijalima, pa će i ovo biti analizirano. U trećoj fazi se razmatraju uticaji energije za zagrevanje objekta, njenog ugljeničnog otiska sa ugljeničnim otiskom izgradnje objekta. Za proračun operativne energije će biti korišćena metodologija predviđena nacionalnom legislativom propisana Pravilnikom o energetske efikasnosti zgrada („Sl. gl. RS“ br. 61/2011). Emisije u operativnoj fazi objekta nastaju kao posledice korišćenja različitih vidova energije koja služi da obezbedi komforno korišćenje objekta u smislu grejanja, ventilacije, klimatizacije, sanitarne tople vode. Godišnja emisija operativnog CO₂ zavisi od energenta koji se koristi za obezbeđenje komfornog korišćenja objekta, odnosno, energije koja se koristi. U drugoj fazi se razmatraju

uticaji energije za zagrevanje objekta, sa ugljeničnim otiskom izgradnje objekta. Obzirom da je u Pravilniku o energetske efikasnosti zgrada („Sl. gl. RS“, br. 61/2011) minimalno dozvoljeni energetska razred novog objekat sa jednim stanom energetska razred C, urađen je elaborat energetske efikasnosti za svaki od predloženih rešenja pa će podaci iz elaborata o potrebnoj energiji za grejanje objekta biti uvršteni u proračun.

Prema legislativi koja je važeća u SR Srbiji godišnja emisija CO₂ određuje se na osnovu vrste energenta koji se koristi za dobijanje potrebne energije, za potrebe grejanja i obračunava se u [kg/m²a], pa će ova energija biti uzeta u analizi ekološkog otiska u fazi eksploatacije objekta ≤ 65kWh/m² a. Ovi obračuni su dati u Prilogu 4 – V. Kako se ugljenični otiska iz operativne faze svake godine povećava za proračunatu godišnju emisiju, a istraživanje se radi za vremenske period od 10 godina, ugljenični otisak za analizirane vremenske periode dat je u Prilogu 4 – E, Tabela. 4p.38.

U ovoj fazi istraživanja se analiziraju modeli projektovani sa upotrebom materijala i proizvoda iz primarnih sirovina kao što je to uobičajeno u Srbiji. Primenjen je način obeležavanja modela u analiziranju ukupnog ugljeničnog otiska za pojedine modele prikazan u Tabeli 4.47.

Tabela 4.47. Način obeležavanja modela u analiziranju ukupnog ugljeničnog otiska za pojedine modele

	Period korišćenja	VARIJANTE MODELA		
		MG – 1	MY – 1	MD – 1
1.	10 godina	MG – 1 ₁₀	MY – 1 ₁₀	MD – 1 ₁₀
2.	20 godina	MG – 1 ₂₀	MY – 1 ₂₀	MD – 1 ₂₀
3.	30 godina	MG – 1 ₃₀	MY – 1 ₃₀	MD – 1 ₃₀
4.	40 godina	MG – 1 ₄₀	MY – 1 ₄₀	MD – 1 ₄₀
5.	50 godina	MG – 1 ₅₀	MY – 1 ₅₀	MD – 1 ₅₀
6.	60 godina investiciono održavanje primarnim materijalima	MG – 1 _{60PP}	MY – 1 _{60PP}	MD – 1 _{60PP}
7.	60 godina investiciono održavanje recikliranim i zelenim materijalima	MG – 1 _{60PR}	MY – 1 _{60PR}	MD – 1 _{60PR}
8.	100 godina investiciono održavanje primarnim materijalima	MG – 1 _{100PP}	MY – 1 _{100PP}	MD – 1 _{100PP}
9.	100 godina investiciono održavanje recikliranim i zelenim materijalima	MG – 1 _{100PR}	MY – 1 _{100PR}	MD – 1 _{100PR}

U fazi tekućeg održavanja se takođe koriste primarni materijali, ali se za fazu investicionog održavanja planira poređenje varijante sa primarnim materijalima i varijante sa recikliranim i zelenim materijalima. Ovaj deo istraživanja može pomoći pri donošenju odluka o tome mogu li se postići uštede u emisijama iz faze investicionog održavanja

Ukupni ugljenični otisak posle 10 godina korišćenja objekta

Prvih 10 godina korišćenja prolazi bez potrebe za dodatnim investiranjem i tekućim održavanjem, pod pretpostavkom da su radovi na izgradnji urađeni kvalitetno, pa nema potrebe za dodatnim radovima iz faze tekućeg održavanja. U ovom periodu emisije iz operativne faze, kao posledica korišćenja objekta za svaki od tri modela: MG – 1₁₀, MY – 1₁₀ i MD – 1₁₀, posle 10 godina iznose 63,40 tona CO₂ e(Prilog 4. – E, Tabela. 4p.38.).

Rezultati analize modela MG – 1₁₀

Ukupni ugljenični otisak posle 10 godina korišćenja objekta je prikazan u Tabeli 4.48. i iznosi 228,00 tona CO₂ e. Procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale, aktivnosti i operativnu fazu modela MG – 1 posle 10 godina korišćenja objekta dato je u Tabeli 4.49. Dijagram ugljeničnih otisaka dat je u Prilogu 4 – Ž i Dijagramu 4p.2

Tabela 4.48. Ukupni ugljenični otisak za model MG – 1₁₀ posle 10 godina

Title of project: MG – 1₁₀		10
Carbon Footprint		
Construction Carbon:	164,60	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	63,40	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	228,00	tonnes CO ₂ e

Tabela 4.49. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za grupe materijala i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MG – 1₁₀ posle 10 godina

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MG – 1₁₀	tonnes CO₂e	%
Quarried Material	44,40	19,47%
Timber	3,40	1,49%
Concrete, Mortars & Cement	38,50	16,89%
Metals	23,90	10,48%
Plastics	5,80	2,54%
Glass	1,40	0,61%
Miscellaneous	9,90	4,34%
Finishings, coatings & adhesives	7,10	3,11%

Plant and equipment emissions	5,40	2,37%
Waste Removal	7,70	3,38%
Portable site accommodation	2,00	0,88%
Material transport	9,50	4,17%
Personnel travel	6,70	2,94%
Operational	63,40	27,63%
Total Carbon Footprin	228,0	100%

Rezultati analize modela MY – 1₁₀

U periodu prvih 10 godina korišćenja objekta za model MY – 1₁₀ emisije iz operativne faze iznose 63,40 tona CO₂ e (Prilog 4. – E, Tabela 4p.38.). Ukupni ugljenični otisak posle 10 godina je prikazan u Tabeli 4.50. i iznosi 175,90 tona CO₂ e. Procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale, aktivnosti i operativnu fazu modela MY – 1₁₀ posle 10 godina korišćenja objekta je prikazan u Tabeli 4.51.

Tabela 4.50. Ugljenični otisak za model MY – 1₁₀ posle 10 godina

Title of project: MY – 1 ₁₀		10
Carbon Footprin		
Construction Carbon:	112,50	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	63,40	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	175,90	tonnes CO ₂ e

Tabela 4.51. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za grupe materijala i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MY – 1₁₀ posle 10 godina

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MY – 1 ₁₀	tonnes CO ₂ e	%
Quarried Material	6,10	3,47%
Timber	3,30	1,88%
Concrete, Mortars & Cement	38,30	21,77%
Metals	15,80	8,98%
Plastics	5,80	3,30%
Glass	0,90	0,51%
Miscellaneous	9,60	5,46%
Finishings, coatings & adhesives	5,60	3,18%
Plant and equipment emissions	5,20	2,96%
Waste Removal	7,70	4,38%
Portable site accommodation	1,90	1,08%
Material transport	6,30	3,58%
Personnel travel	6,00	3,41%
Operational	63,40	36,04%
Total Carbon Footprin	175,90	100%

Rezultati analize modela MD – 1₁₀

U periodu prvih 10 godina korišćenja objekta za model MD – 1₁₀ emisije iz operativne faze iznose 63,40 tona CO₂ e. Ukupni ugljenični otisak posle 10 godina prikazan je u Tabeli 4.52. i iznosi 165,90 tona CO₂ e.

Tabela 4. 52. Ugljenični otisak za model MD – 1₁₀ posle 10 godina

Title of project: MD – 1 ₁₀		10
Carbon Footprin		
Construction Carbon:	102,50	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	63,40	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	165,90	tonnes CO ₂ e

Procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale, aktivnosti i operativnu fazu modela MD – 1₁₀ posle 10 godina korišćenja objekta prikazan je u Tabeli 4.53.

Tabela 4.53. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za grupe materijala i aktivnosti za izgradnju modela MD – 1₁₀ posle 10 godina

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MD – 1 ₁₀	tonnes CO ₂ e	%
Quarried Material	6,10	3,68%
Timber	13,70	8,26%
Concrete, Mortars & Cement	20,20	12,18%
Metals	11,80	7,11%
Plastics	5,80	3,50%
Glass	0,90	0,54%
Miscellaneous	12,00	7,23%
Finishings, coatings & adhesives	5,50	3,31%
Plant and equipment emissions	5,40	3,25%
Waste Removal	7,70	4,64%
Portable site accommodation	2,00	1,21%
Material transport	5,20	3,13%
Personnel travel	6,20	3,74%
Operational	63,40	38,22%
Total Carbon Footprin	165,90	100%

Poređenje rezultata analize ugljeničnog otiska ugrađenog i operativnog ugljenika posle 10 godina korišćenja objekta

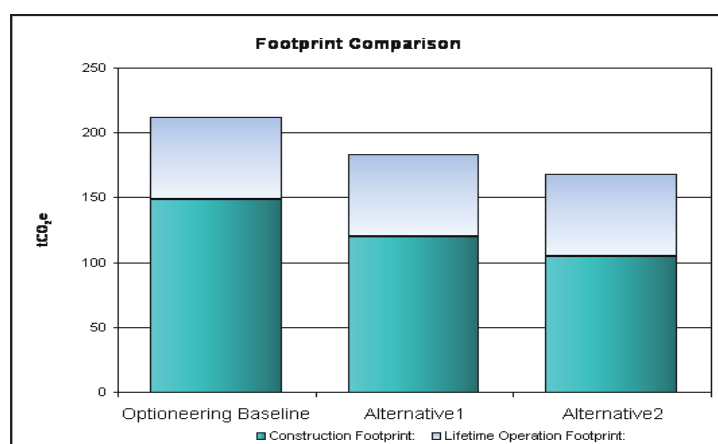
Obzirom da su sva tri objekta projektovana tako da zadovolje energetske razred C, emisije od energije potrebne za zagrevanje su iste, a ukupni ugljenični otisak posle 10 godina korišćenja modela **MG – 1₁₀**, **MY – 1₁₀** i **MD – 1₁₀**, prikazan je u Tabeli 4.54. i Dijagramu 4.11. Najveći

ukupni ugljenični otisak posle 10 godina korišćenja ima model **MG – 1₁₀**, on iznosi 228,00 tona CO₂ e, od čega je 27,63% emisija iz operativne faze, odnosno 63,40 tona CO₂ e. Sledeći po vrednosti je ugljenični otisak za model **MY – 1₁₀**. On iznosi 175,90 tona CO₂ e, od čega je 36,04% emisija iz operativne faze, odnosno 63,40 tona CO₂ e. Najmanji ugljenički otisak posle 10 godina eksploatacije od tri modela ima **MD – 1₁₀** i on iznosi 165,90 tona CO₂ e, od čega je 38,22% emisija iz operativne faze, odnosno 63,40 tona CO₂ e. Uporedni pregled ukupnih ugljeničkih otisaka za analizirane modele posle 10 godina korišćenja prikazan je u Dijagramu 4.11. numeričke vrednosti su date u Tabeli 4.54.

Tabela 4.54. Uporedni pregled LCA ukupnog ugljeničnog otiska posle 10 godina

VARIJANTE MODELA		Ugljenični otisak za				
		izgradnju objekta	tekuće održavanje	izgradnju i tekuće održavanje	operativnu fazu za 10 godina	ukupni posle 10 godina
		tona CO ₂ e po objektu				
1.	MG – 1 ₁₀	164,60	0	164,60	63,40	228,00
2.	MY – 1 ₁₀	112,50	0	112,50	63,40	175,90
3.	MD – 1 ₁₀	102,50	0	102,50	63,40	165,90

Procentualno učešće pojedinih faza u ukupnom ugljeničnom otisku LCA posle 10 godina korišćenja objekta prikazano je u Tabeli 4.55. Procenat učešća ugrađenih materijala i aktivnosti na izgradnji objekta je 72,19% za model MG – 1₁₀, za model MY – 1₁₀ je 63,96% i najniži za model MD – 1₁₀ iznosi 61,78%.



Dijagram 4.11. Rezultati LCA, poređenje ugljeničnog otisaka, ugrađenog i operativnog za MG – 1₁₀ (Optioneering Baseline), MY – 1₁₀ (Alternative 1) i MD – 1₁₀ (Alternative 2) posle 10 godina

Tabela 4.55. Procentualno učešće u ukupnom ugljениčnom otisku LCA posle 10 godina

VARIJANTE MODELA		Učešće u ukupnom ugljениčnom otisku za 10 godina			
		izgradnja objekta u %	tekuće održavanje u %	izgradnja i tekuće održavanje u %	operativna faza za 10 godina u %
1.	MG – 1 ₁₀	72,19%	0,00%	72,19%	27,81%
2.	MY – 1 ₁₀	63,96%	0,00%	63,96%	36,04%
3.	MD – 1 ₁₀	61,78%	0,00%	61,78%	38,22%

Ovako visok procenat učešća ugrađenog ugljenika u ukupnom ugljениčnom otisku gledano sa aspekta tendencija za smanjenje uticaja na životnu sredinu ukazuje na potrebu da se u fazi projektovanja sa više pažnje pristupi odabiru materijala i sistema za izgradnju objekata u Srbiji. Evidentno jeste da je učešće u ugljениčnom otisku iz operativne faze posle 10 godina korišćenja objekta 27,81% za model MG – 1₁₀, zatim za model MY – 1₁₀ je 36,04% i najveće za model MD – 1₁₀ iznosi 38,22%.

Vrednost ugljениčnog otiska izgradnje i tekućeg održavanja po m² bruto površine za modele MG – 1₁₀, MY – 1₁₀ i MD – 1₁₀ je nepromenjena, jer je pretpostavka da je objekat kvalitetno izgrađen i da nije bilo potrebno vršiti popravke i zamene materijala u prvih 10 godina korišćenja objekta. Ovo je prikazano u Tabeli 4.56.

Tabela 4.56. Uporedni pregled vrednosti ugljениčnog otiska izgradnje po m² bruto površine modela MG – 1₁₀, MY – 1₁₀ i MD – 1₁₀

VARIJANTE MODELA		Ugljениčni otisak izgradnje objekta tona CO ₂ e po objektu	Bruto površina objekta u m ²	Ugljениčni otisak izgradnje po m ² bruto površine tona CO ₂ e
1.	MG – 1 ₁₀	164,60	154,69	1,06
2.	MY – 1 ₁₀	112,50	154,69	0,73
3.	MD – 1 ₁₀	102,50	154,69	0,66

Ukupni ugljениčni otisak posle 20 godina korišćenja objekta

Posle isteka prvih 10 godina korišćenja objekta potrebno je izvesti radove na tekućem održavanju. To su unutrašnji molersko farbarski radovi i spoljašnji fasaderski radovi da bi objekat bio kvalitetno održavan i da bi dostigao svoj projektovani životni vek. Ove aktivnosti će povećati ugljениčni otisak u delu molerskih radova za 2,90 tona CO₂ e, iz fasaderskih radova za 1,30 tona CO₂ e i što ukupno dovodi do povećanja za 4,20 tona CO₂ e. U ovom periodu

emisije iz operativne faze, kao posledica korišćenja objekta za svaki od tri modela će se povećati za 63,40 tona CO₂ e koliko iznosi desetogodišnji ugljenični otisak od grejanja (Prilog 4. – E, Tabela 4p.38.).

Rezultati analize modela MG – 1₂₀

Ukupni ugljenični otisak za model MG – 1₂₀ posle 20 godina prikazan je u Tabeli 4.57. Procentualno učešće emisija je prikazano u Tabeli 4.58., a dijagram otisaka posle 20 godina eksploatacije je dat u Prilogu 4 – Ž, Dijagram 4p.3.

Tabela 4.57. Ugljenični otisak za model MG – 1₂₀ posle 20 godina

Title of project: MG – 1 ₂₀		20
Carbon Footprin		
Construction Carbon:	168.80	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	126.80	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	295.60	tonnes CO ₂ e

Tabela 4.58. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MG – 1₂₀ posle 20 godina

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MG – 1 ₂₀	tonnes CO ₂ e	%
Quarried Material	44,40	15,02%
Timber	3,40	1,15%
Concrete, Mortars & Cement	38,50	13,02%
Metals	23,90	8,08%
Plastics	5,80	1,96%
Glass	1,40	0,47%
Miscellaneous	9,9	3,35%
Finishings, coatings & adhesives	11,30	3,83%
Plant and equipment emissions	5,40	1,83%
Waste Removal	7,70	2,60%
Portable site accommodation	2,00	0,68%
Material transport	9,50	3,21%
Personnel travel	6,70	2,27%
Operational	126.80	42,90%
Total Carbon Footprin	295,60	100%

Rezultati analize modela MY – 1₂₀

Dodatne emisije iz tekućeg održavanja modela MY – 1₂₀ do 20. godine se takođe odnose na molersko farbarske radove i fasaderske radove. Ove aktivnosti će povećati ugljenični otisak u

delu molerskih radova za 2,90 tona CO₂ e i fasaderskih radova za 1,30 tona CO₂ e što ukupno dovodi do povećanja za 4,20 tona CO₂ e. Ukupni ugljenični otisak za model MY – 1₂₀ posle 20 godina prikazan je u Tabeli 4.59. Procentualno učešće emisija i aktivnosti je prikazano u Tabeli 4.60.

Tabela 4.59. Ugljenični otisak za model MY – 1₂₀ posle 20 godina

Title of project: MY – 1₂₀		20
Carbon Footprint		
Construction Carbon:	116,70	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	126,80	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	243,50	tonnes CO₂e

Tabela 4.60. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MY – 1₂₀ posle 20 godina

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MY – 1₂₀	tonnes CO₂e	%
Quarried Material	6,10	2,51%
Timber	3,30	1,36%
Concrete, Mortars & Cement	38,30	15,73%
Metals	15,80	6,49%
Plastics	5,80	2,38%
Glass	0,90	0,37%
Miscellaneous	9,60	3,94%
Finishings, coatings & adhesives	9,80	3,95%
Plant and equipment emissions	5,20	2,14%
Waste Removal	7,70	3,16%
Portable site accommodation	1,90	0,78%
Material transport	6,30	2,59%
Personnel travel	6,00	2,46%
Operational	126,80	52,07%
Total Carbon Footprint	243,50	100%

Rezultati analize modela MD – 1₂₀

Dodatne emisije iz tekućeg održavanja modela MD – 1₂₀ do 20. godine se takođe odnose na molersko farbarske i fasaderske radove. Ove aktivnosti će povećati ugljenični otisak u delu molerskih radova za 2,90 tona CO₂ e i fasaderskih radova za 1,30 tona CO₂ e, što ukupno dovodi do povećanja za 4,20 tona CO₂ e. Ukupni ugljenični otisak za model MY – 1₂₀ posle 20 godina prikazan je u Tabeli 4.61. Procentualno učešće emisija je prikazano u Tabeli 4.62.

Tabela 4. 61. Ugljenični otisak za model MD – 1₂₀ posle 20 godina

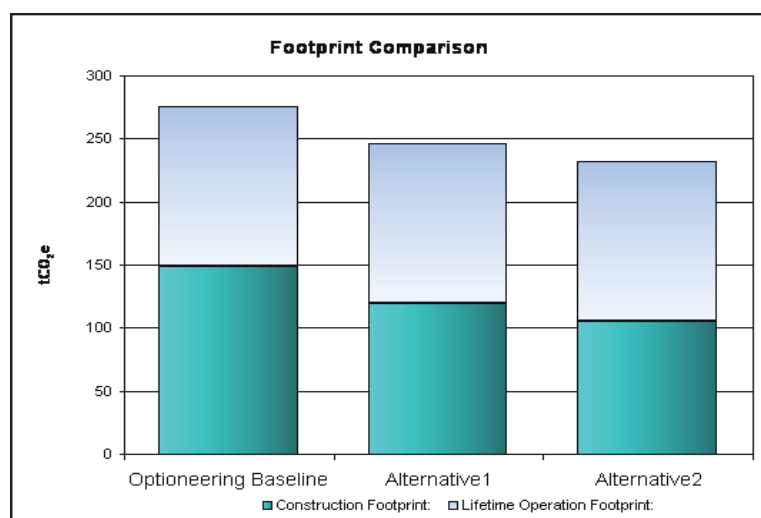
Title of project: MD – 1 ₂₀		20
	Carbon Footprint	
Construction Carbon:	106,70	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	126,80	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	233,50	tonnes CO ₂ e

Tabela 4.62. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MD – 1₂₀ posle 20 godina

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MD – 1 ₂₀	tonnes CO ₂ e	%
Quarried Material	6,10	2,61%
Timber	13,70	5,87%
Concrete, Mortars & Cement	20,20	8,65%
Metals	11,80	5,05%
Plastics	5,80	2,48%
Glass	0,90	0,38%
Miscellaneous	12,00	5,14%
Finishings, coatings & adhesives	9,70	4,15%
Plant and equipment emissions	5,40	2,31%
Waste Removal	7,70	3,30%
Portable site accommodation	2,00	0,86%
Material transport	5,20	2,23%
Personnel travel	6,20	2,66%
Operational	126,80	54,30%
Total Carbon Footprint	233,50	100%

Poređenje rezultata analize ugljeničnog otiska ugrađenog i operativnog ugljenika posle 20 godina korišćenja objekta

Rezultati emisije ukupnog ugljeničnog otiska posle 20. godina korišćenja za modele MG – 1₂₀, MY – 1₂₀ i MD – 1₂₀, prikazane su na Dijagramu 4.12., a numeričke vrednosti u Tabeli 4.63. Najveći ukupni ugljenični otisak do 20. godine eksploatacije ima model MG – 1₂₀, iznosi 295,60 tona CO₂ e, od čega je 42,90% emisije iz operativne faze, odnosno 126,80 tona CO₂ e. Sledeći je ugljenični otisak za model MY – 1₂₀ iznosi 243,50 tona CO₂ e, od čega je 52,07% emisije iz operativne faze, odnosno 126,80 tona CO₂ e.



Dijagram 4.12. Rezultati LCA, poređenje ugljeničnog otisaka, ugrađenog i operativnog za MG – 1₂₀ (Optioneering Baseline), MY – 1₂₀ (Alternative 1) i MD – 1₂₀ (Alternative 2) posle 20 godina

Tabela 4.63. Uporedni pregled LCA ukupnog ugljeničnog otiska posle 20 godina

VARIJANTE MODELA		Ugljenični otisak				
		za izgradnju objekta	za tekuće održavanje	za izgradnju i tekuće održavanje	za operativnu fazu 20 godina	ukupni posle 20 godina
		tona CO ₂ e po objektu				
1.	MG – 1 ₂₀	164,60	4,20	168,80	126,80	295,60
2.	MY – 1 ₂₀	112,50	4,20	116,70	126,80	243,50
3.	MD – 1 ₂₀	102,50	4,20	106,70	126,80	233,50

Najmanji ukupni ugljenični otisak posle 20 godina eksploatacije objekta ima model MD – 1₂₀ iznosi 233,50 tona CO₂ e, od čega je 54,30% emisije iz operativne faze, odnosno 126,80 tona CO₂ e.

Procentualno učešće pojedinih faza u ukupnom ugljeničnom otisku LCA posle 20 godina korišćenja objekta prikazano je u Tabeli 4.64. Procenat učešća ugrađenih materijala i aktivnosti na izgradnji i tekućem održavanju objekta je 57,10% za model MG – 1₂₀, za model MY – 1₂₀ je 47,93% i najniži za model MD – 1₂₀ iznosi 45,70%. Evidentno jeste da je učešće u ugljeničnom otisku iz operativne faze posle 20 godina korišćenja objekta 42,90% za model MG – 1₂₀, zatim za model MY – 1₂₀ je 52,07% i najveće za model MD – 1₂₀ iznosi 54,30%.

Tabela 4.64. Procentualno učešće u ukupnom ugljениčnom otisku LCA posle 20 godina

VARIJANTE MODELA		Učešće u ukupnom ugljениčnom otisku za 20 godina			
		izgradnja objekta u %	tekuće održavanje u %	izgradnja i tekuće održavanje u %	operativna faza za 20 godina u %
1.	MG – 1 ₂₀	55,68%	1,42%	57,10%	42,90%
2.	MY – 1 ₂₀	46,20%	1,73%	47,93%	52,07%
3.	MD – 1 ₂₀	43,90%	1,80%	45,70%	54,30%

Vrednost ugljениčnog otiska izgradnje po m² bruto površine za modele MG – 1₂₀, MY – 1₂₀ i MD – 1₂₀, posle 20 godina korišćenja i tekućeg održavanja prikazan je u Tabeli 4.65. Najveću vrednost ugljениčnog otiska po m² bruto površine ima model MG – 1₂₀, i iznosi 1,09 tona CO₂ e/m², zatim MY – 1₂₀, 0,75 tona CO₂ e/m², a najmanju MD – 1₂₀, 0,69 tona CO₂ e/m² bruto površine.

Tabela 4.65. Uporedni pregled vrednosti ugljениčnog otiska izgradnje po m² bruto površine modela MG – 1₂₀, MY – 1₂₀ i MD – 1₂₀

VARIJANTE MODELA MG		Ugljениčni otisak izgradnje i tekućeg održavanja objekta tona CO ₂ e po objektu	Bruto površina objekta u m ²	Ugljениčni otisak izgradnje po m ² bruto površine tona CO ₂ e
1.	MG – 1 ₂₀	168,80	154,69	1,09
2.	MY – 1 ₂₀	116,70	154,69	0,75
3.	MD – 1 ₂₀	106,70	154,69	0,69

Ukupni ugljениčni otisak posle 30 godina korišćenja objekta

Posle isteka prvih 20 godina korišćenja objekta potrebno je izvesti drugi ciklus radova na tekućem održavanju. To su unutrašnji molersko farbarski radovi i spoljašnji fasaderski radovi da bi objekat bio kvalitetno održavan i da bi dostigao svoj projektovani životni vek. Osim toga sistemi za odvođenje atmosfere vode, imaju životni vek između 25 i 30 godina, a takođe i kapci na prozorima, pa je potrebno izvršiti i njihovu zamenu. Aktivnosti na tekućem održavanju objekta će povećati ugljениčni otisak u delu molerskih radova za 2,90 tona CO₂ e, fasaderskih radova za 1,30 tona CO₂ e, zatim zamena oluka i solbanaka 0,70 tona CO₂ e i zamena spoljašnjih prozorskih kapaka 0,16 tona CO₂ e što ukupno dovodi do povećanja za 5,06 tona CO₂ e. U operativnoj fazi ugljениčki otisak se za svaki od analiziranih modela povećava za 63,40 tona CO₂ e, koliko iznosi desetogodišnji ugljениčni otisak za potrebe grejanja objekta (Prilog 4 – E, Tabela 4p.38.).

Rezultati analize modela MG – 1₃₀

Ukupni ugljenični otisak za model MG – 1₃₀ posle 30 godina prikazan je u Tabeli 4.66. Procentualno učešće emisija je prikazano u Tabeli 4.67., a Dijagram ukupnog ugljeničnog otisaka za 30 godina korišćenja je dat u Prilogu 4 – Ž, Dijagramu 4p.4. i Tabeli 4p. 39.

Tabela 4.66. Ugljenični otisak za model MG – 1₃₀ za posle 30 godina

Title of project: MG – 1 ₃₀		30
Carbon Footprint		
Construction Carbon:	173,86	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	190.2	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	364.06	tonnes CO ₂ e

Tabela 4.67. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MG – 1₃₀ posle 30 godina

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MG – 1 ₃₀	tonnes CO ₂ e	%
Quarried Material	44,40	12,20%
Timber	3,56	0,98%
Concrete, Mortars & Cement	38,50	10,57%
Metals	24,60	6,76%
Plastics	5,80	1,60%
Glass	1,40	0,38%
Miscellaneous	9,90	2,72%
Finishings, coatings & adhesives	15,50	4,26%
Plant and equipment emissions	5,40	1,49%
Waste Removal	7,70	2,12%
Portable site accommodation	2,00	0,55%
Material transport	9,50	2,62%
Personnel travel	6,70	1,84%
Operational	190,20	52,24%
Total Carbon Footprint	364,06	100%

Rezultati analize modela MY – 1₃₀

Dodatne emisije iz tekućeg održavanja modela MY – 1₃₀ posle 30 godina se takođe odnose na molersko farbarske radove i fasaderske radove da bi objekat bio kvalitetno održavan i da bi dostigao svoj projektovani životni vek. Ove aktivnosti će povećati ugljenični otisak u delu molerskih radova za 2,90 tona CO₂ e iz fasaderskih radova za 1,30 tona CO₂ e što ukupno dovodi do povećanja za 4,20 tona CO₂ e, zatim zamena oluka i solbanaka 0,70 tona CO₂ e i zamena spoljašnjih prozorskih kapaka 0,16 tona CO₂ e, što ukupno dovodi do povećanja za

5,06 tona CO₂ e. Ukupni ugljenični otisak za model MY – 1₃₀ posle 30 godina prikazan je u Tabeli 4.68. Procentualno učešće emisija je prikazano u Tabeli 4.69.

Tabela 4.68. Ugljenični otisak za model MY – 1₃₀ posle 30 godina

Title of project: MY – 1₃₀		30
Carbon Footprin		
Construction Carbon:	121,76	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	190.20	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	311,96	tonnes CO₂e

Tabela 4.69 LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MY – 1₃₀ posle 30 godina

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MY – 1₃₀	tonnes CO₂e	%
Quarried Material	6,10	1,96%
Timber	3,46	1,11%
Concrete, Mortars & Cement	38,30	12,28%
Metals	16,50	5,30%
Plastics	5,80	1,86%
Glass	0,90	0,29%
Miscellaneous	9,60	3,07%
Finishings, coatings & adhesives	9,80	3,14%
Plant and equipment emissions	5,20	1,67%
Waste Removal	7,70	2,47%
Portable site accommodation	1,90	0,61%
Material transport	6,30	2,02%
Personnel travel	6,00	1,93%
Operational	190.20	60,97%
Total Carbon Footprin	311,96	100%

Rezultati analize modela MD – 1₃₀

Dodatne emisije iz tekućeg održavanja modela MD – 1₃₀ posle 30. godine se takođe odnose na molersko farbarske radove i fasaderske radove da bi objekat bio kvalitetno održavan i da bi dostigao svoj projektovani životni vek. Ove aktivnosti će povećati ugljenični otisak u delu molerskih radova za 2,90 tona CO₂ e iz fasaderskih radova za 1,30 tona CO₂ e, što ukupno dovodi do povećanja za 4,20 tona CO₂ e, zatim zamena oluka i solbanaka 0,70 tona CO₂ e i zamena spoljašnjih prozorskih kapaka 0,16 tona CO₂ e, što ukupno dovodi do povećanja za 5,06 tona CO₂ e. Ukupni ugljenični otisak za model MD – 1₃₀ posle 30 godina prikazan je u Tabeli 4.70. Procentualno učešće emisija je prikazano u Tabeli 4.71.

Tabela 4. 70 Ugljenični otisak za model MD – 1₃₀ posle 30 godina

Title of project: MD – 1 ₃₀		30
Carbon Footprin		
Construction Carbon:	111,76	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	190,20	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	301,10	tonnes CO ₂ e

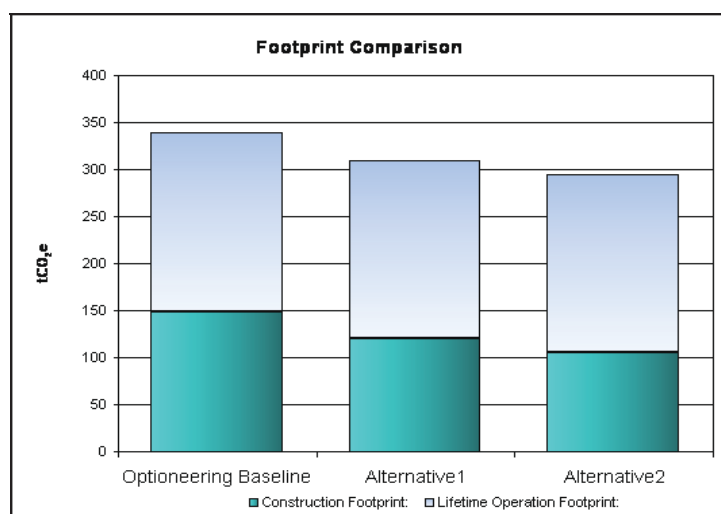
Tabela 4.71. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MD – 1₃₀ posle 30 godina

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MD – 1 ₃₀	tonnes CO ₂ e	%
Quarried Material	6,10	2,03%
Timber	13,86	4,59%
Concrete, Mortars & Cement	20,20	6,68%
Metals	12,50	4,13%
Plastics	5,80	1,93%
Glass	0,90	0,30%
Miscellaneous	12,00	3,97%
Finishings, coatings & adhesives	9,70	3,22%
Plant and equipment emissions	5,40	1,79%
Waste Removal	7,70	2,56%
Portable site accommodation	2,00	0,66%
Material transport	5,20	1,73%
Personnel travel	6,20	2,06%
Operational	190,20	62,99%
Total Carbon Footprin	301,96	100%

Poređenje rezultata analize ugljeničnog otiska ugrađenog i operativnog ugljenika posle 30 godina korišćenja objekta

Rezultati emisije ukupnog ugljeničnog otiska posle 30 godina korišćenja za MG – 1₃₀, MY – 1₃₀ i MD – 1₃₀, prikazani su na Dijagramu 4.13., a numeričke vrednosti u Tabeli 4.72.

Najveći ukupni ugljenični otisak posle 30 godina korišćenja objekta ima model MG – 1₃₀ iznosi 364,06 tona CO₂ e, od čega je 52,24% emisija iz operativne faze, odnosno 190,20 tona CO₂ e. Sledeći je ugljenični otisak za model MY – 1₃₀ iznosi 311,96 tona CO₂ e, od čega je 60,97% emisija iz operativne faze, odnosno 190,20 tona CO₂ e. Najmanji ukupni ugljenični otisak posle 30 godina eksploatacije ima model MD – 1₃₀ iznosi 301,96 tona CO₂ e, od čega je 62,99% emisija iz operativne faze, odnosno 190,20 tona CO₂ e.



Dijagram 4.13. Rezultati LCA, p

Poređenje ugljeničnog otisaka, ugrađenog i operativnog za MG – 1₃₀ (Optioneering Baseline), MY – 1₃₀ (Alternative 1) i MD – 1₃₀ (Alternative 2) posle 30 godina

Tabela 4.72. Uporedni pregled LCA ukupnog ugljeničnog otiska posle 30 godina

VARIJANTE MODELA		Ugljenični otisak za				
		izgradnju objekta	tekuće održavanje	izgradnju i tekuće održavanje	operativnu fazu za 30 godina	ukupni posle 30 godina
		tona CO ₂ e po objektu				
1.	MG – 1 ₃₀	164,60	9,26	173,86	190,20	364,06
2.	MY – 1 ₃₀	112,50	9,26	121,76	190,20	311,96
3.	MD – 1 ₃₀	102,50	9,26	111,76	190,20	301,96

Procentualno učešće pojedinih faza u ukupnom ugljeničnom otisku LCA posle 30 godina korišćenja objekta prikazano je u Tabeli 4.73.

Tabela 4.73. Procentualno učešće u ukupnom ugljeničnom otisku LCA posle 30 godina

VARIJANTE MODELA		Učešće u ukupnom ugljeničnom otisku			
		izgradnja objekta u %	tekuće održavanje u %	izgradnja i tekuće održavanje u %	operativna faza za 30 godina u %
1.	MG – 1 ₃₀	45,22%	2,54%	47,76%	52,24%
2.	MY – 1 ₃₀	36,06%	2,97%	39,03%	60,97%
3.	MD – 1 ₃₀	33,94%	3,07%	37,01%	62,99%

Procenat učešća ugrađenih materijala i aktivnosti na izgradnji i tekućem održavanju za model MG – 1₃₀ je 47,76% zatim za model MY – 1₃₀ je 39,03% i najniži za model MD – 1₃₀ iznosi 37,01%. Evidentno jeste da je učešće u ugljeničnom otisku iz operativne faze posle 30 godina korišćenja objekta 52,24% za model MG – 1₃₀, zatim veće za model MY – 1₃₀ je 60,97% i najveće za model MD – 1₃₀ iznosi 62,99%. To potpuno opravdava donošenje propisa koji se primenjuju u projektovanju i izgradnji novih objekata i energetske sanaciji postojećih, ali je takođe uočena potreba da se smanji ugljenični otisak izgradnje, odnosno, da se u fazi projektovanja iznađu niskougljenična rešenja.

Vrednost ugljeničnog otiska izgradnje po m² bruto površine za modele MG – 1₃₀, MY – 1₃₀ i MD – 1₃₀, posle 30 godina korišćenja i tekućeg održavanja prikazana je u Tabeli 4.74. Najveću vrednost ugljeničnog otiska po m² bruto površine ima model MG – 1₃₀, 1,12 tona CO₂ e/m², zatim MY – 1₃₀, 0,79 tona CO₂ e/m², a najmanju MD – 1₃₀, 0,72 tona CO₂ e/m² bruto površine.

Tabela 4.74. Uporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje po m² bruto površine modela MG – 1₃₀, MY – 1₃₀ i MD – 1₃₀

VARIJANTE MODELA MG		Ugljenični otisak izgradnje objekta tona CO ₂ e po objektu	Bruto površina objekta u m ²	Ugljenični otisak izgradnje po m ² bruto površine tona CO ₂ e
1.	MG – 1 ₃₀	173,86	154,69	1,12
2.	MY – 1 ₃₀	121,76	154,69	0,79
3.	MD – 1 ₃₀	111,76	154,69	0,72

Ukupni ugljenični otisak posle 40 godina korišćenja objekta

Posle isteka prvih 30 godina korišćenja potrebno je izvesti treći ciklus radova na tekućem održavanju objekta. To su unutrašnji molersko farbarski radovi i spoljašnji fasaderski radovi. Ove aktivnosti će povećati ugljenični otisak u delu molerskih radova za 2,90 tona CO₂ e i fasaderskih radova za 1,30 tona CO₂ e, što ukupno dovodi do povećanja za 4,20 tona CO₂ e. U operativnoj fazi ugljenički otisak se za svaki od analiziranih modela povećava za 63,40 tona CO₂ e koliko iznosi desetogodišnji ugljenični otisak za potrebe grejanja objekta (Prilog 4 – E, Tabela 4p.38.).

Rezultati analize modela MG – 1₄₀

Ukupni ugljenični otisak za model MG – 1₄₀ posle 40 godina prikazan je u Tabeli 4.75. Procentualno učešće emisija je prikazano u Tabeli 4.76., a dijagram otisaka posle 40 godina eksploatacije je dat u Prilogu 4 – Ž, Dijagram 4p.5.

Tabela 4.75. Ugljenični otisak za model MG – 1 posle 40 godina

Title of project: MG – 1 ₄₀		40
Carbon Footprin		
Construction Carbon:	178,06	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	253,60	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	431,66	tonnes CO ₂ e

Tabela 4.76. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MG – 1₄₀ posle 40 godina

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MG – 1 ₄₀	tonnes CO ₂ e	%
Quarried Material	44,40	10,31%
Timber	3,56	0,79%
Concrete, Mortars & Cement	38,50	8,91%
Metals	24,60	5,70%
Plastics	5,80	1,35%
Glass	1,40	0,32%
Miscellaneous	9,90	2,30%
Finishings, coatings & adhesives	19,70	4,56%
Plant and equipment emissions	5,40	1,25%
Waste Removal	7,70	1,79%
Portable site accommodation	2,00	0,46%
Material transport	9,50	2,21%
Personnel travel	6,70	1,56%
Operational	253,60	58,76%
Total Carbon Footprint	431,66	100%

Rezultati analize modela MY – 1₄₀

Dodatne emisije iz tekućeg održavanja modela MY – 1₄₀ do 40. godine korišćenja se takođe odnose na još jedan ciklus molersko farbarskih i fasaderskih radova. Ove aktivnosti će povećati ugljenični otisak u delu molerskih radova za 2,90 tona CO₂ e, iz fasaderskih radova za 1,30 tona CO₂ e, što ukupno dovodi do povećanja za 4,20 tona CO₂ e. Ukupni ugljenični otisak za model MY – 1₄₀ posle 40 godina prikazan je u Tabeli 4.77. Procentualno učešće emisija je prikazano u Tabeli 4.78.

Tabela 4.77. Ugljenični otisak za model MY – 1₄₀ posle 40 godina

Title of project: MY – 1₄₀		40
Carbon Footprin		
Construction Carbon:	125,96	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	253,60	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	379,56	tonnes CO ₂ e

Tabela 4.78. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MY – 1₄₀ posle 40 godina

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MY – 1₄₀	tonnes CO₂e	%
Quarried Material	6,10	1,61%
Timber	3,46	0,91%
Concrete, Mortars & Cement	38,30	10,09%
Metals	16,50	4,35%
Plastics	5,80	1,53%
Glass	0,90	0,24%
Miscellaneous	9,60	2,53%
Finishings, coatings & adhesives	22,40	5,91%
Plant and equipment emissions	5,20	1,37%
Waste Removal	7,70	2,03%
Portable site accommodation	1,90	0,50%
Material transport	6,30	1,66%
Personnel travel	6,00	1,58%
Operational	253,60	66,81%
Total Carbon Footprin	379,56	100%

Rezultati analize modela MD – 1₄₀

Dodatne emisije iz tekućeg održavanja modela MD – 1₄₀ do 40. godine se takođe odnose na molersko farbarske i fasaderske radove. Ove aktivnosti će povećati ugljenični otisak u delu molerskih radova za 2,90 tona CO₂ e, iz fasaderskih radova za 1,30 tona CO₂ e, što ukupno dovodi do povećanja za 4,20 tona CO₂ e. Ukupni ugljenični otisak za model MY – 1₄₀ posle 40 godina prikazan je u Tabeli 4.79. Procentualno učešće emisija je prikazano u Tabeli 4.80.

Tabela 4. 79. Ugljenični otisak za model MD – 1₄₀ posle 40 godina

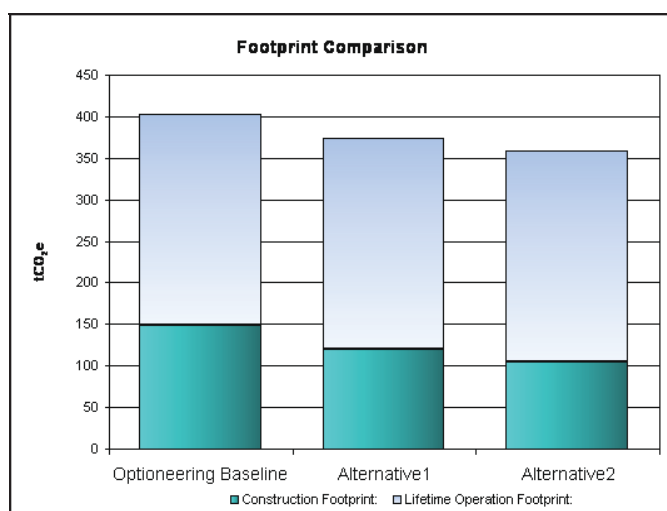
Title of project: MD – 1₄₀		40
Carbon Footprin		
Construction Carbon:	115,96	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	253,60	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	368,70	tonnes CO ₂ e

Tabela 4.80. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MD – 1₄₀ posle 40 godina

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MD – 1 ₄₀	tonnes CO ₂ e	%
Quarried Material	6,10	1,65%
Timber	13,86	3,75%
Concrete, Mortars & Cement	20,20	5,47%
Metals	12,50	3,38%
Plastics	5,80	1,57%
Glass	0,90	0,24%
Miscellaneous	12,00	3,25%
Finishings, coatings & adhesives	22,30	6,03%
Plant and equipment emissions	5,40	1,46%
Waste Removal	7,70	2,09%
Portable site accommodation	2,00	0,54%
Material transport	5,20	1,41%
Personnel travel	6,20	1,68%
Operational	253,60	68,62%
Total Carbon Footprint	369,56	100%

Poređenje rezultata analize ugljeničnog otiska ugrađenog i operativnog ugljenika posle 40 godina korišćenja objekta

Rezultati ukupnog ugljeničnog otiska posle 40 godina korišćenja objekata prema modelu MG – 1₄₀, MY – 1₄₀ i MD – 1₄₀, prikazani su na Dijagramu 4.14. a numeričke vrednosti u Tabeli 4.81. Najveći ukupni ugljenični otisak posle 40 godina korišćenja ima model MG – 1₄₀ i iznosi 431,66 tona CO₂ e, od čega je 58,75% emisija iz operativne faze, odnosno 253,60 tona CO₂ e. Sledeći je ugljenični otisak za model MY – 1₄₀ koji iznosi 379,56 tona CO₂ e, od čega je 66,81% emisija iz operativne faze, odnosno 253,60 tona CO₂ e. Najmanji ukupni ugljenični otisak posle 40 godina eksploatacije ima model MD – 1₄₀ iznosi 369,56 tona CO₂ e, od čega je 68,62% emisija iz operativne faze, odnosno 253,60 tona CO₂ e.



Dijagram 4.14. Rezultati LCA, poređenje ugljeničnog otisaka, ugrađenog i operativnog za MG – 1₄₀ (Optioneering Baseline), MY – 1₄₀ (Alternative 1) i MD – 1₄₀ (Alternative 2). posle 40 godina

Tabela 4.81. Uporedni pregled LCA ukupnog ugljeničnog otisaka posle 40 godina

VARIJANTE MODELA		Ugljenični otisak za				
		izgradnju objekta	tekuće i investiciono održavanje	izgradnju, tekuće i investiciono održavanje	operativnu fazu za 40 godina	ukupni posle 40 godina
		tona CO ₂ e po objektu				
1.	MG – 1 ₄₀	164,60	13,46	178,06	253,60	431,66
2.	MY – 1 ₄₀	112,50	13,46	125,96	253,60	379,56
3.	MD – 1 ₄₀	102,50	13,46	115,96	253,60	369,56

Procentualno učešće pojedinih faza u ukupnom ugljeničnom otisku LCA posle 40 godina korišćenja objekta prikazano je u Tabeli 4.82. Procenat učešća ugrađenih materijala i aktivnosti na izgradnji, tekućem i investicionom održavanju objekta je 41,24% za model MG – 1₄₀, zatim manji za model MY – 1₄₀ je 33,19% i najniži za model MD – 1₄₀ iznosi 31,38%. Evidentno jeste da je učešće u ugljeničnom otisku iz operativne faze posle 40 godina korišćenja objekta 58,76% za model MG – 1₄₀, zatim veće za model MY – 1₄₀ je 66,81% i najveće za model MD – 1₄₀ iznosi 68,62%.

Tabela 4.82. Procentualno učešće u ukupnom ugljениčnom otisku LCA posle 40 godina

VARIJANTE MODELA		Učešće u ukupnom ugljениčnom otisku			
		izgradnja objekta u %	tekuće održavanje u %	izgradnja i tekuće održavanje u %	operativna faza za 40 godina u %
1.	MG – 1 ₄₀	38,12%	3,12%	41,24%	58,76%
2.	MY – 1 ₄₀	29,64%	3,55%	33,19%	66,81%
3.	MD – 1 ₄₀	27,74%	3,64%	31,38%	68,62%

Vrednost ugljениčnog otiska izgradnje po m² bruto površine za modele MG – 1₄₀, MY – 1₄₀ i MD – 1₄₀, znači posle 40 godina korišćenja i tekućeg održavanja, prikazana je u Tabeli 4.83. Najveću vrednost ugljениčnog otiska po m² bruto površine ima model MG – 1₄₀, 1,15 tona CO₂ e/m², zatim MY – 1₄₀, 0,81 tona CO₂ e/m², a najmanju MD – 1₄₀, 0,75 tona CO₂ e/m² bruto površine.

Tabela 4.83. Uporedni pregled vrednosti ugljениčnog otiska izgradnje po m² bruto površine modela MG – 1₄₀, MY – 1₄₀ i MD – 1₄₀

VARIJANTE MODELA MG		Ugljениčni otisak izgradnje objekta tona CO ₂ e po objektu	Bruto površina objekta u m ²	Ugljениčni otisak izgradnje po m ² bruto površine tona CO ₂ e
1.	MG – 1 ₄₀	178,06	154,69	1,15
2.	MY – 1 ₄₀	125,96	154,69	0,81
3.	MD – 1 ₄₀	115,96	154,69	0,75

Ukupni ugljениčni otisak posle 50 godina korišćenja objekta

Posle isteka 40 godina korišćenja objekta potrebno je izvesti četvrti ciklus radova na tekućem održavanju objekta. Ove aktivnosti će povećati ugljениčni otisak u delu molerskih radova za 2,90 tona CO₂ e i fasaderskih radova za 1,30 tona CO₂ e, što ukupno dovodi do povećanja ugljениčnog otiska za 4,20 tona CO₂ e. U operativnoj fazi ugljениčki otisak se za svaki od analiziranih modela povećava za 63,40 tona CO₂ e, koliko iznosi desetogodišnja emisija za potrebe grejanja objekta. U operativnoj fazi ugljениčki otisak se za svaki od analiziranih modela povećava za 63,40 tona CO₂ e, koliko iznosi desetogodišnji ugljениčni otisak za potrebe grejanja objekta (Prilog 4 – E, Tabela 4p.38.).

Rezultati analize modela MG – 1₅₀

Ukupni ugljenični otisak za model MG – 1₅₀ posle 50 godina prikazan je u Tabeli 4.84. Procentualno učešće emisija je prikazano u Tabeli 4.85., a dijagram otisaka posle 50 godina eksploatacije je u Prilogu 11 – Ž, Dijagram 4p.6.

Tabela 4.84. Ugljenični otisak za model MG – 1₅₀ posle 50 godina

Title of project: MG– 1 ₅₀		50
	Carbon Footprin	
Construction Carbon:	182,26	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	317.00	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	499,26	tonnes CO ₂ e

Tabela 4.85. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MG – 1₅₀ posle 50 godina

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MG– 1 ₅₀	tonnes CO ₂ e	%
Quarried Material	44,40	8,89%
Timber	3,56	0,73%
Concrete, Mortars & Cement	38,50	7,71%
Metals	24,60	4,93%
Plastics	5,80	1,16%
Glass	1,40	0,28%
Miscellaneous	9,90	1,98%
Finishings, coatings & adhesives	23,80	4,77%
Plant and equipment emissions	5,40	1,08%
Waste Removal	7,70	1,54%
Portable site accommodation	2,00	0,40%
Material transport	9,50	1,90%
Personnel travel	6,70	1,34%
Operational	317.00	63,49%
Total Carbon Footprin	499,26	100%

Rezultati analize modela MY – 1₅₀

Dodatne emisije iz tekućeg održavanja modela MY – 1₅₀ u periodu od 40. do 50. godine se takođe odnose na još jedan ciklus molersko farbarskih i fasaderskih radova. Ove aktivnosti će povećati ugljenični otisak u delu molerskih radova za 2,90 tona CO₂ e, iz fasaderskih radova za 1,30 tona CO₂ e, što ukupno dovodi do povećanja za 4,20 tona CO₂ e. Ukupni ugljenični otisak za model MY – 1₅₀ posle 50 godina prikazan je u Tabeli 4.86. Procentualno učešće emisija je prikazano u Tabeli 4.87.

Tabela 4.86. Ugljenični otisak za model MY – 1₅₀ posle 50 godina

Title of project: MY – 1₅₀	50	
	Carbon Footprin	
Construction Carbon:	130,16	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	317,00	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	447,16	tonnes CO₂e

Tabela 4.87. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MY – 1₅₀ posle 50 godina

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MY – 1₅₀	tonnes CO₂e	%
Quarried Material	6,10	1,36%
Timber	3,46	0,77%
Concrete, Mortars & Cement	38,30	8,56%
Metals	16,50	3,70%
Plastics	5,80	1,30%
Glass	0,90	0,20%
Miscellaneous	9,60	2,15%
Finishings, coatings & adhesives	26,60	5,94%
Plant and equipment emissions	5,20	1,16%
Waste Removal	7,70	1,72%
Portable site accommodation	1,90	0,42%
Material transport	6,30	1,41%
Personnel travel	6,00	1,34%
Operational	317,00	70,89%
Total Carbon Footprin	447,16	100%

Rezultati analize modela MD – 1₅₀

Dodatne emisije iz tekućeg održavanja modela MD – 1₅₀ u periodu od 40. do 50. godine se takođe odnose na molersko farbarske i fasaderske radove. Ove aktivnosti će povećati ugljenični otisak u delu molerskih radova za 2,90 tona CO₂ e, iz fasaderskih radova za 1,30 tona CO₂ e, što ukupno dovodi do povećanja od 4,20 tona CO₂ e. Ukupni ugljenični otisak za model MD – 1₅₀ posle 50 godina prikaza je u Tabeli 4.88. Procentualno učešće emisija je prikazano u Tabeli 4.89.

Tabela 4. 88. Ugljenični otisak za model MD – 1₅₀ posle 50 godina

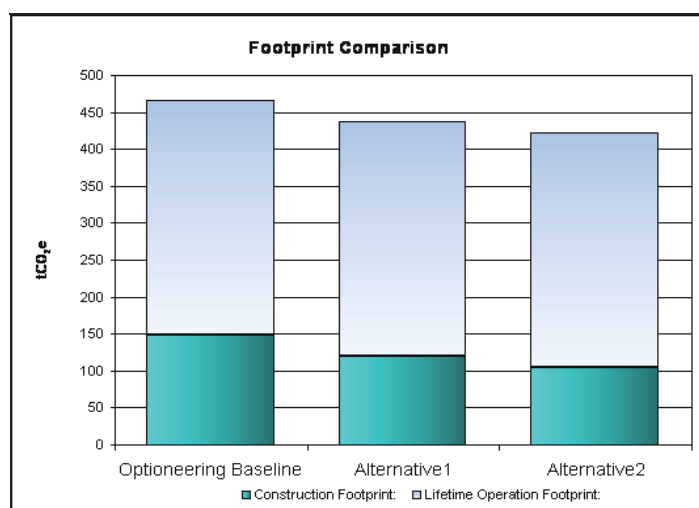
Title of project: MD – 1₅₀	50	
	Carbon Footprin	
Construction Carbon:	120,16	tonnes CO₂e
Lifetime Operational Carbon:	317,00	tonnes CO₂e
Total Carbon Footprint:	437,16	tonnes CO₂e

Tabela 4.89. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MD – 1₅₀ posle 50 godina

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MD – 1 ₅₀	tonnes CO ₂ e	%
Quarried Material	6,10	1,39%
Timber	13,86	3,16%
Concrete, Mortars & Cement	20,20	4,60%
Metals	12,50	2,85%
Plastics	5,80	1,32%
Glass	0,90	0,21%
Miscellaneous	12,00	2,73%
Finishings, coatings & adhesives	22,30	6,05%
Plant and equipment emissions	5,40	1,22%
Waste Removal	7,70	1,75%
Portable site accommodation	2,00	0,45%
Material transport	5,20	1,18%
Personnel travel	6,20	1,41%
Operational	317,00	72,51%
Total Carbon Footprint	437,16	100%

Poređenje rezultata analize ugljeničnog otiska ugrađenog i operativnog ugljenika za 50 godina korišćenja objekta

Rezultati ukupnog ugljeničnog otiska posle 50 godina korišćenja objekta prema modelima MG – 1₅₀, MY – 1₅₀ i MD – 1₅₀ prikazani su na Dijagramu 4.15., a numeričke vrednosti u Tabeli 4.90.



Dijagram 4.15. Rezultati LCA, poređenje ugljeničnog otisaka, ugrađenog i operativnog za MG – 1₅₀ (Optioneering Baseline), MY – 1₅₀ (Alternative 1) i MD – 1₅₀ (Alternative 2) posle 50 godina

Najveći ukupni ugljenični otisak posle 50 godina korišćenja ima model MG – 1₅₀ i iznosi 499,26 tona CO₂ e, od čega je 63,49% emisija iz operativne faze, odnosno 317,00 tona CO₂ e. Sledeći je ugljenični otisak za model MY – 1₅₀ iznosi 447,16 tona CO₂ e, od čega je 70,89% emisija iz operativne faze, odnosno 317,00 tona CO₂ e. Najmanji ukupni ugljenični otisak posle 50 godina ima model MD – 1₅₀ i iznosi 437,16 tona CO₂ e, od čega je 72,51% emisija iz operativne faze, odnosno 317,00 tona CO₂ e.

Tabela 4.90. Uporedni pregled LCA ukupnog ugljeničnog otiska posle 50 godina

VARIJANTE MODELA		Ugljenični otisak za				
		izgradnju objekta	Investiciono održavanje	izgradnju i investiciono održavanje	operativnu fazu za 50 godina	ukupni posle 50 godina
		tona CO ₂ e po objektu				
1.	MG – 1 ₅₀	164,60	17,66	182,26	317,00	499,26
2.	MY – 1 ₅₀	112,50	17,66	130,16	317,00	447,16
3.	MD – 1 ₅₀	102,50	17,66	120,16	317,00	437,16

Procentualno učešće izgradnje i tekućeg održavanja i operativne faze u odnosu na ukupne emisije modela posle 50 godina korišćenja objekta prikazane su u Tabeli 4.91. Učešće ugljeničnog otiska izgradnje i tekućeg održavanja u ukupnom ugljeničnom otisku za 50 godina korišćenja MG – 1₅₀ iznosi 36,51%, za model MY – 1₅₀ iznosi 29,11% i za model MD – 1₅₀ iznosi 27,45% u odnosu na ukupne ugljeničke otiske svakog od modela. **Ovaj rezultat je još jedan od ključnih razloga zbog kojih je važno sagledati ugljenički otisak gradnje, tekućeg i investicionog održavanja objekta i uvažiti njegov značaj.**

Tabela 4.91. Procentualno učešće u ukupnom ugljeničnom otisku LCA posle 50 godina

VARIJANTE MODELA		Učešće u ukupnom ugljeničnom otisku			
		izgradnja objekta u %	tekuće održavanje u %	izgradnja i tekuće održavanje u %	operativna faza za 50 godina u %
1.	MG – 1 ₅₀	32,97%	3,54%	36,51%	63,49%
2.	MY – 1 ₅₀	25,16%	3,95%	29,11%	70,89%
3.	MD – 1 ₅₀	23,45%	4,04%	27,49%	72,51%

Vrednost ugljeničnog otiska izgradnje po m² bruto površine za modele MG – 1₅₀, MY – 1₅₀ i MD – 1₅₀, znači posle 50 godina korišćenja i tekućeg održavanja, prikazana je u Tabeli 4.92. Najveću vrednost ugljeničnog otiska po m² bruto površine ima model MG – 1₅₀ od 1,18 tona

CO₂ e/m², zatim MY – 1₅₀ od 0,84 tona CO₂ e/m², a najmanju MD – 1₅₀ od 0,78 tona CO₂ e/m² bruto površine.

Tabela 4.92. Uporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje po m² bruto površine modela MG – 1₅₀, MY – 1₅₀ i MD – 1₅₀

VARIJANTE MODELA MG		Ugljenični otisak izgradnje objekta tona CO ₂ e po objektu	Bruto površina objekta u m ²	Ugljenični otisak izgradnje po m ² bruto površine tona CO ₂ e
1.	MG – 1 ₅₀	182,26	154,69	1,18
2.	MY – 1 ₅₀	130,16	154,69	0,84
3.	MD – 1 ₅₀	120,16	154,69	0,78

Posle 50 godina korišćenja objekta potrebno je izvršiti radove na investicionom održavanju. Životni vek instalacija vodovoda i kanalizacije, grejanja, elektro instalacija, prozora i spoljašnjih vrata, parketa i keramičkih pločica, potrebne popravke krovne konstrukcije i krovnog pokrivača i termo izolacionih materijala je takođe 50 godina. Ovi radovi nose sa sobom i količinu otpada koja nastaje pri investicionom održavanju i rekonstrukciji objekta. Domaći proizvođači prefabrikovanih drvenih zgrada u svojim atestima navode da je njihov životni vek 50 godina, što podrazumeva radove na rekonstrukciji fasadnih i pregradnih elemenata sklopa i krovne konstrukcije. Sve ovo će dovesti do novih emisija CO₂ e u sledećem analiziranom ciklusu znači između 50. i 60. godine korišćenja objekta.

Ukupni ugljenični otisak posle 60 godina korišćenja objekta

Posle 50 godina korišćenja objekta potrebno je preduzeti radove na investicionom održavanju: zamenu instalacija vodovoda i kanalizacije, elektro instalacija, sistema grejanja, zamenu krovnog pokrivača, sistema za odvođenje atmosverske vode, keramičkih pločica, parketa, stolarije, izolacije na fasadi i po potrebi u tavanskom prostoru, malterisanje fasade i na kraju izvesti molersko farbarske i fasaderske radove. Ako je objekat održavan, ovaj obim radova može biti manji, ako je objekat loše održavan onda je obim popravki veći. Sve navedene pozicije radova spadaju u grupu radova na investicionom održavanju i rekonstrukciji objekta. Obim ovih radova direktno dovodi do novih emisija CO₂ e. Analizira se ugljenički otisak od korišćenja novih primarnih materijala i poredi sa ugljeničkim otiskom od recikliranih i zelenih materijala. U operativnoj fazi ugljenički otisak se za svaki od analiziranih modela povećava za

63,40 tona CO₂ e, koliko iznosi desetogodišnji ugljeni otisak za potrebe grejanja objekta (Prilog 4 – E, Tabela. 4p.38.).

Analiza ukupnog ugljeničnog otiska posle 60 godina korišćenja objekta i investicionog održavanja primarnim materijalima

U ovom delu istraživanja se za modele MG – 1_{60PP}, MY – 1_{60PP} i MD – 1_{60PP}, izgrađene primarnim materijalima, investiciono održavanje posle 50. godina korišćenja planira sa primarnim materijalima kako bi se dobijeni rezultati mogli uporediti sa rezultatima dobijenim kada se investiciono održavanje planira uz primenu recikliranih i zelenih materijala.

Rezultati analize modela MG – 1_{60PP}

Ukupni ugljeni otisak za model MG – 1_{60PP} posle 60 godina i investicionog održavanja izvedenog primarnim materijalima i proizvodima iznosi 655,36 tona CO₂ e, prikazan je u Tabeli 4.93. Procentualno učešće emisija je prikazano u Tabeli 4.94., a detaljni otisak posle 60 godina korišćenja i investicionog održavanja u Prilogu 4 – Ž, Tabela 4p.40.

Tabela 4.93. Ugljeni otisak za model MG – 1_{60PP} posle 60 godina, investiciono održavanje primarnim materijalima

Title of project: MG – 1 _{60PP}		60
Carbon Footprint		
Construction Carbon:	274,96	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	380,40	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	655,36	tonnes CO ₂ e

Tabela 4.94. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MG – 1_{60PP} posle 60 godina, investiciono održavanje primarnim materijalima

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MG– 1 _{60PP}	tonnes CO ₂ e	%
Quarried Material	52,10	7,95%
Timber	7,26	1,12%
Concrete, Mortars & Cement	48,80	7,45%
Metals	29,04	4,43%
Plastics	11,60	1,78%
Glass	2,80	0,44%
Miscellaneous	35,58	5,44%
Finishings, coatings & adhesives	34,10	5,20%
Plant and equipment emissions	9,15	1,41%
Waste Removal	13,57	2,07%
Portable site accommodation	4,10	0,63%
Material transport	14,50	2,22%
Personnel travel	9,45	1,45%

Operational	380,40	58,04%
Total Carbon Footprint	655,36	100%

Rezultati analize modela MY – 1_{60PP}

Ukupni ugljenični otisak za model MY – 1_{60PP} posle 60 godina i investicionog održavanja izvedenog primarnim materijalima i proizvodima iznosi 582,85 tona CO₂ e, prikazan je u Tabeli 4.95. Procentualno učešće emisija je prikazano u Tabeli 4.96., a detaljni otisakak posle 60 godina korišćenja i investicionog održavanja u Prilogu 4 – Ž, Tabela 4p.41.

Tabela 4.95. Ugljenični otisak za model MY – 1_{60PP} posle 60 godina, investiciono održavanje primarnim materijalima

Title of project: MY – 1_{60PP}		60
Carbon Footprint		
Construction Carbon:	202,45	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	380,40	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	582,85	tonnes CO ₂ e

Tabela 4.96. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MY – 1_{60PP} posle 60 godina, investiciono održavane primarnim materijalima

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MY – 1 _{60PP}	tonnes CO ₂ e	%
Quarried Material	13,00	2,23%
Timber	5,62	0,96%
Concrete, Mortars & Cement	46,60	7,99%
Metals	17,20	2,95%
Plastics	11,60	1,99%
Glass	2,80	0,48%
Miscellaneous	19,88	3,41%
Finishings, coatings & adhesives	43,40	7,45%
Plant and equipment emissions	7,70	1,32%
Waste Removal	16,10	2,76%
Portable site accommodation	2,90	0,50%
Material transport	10,30	1,77%
Personnel travel	10,00	1,72%
Operational	380,40	65,26%
Total Carbon Footprint	582,85	100%

Rezultati analize modela MD – 1_{60PP}

Ukupni ugljenični otisak za model MD – 1_{60PP} posle 60 godina i investicionog održavanja izvedenog primarnim materijalima i proizvodima iznosi 594,67 tona CO₂ e, prikazan je u

Tabeli 4.97. Procentualno učešće emisija je prikazano u Tabeli 4.98., a detaljni otisakak posle 60 godina korišćenja i investicionog održavanja u Prilogu 4 – Ž, Tabela 4p.42.

Tabela 4. 97. Ugljenični otisak za model MD – 1_{60PP} posle 60 godina, investiciono održavanje primarnim materijalima

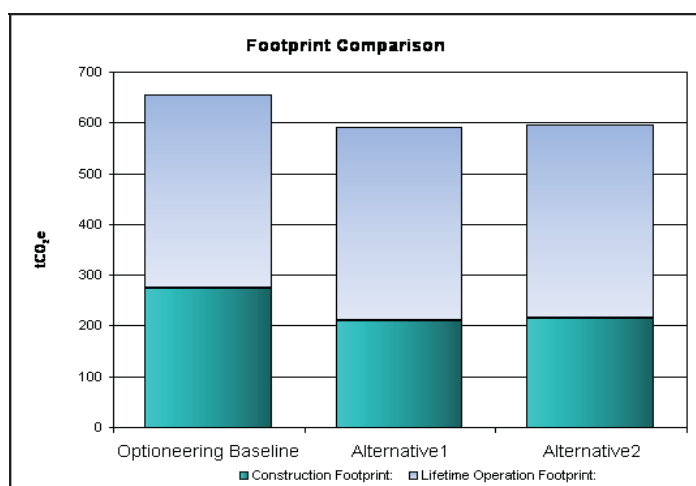
Title of project: MD – 1_{60PP}		60
Carbon Footprin		
Construction Carbon:	214,27	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	380.40	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	594,67	tonnes CO ₂ e

Tabela 4.98. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MD – 1_{60PP} posle 60 godina, investiciono održavanje primarnim materijalima

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MD – 1_{60PP}	tonnes CO₂e	%
Quarried Material	12,20	2,05%
Timber	27,57	4,64%
Concrete, Mortars & Cement	23,70	3,98%
Metals	15,90	2,67%
Plastics	11,60	1,95%
Glass	2,30	0,39%
Miscellaneous	18,50	3,11%
Finishings, coatings & adhesives	43,04	7,24%
Plant and equipment emissions	9,60	1,61%
Waste Removal	25,80	4,34%
Portable site accommodation	3,80	0,64%
Material transport	9,76	1,64%
Personnel travel	10,80	1,81%
Operational	380.40	63,97%
Total Carbon Footprin	594,67	100%

Poređenje rezultata analize ugljeničnog otiska ugrađenog i operativnog posle 60 godina zajedno sa investicionim održavanjem objekta primarnim materijalima

Rezultati emisije ukupnog ugljeničnog otiska posle investicionog održavanja objekta primarnim materijalima za 60 godina korišćenja modela MG – 1_{60PP}, MY – 1_{60PP} i MD – 1_{60PP} prikazani su u Dijagramu 4.16., a numeričke vrednosti su u Tabeli 4.99., a detaljne analize u Prilogu 4 – Ž, Tabele: 4p.40, 4p. 41 i 4p 42.



Dijagram 4.16. Rezultati LCA, poređenje ugljeničnog otisaka, ugrađenog i operativnog za MG – 1_{60PP} (Optioneering Baseline), MY – 1_{60PP} (Alternative 1) i MD – 1_{60PP} (Alternative 2) posle 60 godina

Tabela 4.99. Uporedni pregled LCA ukupnog ugljeničnog otiska posle 60 godina korišćenja i investicionim održavanjem objekta primarnim materijalima

VARIJANTE MODELA		Ugljenični otisak					
		izgradnje objekta primarni materijali -ma	teku- ćeg održa- vanja	investicio- nog održavanja primarnim materijalima	izgradnje, tekućeg i investici-onog održavanja	operati- vne faze za 60 godina	ukupni posle 60 godina
		tona CO ₂ e po objektu					
1.	MG – 1 _{60PP}	164,60	17,66	92,70	274,96	380,40	655,36
2.	MY – 1 _{60PP}	112,50	17,66	72,29	202,45	380,40	582,85
3.	MD – 1 _{60PP}	102,50	17,66	94,21	214,27	380,40	594,67

Najveći ukupni ugljenični otisak posle 60 godina ima model MG – 1_{60PP}, i iznosi 655,36 tona CO₂ e, od čega je 58,04% emisija iz operativne faze, odnosno 380,40 tona CO₂ e. Emisije iz faze investicionog održavanja primarnim materijalima za ovaj model iznose 92,70 tona CO₂ e. Sledeći je model MD – 1_{60PP}, koji je pre rekonstrukcije bio model sa najmanjim ukupnim ugljeničnim otiskom. Posle rekonstrukcije ukupni ugljenični otisak za model MD – 1_{60PP} iznosi 594,67 tona CO₂ e, od čega je 77,18% emisija iz operativne faze, odnosno 380,40 tona CO₂ e. Emisije iz faze rekonstrukcije primarnim materijalima za ovaj model iznose 94,21 tona CO₂ e. Najmanji ukupni ugljenični otisak posle 60 godina i investicionog održavanja primarnim materijalima ima model MY – 1_{60PP} i iznosi 582,85 tona CO₂ e, od čega je 65,27% emisija iz operativne faze, odnosno 380,40 tona CO₂ e. Emisije iz faze investicionog održavanja za ovaj

model iznose 72,29 tona CO₂ e. Uporedne vrednosti ukupnih ugljениčkih otisaka date su u Tabeli 4.99. i Dijagramu 4.16., a procentualno učešće i Tabeli 4.100.

Tabela 4.100. Procentualno učešće u ukupnom ugljениčkom otisku LCA posle 60 godina korišćenja objekta - investiciono održavanje primarnim materijalima

VARIJANTE MODELA		Učešće u ukupnom ugljениčnom otisku				
		izgradnje objekta primarnim materijalima	tekućeg održavanja	investicionog održavanja primarnim materijalima	izgradnje, tekućeg i investicionog održavanja	operativne faze za 60 godina
1.	MG – 1 _{60PP}	25,12%	2,69%	14,14%	41,96%	58,04%
2.	MY – 1 _{60PP}	19,30%	3,03%	12,40%	34,73%	65,27%
3.	MD – 1 _{60PP}	17,24%	2,97%	15,84%	36,03%	63,97%

Vrednost ugljениčnog otiska izgradnje po m² bruto površine za modele MG – 1_{60PP}, MY – 1_{60PP} i MD – 1_{60PP}, znači posle 60 godina korišćenja, tekućeg i investicionog održavanja prikazana je u Tabeli 4.101.

Tabela 4.101. Uporedni pregled vrednosti ugljениčnog otiska izgradnje po m² bruto površine modela MG – 1_{60PP}, MY – 1_{60PP} i MD – 1_{60PP}

VARIJANTE MODELA MG		Ugljениčni otisak izgradnje objekta tona CO ₂ e po objektu	Bruto površina objekta u m ²	Ugljениčni otisak izgradnje po m ² bruto površine tona CO ₂ e
1.	MG – 1 _{60PP}	274,96	154,69	1,78
2.	MY – 1 _{60PP}	202,45	154,69	1,31
3.	MD – 1 _{60PP}	214,27	154,69	1,39

Najveću vrednost ugljениčnog otiska po m² bruto površine ima model MG – 1_{60PP} od 1,78 tona CO₂ e/m², zatim MD – 1_{60PP} od 1,39 tona CO₂ e/m², a najmanju MY – 1_{60PP} sa 1,31 tona CO₂ e/m² bruto površine.

Analiza ukupnog ugljениčnog otiska posle 60 godina korišćenja objekta i investicionog održavanja recikliranim i zelenim materijalima

U ovom delu istraživanja se za modele MG – 1_{60PR}, MY – 1_{60PR} i MD – 1_{60PR}, izgrađene primarnim materijalima, investiciono održavanje posle 50. godina korišćenja planira sa recikliranim i zelenim materijalima kako bi se dobijeni rezultati mogli uporediti sa rezultatima dobijenim kada se investiciono održavanje planira primarnim materijalima.

Rezultati analize modela MG – 1_{60PR}

Ukupni ugljenični otisak za model MG – 1_{60PR} posle 60 godina i investicionog održavanja izvedenog recikliranim i zelenim materijalima iznosi 619,51 tona CO₂ e, prikazan je u Tabeli 4.102.

Tabela 4.102. Ugljenični otisak za model MG – 1_{60PR} posle 60 godina, investiciono održavanje recikliranim i zelenim materijalima

Title of project: MG – 1 _{60PR}		60
Carbon Footprint		
Construction Carbon:	239,10	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	380,40	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	619,51	tonnes CO ₂ e

Procentualno učešće emisija je prikazano u Tabeli 4.103., a detaljni otisak posle 60 godina korišćenja i investicionog održavanja recikliranim i zelenim materijalima u Prilogu 4 – Ž, Tabela 4p.43. i Dijagramu 4p.7.

Tabela 4.103. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MG – 1_{60PR} posle 60 godina, investiciono održavanje recikliranim i zelenim materijalima

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MG – 1 _{60PR}	tonnes CO ₂ e	%
Quarried Material	50,10	8,41%
Timber	4,6	1,17%
Concrete, Mortars & Cement	44,80	7,88%
Metals	28,00	4,69%
Plastics	9,12	1,55%
Glass	2,80	0,45%
Miscellaneous	23,97	6,07%
Finishings, coatings & adhesives	25,16	5,50%
Plant and equipment emissions	9,14	1,48%
Waste Removal	13,47	2,19%
Portable site accommodation	3,0	0,66%
Material transport	14,50	2,34%
Personnel travel	9,45	1,51%
Operational	380,4	61,40%
Total Carbon Footprint	619,51	100%

Rezultati analize modela MY – 1_{60PR}

Ukupni ugljenični otisak za model MY – 1_{60PR} posle 60 godina i investicionog održavanja izvedenog primarnim materijalima i proizvodima iznosi 567,15 tona CO₂ e, prikazan je u Tabeli 4.104.

Tabela 4.104. Ugljenični otisak za model MY – 1_{60PR} posle 60 godina, investiciono održavanje recikliranim i zelenim materijalima

Title of project: MY – 1_{60PR}		60
Carbon Footprin		
Construction Carbon:	186,75	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	380.40	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	567,15	tonnes CO ₂ e

Procentualno učešće emisija je prikazano u Tabeli 4.105., a detaljni otisak posle 60 godina korišćenja i investicionog održavanja recikliranim i zelenim materijalima u Prilogu 4 – Ž, Tabela 4p.44.

Tabela 4.105. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MY – 1_{60PR} posle 60 godina, investiciono održavane recikliranim i zelenim materijalima

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MY – 1_{60PR}	tonnes CO₂e	%
Quarried Material	12,80	2,26%
Timber	6,91	1,22%
Concrete, Mortars & Cement	44,61	7,87%
Metals	19,95	3,52%
Plastics	11,60	2,05%
Glass	2,30	0,41%
Miscellaneous	13,20	2,33%
Finishings, coatings & adhesives	36,40	6,42%
Plant and equipment emissions	7,30	1,29%
Waste Removal	13,50	2,42%
Portable site accommodation	2,68	0,47%
Material transport	8,80	1,55%
Personnel travel	7,50	1,32%
Operational	380.4	67,07%
Total Carbon Footprin	574,31	100%

Rezultati analize modela MD – 1_{60PR}

Ukupni ugljenični otisak za model MD – 1_{60PR} posle 60 godina i investicionog održavanja izvedenog primarnim materijalima i proizvodima iznosi 574,31 tona CO₂ e, prikazan je u Tabeli 4.106. Procentualno učešće emisija je prikazano u Tabeli 4.107., a detaljni otisak posle 60 godina korišćenja i investicionog održavanja recikliranim i zelenim materijalima u Prilogu 4 – Ž, Tabela 4p.45.

Tabela 4. 106. Ugljenični otisak za model MD – 1_{60PR} posle 60 godina, investiciono održavanje recikliranim i zelenim materijalima

Title of project: MD – 1_{60PR}	60	
	Carbon Footprin	
Construction Carbon:	193,91	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	380.40	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	574,31	tonnes CO ₂ e

Tabela 4.107. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MD – 1_{60PR} posle 60 godina, investiciono održavanje recikliranim i zelenim materijalima

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MD – 1_{60PR}	tonnes CO₂e	%
Quarried Material	10,20	1,78%
Timber	20,77	3,62%
Concrete, Mortars & Cement	22,70	3,95%
Metals	14,90	2,59%
Plastics	9,60	1,67%
Glass	1,80	0,31%
Miscellaneous	16,50	2,87%
Finishings, coatings & adhesives	40,04	7,03%
Plant and equipment emissions	9,60	1,67%
Waste Removal	23,80	4,14%
Portable site accommodation	3,80	0,66%
Material transport	9,36	1,63%
Personnel travel	10,80	1,88%
Operational	380.4	66,24%
Total Carbon Footprin	574,31	100%

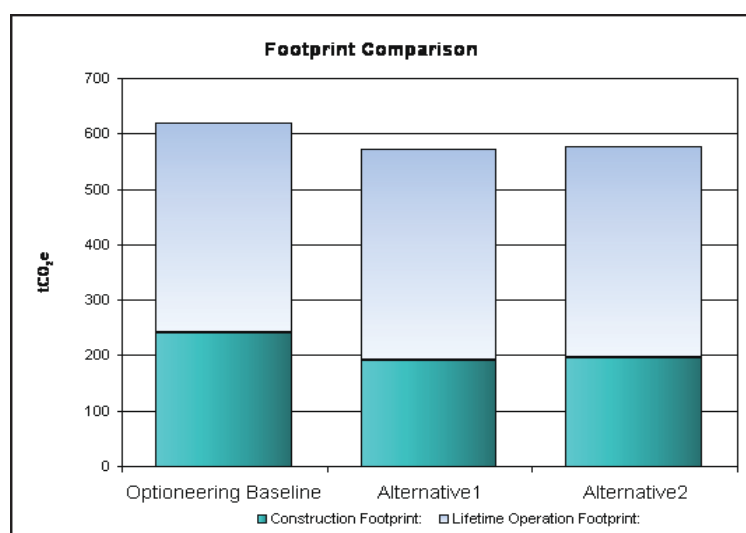
Poređenje rezultata analize ugljeničnog otiska, ugrađenog i operativnog, posle 60 godina zajedno sa investicionim održavanjem objekta recikliranim i zelenim materijalima

Druga simulacija je rađena sa recikliranim i zelenim materijalima. Rezultati su prikazani u Tabeli 4.108. i Dijagramu 4.17., a detaljni obračun u Prilogu 4. – Ž i Tabelama: 4p.43, 4p.44 i 4p.45. Ukupni ugljenični otisak modela MG – 1_{60PR} je povećan za 56,85 tona CO₂ e i zajedno sa operativnom fazom ukupni ugljenični otisak iznosi 619,51 tona CO₂ e. Ovaj model ima najveći ukupni ugljenični otisak od tri analizirana.

Ukupni ugljenični otisak modela MY – 1_{60PR} je i model sa najmanjim ukupnim ugljeničnim otiskom ako se u fazi investicionog održavanja koriste reciklirani materijali za model MY – 1_{60PR} ugljenični otisak se povećao za 56,59 tona CO₂ e. Zajedno sa operativnom fazom ukupni ugljenični otisak iznosi 567,15 tona CO₂ e.

Model MD – 1_{60PR} je pre investicionog održavanja objekta imao najmanji ugljeni otisak, do 50. godine korišćenja objekta, a posle primenjene rekonstrukcije recikliranim materijalima je sada na drugom mestu. Ako se koriste reciklirani materijali u fazi rekonstrukcije za model MD – 1_{60PR} ugljeni otisak se povećava za 73,75 tona CO₂ e i zajedno sa operativnom fazom ukupni ugljeni otisak iznosi 574,31 tona CO₂ e.

Faza investicionog održavanja za modele MG, MY i rekonstrukcije za model MD ukazuje na značaj odabira materijala za izvođenje ovih radova. Najveće emisije iz faze investicionog održavanja i rekonstrukcije recikliranim materijalima su za model MD, dok su za modele MG i MY približne vrednosti ugljeničnog otiska investicionog održavanja. Usporedni pregled ukupnog ugljeničnog otiska i njegova struktura nakon 60. godine korišćenja sa emisijama iz faze investicionog održavanja recikliranim materijalima prikazan je u Tabeli 4.109.



Dijagram 4.17. Rezultati LCA, poređenje ugljeni otisaka, ugrađenog i operativnog za MG – 1_{60PR} (Optioneering Baseline), MY – 1_{60PR} (Alternative 1) i MD – 1_{60PR} (Alternative 2) posle 60 godina

Tabela 4.108. Uporedni pregled LCA ukupnog ugljeničnog otiska posle 60 godina korišćenja i investicionog održavanja sa recikliranim i zelenim materijalima

VARIJANTE MODELA		Ugljenični otisak					
		izgradnje objekta primarni materijali- ma	investi- cionog održa- vanja	investiciono održavanje recikliranim materijalima	izgradnje, tekućeg i investici- onog održavanja	operativ- ne faze za 60 godina	ukupni posle 60 godina
		tona CO ₂ e po objektu					
1.	MG – 1 _{60PR}	164,60	17,66	56,85	239,11	380,40	619,51
2.	MY – 1 _{60PR}	112,50	17,66	56,59	186,75	380,40	567,15
3.	MD – 1 _{60PR}	102,50	17,66	73,75	193,91	380,40	574,31

Faza investicionog održavanja za modele MG– 1_{60PR}, MY– 1_{60PR} i rekonstrukcije za model MD– 1_{60PR} ukazuje na značaj odabira materijala za izvođenje ovih radova. Najveće emisije iz faze investicionog održavanja i rekonstrukcije recikliranim materijalima su za model MD – 1_{60PR}, 12,84% od ukupnog ugljeničnog otiska, dok su za modele MG– 1_{60PR}, 9,18% i MY– 1_{60PR}, 9,98%. Procentualno učešće pojedinih faza u ukupnom ugljeničnom otisku posle 60 godina korišćenja objekta prikazano je u Tabeli 4.109.

Tabela 4.109. Procentualno učešće LCA ukupnog ugljeničnog otiska posle 60 godina korišćenja i investicionim održavanjem sa recikliranim i zelenim materijalima

VARIJANTE MODELA		Učešće u ukupnom ugljeničnom otisku				
		izgradnje objekta primarnim materijalima	investi- cionog održa- vanja	investiciono održavanje recikliranim materijalima	izgradnje, tekućeg i investici- onog održavanja	operativne faze za 60 godina
1.	MG – 1 _{60PR}	26,57%	2,85%	9,18%	38,60%	61,40%
2.	MY – 1 _{60PR}	19,84%	3,11%	9,98%	32,93%	67,07%
e	MD – 1 _{60PR}	17,85%	3,07%	12,84%	33,76%	66,24%

Vrednost ugljeničnog otiska izgradnje po m² bruto površine za modele MG – 1_{60PR}, MY – 1_{60PR} i MD – 1_{60PR}, znači posle 60 godina korišćenja, tekućeg i investicionog održavanja prikazana je u Tabeli 4.110. Najveću vrednost ugljeničnog otiska po m² bruto površine ima model MG – 1_{60PP} sa 1,55 tona CO₂ e/m², zatim MD – 1_{60PP} sa 1,25 tona CO₂ e/m², a najmanju MY – 1_{60PP} sa 1,21 tona CO₂ e/m² bruto površine.

Tabela 4.110. Uporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje po m² bruto površine modela MG – 1_{60PR}, MY – 1_{60PR} i MD – 1_{60PR}

VARIJANTE MODELA MG		Ugljenični otisak izgradnje objekta tona CO ₂ e po objektu	Bruto površina objekta u m ²	Ugljenični otisak izgradnje po m ² bruto površine tona CO ₂ e
1.	MG – 1 _{60PR}	239,11	154,69	1,55
2.	MY – 1 _{60PR}	186,75	154,69	1,21
3.	MD – 1 _{60PR}	193,91	154,69	1,25

Poređenje rezultata analize ugljeničnog otiska, ugrađenog i operativnog, posle 60 godina – investiciono održavanje primarnim ili recikliranim i zelenim materijalima

Poređenje emisija iz faze investicionog održavanja primarnim ili recikliranim i zelenim materijalima za 60 godina korišćenja objekta dato je u Tabeli 4.111.

Tabela 4.111. Uporedni pregled ugljeničnog otiska investicionog održavanja primarnim ili recikliranim i zelenim materijalima objekta posle 60. godina korišćenja

VARIJANTE MODELA		Ugljenični otisak izgradnje objekta primarnim materijalima tona CO ₂ e po objektu	Ugljenični otisak investiciono održavanje tona CO ₂ e po objektu	Procenat povećanja u odnosu na prvobitnu izgradnju	Razlika između primarne i reciklirane varijante, tona CO ₂ e po objektu	Procenat razlike u odnosu na prvobitnu izgradnju
1.	MG – 1 _{60PP}	164,60	92,70	56,32%	35,85	21,78%
2.	MG – 1 _{60PR}	164,60	56,85	34,54%		
3.	MY – 1 _{60PP}	112,50	72,29	64,26%	15,70	13,96%
4.	MY – 1 _{60PR}	112,50	56,59	50,30%		
5.	MD – 1 _{60PP}	102,50	94,21	91,91%	20,46	19,96%
6.	MD – 1 _{60PR}	102,50	73,75	71,95%		

Razlika u emisijama iz analiziranih rekonstrukcija od 35,85 tona CO₂ e je za model MG – 1_{60PR}. Za model MY – 1_{60PR} je 15,70 tona CO₂ e, a za model MD – 1_{60PR} razlika je 20,46 tona CO₂ e u korist rekonstrukcije sa recikliranim i zelenim materijalima. Obzirom da u građevinskom fondu Srbije preovlađuju objekti zidani opekarskim proizvodima, ovaj rezultat istraživanja ukazuje na način na koji treba rešavati rekonstrukcije i sanacije objekata. Analiza ugljeničkog otiska može pomoći u donošenju odluka koje će dovesti do saznanja kakvi i koliki

su uticaju projektom predviđenih materijala i proizvoda kojima se planira investiciono održavanje objekta.

Vrednosti ukupnog ugljeničnog otiska za analizirane modele MG – 1, MY – 1 i MD – 1 za 60 godina korišćenja objekta i rekonstrukcije posle 50 godina se povećavaju za iznose emisija koje nastaju usled aktivnosti zamene pojedinih materijala. Prva simulacija je rađena sa primarnim materijalima. Rezultati su prikazani u Tabeli 4.111., a detaljni obračun u prilogu 4 – Ž, Tabele: 4p. 40, 41, 42, 43, 44 i 45.

Ukupni ugljenični otisak modela MG – 1_{60PP} se povećava za 92,70 tona CO₂ e, kada se na to dodaju i emisije iz tekućeg održavanja i zajedno sa operativnom fazom 380,40 tona CO₂ e ukupno iznosi 655,36 tona CO₂ e. Povećanje emisije od rekonstrukcije 56,32% u odnosu na prvobitni ugljenični otisak izgradnje modela MG – 1. Za Model MG – 1_{60PR} treba analizirati emisije u fazi investicionog održavanja recikliranim materijalima. Ugljenični otisak je povećan za 56,85 tona CO₂ e, kada se na to dodaju i emisije iz tekućeg održavanja i zajedno sa operativnom fazom ukupni ugljenični otisak iznosi 619,51 tona CO₂ e.

Ukupni ugljenični otisak modela MY – 1_{60PP} je posle investicionog održavanja primarnim materijalima povećan za 72,29 tona CO₂ e. Ukupni ugljenični otisak sa tekućim održavanjem i operativnom fazom iznosi 582,85 tona CO₂ e. Poređenjem sa modelom MY – 1_{60PR} u kome bi se za fazu investicionog održavanja koristili reciklirani materijali, vrednost ugljeničnog otisaka se povećala za 56,59 tona CO₂ e, pa sa tekućim održavanjem i operativnom fazom ukupni ugljenični otisak iznosi 567,15 tona CO₂ e. Sa ovim vrednostima ukupnog ugljeničnog otiska model MY – 1_{60PR} posle investicionog održavanja postaje model sa najboljim rezultatima, odnosno, najmanjim ugljeničnim otiskom.

Model MD – 1 je i model koji je pre rekonstrukcije objekta imao najmanji ugljenični otisak. Posle primenjene rekonstrukcije primarnim materijalima vrednost ukupnog ugljeničnog otiska za model MD – 1_{60PP} je povećana za 94,21 tona CO₂ e i sa emisijama iz tekućeg održavanja i operativne faze iznosi 594,67 tona CO₂ e, što je rezultat na drugom mestu. Ako bi se koristili reciklirani materijali u fazi rekonstrukcije model MD – 1_{60PR} ugljenični otisak povećali za 73,75 tona CO₂ e, pa sa tekućim održavanjem i operativnom fazom ukupni ugljenični otisak iznosi 574,31 tona CO₂ e i to je drugi po vrednosti ukupni ugljenični otisak.

Poređenjem ugljeničnog otiska iz faza investicionog održavanja za modele MG, MY i rekonstrukcije za model MD, najveće su vrednosti za model MD, dok su za modele MG i M-Y približne vrednosti ugljeničnog otiska investicionog održavanja. Ovo ukazuje na potrebu da se investiciono održavanje, rekonstrukcije i sanacije objekata, trebaju analizirati i pažljivo birati materijali sa kojima se mogu dobiti manji uticaji na životnu sredinu.

Vrednost ugljeničnog otiska izgradnje po m² bruto površine za modele MG – 1_{60PP}, MY – 1_{60PP} i MD – 1_{60PP}, znači posle 60 godina korišćenja i investicionog održavanja primarnim materijalima prikazana je u Tabeli 4.112. Najveću vrednost ugljeničnog otiska po m² bruto površine ima model MG – 1_{60PP} sa 1,78 tona CO₂ e/m², zatim MD – 1_{60PP} sa 1,39 tona CO₂ e/m², a najmanju MY – 1_{60PP} sa 1,31 tona CO₂ e/m² bruto površine.

Tabela 4.112. Uporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje, tekućeg i investicionog održavanja primarnim materijalima po m² bruto površine za modele MG – 1_{60PP}, MY – 1_{60PP} i MD – 1_{60PP}

VARIJANTE MODELA		Ugljenični otisak izgradnje, tekućeg i investiciono održavanja objekta tona CO ₂ e po objektu	Bruto površina objekta u m ²	Ugljenični otisak izgradnje po m ² bruto površine tona CO ₂ e
1.	MG – 1 _{60PP}	274,96	154,69	1,78
2.	MY – 1 _{60PP}	202,45	154,69	1,31
3.	MD – 1 _{60PP}	214,27	154,69	1,39

Vrednost ugljeničnog otiska po m² bruto površine za modele MG – 1_{60PR}, MY – 1_{60PR} i MD – 1_{60PR}, znači posle 60 godina korišćenja i investicionog održavanja recikliranim i zelenim materijalima prikazana je u Tabeli 4.113.

Tabela 4.113. Uporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje, tekućeg i investicionog održavanja recikliranim i zelenim materijalima po m² bruto površine modela MG – 1_{60PR}, MY – 1_{60PR} i MD – 1_{60PR}

VARIJANTE MODELA		Ugljenični otisak izgradnje, tekućeg i investicionog održavanja objekta tona CO ₂ e po objektu	Bruto površina objekta u m ²	Ugljenični otisak izgradnje po m ² bruto površine tona CO ₂ e
1.	MG – 1 _{60PR}	239,11	154,69	1,55
2.	MY – 1 _{60PR}	186,75	154,69	1,21
3.	MD – 1 _{60PR}	193,91	154,69	1,25

Najveću vrednost ugljeničnog otiska po m² bruto površine ima model MG – 1_{60PR} sa 1,55 tona CO₂ e/m², zatim MD – 1_{60PR} sa 1,25 tona CO₂ e/m², a najmanju MY – 1_{60PR} sa 1,21 tona CO₂ e/m² bruto površine.

Uporedni pregled vrednosti ukupnih ugljeničnih otisaka po m² bruto površine za modele MG – 1_{60PP} i MG – 1_{60PR}, MY – 1_{60PP} i MY – 1_{60PR} i MD – 1_{60PP}, i MD – 1_{60PR} posle 60 godina korišćenja i investicionog održavanja primarnim materijalima upoređenih sa recikliranim i zelenim materijalima prikazan je u Tabeli 4.114. Najveće uštede se postižu kod model MG – 1₆₀, ako se za investicionao održavanje koriste reciklirani i zeleni materijali. Ušteta u emisijama između MG – 1_{60PP} i MG – 1_{60PR} je 0,34 tona CO₂e/m² bruto površine. Na drugom mestu je model MD – 1₆₀ ako se za investicionao održavanje koriste reciklirani i zeleni materijali. Ušteta u emisijama između MD – 1_{60PP} i MD – 1_{60PR} je 0,14 tona CO₂ e/m² bruto površine. Na poslednjem mestu je model MY – 1₆₀ ako se za investicionao održavanje koriste reciklirani i zeleni materijali. Ušteta u emisijama između MY – 1_{60PP} i MY – 1_{60PR} je 0,10 tona CO₂ e/m² bruto površine.

Tabela 4.114. Uporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje,tekućeg i investicionog održavanja po m² bruto površine modela posle 60 godina korišćenja

VARIJANTE MODELA		Ugljenični otisak izgradnje po m ² bruto površine tona CO ₂ e	Razlika ugljeničnog otisaka izgradnje tekućeg i investicionog održavanja po m ² bruto površine - tona CO ₂ e	Procenat smanjenja
1.	MG – 1 _{60PP}	1,89	0,34	17,99%
2.	MG – 1 _{60PR}	1,55		
3.	MY – 1 _{60PP}	1,31	0,10	7,63%
4.	MY – 1 _{60PR}	1,21		
5.	MD – 1 _{60PP}	1,39	0,14	10,07%
6.	MD – 1 _{60PR}	1,25		

Ukupni ugljenični otisak posle 100 godina korišćenja objekta

Posle isteka 60 godina korišćenja objekta do 100. godine potrebno je izvesti četiri ciklusa radova na tekućem održavanju objekta. Ove aktivnosti će povećati ugljenični otisak u delu molerskih, fasaderskih radova, zameni kapaka na prozorima, zameni limarskih opšivki i olučnih horizontala i veritkala, što ukupno dovodi do povećanja za 17,66 tona CO₂ e. U operativnoj fazi emisije od energije za grejanje čine dodatnih 6,34 tona CO₂ e godišnje prema

posebnom proračunu koji je dat u Prilogu 4 – E, Tabela. 4p.38. Pod pretpostavkom da se koristi isti model zagrevanja i isti energent dodatna emisija u periodu od 60. do 100. godine u operativnoj fazi što za 40 godine korišćenja povećava ugljenični otisak iz operativne faze za 253,60 tona CO₂ e.

4.3.1.1. Analiza ugljeničnog otiska, ugrađenog i operativnog, za 100 godina korišćenja objekta – investiciono održavanje primarnim materijalima

Da bi se uporedili uticaji od investicionog održavanja primarnim materijalima sprovede se kompjuterske simulacije na modelima koji su prvobitno izgrađeni primarnim materijalima i proizvodima, a investiciono održavanje izvedeno uz primenu primarnih materijala.

Rezultati analize modela MG – 1_{100PP}

Ukupni ugljenični otisak za model MG – 1_{100PP} posle 100 godina iznosi 926,62 tona CO₂ e, a prikazan je u Tabeli 4.115. Procentualno učešće emisija je prikazano u Tabeli 4.116., a Dijagram otisaka posle 100 godina je u Prilogu 4 – Ž i Dijagramu 11p. 9.

Tabela 4.115. Ugljenični otisak za model MG – 1_{100PP} posle 100 godina

Title of project: MG– 1 _{100PP}		100
Carbon Footprint		
Construction Carbon:	292,62	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	634,00	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	926,62	tonnes CO ₂ e

Tabela 4.116. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MG – 1_{100PP} posle 100 godina

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MG– 1 _{100PP}	tonnes CO ₂ e	%
Quarried Material	52,10	5,63%
Timber	7,42	0,80%
Concrete, Mortars & Cement	49,80	5,38%
Metals	29,74	3,21%
Plastics	11,60	1,25%
Glass	2,80	0,30%
Miscellaneous	36,53	3,95%
Finishings, coatings & adhesives	50,90	5,50%
Plant and equipment emissions	9,15	0,99%
Waste Removal	13,57	1,47%
Portable site accommodation	4,10	0,44%
Material transport	14,50	1,57%

Personnel travel	9,45	1,02%
Operational	634.0	68,49%
Total Carbon Footprint	926,62	100%

Rezultati analize modela MY – 1_{100PP}

Dodatne emisije iz tekućeg održavanja modela MY – 1_{100PP} u periodu od 60. do 100. godine se takođe odnose na još četiri ciklusa tekućeg održavanja u kojima se izvode molersko farbarskih i fasaderski radovi i radovi na zameni kapaka i limarskih opšivki, zajedno sa olucima, što ukupno dovodi do povećanja za 17,66 tona CO₂ e. Ukupni ugljenični otisak za model MY – 1_{100PP} posle 100 godina iznosi 854,11 tona CO₂ e, a prikazan je u Tabeli 4.117. Procentualno učešće emisija je prikazano u Tabeli 4.118.

Tabela 4.117. Ugljenični otisak za model MY – 1_{100PP} posle 100 godina

Title of project: MY – 1 _{100PP}		100
Carbon Footprint		
Construction Carbon:	220,11	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	634,00	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	854,11	tonnes CO ₂ e

Tabela 4.118. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MY – 1_{100PP} posle 100 godina, investiciono održavane primarnim materijalima

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MY – 1 _{100PP}	tonnes CO ₂ e	%
Quarried Material	12,80	1,50%
Timber	7,07	0,83%
Concrete, Mortars & Cement	44,61	5,22%
Metals	20,65	2,42%
Plastics	11,60	1,36%
Glass	2,30	0,27%
Miscellaneous	13,20	1,55%
Finishings, coatings & adhesives	53,2	6,23%
Plant and equipment emissions	7,30	0,85%
Waste Removal	13,50	1,58%
Portable site accommodation	2,68	0,31%
Material transport	8,80	1,03%
Personnel travel	7,50	0,88%
Operational	634,00	74,23%
Total Carbon Footprint	854,11	100%

Rezultati analize modela MD – 1_{100PP}

Dodatne emisije iz tekućeg održavanja modela MD – 1_{100PP} u periodu od 60. do 100. godine će povećati ugljenični otisak u delu molerskih i fasaderskih radova, zameni kapaka na prozorima, limarskih opšivki i oluka za 17,66 tona CO₂ e. Ukupni ugljenični otisak za model MD – 1_{100PP} za 100 godina iznosi 866,03 tona CO₂ e, a prikazan je u Tabeli 4.119. Procentualno učešće emisija je prikazano u Tabeli 4.120.

Tabela 4. 119. Ugljenični otisak za model MD – 1_{100PP} posle 100 godina

Title of project: MD – 1 _{100PP}		100
Carbon Footprint		
Construction Carbon:	232,03	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	634,00	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	866,03	tonnes CO ₂ e

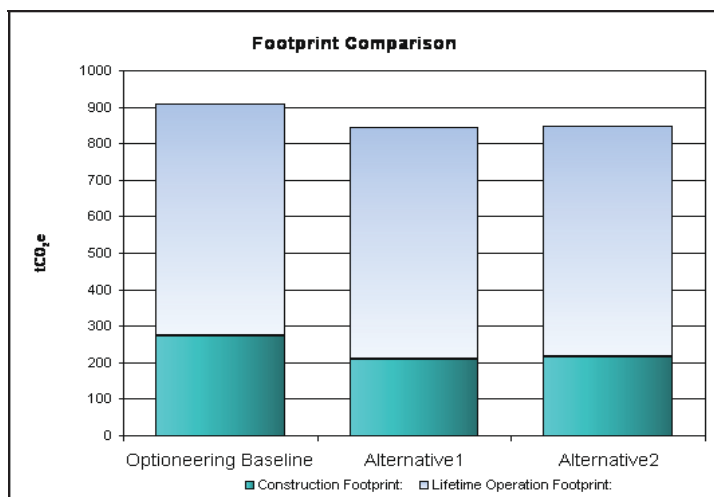
Tabela 4.120. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MD – 1_{100PP} posle 100 godina

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MD – 1 _{100PP}	tonnes CO ₂ e	%
Quarried Material	12,20	1,41%
Timber	27,73	3,20%
Concrete, Mortars & Cement	23,70	2,74%
Metals	16,60	1,92%
Plastics	11,60	1,34%
Glass	2,30	0,27%
Miscellaneous	18,50	2,14%
Finishings, coatings & adhesives	59,84	6,91%
Plant and equipment emissions	9,60	1,10%
Waste Removal	25,80	2,98%
Portable site accommodation	3,80	0,44%
Material transport	9,76	1,13%
Personnel travel	10,80	1,25%
Operational	634,0	73,22%
Total Carbon Footprint	866,03	100%

4.3.1.2. Diskusija rezultata analize ugljeničnog otiska, ugrađenog i operativnog, za 100 godina korišćenja objekta – investiciono održavanje primarnim materijalima

Rezultati ukupnog ugljeničnog otiska posle 100 godina korišćenja objekta prema modelima MG – 1_{100PP}, MY – 1_{100PP} i MD – 1_{100PP}, prikazani su na Dijagramu 4.18., a numeričke vrednosti u Tabeli 4.121. Najveći ukupni ugljenični otisak posle 100 godina korišćenja ima model MG – 1_{100PP}, i iznosi 926,62 tona CO₂ e, od čega je 31,51% emisija iz faze izgradnje

tekućeg i investicionog održavanja 292,62 tona CO₂ e. Većina uticaja sa 68,49% je emisija iz operativne faze, odnosno 634,00 tona CO₂ e.



Dijagram 4.18. Rezultati LCA, poređenje ugljeniçnog otisaka, ugrađenog i operativnog za MG – 1_{100PP} (Optioneering Baseline), MY – 1_{100PP} (Alternative 1) i MD – 1_{100PP} (Alternative 2) posle 100 godina

Tabela 4.121. Uporedni pregled LCA ukupnog ugljeniçnog otiska posle 100 godina korišćenja i investicionog održavanja objekta primarnim materijalima

VARIJANTE MODELA		Ugljeniçni otisak					
		izgradnje objekta primarnim materija- lima	tekućeg održa- vanja	investi- onog održavanja primarnim materijalim a	izgradnje, tekućeg i investi- onog održavanja	operativ ne faze za 100 godina	ukupni posle 100 godina
		tona CO ₂ e po objektu					
1.	MG – 1 _{100PP}	164,60	35,32	92,70	292,62	634,00	926,62
2.	MY – 1 _{100PP}	112,50	35,32	72,29	220,11	634,00	854,11
3.	MD – 1 _{100PP}	102,50	35,32	94,21	232,03	634,00	866,03

Sledeći je ugljeniçni otisak za model MD – 1_{100PP} i iznosi 866,03 tona CO₂ e, od čega je 26,79% ili 232,03 tona CO₂ e emisija iz faze izgradnje, tekućeg i investicionog održavanja. Većina uticaja sa 73,22% je emisija iz operativne faze, odnosno 634,00 tona CO₂ e. Najmanji ukupni ugljeniçni otisak posle 100 godina eksploatacije ima model MY – 1_{100PP} i iznosi 854,11 tona CO₂ e, od čega je 25,77% iz faze izgradnje, tekućeg i investicionog održavanja sa 220,11

tona CO₂ e. I u ovom modelu većinu emisija sa 74,23% je emisija iz operativne faze, odnosno 634,00 tona CO₂ e.

Rezultati ukupnog ugljeničnog otiska posle 100 godina korišćenja objekta prema modelima MG – 1_{100PP}, MY – 1_{100PP} i MD – 1_{100PP} (prikazani u Tabeli 4.121.) i procentualno učešće ugljeničnih otisaka LCA u ukupnom ugljeničnom otisku za 100 godina i izvedenim investicionim održavanjem primarnim materijalima (prikazani u Tabeli 4.122.) ukazuju na činjenicu da je udeo ugljeničnog otiska od materijala i aktivnosti na izgradnji, tekućem i investicionom održavanju objekata za model MG – 1_{100PP} 31,51% od ukupnog ugljeničnog otiska posle 100 godina korišćenja objekta, za model MY – 1_{100PP} je 25,77% od ukupnog ugljeničnog otiska posle 100 godina korišćenja, a za model MD – 1_{100PP} je 26,79% od ukupnog ugljeničnog otiska posle 100 godina korišćenja.

Tabela 4.122. Procentualno učešće ugljeničnih otisaka LCA u ukupnom ugljeničnom otisku za 100 godina, investiciono održavanje primarnim materijalima

VARIJANTE MODELA		Procentualno učešće u ukupnom ugljeničnom otisku				
		Izgradnje objekta primarnim materijalima	tekućeg održavanja	Investicionog održavanja primarnim materijalima	izgradnje, tekućeg i investicionog održavanja	operativne faze za 100 godina
1.	MG – 1_{100PP}	17,78%	3,82%	10,01%	31,51%	68,49%
2.	MY – 1_{100PP}	13,17%	4,14%	8,46%	25,77%	74,23%
3.	MD – 1_{100PP}	11,83%	4,07%	10,88%	26,79%	73,22%

Ovi rezultati još jednom ukazuju na značajan uticaja materijala i proizvoda koji se koriste za izgradnju objekata u Srbiji i potrebu da se više pažnje obrati na odabir materijalima prilikom planiranja radova na investicionom održavanju, rekonstrukciji i sanaciji objekata koji se nalaze u periodu eksploatacije.

4.3.1.3. Analiza ugljeničnog otiska, ugrađenog i operativnog za 100 godina korišćenja objekta – investiciono održavanje recikliranim i zelenim materijalima

Da bi se uporedili uticaji od investicionog održavanja recikliranim materijalima sprovede se kompjuterske simulacije na modelima koji su prvobitno izgrađeni primarnim materijalima i proizvodima, a investiciono održavanje izvedeno uz primenu recikliranih i zelenih materijala, u meri u kojoj je to moguće.

Rezultati analize modela MG – 1_{100PR}

Ukupni ugljenični otisak za model MG – 1_{100PR} posle 100 godina iznosi 890,77 tona CO₂ e, a prikazan je u Tabeli 4.123. Investiciono održavanje posle 100. godine urađeno je recikliranim i zelenim materijalima, pa je ugljenični otisak manji od otiska za model u kome je investiciono održavanje izvedeno primarnim materijalima.

Tabela 4.123. Ugljenični otisak za model MG – 1_{100PR} posle 100 godina

Title of project: MG– 1 _{100PR}		100
Carbon Footprin		
Construction Carbon:	256,77	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	634,00	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	890,77	tonnes CO ₂ e

Procentualno učešće emisija je prikazano u Tabeli 4.124., a Dijagram otisaka posle 100 godina eksploatacije je u Prilogu 4 – Ž, Dijagram 11p.10.

Tabela 4.124. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MG – 1_{100R} posle 100 godina, investiciono održavanje recikliranim i zelenim materijalima

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MG– 1 _{100PR}	tonnes CO ₂ e	%
Quarried Material	50,10	5,62%
Timber	4,76	0,53%
Concrete, Mortars & Cement	44,80	5,03%
Metals	28,70	3,22%
Plastics	9,12	1,02%
Glass	2,80	0,31%
Miscellaneous	24,97	2,80%
Finishings, coatings & adhesives	41,96	4,71%
Plant and equipment emissions	9,14	1,03%
Waste Removal	13,47	1,51%
Portable site accommodation	3,0	0,34%
Material transport	14,50	1,63%
Personnel travel	9,45	1,06%
Operational	634,0	71,17%
Total Carbon Footprin	890,77	100%

Rezultati analize modela MY – 1_{100R}

Dodatne emisije iz tekućeg održavanja modela MY – 1_{100PR} u periodu od 60. do 100. godine se takođe odnose na još četiri ciklusa tekućeg održavanja u kojima se izvode molersko farbarskih i fasaderski radovi i radovi na zameni kapaka na prozorima i limarskih opšivki, zajedno sa

olucima, što ukupno dovodi do povećanja za 17,66 tona CO₂ e. Ukupni ugljenični otisak za model MY – 1_{100PR} posle 100 godina iznosi 838,41 tona CO₂ e, a prikazan je u Tabeli 4.125. Procentualno učešće emisija je prikazano u Tabeli 4.126.

Tabela 4. 125. Ugljenični otisak za model MY – 1_{100PR} posle 100 godina

Title of project: MY – 1_{100PR}		100
Carbon Footprin		
Construction Carbon:	204,41	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	634,00	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	838,41	tonnes CO ₂ e

Tabela 4. 126. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MY – 1_{100PR} posle 100 godina, investiciono održavanje recikliranim i zelenim materijalima

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MY – 1_{100PR}	tonnes CO₂e	%
Quarried Material	50,10	5,98%
Timber	4,76	0,57%
Concrete, Mortars & Cement	44,80	5,34%
Metals	28,70	3,42%
Plastics	9,12	1,09%
Glass	2,80	0,33%
Miscellaneous	23,97	2,86%
Finishings, coatings & adhesives	41,96	5,01%
Plant and equipment emissions	9,14	1,09%
Waste Removal	13,47	1,61%
Portable site accommodation	3,00	0,36%
Material transport	14,50	1,73%
Personnel travel	9,45	1,13%
Operational	634,00	75,62%
Total Carbon Footprin	838,41	100%

Rezultati analize modela MD – 1_{100PR}

Dodatne emisije iz tekućeg održavanja modela MD – 1_{100PR} u periodu od 60 do 100. godina će povećati ugljenični otisak u delu molerskih, fasaderskih, zameni limarskih opšivki i oluka za 17,66 tona CO₂ e. Ukupni ugljenični otisak za model MD – 1_{100PR} za 100 godina iznosi 845,47 tona CO₂ e, a prikazan je u Tabeli 4.127. Procentualno učešće emisija je prikazano u Tabeli 4.128.

Tabela 4.127. Ugljenični otisak za model MD – 1_{100PR} posle 100 godina

Title of project: MD – 1_{100PR}		100
	Carbon Footprin	
Construction Carbon:	211,47	tonnes CO ₂ e
Lifetime Operational Carbon:	634,00	tonnes CO ₂ e
Total Carbon Footprint:	845,47	tonnes CO ₂ e

Tabela 4.128. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MD – 1_{100PR} posle 100 godina, investiciono održavanje recikliranim i zelenim materijalima

Breakdown of Construction and Operational Carbon Emissions		
Sub-totals MD – 1_{100PR}	tonnes CO₂e	%
Quarried Material	10,20	1,21%
Timber	21,50	2,54%
Concrete, Mortars & Cement	22,70	2,68%
Metals	15,60	1,84%
Plastics	9,60	1,14%
Glass	1,80	0,21%
Miscellaneous	16,50	1,95%
Finishings, coatings & adhesives	56,84	6,72%
Plant and equipment emissions	9,60	1,14%
Waste Removal	23,80	2,81%
Portable site accommodation	3,80	0,33%
Material transport	9,36	1,11%
Personnel travel	10,80	1,28%
Operational	634,00	74,98%
Total Carbon Footprin	845,47	100%

4.3.1.4. Diskusija rezultata analize ugljeničnog otiska, ugrađenog i operativnog, za 100 godina korišćenja objekta – investiciono održavanje recikliranim i zelenim materijalima

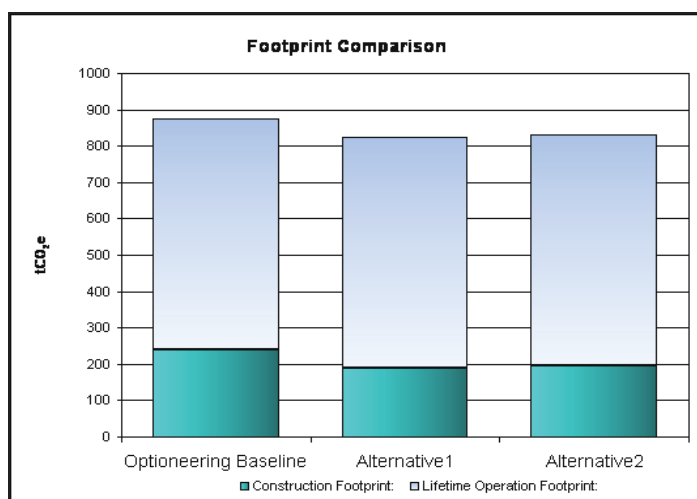
Rezultati ukupnog ugljeničnog otiska posle 100 godina korišćenja objekta prema modelima MG – 1_{100PR}, MY – 1_{100PR} i MD – 1_{100PR} prikazani su na Dijagramu 4.19., numeričke vrednosti u Tabeli 4.129., a procentualno učešće u Tabeli 4.130.

Najveći ukupni ugljenični otisak posle 100 godina korišćenja ima model MG – 1_{100PR}, i iznosi 890,77 tona CO₂ e, od čega je 28,83% emisija iz faze izgradnje, tekućeg i investicionog održavanja objekta a to je 256,77 tona CO₂ e. Većinu emisija u stogodišnjem korišćenju objekta u iznosu od 71,17% čine emisije iz operativne faze, odnosno 634,00 tona CO₂ e. Sledeći je ugljenični otisak za model MD – 1_{100PR} i iznosi 845,47 tona CO₂ e, od čega je

25,02% emisija iz faze izgradnje, tekućeg i investicionog održavanja objekta, a to je 211,47 tona CO₂ e.

Tabela 4.129. Uporedni pregled LCA ukupnog ugljeniĉnog otiska posle 100 godina korišćenja i rekonstrukcije objekta recikliranim i zelenim materijalima

VARIJANTE MODELA		Ugljeniĉni otisak					
		izgradnje objekta primar-nim materija- lima	teku- ćeg održa- vanja	investi- onog održavanja reciklirani m materijalim a	izgradnje tekućeg i investici- onog održava-nja	operativn e faze za 100 godina	ukupni posle 100 godina
		tona CO ₂ e po objektu					
1.	MG – 1 _{100PR}	164,60	35,32	56,85	256,77	634,00	890,77
2.	MY – 1 _{100PR}	112,50	35,32	56,59	204,41	634,00	838,41
3.	MD – 1 _{100PR}	102,50	35,32	73,75	211,47	634,00	845,47



Dijagram 4.19. Rezultati LCA, poređenje ugljeniĉnog otisaka, ugrađenog i operativnog za MG – 1_{100PR} (Optioneering Baseline), MY – 1_{100PR} (Alternative 1) i MD – 1_{100PR} (Alternative 2) posle 100 godina

Većinu emisija u stogodišnjem korišćenju i ovog objekta u iznosu od 74,98% čine emisije iz operativne faze, odnosno 634,00 tona CO₂ e. Najmanji ukupni ugljeniĉni otisak posle 100 godina eksploatacije ima model MY – 1_{100PR} iznosi 838,41 tona CO₂ e, od čega je 24,48% emisija iz faze izgradnje tekućeg i investicionog održavanja objekta a to je 204,41 tona CO₂ e. Većinu emisija u stogodišnjem korišćenju i ovog objekta u iznosu od 75,62% čine emisije iz operativne faze, odnosno 634,00 tona CO₂ e.

Tabela 4.130. Procentualno učešće ugljeničnih otisaka LCA u ukupnom ugljeničnom otisku za 100 godina, investiciono održavanje recikliranim i zelenim materijalima

VARIJANTE MODELA		Procentualno učešće u ukupnom ugljeničnom otisku				
		izgradnje objekta primarnim materijalima	tekućeg održavan ja	Investivionog održavanja recikliranim materijalima	izgradnje, tekućeg i investicionog održavanja	operativne faze za 100 godina
1.	MG – 1 _{100PR}	18,48%	3,97%	6,38%	28,83%	71,17%
2.	MY – 1 _{100PR}	13,42%	4,21%	6,75%	24,48%	75,62%
3.	MD – 1 _{100PR}	12,12%	4,18%	8,72%	25,02%	74,98%

Vrednosti ugljeničnog otiska po m² bruto površine za modele MG – 1_{100PP}, MY – 1_{100PP} i MD – 1_{100PP}, znači posle 100 godina korišćenja i investicionog održavanja primarnim materijalima, prikazane su u Tabeli 4.131. Najveću vrednost ugljeničnog otiska po m² bruto površine ima model MG – 1_{100PP} sa 1,89 tona CO₂ e/m², zatim MD – 1_{100PP} sa 1,50 tona CO₂ e/m², a najmanju MY – 1_{100PP} sa 1,42 tona CO₂ e/m² bruto površine.

Tabela 4.131. Uporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje, tekućeg i investicionog održavanja primarnim materijalima po m² bruto površine modela MG – 1_{100PP}, MY – 1_{100P} i MD – 1_{100PP}

VARIJANTE MODELA		Ugljenični otisak izgradnje, tekućeg i investiciono održavanja objekta tona CO ₂ e po objektu	Bruto površina objekta u m ²	Ugljenični otisak izgradnje po m ² bruto površine tona CO ₂ e
1.	MG – 1 _{100PP}	292,62	154,69	1,89
2.	MY – 1 _{100PP}	220,11	154,69	1,42
3.	MD – 1 _{100PP}	232,03	154,69	1,50

Vrednost ugljeničnog otiska po m² bruto površine za modele MG – 1_{100PR}, MY – 1_{100PR} i MD – 1_{100PR}, znači posle 100 godina korišćenja i investicionog održavanja recikliranim i zelenim materijalima, prikazan je u Tabeli 4.132. Najveću vrednost ugljeničnog otiska po m² bruto površine ima model MG – 1_{100PR} sa 1,66 tona CO₂ e/m², zatim MD – 1_{100PR} sa 1,37 tona CO₂ e/m², a najmanju MY – 1_{100PR} sa 1,32 tona CO₂ e/m² bruto površine.

Tabela 4.132. Uporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje, tekućeg i investicionog održavanja recikliranim i zelenim materijalima po m² bruto površine modela MG – 1_{100PR}, MY – 1_{100PR} i MD – 1_{100PR}

VARIJANTE MODELA		Ugljenični otisak izgradnje, tekućeg i investicionog održavanja objekta tona CO ₂ e po objektu	Bruto površina objekta u m ²	Ugljenični otisak izgradnje po m ² bruto površine tona CO ₂ e
1.	MG – 1 _{100PR}	256,77	154,69	1,66
2.	MY – 1 _{100PR}	204,41	154,69	1,32
3.	MD – 1 _{100PR}	211,47	154,69	1,37

4.3.1.5. Poređenje rezultata analize LCA ugljeničnog otiska tokom perioda eksploatacije objekta, investicionog održavanja primarnim i recikliranim materijalima za: 10,20,30,40,50,60 i 100 godina, od kolevke do kraja životnog ciklusa objekta

Uporedni pregled vrednosti ugljeničnih otisaka po m² bruto površine za modele MG – 1_{100PP} i MG – 1_{100PR}, MY – 1_{100PP} i MY – 1_{100PR} i MD – 1_{100PP}, i MD – 1_{100PR} posle 100 godina korišćenja i investicionog održavanja primarnim materijalima upoređenih sa recikliranim i zelenim materijalima prikazan je u Tabeli 4.133. Najveće uštede se postižu kod model MG – 1₁₀₀, ako se za investicionao održavanje koriste reciklirani i zeleni materijali. Ušteta u emisijama između MG – 1_{100PP} i MG – 1_{100PR} je 0,23 tone CO₂e/m² bruto površine.

Na drugom mestu je model MD – 1₁₀₀ ako se za investicionao održavanje koriste reciklirani i zeleni materijali. Ušteta u emisijama između MD – 1_{100PP} i MD – 1_{100PR} je 0,13 tona CO₂e/m² bruto površine. Na poslednjem mestu je model MY – 1₆₀ ako se za investicionao održavanje koriste reciklirani i zeleni materijali. Ušteta u emisijama između MY – 1_{100PP} i MY – 1_{100PR} je 0,10 tona CO₂e/m² bruto površine.

Tabela 4.133. Uporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje, tekućeg i investicionog održavanja po m² bruto površine modela posle 100 godina korišćenja

VARIJANTE MODELA		Ugljenični otisak izgradnje po m ² bruto površine tona CO ₂ e	Razlika ugljeničnog otisaka izgradnje tekućeg i investicionog održavanja po m ² bruto površine - tona CO ₂ e	Procenat smanjenja
1.	MG – 1 _{100PP}	1,89	0,23	12,17%
2.	MG – 1 _{100PR}	1,66		
3.	MY – 1 _{100PP}	1,42	0,10	7,04%
4.	MY – 1 _{100PR}	1,32		

5.	MD – 1 _{100PP}	1,50	0,13	8,67%
6.	MD – 1 _{100PR}	1,37		

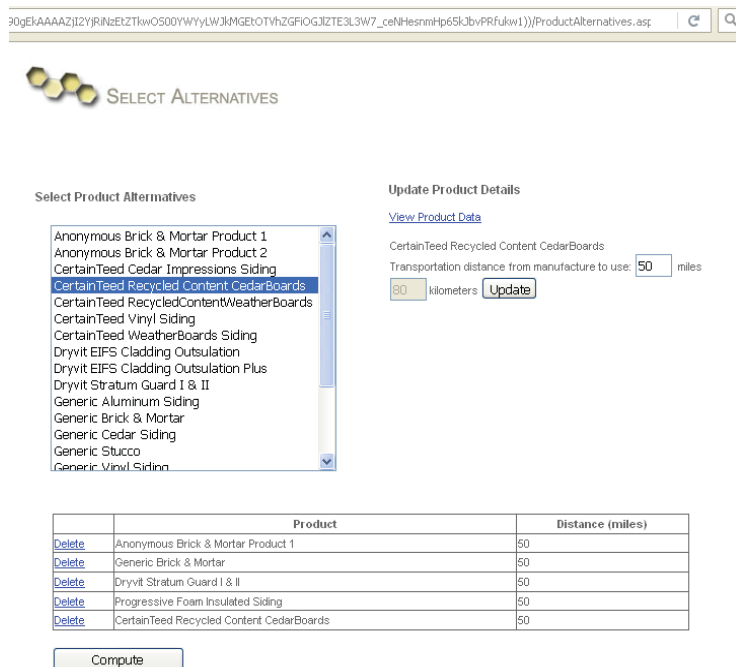
Ovi rezultati još jednom ukazuju na potrebu da se pri odabiru materijala kojima se izvodi investiciono održavanje objekata mogu izabrati materijali i proizvodi koji imaju manji uticaj na životnu sredinu.

4.4. LCA ANALIZA MATERIJALA SA EKONOMSKOG I EKOLOŠKOG ASPEKTA

Analiza i poređenje građevinskih materijala čija se primena planira u fazi projektovanja, bitan su aspekt kvaliteta izgrađenog objekta. Nedostatak nacionalne baze podataka, građevinskih materijala i proizvoda koji se koriste za izgradnju objekata je moguće sagledati kroz sledeću analizu koja je sprovedena na tri grupe građevinskih materijala: cementni materijali, podne obloge i podne obloge u vlažnim prostorijama da bi se kroz ovaj deo istraživanja pokazalo kakve mogućnosti postoje za odabir ekonomskih i ekoloških karakteristika i vrednovanje materijala i proizvoda. U ovom četvrtom delu istraživanja se koristi programski paket BEES, koji se koristi u SAD i Kanadi. Program raspolaže bazom podataka koja je karakteristična za taj kontinent, pa su proizvodni nazivi originalni. Nažalost Srbija nema bazu građevinskih materijala iz domaće građevinske industrije koji bi mogli biti ubačeni u program za vrednovanje ekonomskih i ekoloških karakteristika građevinskog materijala tokom životnog ciklusa. Zato je LCA analiza urađena za materijale koji su u bazi programa BEES.

Obzirom da se domaći građevinski materijali i proizvodi ne nalaze u bazi podataka programa sa kojim je rađena analiza i sami rezultati istraživanja imaju ulogu da ukažu na potrebu formiranja nacionalne baze građevinskih materijala i proizvoda koja bi arhitektama u Srbiji bila od pomoći pri donošenju odluka u procesu projektovanja i odabira materijala. Na nivou projekta za izvođenje, u fazi rešavanja detalja i odabira materijala koje planiramo da primenimo za izgradnju objekta moguće je primeniti u sklopu LCA analize programe koji porede proizvode i sa njihovog ekološkog i ekonomskog aspekta, u smislu njihove cene na tom

tržištu, ali i životnog veka u odnosu na neki drugi materijal, ili u odnosu na životni vek same konstrukcije objekta. Za ovu analizu postoje programi koji su povezani sa nacionalnim bazama podataka pojedinih zemalja, pa će oni biti i korišćeni. Osim ekonomskog aspekta analiziranih materijala, program koji se koristi poredi i ekološke uticaje, pojedinačne ali i po fazama životnog ciklusa, što daje mogućnost odabira materijala sa velikim mogućnostima procene uticaja na životnu sredinu za materijale koji se nalaze u bazi. U jednom ciklusu je moguće porediti i vrednovati po pet materijala koji su programski povezani sa pozicijom u sklopu objekta. Pošto u Srbiji nema baze podataka za emisije iz nacionalne industrije, analiza se bazira na stranim bazama podataka. Za ovu analizu će biti korišćen program BEES, koji se preuzima sa sajta Nacionalnog instituta za standardizaciju i tehnologiju SAD² NIST (skr. eng. *National Institute of Standards and Tehnology*). U programu je moguće pronaći materijale koji su slični građevinskim materijalima koji se koriste u Srbiji za izgradnju objekata. Moguće je podesiti distancu transporta, pa su i emisije iz faze transporta ušle u proračun, a program je u periodu izrade teze bio otvoren i dostupan korisnicima, što je bio dodatni razlog za njegov odabir. Program BEES Nacionalnog instituta za standardizaciju i tehnologiju SAD u kome je rađena analiza prikazan je na Slici 4.21.



Slika 4.21. Program BEES u kome je ređena analiza na nivou rešavanja detalja³

² <https://www.nist.gov/services-resources/software/bees>

³ <https://www.nist.gov/services-resources/software/bees>

Poređenjem građevinskih proizvoda koji se mogu koristiti za pojedine pozicije radova, moguće je pronaći materijale koji sa ekoloških i ekonomskih aspekata imaju najpovoljnije karakteristike. Analizirani uticaji su prikazani u Tabeli 4.134. LCA analizirani uticaji na životnu sredinu dati su u Tabeli 4.135. Uticaji na životnu sredinu analizirani parametri u Tabeli 4.136. i analizirani parametri globalnog zagrevanja u Tabeli 4.137.

Tabela 4.134. Analizirani uticaji potencijalnih materijala

	Analizirani uticaji
1.	Ekonomске performanse
2.	Ekološke performanse zbirne ili svaka pojedinačno
3.	Ukupne ekonomske i ekološke performanse mogućnost podešavanja odnosa ekonomskih i ekoloških performansi /ponderisanje
4.	LCA uticaji na životnu sredinu tokom svih faza životnog ciklusa materijala pojašnjavaju koja faza životnog ciklusa nosi opterećenja na životnu sredinu

Tabela 4.135. LCA performanse, analizirani parametri

	LCA Uticaji na životnu sredinu
1.	LCA Globalno zagrevanje
2.	LCA Acidifikacija
3.	LCA Eutrofikacija
4.	LCA Potrošnja fosilnih goriva
5.	LCA Kvalitet unutrašnjeg vazduha
6.	LCA Promena staništa
7.	LCA Potrošnja vode
8.	LCA Emisije u vazduh
9.	LCA Ekološka toksičnost
10.	LCA Čovečije zdravlje - kancerogeni efekat
11.	LCA Čovečije zdravlje - nekancerogeni efekat
12.	LCA Trošenje ozona
13.	LCA Potencijal za stvaranje Smoga

Tabela 4.136. ENV performanse, analizirani parametri

	Ekološke performanse
1.	Acidifikacija– 3%
2.	Kriterijum Emisija u vazduh– 9%
3.	Ekotoksičnost– 7%
4.	Eutrofikacija– 6%
5.	Iscrpljenje fosilnih goriva– 10%

6.	Globalno zagrevanje– 29%
7.	Promena staništa– 6%
8.	Toksično za ljude-kancerogeno– 8%
9.	Toksično za ljude-nije kancerogeno– 5%
10.	Kvalitet unutrašnjeg vazduha – 3%
11.	Oštećenje ozonskog omoteča – 2%
12.	Potencijal za stvaranje smoga – 4%
13.	Potrošnja vode – 8%

Tabela 4.137. ENV Globalno zagrevanje, analizirani parametri

	ENV Globalno zagrevanje
1.	UgljenDioksid (CO ₂ biomasa)
2.	UgljenDioksid (CO ₂ fosil)
3.	UgljenikTetrahlorid (CCl ₄)
4.	UgljenikTetrafluorid (CF ₄)
5.	CFC 12 (CCl ₂ F ₂)
6.	Hloroform (CHCl ₃ , CH-20)
7.	Halon 1301 (CBrF ₃)
8.	HCFC 22 (CHF ₂ Cl)
9.	Metan (CH ₄)
10.	Metil Bromid (CH ₃ Br)
11.	Metil Hlorid (CH ₃ Cl)
12.	Metilen Hlorid (CH ₂ Cl ₂)
13.	Azot oksid (N ₂ O)
14.	Trihloroetan (1,1,1-CH ₃ C)

4.4.1. Analizirani uticaji cementnih materijala

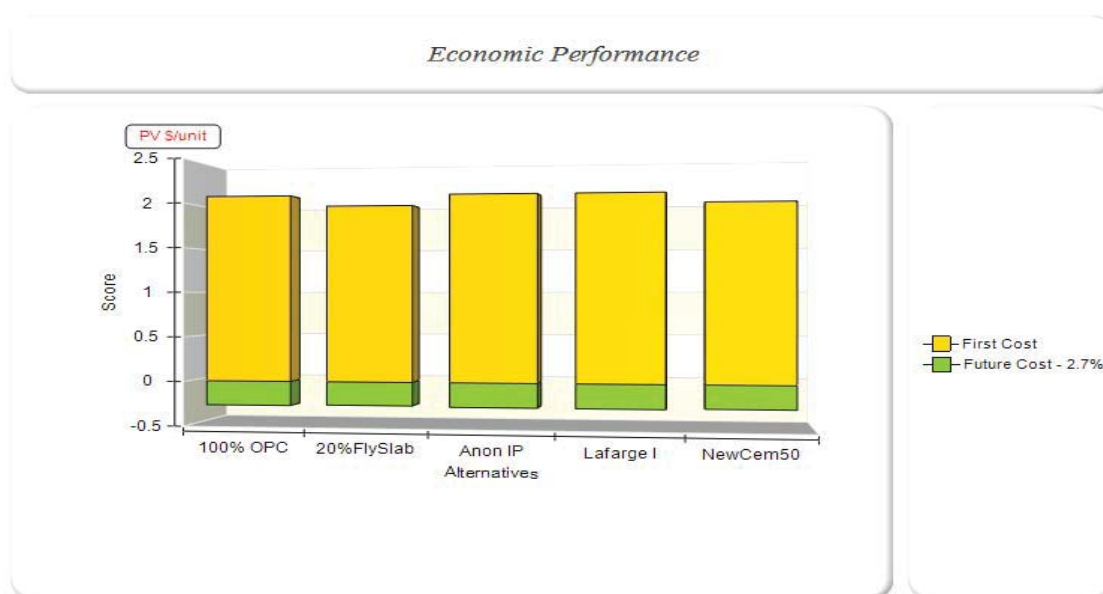
Analizom rezultata ugljeničnog otiska izgradnje objekata uočeno je da su emisije koje proizilaze iz upotrebe cementnih materijala, maltera i betona značajne pa se odabirom cementa koji ima najbolja svojstva, sa aspekta uticaja na životnu sredinu i sa ekonomskog aspekta, može uticati na smanjenje istih i pomoći u donošenju odluka. Analizirani cementni materijali su dati u Tabeli 4.138.

Tabela 4.138. Analizirani cementni materijali

	Proizvodni nazivi cementnih materijala
1.	100% OPC
2.	20% Fly Slab

3.	Anon IP
4.	Lafage I
5.	New Cem 50

Poređenje ekonomskih performansi analiziranih cementnih materijala prikazano je u Tabeli 4.139. i Dijagramu 4.20. Najbolje vrednosti ima 20% Fly Slab, a zatim New Cem 50. a preostali cementni Lafage I, Anon IP i 100%OPC su na trećem mestu sa podjednakim ekonomskim uticajem. Svi materijali imaju duži životni vek od 50 godina pa je to jedna od prednosti.



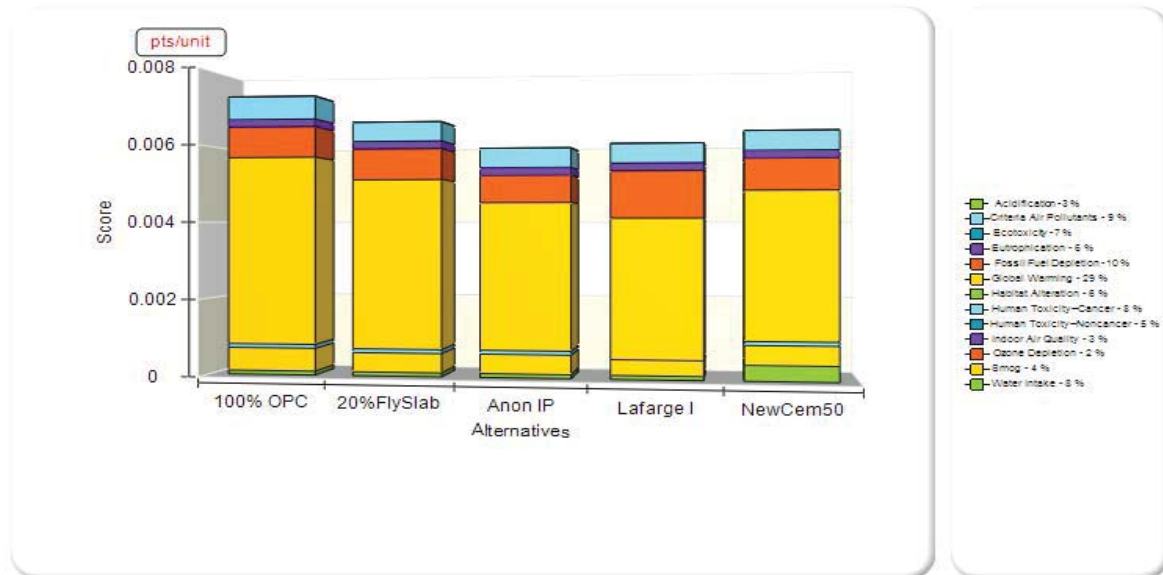
Dijagram 4.20. Poređenje ekonomskih performansi cementnih materijala

Tabela 4.139. Ekonomske performanse analiziranih cementnih materijala

Ekonomske performanse					
Kategorija	100%OPC	20% Fly Slab	Anon IP	Lafage I	New Cem 50
Prva cena	2.08	1.96	2.08	2.08	1.97
Buduća cena-2,7%	-0.27	-0.26	-0.27	-0.27	-0.26
Suma	1.81	1.70	1.81	1.81	1.71

Poređenje ukupnih ekoloških performansi analiziranih cementnih materijala prikazano je u Tabeli 4.140. i Dijagramu 4.21.

Environmental Performance

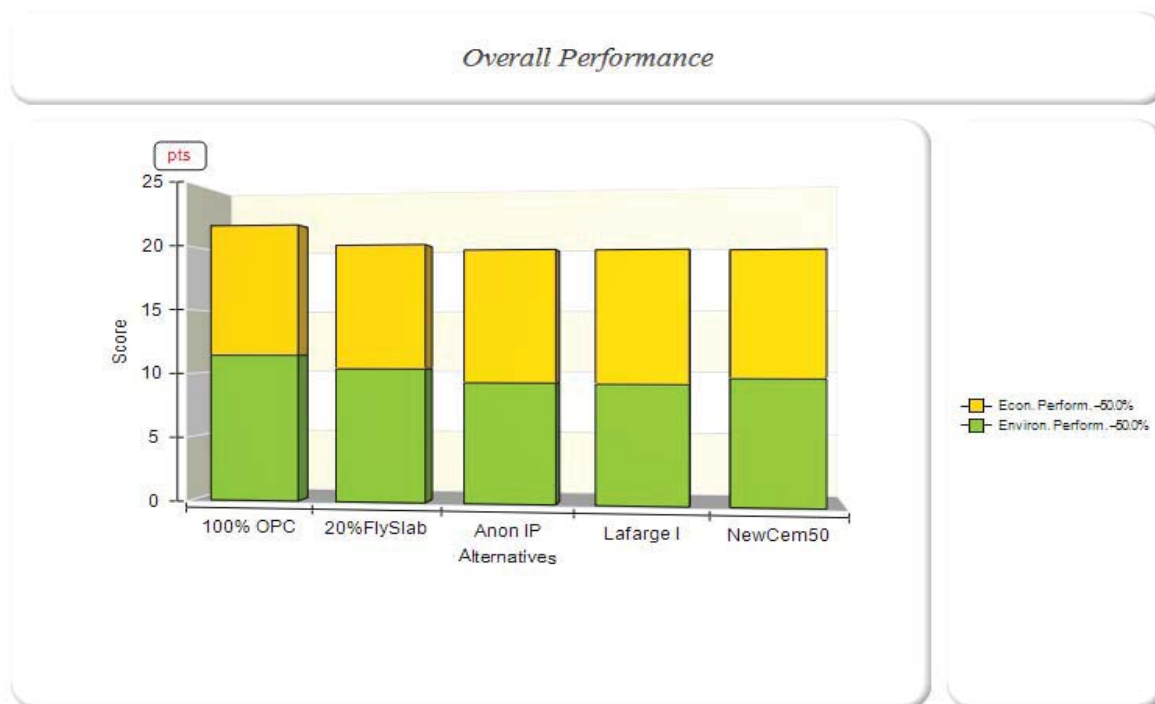


Dijagram 4.21. Poređenje ukupnih ekoloških performansi cementnih materijala

Tabela 4.140. Poređenje ukupnih ekoloških performansi cementnih materijala

Ekološke performace					
Kategorija	100% OPC	20% Fly Slab	Anon IP	Lafage I	New Cem 50
Acidifikacija- 3%	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Kriterijum Emisija u vazduh - 9%	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
Ekotoksičnost - 7%	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Eutrofikacija - 6%	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
Iscrpljenje fosilnih goriva - 10%	0.0008	0.0008	0.0007	0.0012	0.0008
Globalno zagrevanje - 29%	0.0049	0.0044	0.0038	0.0036	0.0038
Promena staništa- 6%	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Toksično za ljude-kancerogeno - 8%	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001
Toksično za ljude-nijekancerogeno - 5%	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Kvalitet unutrašnjeg vazduha - 3%	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Oštećenje ozonskog omoteča - 2%	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Potencijal za stvaranje smoga - 4%	0.0006	0.0005	0.0005	0.0004	0.0005
Potrošnja vode - 8%	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0004
Suma	0.0073	0.0066	0.0059	0.0060	0.0063

Najbolje vrednosti ima Anon IP, a zatim Lafage I na trećem mestu je New Cem 50, na četvrtom 20% Fly Slab, a na petom 100% OPC. Ako se međutim sagleda ukupne ekonomske i ekološke prednosti, prikazane u Tabeli 4.141. i Dijagramu 4.22., najbolje vrednosti ima New Cem 50, pa Lafage I i zatim Anon IP.

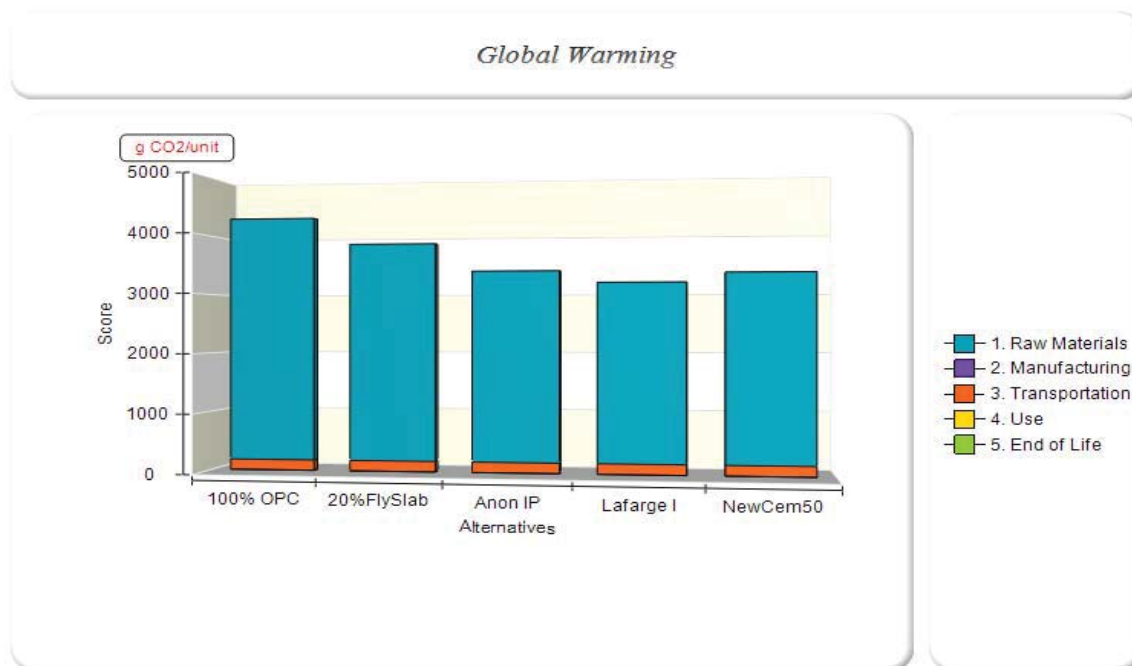


Dijagram 4.22. Poređenje ukupnog uticaja cementnih materijala, ekonomskih i ekoloških performansi

Tabela 4.141. Poređenje ukupnog uticaja cementnih materijala, ekonomskih i ekoloških performansi

Ukupne ekonomske i ekološke performanse					
Kategorija	100% OPC	20% Fly Slab	Anon IP	Lafage I	New Cem 50
Ekonomске performanse – 50% (Econ. Perform.)	10.2262	9.6362	10.2262	10.2262	9.6853
Performanse životne sredine-50% (Environ. Perform.)	11.4078	10.3629	9.2330	9.2330	9.6877
Suma	21.6340	19.9991	19.5348	19.4592	19.3730

Sa aspekta globalnog zagrevanja rezultati su prikazani u Tabeli 4.142. i Dijagramu 4.23. najbolje rezultate ima Lafage I, New Cem 50. a treći je Anon IP. Ako se planira upotreba cementa za malterisanje unutrašnjih površina zidova treba sagledati i uticaje na ljudsko zdravlje pa je sa aspekta kancerogenog efekta Lafage I, cement bez uticaja, odnosno, ima najbolje karakteristike.



Dijagram 4.23. Poređenje cementnih materijala sa aspekta potencijala za globalno zagrevanje po fazama životnog ciklusa

Tabela 4.142. Poređenje cementnih materijala sa aspekta potencijala za globalno zagrevanje po fazama životnog ciklusa

LCA Globalno zagrevanje					
Kategorija	100% OPC	20% Fly Slab	Anon IP	Lafage I	New Cem 50
1. Sirovine	4119.2134	3670.4351	3203.8586	3009.5443	3166.8142
2. Proizvodnja	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3. Transport	175.6423	175.6522	175.6516	175.6696	175.6523
4. Upotreba	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5. Kraj životnog ciklusa	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Suma	4294.8569	3846.0873	3379.5102	3185.2139	3342.4665

4.4.1.1. Diskusija analize cementnih materijala

Najbolje rezultate LCA analize ima cement Lafaž I po osnovu potrošnje vode, ekološke toksičnosti, kancerogenih i nekancerogenih uticaja. Što se tiče potencijala za globalno zagrevanje, acidifikacije i eutrofikacije potencijala za stvaranje smoga, ekološke toksičnosti, uticaja na čovekovo zdravlje (kancerogeno i nekancerogeno), cement Lafaž I je sa najboljim karakteristikama od pet analiziranih. Ovaj cement nema tako povoljne rezultate sa aspekta strukture korišćenog goriva u postupku proizvodnje, odnos obnovljivog i fosilnog goriva, ali to

je vezano za strukturu energetske potrošnje industrije iz nacionalne baze zemlje čiji je program korišćen.

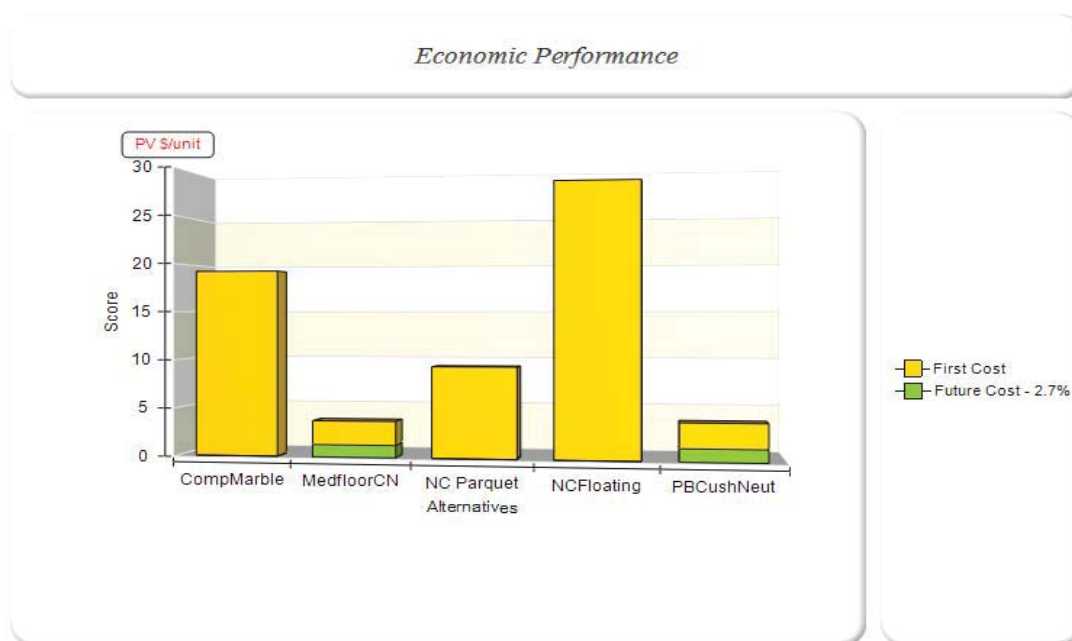
4.4.2. Analizirani uticaji materijala za podne obloge

Analizirani materijali za završnu obradu poda su dati u Tabeli 4.143.

Tabela 4.143. Analizirani materijali za završnu obradu podova

	Proizvodni nazivi materijala za završnu obradu podova
1.	Comp Marble
2.	Medfloor CN
3.	NC Parquet
4.	NC Floating
5.	PBCush Neut

Poređenje ekonomskih performansi za završnu obradu podova prikazano je Dijagramu 4.24. i Tabeli 4.144. I pored toga što imaju kraći životni vek Medfloor CN i PBCush Neut, imaju najbolju cenu, zatim je NC Parquet pa Comp marble i najskuplji je NC Floating oko sedam puta skuplji po jedinici mere u odnosu na Medfloor CN i PBCush Neut.

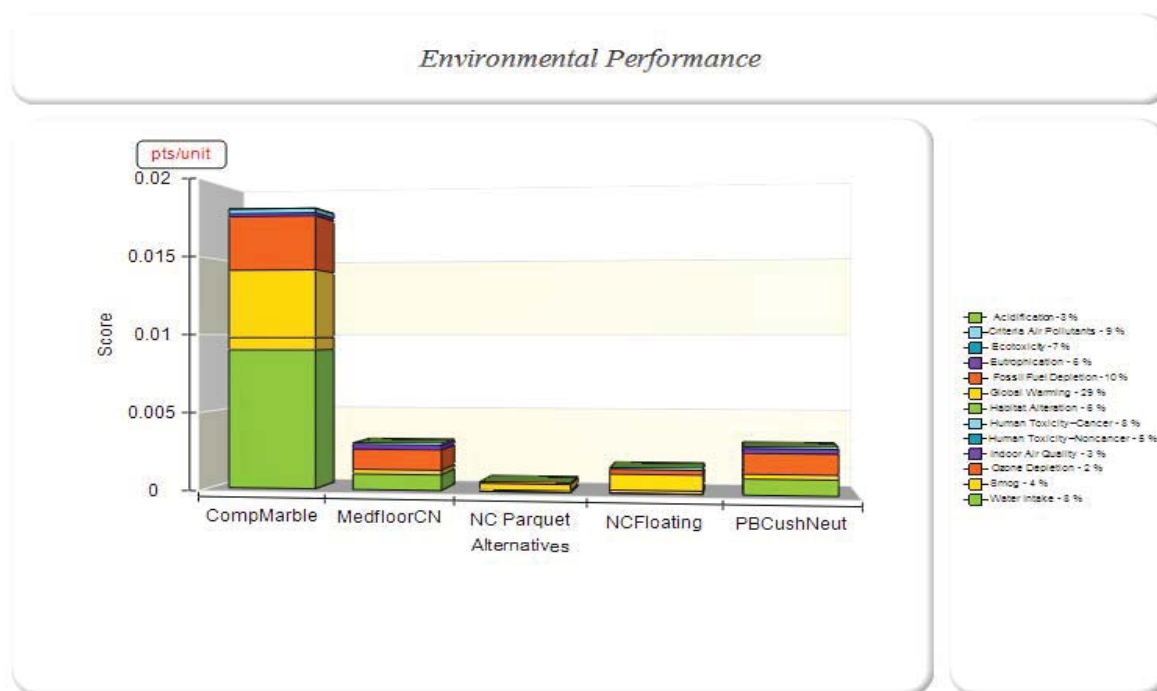


Dijagram 4.24. Poređenje ekonomskih performansi podnih obloga

Tabela 4.144. Ekonomske performanse analiziranih podnih obloga

Ekonomske performanse					
Kategorija	Comp Marble	Medfloor CN	NC Parquet	NC Floating	PBCush Neut
Prva cena	19.20	2,46	9.36	28.20	2.58
Buduća cena-2.7%	0.00	1.26	0.00	0.00	1.33
Suma	19.20	3.71	9.36	28.20	3.91

Poređenje ukupnih ekoloških performansi na životnu sredinu analiziranih proizvoda za završnu obradu podova prikazano je u Dijagramu 4.25. i Tabeli 4.145. Iz dijagrama je uočljivo da je proizvod NC Parquet da najboljim ukupnim ekološkim performansama. Sledeći je NC Floating a zatim podjednake vrednosti imaju Medfloor CN i PBCush Neut. Šest puta veće vrednosti ima poslednji u nizu Comp Marble koji ima ukupne ekološke uticaje trideset puta veće u odnosu na najbolje ocenjeni proizvod NC Parquet.



Dijagram 4.25. Poređenje ukupnih ekoloških performansi podnih obloga

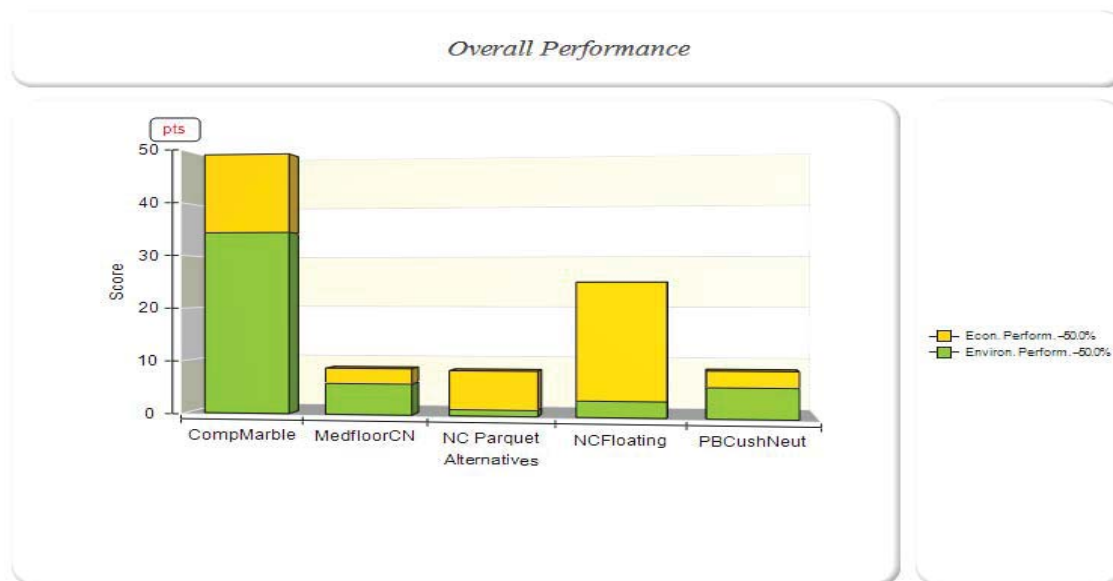
Tabela 4.145. Poređenje ukupnih ekoloških performansi podnih obloga

Ekološke performanse					
Kategorija	Comp Marble	Medfloor CN	NC Parquet	NC Floating	PBCush Neut
Acidifikacija - 3%	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Kriterijum Emisija u vazduh -9%	0.0003	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001
Ekotoksičnost - 7%	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Eutrofikacija -6%	0.0002	0.0003	0.0000	0.0000	0.0003
Iscrpljenje fosilnih goriva - 10%	0.0035	0.0013	0.0001	0.0003	0.0013
Globalno zagrevanje - 29%	0.0044	0.0000	0.0004	0.0010	0.0000
Promena staništa - 6%	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Toksično za ljude - kancerogeno - 8%	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Toksično za ljude nije kancerogeno - 5%	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Kvalitet unutrašnjeg vazduha - 3%	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Oštećenje ozonskog omoteča -2%	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Potencijal za stvaranje smoga - 4%	0.0008	0.0003	0.0001	0.0002	0.0003
Potrošnja vode - 8%	0.0090	0.0010	0.0000	0.0000	0.0010
Suma	0.0182	0.0030	0.0006	0.0016	0.0030

Sa aspekta LCA uticaja na životnu sredinu, prikazanih u Dijagramu 4.25. i Tabeli 4.145. najbolje vrednovan je NC Parquet, zatim NC Floatingm posle toga približne rezultate imaju Medfloor CN, i PBCush Neut i šest puta veće vrednosti poslednji u nizu ima Comp Marble.

Poređenje ukupnih ekoloških i ekonomskih uticaja materijala za završnu obradu podova prikazan je u Dijagramu 4.26. i Tabeli 4.146. Prema dobijenim rezultatima, ponderisanjem po 50% za ekonomske i ekološke performanse poređenih proizvoda najbolje je vrednovan NC Parquet, zatim Medfloor CN i PBCush Neut sa približnim vrednostima. Treći u nizu je NC Floating sa trostruko većim rezultatima u odnosu na NC Parquet. Poslednji u nizu je Comp Marble sa skoro šest puta većim vrednostima rezultata.

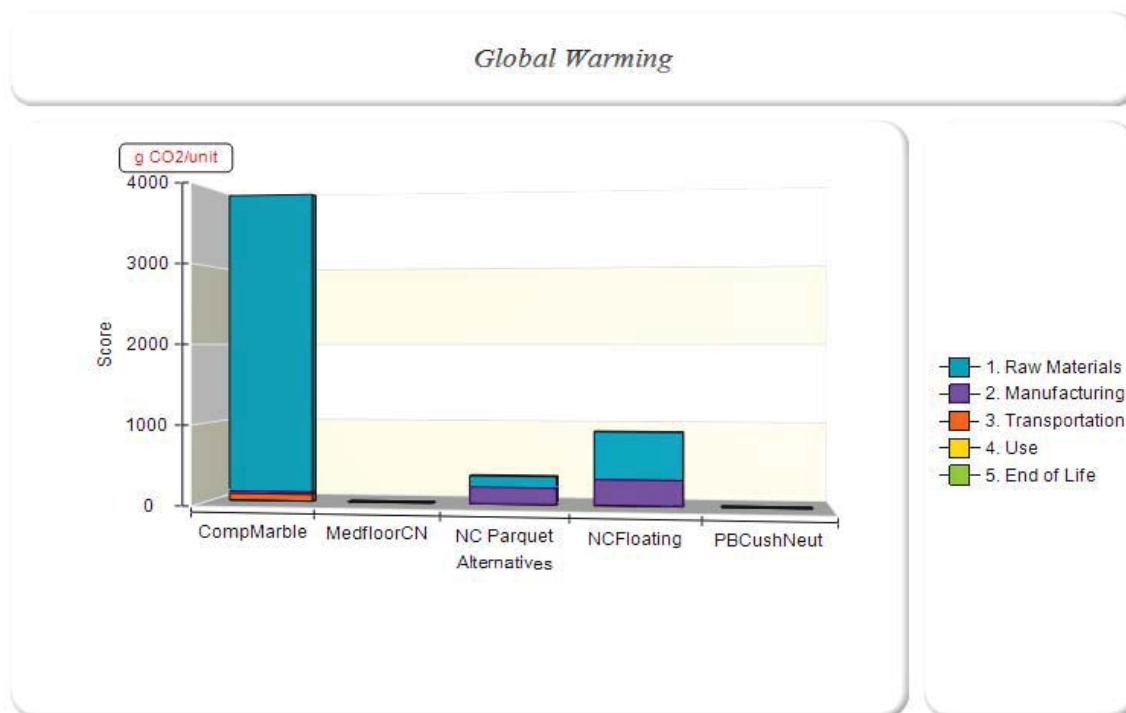


Dijagram 4.26. Poređenje ukupnog uticaja podnih obloga, ekonomskih i ekoloških performansi

Tabela 4.146. Poređenje ukupnih uticaja podnih obloga, ekonomskih i ekoloških performansi

Ukupne ekonomske i ekološke performanse					
Kategorija	Comp Marble	Medfloor CN	NC Parquet	NC Floating	PBCush Neut
Ekonomске performanse – 50%	14.9093	2.8916	7.2683	21.8981	3.0327
Performanse životne sredine - 50%	34.3608	5.7934	1.1354	3.0143	5.6560

Poređenje sa aspekta potencijaja za globalno zagrevanje prikazani su rezultati uticaja u Dijagramu 4.27. i Tabeli 4.147. Najbolje karakteristike imaju Medfloor CN i PBCush Neut, nemaju uticaje, a treći u nizu je NC Parquet, pa NC Floating sa trostruko većim potencijalom za globalno zagrevanje u odnosu na NC Parquet. Na petom mestu sa 10 puta većim uticajem je Comp Marble.



Dijagram 4.27. Poređenje podnih obloga sa aspekta potencijala za globalno zagrevanja po fazama životnog ciklusa

Tabela 4.147. Poređenje podnih obloga sa aspekta potencijala za globalno zagrevanje po fazama životnog ciklusa

LCA Globalno zagrevanje					
Kategorija	Comp Marble	Medfloor CN	NC Parquet	NC Floating	PBCush Neut
1. Prirodni materijali	3793.6067	0.0000	141.3976	590.5421	0.0000
2. Proizvodnja	31.7015	0.0000	205.2071	316.1961	0.0000
3. Transport	86.2010	0.0000	3.0311	6.9316	0.0000
4. Upotreba	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5. Kraj životnog ciklusa	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Suma	3911.5092	0.0000	349.6358	913.6698	0.0000

Međutim, analiza koja je bitna kada su u pitanju materijali koji se koriste u unutrašnjem prostoru su emisije u vazduh u fazi korišćenja (Dijagram 4.25. i Tabela 4. 145.) koja ukazuje na problem u vezi korišćenja NC Parquet. Ovo je usled toga što se koriste lakovi za finalnu obradu ovih obloga pa se ovo može prevazići upotrebom premaza na vodenoj bazi, čime se otklanja ovaj za unutrašnji prostor bitan parametar.

4.4.2.1. Diskusija analize materijala za podne obloge

Najbolje parametre posle izvršene analize pokazuje NC Parquet. zatim Medfloor CN i PBCush Neut sa približnim vrednostima. Nedostatak u smislu uticaja na unutrašnji vazduh za NC Parquet treba korigovati korišćenjem lepka bez komponenti koje imaju VOC i laka na vodenoj bazi za završnu obradu ovog proizvoda, čime će se prevazići uočeni nedostatak. Ovaj proizvod nije finansijski najpovoljniji, ali je sa aspekta veka trajanja i ekoloških performansi najbolji izbor.

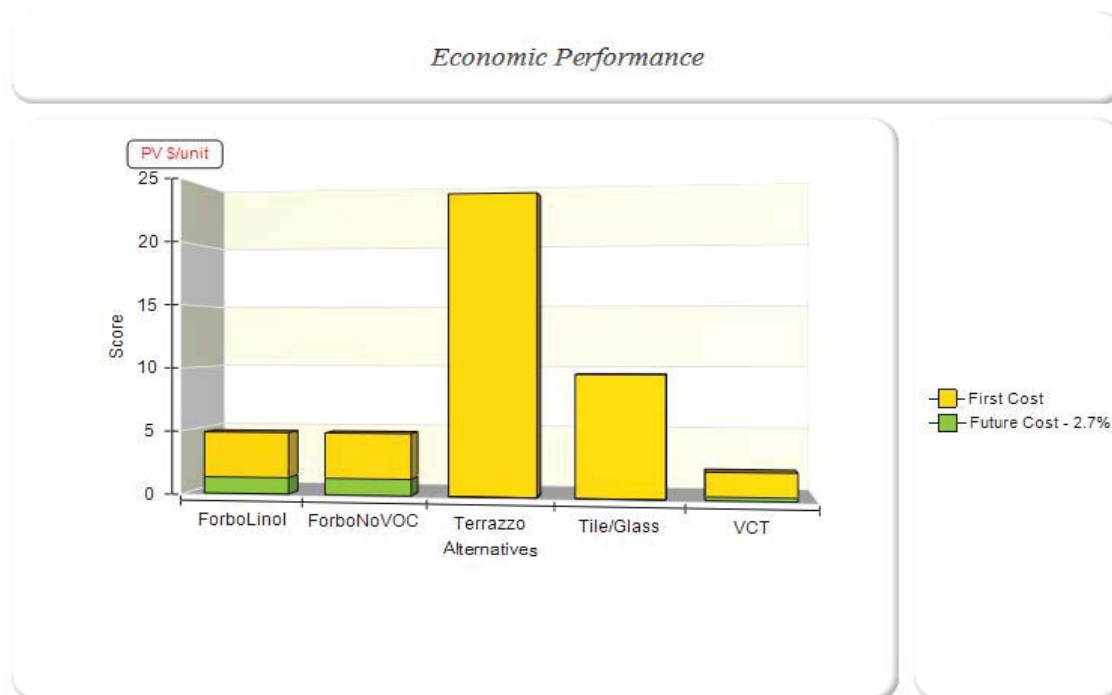
4.4.3. Analizirani uticaji podnih obloga za vlažne i pomoćne prostorije

Analizirani materijali za završnu obradu poda u vlažnim i pomoćnim prostorijama dati su u Tabeli 4.148.

Tabela 4.148. Analizirani materijali za završnu obradu podova u vlažnim i pomoćnim prostorijama

	Proizvodni nazivi materijala za završnu obradu podova u vlažnim i pomoćnim prostorijama
1.	Forbe Linol
2.	Forbe Linol no VOC
3.	Terrazzo
4.	Tille/Glass Rec
5.	VCT

Poređenje ekonomskih performansi za završnu obradu podova u vlažnim i pomoćnim prostorijama prikazano je u Djagramu 4.28. i Tabeli 4.149. Poređenjem ekonomskih performansi najbolje vrednosti ima VCT, mada je potrebno dodatno investiranje jer je životni vek kraći u odnosu na Tille/Glass Rec i Terrazzo za koje nema dodatnih ulaganja. Sa ekonomskog aspekta drugo i treće mesto pripada Forbe Linol i Forbe Linol no VOC. Četvrto mesto je Tille/Glass Rec, a peto za Terrazzo.

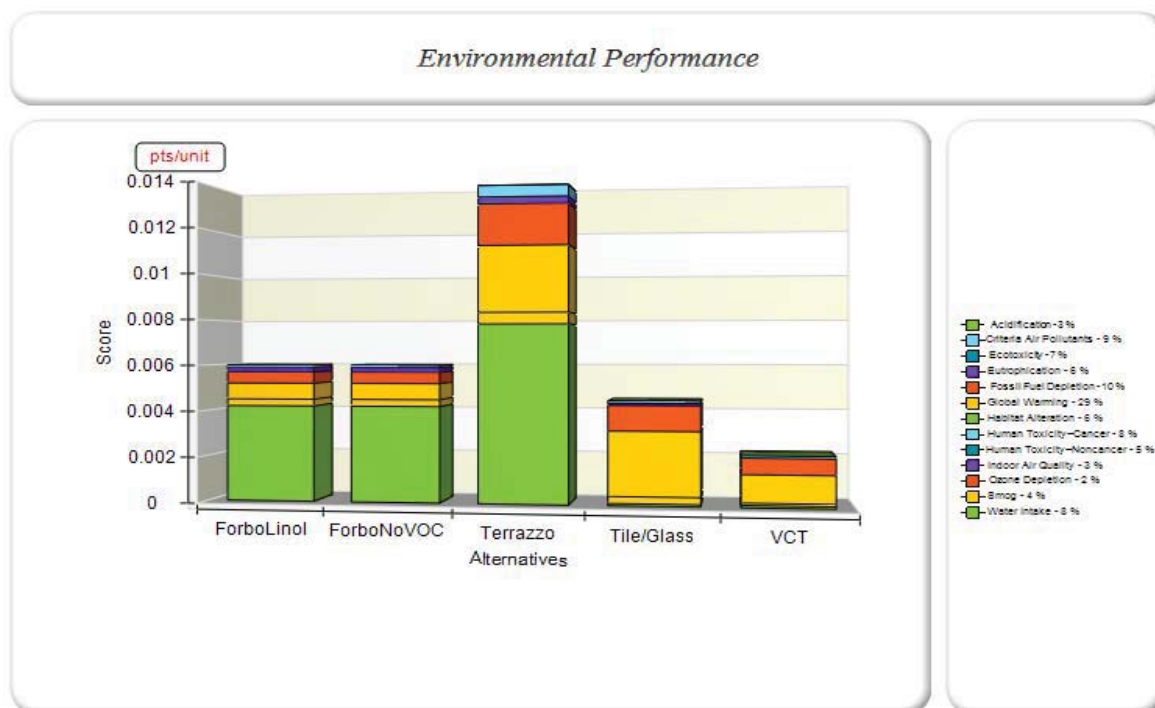


Dijagram 4.28. Poređenje ekonomskih performansi podnih obloga u vlažnim i pomoćnim prostorijama

Tabela 4.149. Ekonomske performanse analiziranih podnih obloga u vlažnim i pomoćnim prostorijama

Ekonomske performanse					
Kategorija	Forbe Linol	Forbe Linol no VOC	Terrazzo	Tille/Glass Rec	VCT
Prva cena	3.58	3.58	23.59	9.55	1.88
Buduća cena - 2.7%	1.29	1.29	0.00	0.00	0.28
Suma	4.87	4.87	23.59	9.55	2.16

Poređenje ukupnih ekoloških performansi za podne obloge u vlažnim i pomoćnim sredinama prikazano je u Dijagramu 4.29. i Tabeli 4.150. Najbolje karakteristike ima proizvod VCT, a zatim Tille/Glass Rec. Zatim podjednake uticaje imaju Forbe Linol no VOC i Forbe Linol, a najviše uticaja ima Terrazzo. Ovo je značajno istaći iz razloga što je teraco jedna od primenjivanih obloga u Srbiji.



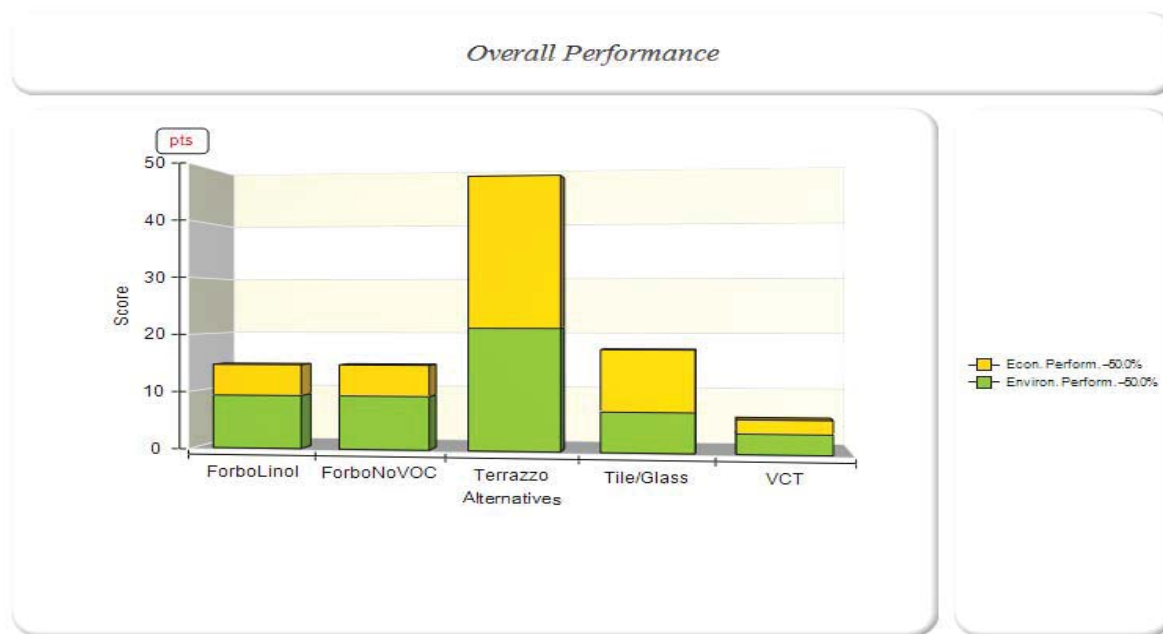
Dijagram 4.29. Poređenje ukupnih ekoloških performansi podnih obloga u vlažnim i pomoćnim prostorijama

Tabela 4.150. Poređenje ukupnih ekoloških performansi podnih obloga u vlažnim i pomoćnim prostorijama

Ekološke performace					
Kategorija	Forbe Linol	Forbe Linol no VOC	Terrazzo	Tille/Glass Rec	VCT
Acidifikacija - 3%	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Kriterijum Emisija u vazduh - 9%	0.0001	0.0001	0.0005	0.0001	0.0001
Ekotoksičnost - 7%	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Eutrofikacija - 6%	0.0002	0.0002	0.0003	0.0001	0.0000
Iscrpljenje fosilnih goriva - 10%	0.0005	0.0005	0.0018	0.0011	0.0007
Globalno zagrevanje - 29%	0.0007	0.0007	0.0029	0.0028	0.0012
Promena staništa - 6%	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Toksično za ljude - kancerogeno - 8%	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Toksično za ljude - nije kancerogeno - 5%	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Kvalitet unutrašnjeg vazduha - 3%	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Oštećenje ozonskog omoteča - 2%	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Potencijal za stvaranje smoga- 4 %	0.0003	0.0003	0.0005	0.0003	0.0001
Potrošnja vode - 8%	0.0042	0.0042	0.0078	0.0001	0.0001
Suma	0.0060	0.0060	0.0138	0.0045	0.0022

Poređenje ukupnih ekoloških i ekonomskih performansi za podne obloge u vlažnim i pomoćnim sredinama prikazano je na Dijagramu 4.30. i u Tabeli 4.151. Najbolje karakteristike

ima proizvod VCT zatim podjednake uticaje imaju Forbe Linol no VOC i Forbe Linol. Zatim Tille/Glass Rec ima tri puta veće vrednosti od prvoplasiranog, a najviše uticaja ima Terrazzo, približno devet puta veće vrednosti rezultata u odnosu na najbolje plasirani VCT i tri puta veće vrednosti od Forbe Linol no VOC i Forbe Linol.



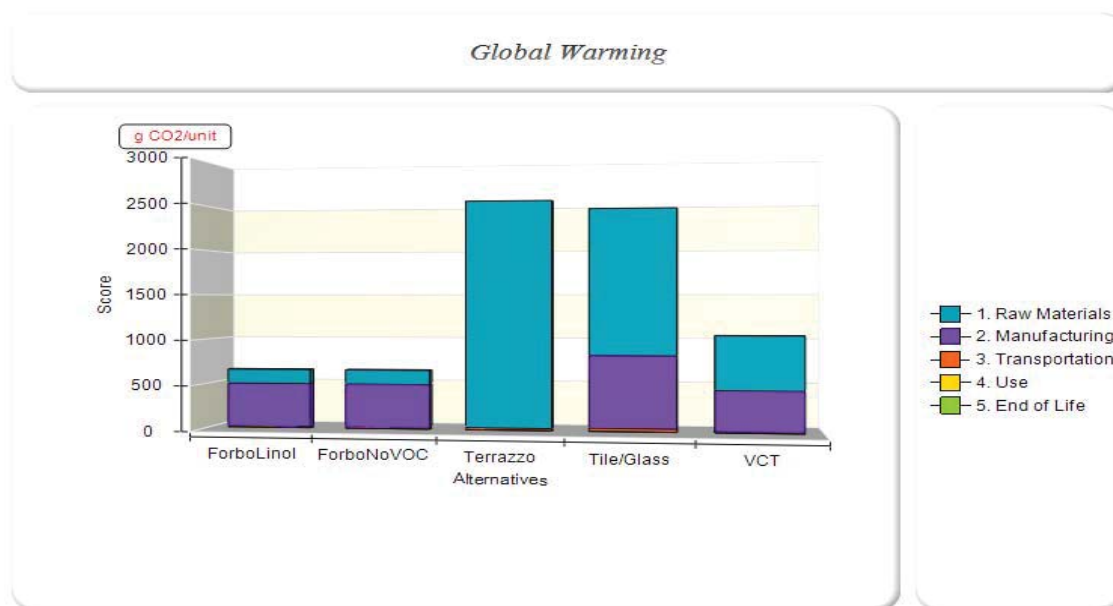
Dijagram 4.30. Poređenje ukupnog uticaja podnih obloga u vlažnim i pomoćnim prostorijama, ekonomskih i ekoloških performansi

Tabela 4.151. Poređenje ukupnih uticaja podnih obloga u vlažnim i pomoćnim prostorijama, ekonomskih i ekoloških performansi

Ukupne ekonomske i ekološke performanse					
Kategorija	Forbe Linol	Forbe Linol no VOC	Terrazzo	Tille/Glass Rec	VCT
Ekonomске performanse – 50%	5.4111	5.4111	26.1848	10.6005	2.3926
Performanse životne sredine-50%	9.2704	9.2704	21.1128	6.9111	3.4353
Suma	14.6815	14.6815	47.2976	17.5116	5.8279

Poređenje sa aspekta potencijala za globalno zagrevanje za uticaj na životnu sredinu po fazama životnog ciklusa za podne obloge u vlažnim i pomoćnim sredinama prikazano je na Dijagramu 4.31. i u Tabeli 4.152. Najbolje karakteristike ima proizvod Forbe Linol i Forbe Linol no VOC, zatim VCT sa skoro dvostruko većim potencijalom za globalno zagrevanje. Zatim Tille/Glass

Rec i približno isti uticaj ima Terrazzo sa potencijalom koji je četiri puta veći u odnosu na najbolje plasirani proizvod.



Dijagram 4.31. Poređenje podnih obloga u vlažnim i pomoćnim prostorijama sa aspekta potencijala za globalno zagrevanje po fazama životnog ciklusa

Tabela 4.152. Poređenje podnih obloga u vlažnim i pomoćnim prostorijama sa aspekta potencijala za globalno zagrevanje po fazama životnog ciklusa

LCA Globalno zagrevanje					
Kategorija	Forbe Linol	Forbe Linol no VOC	Terrazzo	Tille/Glass Rec	VCT
1. Prirodni materijali	158.7925	158.7925	2514.4832	1612.449	595.383
2. Proizvodnja	458.0950	458.0950	0.0000	798.1208	447.309
3. Transport	10.6320	10.6320	22.3557	33.3192	10.2723
4. Upotreba	0.0000	0.0000	0.4549	0.0000	0.0000
5. Kraj životnog ciklusa	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Suma	654.5195	654.5195	2537.2936	2443.889	1052.96

Poređenje sa aspekta uticaja na kvalitet unutrašnjeg vazduha po fazama životnog ciklusa za podne obloge u vlažnim i pomoćnim sredinama prikazano je na Dijagramu 4.29. i u Tabeli 4.150. Najbolje karakteristike ima proizvod Terrazzo, zatim Tille/Glass Rec, dok male uticaje imaju Forbe Linol i Forbe Linol no VOC. Najveće uticaje na kvalitet unutrašnjeg vazduha ima VCT sa 62 puta većim uticajem od Forbe Linol i Forbe Linol no VOC.

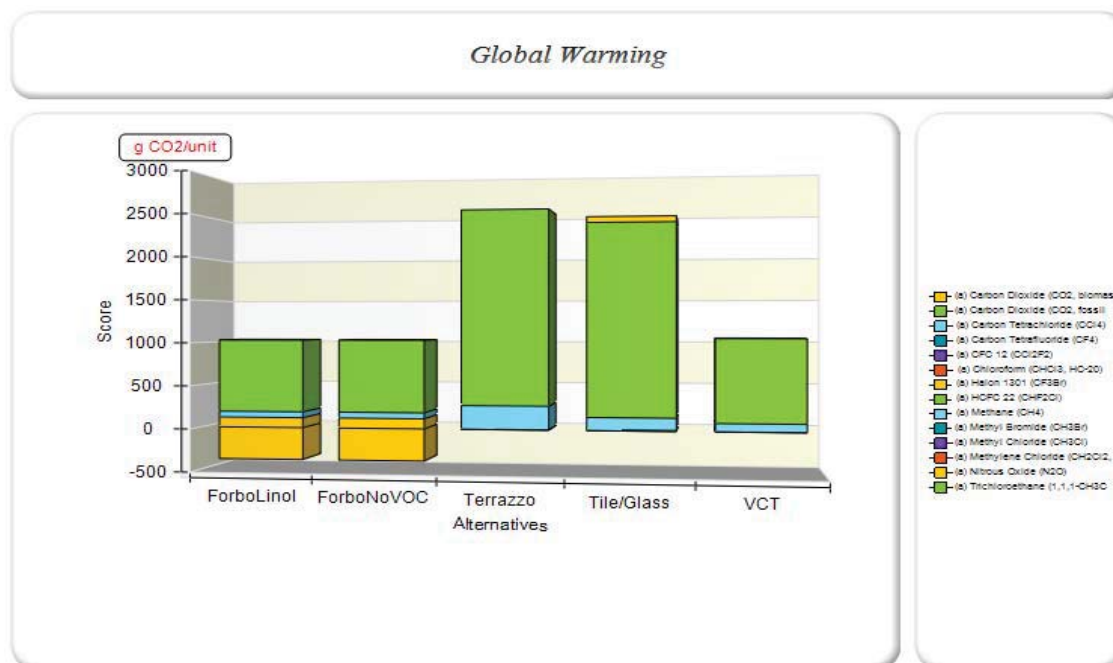
Poređenje sa aspekta potencijala za ekološku toksičnost po fazama životnog ciklusa za podne obloge u vlažnim i pomoćnim sredinama prikazano je u Dijagramu 4.29. i Tabeli 4.150. Najbolje karakteristike ima proizvod Forbe Linol i Forbe Linol no VOC, zatim VCT i

Tille/Glass Rec, sa približnim potencijalom za ekološku toksičnost. Najveći uticaj ima Terrazzo sa potencijalom koji je pet puta veći u odnosu na najbolje plasirane proizvode Forbe Linol i Forbe Linol no VOC. Ekološka toksičnost je iz faze materijala.

Poređenje sa aspekta potencijala za globalno zagrevanje po fazama životnog ciklusa za podne obloge u vlažnim i pomoćnim sredinama prikazano je na Dijagramu 4.32. i u Tabeli 4.153. Najbolje karakteristike ima proizvod Forbe Linol i Forbe Linol no VOC. Ovi proizvodi su u ukupnom bilansu sa najboljim karakteristikama, zatim VCT koji ima pedeset posto veći potencijal u odnosu na prvoplasirane. Četvrti je Tille/Glass Rec, sa približnim potencijalom za globalno zagrevanje kao Terrazzo sa oticajem koji je skori četiri puta veći od najbolje ocenjenih.

Tabela 4.153. Poređenje podnih obloga u vlažnim i pomoćnim prostorijama sa aspekta potencijala za globalno zagrevanje

ENV Globalno zagrevanje					
Kategorija	Forbe Linol	Forbe Linol no VOC	Terrazzo	Tille/Glass Rec	VCT
1.Ugljen Dioksid (CO ₂ biomasa)	-374.7302	-374.7302	-0.4199	66.0629	0.2711
2.Ugljen Dioksid (CO ₂ fosil)	843.3539	843.3539	2261.8141	2228.0992	957.9504
3.UgljenikTetrahlid (CCl ₄)	0.0259	0.0259	0.0280	0.0275	0.0284
4.UgljenikTetrafluorid (CF ₄)	0.0990	0.0990	0.1689	0.0023	0.0328
5.CFC 12 (CCl ₂ F ₂)	0.0002	0.0002	0.3946	0.0015	0.0001
6.Hloroform (CHCl ₃ , CH-20)	0.0000	0.0000	0.0051	0.0000	0.0000
7.Halon 1301 (CBrF ₃)	0.0033	0.0033	0.0039	0.0000	0.0001
8.HCFC 22 (CHF ₂ Cl)	0.0077	0.0077	0.9917	0.0003	0.0003
9.Metan (CH ₄)	68.6697	68.6697	270.9991	137.9399	92.5654
10.Metil Bromid (CH ₃ Br)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
11.Metil Hlorid (CH ₃ Cl)	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.0000
12.Metilen Hlorid (CH ₂ Cl ₂)	0.0008	0.0008	0.0003	0.0013	0.0004
13.Azot oksid (N ₂ O)	117.0890	117.0890	3.2643	11.7539	2.1285
14.Trihloroetan (1.1.1-CH ₃ C)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
Suma	654.5193	654.5193	2537.2936	2443.8891	1054.9654



Dijagram 4.32. Poređenje podnih obloga u vlažnim i pomoćnim prostorijama sa aspekta potencijala za globalno zagrevanje

4.4.3.1. Diskusija analize podnih obloga u vlažnim i pomoćnim prostorijama

Najbolje parametre posle izvršene analize ima VCT, Forbe Linol i Forbe Linol no VOC, pa zatim Tille/Glass Rec i na kraju Terrazzo. Međutim, obzirom da VCT ima uticaj na kvalitet unutrašnjeg vazduha u fazi korišćenja ova podna obloga nije proizvod sa najboljim katakteristikama. Ovaj proizvod nije finansijski najpovoljniji, ali je sa aspekta veka trajanja i ekoloških performansi najbolji izbor. To je onda Linol i Forbe Linol no VOC, ili Tille/Glass Rec.

4.4.4. Diskusija LCA analize primenjenih materijala za izgradnju sa ekonomskog i ekološkog aspekta

Poređenjem građevinskih proizvoda koji se mogu koristiti za pojedine pozicije radova, moguće je pronaći materijale koji sa ekološkog i ekonomskog aspekata imaju najpovoljnije karakteristike, kako za ukupne ekološke uticaje, tako i za odabir pojedinačnih uticaja misli se pri tome na: gasove sa efektom staklene bašte, portošnju ozona, acidifikaciju, eutrofikaciju, kancerogeni i nekancerogeni efekat i ekološku toksičnost, potrošnju vode i energije. Obzirom da program pruža mogućnosti poređenja ekonomskih aspekata nabavke i održavanja pojedinih proizvoda i životni vek komponenti, moguće je porediti odabrane proizvode i sa tog aspekta.

Nažalost, Srbija nema nacionalni program ni nacionalne baze građevinskih materijala i proizvoda pa je program koji je bio dostupan za LCA analizu gradnje i eksploatacije objekta, ugrađenih materijala i komponenti baziran na podacima koji su inostrani, i u tom smislu nisu odraz industrije građevinskih materijala Srbije, strukture potrošnje energije, obnovljivih i neobnovljivih energenata koji se koriste kako u postupku proizvodnje građevinskih materijala, njihovog transporta i ugradnje, tuđih tehnologija, ali jasno ukazuju na činjenicu da je potrebno razvijati nacionalne programe i nacionalne baze građevinskih materijala. Tako formirane nacionalne baze i programi bi mogli u značajnoj meri pomoći arhitektama da donose odluke zasnovane na proračunima i da argumentovano investitorima predoče prednosti i nedostatke u vezi izbora kako materijala tako i konstruktivnog sklopa objekta, ali sa jasno argumentovanim dokazima zašto i kako je moguće odabrati konstruktivni sklop ili opremu koja ima manji ugljenični otisak na životnu sredinu. Diskusija je sastavni deo LCA procedure pa je na kraju svake od analiza koje su rađene izložena diskusija po pojedinačnim aspektima.

5.0. FINALNA DISKUSIJA I ZAKLJUČCI

Tendencije za smanjenje emisija CO₂ su prisutne širom sveta. Sve više istraživanja i napora je usmereno u pravcu razvoja i komercijalizacije nisko-ugljeničnih građevinskih materijala koji mogu zadovoljiti potražnju za ekološkim zgradama i zapravo pomoći da se emisije CO₂ iz građevinskog sektora smanje. Kao rezultat toga, došlo je do rasta potreba za procenom opterećenja na životnu sredinu od strane životnog ciklusa građevinskih materijala kroz procenu uticaja na životnu sredinu i kontinuirano upravljanje tokom trajanja objekta. Procenom životnog ciklusa (LCA) objekta, ali i materijala od kojih je objekat izgrađen, moguće je istražiti koje su komponente u kojoj fazi životnog ciklusa i sa kakvim uticajem na životnu sredinu, zdravlje ljudi, ekološku toksičnost, životni vek.

Nastojanja da se sagleda značaj ugrađenog ugljenika u građevinske objekte je sve više tema interesovanja jednog broja naučnika, što je dokumentovano kroz literaturne izvode i citiranje njihovih radova. Rezultati ove doktorske teze se pridružuju takvim nastojanjima, da se dođe do saznanja mogu li se reupotrebom i reciklažom građevinskih materijala ostvariti benefiti u ugljeničkom otisku gradnje objekta ili u smanjenju pritiska na primarne materijale.

5.1. Zaključci, preporuke i smernice

Rezultati dobijeni istraživanjem ukazuju na važnost obračuna potrošnje ugrađene energije i materijala za izgradnju objekata i neophodnost njegovog uključivanja pri donošenju odluke o izboru materijala i sistema gradnje u procesu izrade projekata za izgradnju, investiciono održavanje i rekonstrukciju objekata u Srbiji. U istraživanju za potrebe ove disertacije izvršen je obračun ugrađenog ugljenika za različite sisteme gradnje uobičajene u Srbiji i izvršeno njihovo poređenje tokom životnog ciklusa objekta.

U prvoj fazi istraživanja na nivou idejnog rešenja primenom LCA analize vrednovani su modeli radi podrške za donošenje odluke: da li rekonstruisati postojeći objekat ili izgraditi novi. **Ovim delom istraživanja je dokazana prva hipoteza: da je u ranoj fazi izrade projekta moguće identifikovati idejno rešenje sa manjim uticajem na životnu sredinu.** Sa ciljem dokazivanja prve hipoteze na nivou idejnog rešenja vrednovani su modeli: A - izgradnja novog objekta primarnim materijalima, B - izgradnja novog objekta uz primenu recikliranih i tzv. zelenih materijala i C - rekonstrukcija postojećeg objekta na kraju životnog

ciklusa na građevinskoj parceli predviđenoj za izgradnju. Za ovo istraživanje su korišteni sledeći programi: program ZeroWIN za procenu uštede u produkciji čvrstog otpada, vode i GHG i Carbon calculator Building Agencije za zaštitu životne sredine UK, za procenu ugljeničnog otiska izgradnje u fazi odabira idejnog rešenja. Referentni model u ovom delu istraživanja je bio model A, izgrađen na uobičajeni način primarnim materijalima, pa kao takav nema ušteda u fazi izgradnje u čvrstom otpadu, potrošnji vode i emisijama GHG. Model B na nivou idejnog rešenja je predstavljen kroz pet varijanti izgradnje novog objekta uz primenu recikliranih i tzv. zelenih materijala u različitom procentu, pa je moguće poređenje sa aspekta ušteda u produkciji čvrstog otpada, potrošnji vode i emisija GHG. Kao poslednji model C na idejnom nivou je model rekonstrukcije postojećeg objekta uz zamenu dotrajalih delova i osavremenjivanje, kao i njegovo konstruktivno ojačavanje u skladu sa savremenim propisima. Rezultat ove analize potvrđuje prvu hipotezu i jasno ukazuje na pravac u kome treba dalje razvijati projekat tokom naredne faze. Rezultati prikazani u Dijagramu 4.3. su pokazali da: *varijante B-1. i B-2.* imaju vrednosti ušteda u GHG od 24% do 26%, vode od 7% do 9% i otpada od 0% do 1%, *varijante B-3. i B-4.* imaju vrednosti ušteda u GHG od 31% do 29%, vode oko 11% i otpada od 8% do 13%, *varijanta B-5.* ima vrednosti ušteda u GHG od 37%, vode oko 19% i otpada oko 13%, i *varijanta C.* ima vrednosti ušteda u GHG od 5%, vode oko 5% i otpada oko 10% u odnosu a referentni model A. Rezultati su pokazali da je najbolja varijanta izgradnje novog objekta uz primenu tzv. zelenih i recikliranih komponenti, i rešenje treba tražiti između *varijanti B-3., B-4. i B-5.* u meri koja je moguća na samom gradilištu, obzirom da postoji resurs materijala koji nastaje prilikom rušenja postojećeg objekta. Ovim je dokazana prva hipoteza. Prvi deo istraživanja je projekat usmerio u pravcu izgradnje novog objekta.

U okviru prvog dela istraživanja, na nivou idejnog rešenja, i približno izračunatih količina građevinskih materijala urađena je i analiza ugljeničnog otiska (embodiranog ugljenika) za modele A, B-3 i C. Za taj obračun je korišten Carbon calculator Building Agencije za zaštitu životne sredine UK. Granice sistema su od kolevke do početka korišćenja objekta. **Rezultati ovog dela istraživanja dokazuju prvu hipotezu, da je u ranoj fazi projekta na nivou idejnog rešenja primenom LCA moguće prepoznati rešenje koje ima manje uticaja na životnu sredinu.** Rezultati obračuna ugljeničnog otiska, prikazani u Dijagramu 4.4. i Tabeli 4.9. pokazali su da embodirani ugljenik za: *varijantu A.* ima vrednost 158,00 tona CO₂ e,

varijantu B-3. ima vrednost 117,00 tona CO₂ e i *varijantu C.* ima vrednost 140,00 tona CO₂ e. Idejno rešenje sa najmanjim uticajem na životnu sredinu je *varijanta B-3.* što predstavlja izgradnju novog objekta sa primenom recikliranih i reupotrebljenih komponenti u meri koja je na lokaciji moguća. Ovim je dokazana prva hipoteza da je u ranoj fazi projekta primenom softverskih alata baziranih na LCA moguće identifikovati uticaje koji idejno rešenje ima na životnu sredinu i usmeriti dalji tok projekta u pravcu projekta sa manjim uticajima. Ovim je dokazana i hipoteza da se u ranoj fazi projekta mogu ostvariti uštede u uticajima na životnu sredinu primenom tzv. zelenih i recikliranih materijala.

Treba naglasiti da je za istraživanje bila bitna i činjenica da je postojeći objekat u fazi devastacije izgrađen 1900. godine i nije od strane Pokrajinskog zavoda za zaštitu spomenika u kategoriji zaštićenih objekata. Da je objekat od strane nadležne institucije uvršten u objekte pod zaštitom, to bi bio značajan faktor, pa bi ostale varijante u samom startu bile eliminisane i istraživanje bi se kretalo u pravcu procene koji vid sanacije i rekonstrukcije bi bio sa najmanjim uticajima na životnu sredinu, zdravlje ljudi i ekološku toksičnost, kao i ekonomske aspekte rekonstrukcije.

Druga faza istraživanja je LCA analiza sprovedena na nivou projekta za izvođenje, što znači sa tačno proračunatim količinama materijala, procesa i proizvoda koji su potrebni za tri najčešće primenjivana konstruktivna sklopa izgradnje objekata u Srbiji. Za taj obračun je korišten Carbon calculator Building Agencije za zaštitu životne sredine UK, kojim su izračunate vrednosti embodiranog ugljenika za svaki od modela. Granice sistema istraživanja su od kolevke do početka korišćenja objekta. **Ovim delom istraživanja je dokazana prva hipoteza: da je u fazi izrade projekta za izvođenje moguće identifikovati rešenje sa manjim uticajem na životnu sredinu, u smislu odabira konstruktivnog rešenja i primenjenih materijala.** Ovaj deo istraživanja je sproveden zbog dobijanja tačnih vrednosti embodiranog ugljenika, za potrebe dokazivanja prve hipoteze. U prethodnom deli istraživanja, koje je sprovedeno u ranoj fazi projekta na nivou idejnog rešenja, odluke su donete na osnovu približnih količina materijala i aktivnosti. Tačne količine materijala i aktivnosti na planiranom projektu je moguće izračunati iz projekta za izgradnju objekta pa su i LCA analize prikazane kroz obračun embodiranog i ukupnog ugljeničnog otiska u ovoj fazi istraživanja preciznije. U tu svrhu su za potrebe druge faze istraživanja na nivou projekta za izvođenje formirana tri uobičajena modela izgradnje porodičnih kuća u Srbiji: MG - opekarski proizvodi i AB

konstrukcija, MY - laki betonski blokovi i AB konstrukcija i MD - objekat od drvenih prefabrikovanih panela. To je urađeno na način da su za referentne modele projekta korišteni primarni materijali, koji su upoređivani sa novim varijantama–studijama slučaja u kojima se primenjuju reciklirani i tzv. zeleni materijali, u različitom procentu. U procesu optimizacije korišteni su programi: URSA-građevinska fizika 2 za proračun energetskog razreda i energetskih potreba u fazi eksploatacije, Carbon calculator Building za proračun ugljeničnog otiska projekta. U proračunu ugljeničnih otisaka gradnje (embodiranog ugljenika) za ova tri modela je referentni model za svaku od dalje formiranih grupa projektovan sa primarnim materijalima i poredi se sa modelima u kojima je projektom predloženo manje ili veće učešće tzv. zelenih ili recikliranih materijala. Prvo su na modelima za čiju izgradnju je projektom planirana primena primarnih materijala, uz pomoć LCA analize i dobijenih rezultata identifikovani materijali i komponente sa najvećim uticajem na životnu sredinu izraženim u vrednosti ugljeničnog otiska. Grupe materijala sa najvećim uticajima su identifikovane i izvršena je njihova zamena sa materijalima koji imaju manje uticaje na životnu sredinu.

Prvom simulacijom je čelik zamenjen sa recikliranim čelikom po standardima EU i UK, što je dovelo do smanjenja ugljeničnog otiska gradnje (embodiranog ugljenika) i ušteda koje su iznosile 12,45%, za model MG – 2, zatim 12,53%, za model MY – 2, i 8,20% za model MD – 2, po jedinici bruto površine za svaki pojedinačni model u odnosu na referentni model u grupi, prikazano u Tabeli 4.45. **Ovim delom istraživanja je dokazana prva hipoteza.**

Obzirom na činjenicu da na lokaciji postoji objekat koji se ruši i čije komponente je moguće iskoristiti u manjoj ili većoj meri, u drugoj simulaciji je postojeći resurs na lokaciji iskorišten za proširen obim recikliranih komponenti za gradnju novog objekta. Ovaj trend je u svetu prepoznat kao „urbano rudarstvo“ i sve više se primenjuje. Osim toga, u drugoj simulaciji se predlaže primena tzv. zelenih betona i zelenih cementnih mešavina. U toj simulaciji rezultati ukazuju na postignutu uštedu u ugljeničnom otisku: od 29,89% za model MG – 3, zatim 24,53% za model MY – 3 i 18,63%, za model MD – 3 po jedinici bruto površine u odnosu na referentni model u grupi, prikazano u Tabeli 4.45. Treba naglasiti da su ove uštede delimično proizašle iz reupotrebe postojećih komponenti koje se mogu iskoristiti. Deo ušteda u emisijama je nastao i korištenjem tzv. zelenih cementnih mešavina, koje se industrijski proizvode uz upotrebu otpadnog pepela i po posebnim tehnologijama koje kod nas nisu još uvek u potpunosti zastupljene, a tzv. zeleni betoni koji su predloženi takođe imaju industrijski

reciklirane komponente. Ovaj deo istraživanja potvrđuje prvu hipotezu da je u fazi projektovanja primenom LCA analize moguće pronaći projektno rešenje sa manjim uticajem na životnu sredinu, kao i da je primenom trv. zelenih i recikliranih materijala moguće u fazi projektovanja smanjiti uticaje objekta na životnu sredinu. Rezultati prikazani u Tabeli 4.45. iz ovog dela istraživanja pokazuju da bi se uticaji na životnu sredinu kroz fazu projektovanja mogli smanjiti odabirom konstruktivnog sistema i materijala i do 49,33%, koliko iznosi razlika u ugljeničnom otisku izgradnje između modela MG - 1 sa najvećim i MD - 3 sa najmanjim ugljeničnim otiskom izgradnje. Uštede u emisijama bi mogle biti i veće: ako bi se koristilo mobilno postrojenje za reciklažu, gipsanih ploča i drvenog otpada, sanitarne kabine sa zahvatom atmosverske vode, kontejneri za smeštaj radnika sa fotovoltaižnim ćelijama, ukoliko bi se mašine i uređaji za izgradnju priključili na gradsku elektro mrežu, koristila drvena građa iz sertifikovanih šumskih zasada i angažovala radna snaga za izgradnju iz samog mesta u kome se gradi objekat.

Rezultati ovog dela istraživanja potvrđuju prvu hipotezu i jasno ukazuju na činjenicu da se u procesu izrade projekta za izvođenje primenom LCA analize formiranih modela, na osnovu dobijenih rezultata, može sagledati koji od modela ima manji ugljenični otisak gradnje (embodirani ugljenik), koji konstruktivni sistem i izbor građevinskih materijala ima manje uticaja na životnu sredinu iz faze izgradnje. U ovom slučaju najveći embodirani ugljenik ima model MG – 1 sa vrednostima 164,60 tona CO₂ e, a najmanji model MD – 3 sa vrednostima 83,40 tona CO₂ e. Model sa najmanjim vrednostima ugljeničnog otiska se dalje može analizirati i sa aspekta uticaja na zdravlje ljudi, ekološku toksičnost i ostale uticaje na životnu sredinu kao i sa ekonomskog aspekta i trajnosti ugrađenog materijala. U tom smislu su bitne i sledeće dve faze istraživanja, kojima se analiziraju uticaji i emisije u fazi korišćenja objekta, i trajnosti ugrađenih komponenti kao i odabira konstruktivnog sistema. Naravno da to stavlja pred arhitektu dodatne zadatke u smislu savladavanja dodatnih veština i razmatranje svakog pojedinačnog konkretnog modela u cilju dobijanja kvalitetnih informacija koje treba da pomognu u donošenju odluka i odabiru najboljeg modela.

Treća faza istraživanja LCA životnog ciklusa objekta od kolevke, preko izgradnje i korišćenja objekta, daje rezultate koji ukazuju na potrebu da se kroz uočeni odnos između ugrađenog i operativnog ugljenika shvati značaj sa jedne strane operativne faze, koja je očekivano dominantna, i potvrdi značaj uvedenih energetske razreda u nacionalnoj legislativi, ali i

neophodnost značaja ugrađenog ugljениčnog otiska i nastojanja da se unesu promene u viđenju na taj deo opterećenja po životnu sredinu.

Da bi istraživanje bilo kompletno, u i svrhi provere druge hipoteze, osim ugljениčnog otiska izgradnje analiziranih modela, urađen je i obračun ugrađenog ugljениčnog otiska iz tekućeg i investicionog održavanja koje je potrebno planirati za životni vek objekta od 100 godina. **Ovaj deo istraživanja je rađen radi provere druge hipoteze: da je kroz projekte investicionog održavanja primenom softverskih alata radi LCA analize moguće predložiti rešenja sa manjim uticajem na životnu sredinu.** Ovaj deo istraživanja je rađen na modelima MG - opekarski proizvodi i AB konstrukcija, MY - laki betonski blokovi i AB konstrukcija i MD - objekat od drvenih prefabrikovanih panela koji su izgrađeni primarnim materijalima, a investiciono održavanje, radi poređenja, se planira u jednoj grupi modela takođe sa primarnim materijalima, a u drugoj grupi modela sa recikliranim i tzv. zelenim materijalima. Rezultati ovog dela istraživanja, prikazani su u Tabeli 4.133. i Tabeli 4.133.

Uporedni pregled vrednosti ugljениčnog otiska izgradnje, tekućeg i investicionog održavanja po m² bruto površine modela posle 100 godina korišćenja, ako se za investiciono održavanje koriste primarni ili tzv. zeleni i reciklirani materijali su prikazani u Tabeli 4.133. Najveća postignuta ušteda u emisijama od 0,23 tona CO₂ e/m² ili 12,17% je postignuta kod modela MG – 1_{100PR} u odnosu na referentni model MG – 1_{100PP} kod koga je investiciono održavanje planirano primarnim materijalima. Postignuta ušteda u emisijama od 0,10 tona CO₂ e/m² ili 7,04% je postignuta kod modela MY – 1_{100PR} u odnosu na referentni model MY – 1_{100PP} kod koga je investiciono održavanje planirano primarnim materijalima. Postignuta ušteda u emisijama od 0,13 tona CO₂ e/m² ili 8,67% je postignuta kod modela MD – 1_{100PR} u odnosu na referentni model MD – 1_{100PP} kod koga je investiciono održavanje planirano primarnim materijalima. Time je još jednom na osnovu dobijenih rezultata potvrđena druga hipoteza da se korišćenjem recikliranih i tzv. zelenih materijala pri projektovanju investicionog održavanja a na osnovu LCA analize objekta mogu ostvariti uštede u ukupnom ugljениčnom otisku gradnje i značaj primene softverskih alata kojima je moguće dobiti rezultate ugljениčnog otiska od predloženih materijala, sklopova i konstrukcija.

Sprovedenom LCA analizom uočeno je da posmatrano sa aspekta celog životnog ciklusa od 100 godina, model MD izgrađen od drvenih prefabrikovanih panela, zbog kraćeg životnog

veka komponenti i potrebe za obimnom rekonstrukcijom posle 50. godine korišćenja, ima veći uticaj na životnu sredinu od druga dva analizirana modela MG i MY. Rezultati su prikazani u Tabeli 4.129. i Tabeli 4.130. Emisije iz faze investicionog održavanja modela MD – 1_{100PR} imaju vrednost 74,75 tona CO₂ e, ili povećanje od 8,72%, prikazano u Tabeli 4.130., a za model MD – 1_{100PP} 94,21 tona CO₂ e, ili 10,88% prikazano u Tabeli 4.122. Zaplena ugljenika „sekvestracija“ u drvenoj građi ovog modela je veća nego kod druga dva analizirana modela i zbog toga se ukupni ugljenični otisak modela MD procentualno najviše povećao i u varijanti primarnih a takođe i recikliranih i tzv. zelenih materijala za investiciono održavanje.

I pored značajnog povećanja ukupnog ugljeničnog otiska modela MD, rezultati LCA ukupnog ugljeničnog otiska posle 100 godina korišćenja i investicionog održavanja objekta primarnim materijalima prikazani u Tabeli 4.121., pokazuju da model MG – 1_{100PP} koji ima vrednost 926,62 tona CO₂ e, ima najveće vrednosti, zatim model MD – 1_{100PP} sa 866,03 tona CO₂ e, i najmanje vrednosti ima model MY – 1_{100PP} sa 854,11 tona CO₂ e.

Rezultati LCA ukupnog ugljeničnog otiska posle 100 godina korišćenja i investicionog održavanja objekta recikliranim i tzv. zelenim materijalima prikazani u Tabeli 4.129. pokazuju da je model MG – 1_{100PR} sa 890,77 tona CO₂ e, ima najveće vrednosti ukupnog ugljeničnog otiska, zatim model MD – 1_{100PR} sa 845,47 tona CO₂ e, i najmanje vrednosti ima model MY – 1_{100PR} sa 838,41 tona CO₂ e.

I ovim istraživanjem je dokazana prva hipoteza da se primenom LCA analize u fazi projektovanja mogu pronaći projektna rešenja koja imaju manje uticaje na životnu sredinu. Ovim delom istraživanja je dokazana i hipoteza da se primenom tzv. zelenih i recikliranih materijala za izgradnju objekta mogu ostvariti manji uticaji na životnu sredinu, i da je još u fazi izrade projekta pomoću softverskih alata za LCA moguće sagledati koje materijale treba zameniti da bi se smanjili uticaji na životnu sredinu.

Doktorskom disertacijom je kroz formirane modele i kompjuterske simulacije dokazano da je primenom građevinskih materijala i sklopova moguće prepoznati modele koji su sa manjim ugljeničnim otiskom tokom životnog ciklusa, i još u fazi projektovanja usmeriti projektovanje i izgradnju u pravcu odabira konstruktivnog sklopa i primenjenih materijala. **Time je potvrđena i prva i druga hipoteza.** Na arhitektama je zbog toga veoma važna uloga i potreba za kontinuiranom edukacijom u tom segmentu, jer su oni ključni za odabir komponenti,

materijala, instalacija, konstruktivnog sklopa u fazi projektovanja objekta. Ovladavanje ovim znanjima arhitekti pruža alat kojim se argumentovano može investitoru predočiti kakve su moguće razlike u uticajima na životnu sredinu prevashodno u vezi materijalizacije objekta.

U četvrtoj fazi istraživanja su vrednovane tri grupe materijala i građevinskih proizvoda sa aspekta uticaja na životnu sredinu i iz perspektive ekonomskog aspekta, pomoću programa BEES. **Rezultati iz tog dela istraživanja dokazuju treću hipotezu: da je primenom LCA analize moguće izvršiti poređenje materijala sa ekološkog i ekonomskog aspekta, kao i uticaja na zdravlje ljudi i životnu sredinu.** Rezultati ovog dela istraživanja ukazuju i na potrebu za formiranjem nacionalne baze građevinskih materijala koja bi korišćenjem dala jasnu sliku o uticajima koje domaći građevinski materijali imaju na životnu sredinu, zdravlje ljudi, finansijske efekte njihove primene tokom životnog ciklusa. Istovremeno ovaj poslednji deo istraživanja je baziran na proizvodima i materijalima koji nisu proizvodi domaće građevinske industrije, pa su rezultati više orijentisani u pravcu potvrde da je korišćenjem takvih programa moguće izmeriti svaki od uticaja ponaosob, ali i podesiti ponderisanjem odnos između ekoloških i ekonomskih performansi građevinskih materijala i proizvoda i tako napraviti poželjan i ekološki prihvatljiv izbor. Za konkretne predloge materijala i proizvoda neophodno je postojanje domaće baze građevinskih materijala i proizvoda da bi se mogli doneti ispravni odabiri materijala i komponenti. Upotreba ovog programa može biti korisna i za projekte adaptacija ili izrade enterijera, jer se mogu dobiti kvalitetni rezultati za emisije u unutrašnji vazduh u periodu eksploatacije, kancerogeni efekat, nekancerogeni efekat i ekološke toksičnosti i još čitav niz ekoloških uticaja. Nacionalna regulativa u tom smislu je u fazi usvajanja, ali pojava „smrdljivih zgrada“ je već prisutna poslednjih nekoliko godina u Srbiji.

Svođenjem ugljeničnog otiska na jedinicu mere m^2 bruto površine objekta dobijeni su rezultati koje je moguće porediti sa rezultatima dobijenim u LCA analizama sa istim granicama sistema. To bi dovelo do potražnje za recikliranim čelikom i zelenim cementima i betonima i oni bi bili uvršteni u uobičajenu ponudi domaćih proizvođača čelika i cementa.

Rezultati doktorske disertacije ukazuju na potrebu da i ugrađeni ugljenik uđe u obračun bilansa opterećenja od objekata tokom životnog ciklusa jer se samo tako može pružiti jasna sliku o smanjenju ugljeničnog otiska iz građevinskog sektora. Uvođenjem obaveze da se kroz projektnu dokumentaciju obračuna i embodirani a ne samo operativni ugljenik, može doneti

manje opterećenje po životnu sredinu iz građevinskog sektora. Primenom LCA analize i obračuna ugljeničnog otiska izgradnje u fazi projektovanja se mogu dobiti i značajne informacije kada se mogu očekivati prvi benefiti u smanjenju ugljeničnog otiska iz građevinskog sektora u Srbiji.

Na nacionalnom nivou je već prepoznat značaj smanjenja potrošene energije iz operativne faze objekata, što je dovelo do usvajanja legislative kojom se ovaj deo energije limitira u smislu sertifikacije objekata po energetske razredima. Prepoznavanje značaja ugrađenog ugljeničnog otiska u građevinske materijale, proizvode i objekte je sledeća faza koja će zaokružiti nastojanje da se sa jedne strane smanji pritisak na primarne materijale, a sa druge strane favorizuju materijali, komponente i procesi kojima se grade objekti u Srbiji. Uloga arhitekta u procesu projektovanja je prva i ključna karika u ostvarivanju tih pozitivnih uticaja na životnu sredinu koje izgradnja i korišćenje objekta nosi.

Postojanje nacionalne baze građevinskih materijala bi domaćoj građevinskoj industriji pomoglo i u plasiranju proizvoda na evropskom tržištu i promenilo uvozno-izvozne tokove u toj oblasti. Edukovanost projektanata, i izvođača građevinskih radova u ovom segmentu se već jednim delom obavlja preko Inženjerske komore, Saveta zelene gradnje i studijskih programa pojedinih škola i fakulteta, ali u praksi nema dovoljno primene jer nema ni obaveze. Osim veće informisanosti struke o uticaju građevinskih materijala na životnu sredinu, za primenu LCA studije u procesu projektovanja objekta potrebno je da na nacionalnom nivou postoji uređena baza podataka lokalnih građevinskih materijala, ali i uvoznih materijala koji se na tržištu Srbije koriste u izgradnji objekata. Srbija još uvek nema baze podataka neophodnih za proračun LCA, ni za pojedinačne materijale, a ni za metode transporta, energije, ugljenika, emisija gasova staklene bašte ni otpadnih materijala u fazi eksploatacije, prerade, izgradnje objekta i rušenja objekata. Srbija ima listu opasnih materija, opasnog i neopasnog otpada, kao i propise u vezi sa ambalažom i ambalažnim otpadom. Srbija, međutim, nema propise u vezi sa obaveznom procedurom u vezi sa postupanjem sa otpadom koji nastaje posle rušenja objekta, ako je taj otpadni materijal neopasan. Srbija nema ni propise kojima se od firmi koje se bave rušenjima i demontažom objekata traže potvrde o upravljanju GOM-om, što je obavezna praksa u uređenim zemljama EU u kojima je ovaj otpad sirovina koja se vraća u energetske tokove i koristi za ponovne proizvodne procese, a time smanjuje pritisak na životnu sredinu i prirodne resurse. Neophodni su brojni podaci za analizu LCA zgrada u Srbiji.

Pre svega, baza podataka o količini sirovine koja je potrebna za proizvodnju pojedinačnih građevinskih materijala i proizvoda u domaćoj građevinskoj industriji, kako za domaće, tako i za inostrano tržište. Potrebne energije za eksploataciju sirovina, transport i proizvodnju, kao i strukture korišćene energije i ugljenika, kao i otpadnih materijala, gasovitih, tečnih i čvrstih u okviru granica sistema od kulevke do kapije. Firme koje proizvode građevinske materijale verovatno poseduju u svojim bazama podataka ove informacije, smatraju ih poslovnim tajnama, ali kako one nisu javne, nisu ni dostupne za analize ugljeničnih otisaka.

Podaci o životnom veku pojedinih komponenti zgrade treba da budu sastavni deo tehničkih podataka proizvođača. Tako je u projektovanju objekata moguće sagledati i taj aspekt, u smislu potrebe za zamenom materijala, potrebnim finansijskim ulaganjima, i otpada posle zamene dotrajalih komponenti, što je takođe parametar bitan za analizu LCA.

Nepostojanje ovakvih baza podataka umanjuje mogućnost izvoza domaćih proizvoda na inostrano tržište u zemlje u kojima se koristi LCA metodologija u procesu projektovanja objekata.

Ne postoji procedura za obaveznost redovnog održavanja zgrada i zamene dotrajalih sistema i komponenti, kao što je to na primer u Nemačkoj, Švedskoj ili Austriji.

Potreba za formiranjem baze podataka o upravljanju GOM-om, što dalje upućuje na podsticanje ponovne upotrebe i reciklaže, sagorevanja ili deponovanja. Nema procedura ni obaveznosti kod klasifikacije neopasnog otpada, pripreme za reciklažu, ni metoda reciklaže.

Prema Strategiji upravljanja otpadom Republike Srbije („Sl. glasnik RS“ broj 29/2010) i Lokalnom planu upravljanja otpadom grada Beograda 2011-2020 („Sl. list grada Beograda“ broj 28/2011), bilo je u planu formiranje pogona za reciklažu GOM-a u periodu do 2015. ali plan nije ostvaren, pa tako u Srbiji nema pogona za reciklažu GOM-a, ni mobilnih postrojenja za recikliranje građevinskog otpada iz visokogradnje. Za niskogradnju postoji mobilno postrojenje za reciklažu asfalta.

Nedostatak nacionalne baze podataka koja bi obuhvatila potrebne materijale, utrošenu energiju, strukturu energenta, gorivo, otpad, emisije u prve tri faze životnog ciklusa, od kulevke do kapije.

Postojanje postrojenja za reciklažu gipsanih ploča i drveta bi dodatno smanjilo emisije iz otpadnih materijala koji se deponuju umesto da se recikliraju, a uštede bi bile i veće ako bi to postrojenje bilo mobilno.

Uz to, korišćenje domaćih građevinskih materijala, osim ušteta u emisijama iz transporta, ima značaj socijalnog aspekta, trećeg i drugog stuba održivosti, što je delom bilo analizirano kroz ovu doktorsku tezu, mada je akcenat bio na odabiru konstruktivnog sklopa i materijala kojima se planira projekat. Angažovanjem lokalne radne snage iz samog mesta, ili do 10 km od mesta gradnje, emisije za transport osoblja imale bi sa 6 tona CO₂e za trećinu manje vrednosti.

Dalje mogućnosti u uštedama bi se postigle ako bi se u vreme gradnje koristile eko kabine sa uređajima za sakupljanje kišnice i fotovoltaznim ćelijama (u Srbiji još uvek takvih eko kabina nema u ponudi) i ako bi se mašine koje koriste dizel gorivo mogle priključiti na elektro mrežu, a da je struktura proizvodnje električne energije u većem procentu oslonjena na obnovljive resurse.

Domaći proizvođači građevinskih proizvoda nisu obavezni da za svoje proizvode u sertifikatima prezentuju svoje emisije, utrošenu energiju, i ekološke karakteristike materijala. Uvođenjem Eko-znaka u Srbiji je proizvođačima pružena mogućnost da se deklariraju kao proizvodi koji su nastali putem tehnoloških postupaka sa manje uticaja na životnu sredinu. Dobro je što takva mogućnost postoji, ali pošto to nije obavezno, onda nema ni većeg broja proizvoda sa tim znakom.

Baze podataka potrebne za LCA analizu sa otvorenim pristupom preko internet sajtova bi povećale broj korisnika, a time bi država mogla da bude finansijer takvih baza i programa, što bi se višestruko vratilo kao benefit.

Sama činjenica da je građevinarstvo jedna od pokretačkih snaga razvoja govori u prilog društvenoj opravdanosti istraživanja koje je sprovedeno u ovoj disertaciji. Istraživanje je pokazalo da se primenom recikliranih i tzv. zelenih materijala u procesu projektovanja mogu napraviti uštede u ugljeničnom otisku gradnje objekta u konstruktivnom sklopu sva tri razmatrana modela. Najveće uštede u ugljeničnom otisku je moguće ostvariti u grupi modela MG i prilikom odabira načina za investiciju i tekuće održavanje objekta, što daje još veći značaj ovoj doktorskoj tezi i ukazuje na pravac u kome treba planirati investiciona i tekuća održavanja objekata u Srbiji.

Značaj istraživanja koje je sprovedeno u doktorskoj disertaciji je i u tome što je istraživanje urađeno na projektu porodičnog stambenog objekta, što je prema Jovanović Popović et al. (2013) tip stanovanja u Srbiji zastupljen sa 96,3% u odnosu na višeporodične stambene objekte koji su zastupljeni sa preostalih 3,7%. Obimnim istraživanjem sprovedenim u doktorskoj disertaciji je:

1. dokazana osnovna, prva hipoteza: da je primenom softverskih alata: ZeroWIN i Carbon calculator Agencije za zaštitu životne sredine UK, u ranoj fazi projekta – na nivou idejnog rešenja moguće identifikovati koji od predloženih modela ima manji uticaj na životnu sredinu. Vrednuju se emisije GHG, ušteta u produkciji otpada, i korišćenja vode, uticaj na životnu sredinu koji projektna rešenja imaju od ugrađenih materijala izražen u vrednosti embodiranog ugljenika. Ovo kvantifikovanje uticaja od izgradnje objekta na životnu sredinu izraženo u vrednosti embodiranog ugljenika je usmerilo razvoj projekta u pravcu izrade projekta za izvođenje koji ima manje uticaja na životnu sredinu. U konkretnom slučaju to je varijanta izgradnje novog objekta uz primenu tzv. zelenih ili recikliranih građevinskih materijala i reupotrebu raspoloživog građevinskog materijala na lokaciji. Kako su količine materijala i aktivnosti koje treba preduzeti na izgradnji objekta u fazi izrade idejnog rešenja približne, precizniji rezultati o uticaju na životnu sredinu dobijeni su u fazi izrade projekta za izgradnju, kroz LCA analizu izgradnje objekta. Dobijeni rezultati LCA primenom softverskih alata, daju mogućnost poređenja modela i odabira onog koji ima manji uticaj na životnu sredinu, što je u ovom istraživanju iskazano kroz embodirani ugljenik.

2. dokazana i druga hipoteza: da je primenom softverskih alata, Carbon calculator Agencije za zaštitu životne sredine UK, kroz LCA analizu projekata investicionog održavanja predložiti materijale i aktivnosti sa manjim uticajem na životnu sredinu. Potvrda ove hipoteze ima veliki značaj jer je građevinski fond u Srbiji prema Jovanović popović et al.(2013) 37,75% starosti od 1961 do 1981. godine, pred fazom investicionog održavanja ili ozbiljnijih rekonstrukcija. Sa aspekta uticaja na životnu sredinu potrebno je doneti strategiju održivog renoviranja koja bi pomogla da se nacionalni ugljenični otisak smanji i da se u izradi projekata za renoviranje stambenog fonda primene dobijeni rezultati.

3. potvrđena i treća hipoteza: da je pomoću LCA analize i primenom softverskih alata moguće porediti građevinske materijale i proizvode sa ekološkog i ekonomskog aspekta,

primenom programskog paketa BEES, i identifikovati one koji imaju nepovoljne uticaje na zdravlje ljudi ili životnu sredinu. Istraživanjem koje je sprovedeno u doktorskoj disertaciji, kojim je urađeno poređenje građevinskih proizvoda moguće je vrednovati potrebne materijale, za izgradnju ili tekuće održavanje objekata sa ekonomskog i ekološkog aspekta. Tako je moguće preporučiti i izabrati one koji imaju najpovoljnije karakteristike, kako za ukupne ekološke uticaje, tako i za odabir pojedinačnih uticaja. Uticaji koji se mogu analizirati su GHG, potrošnja ozona, acidifikacija, eutrofikacija, kancerogeni i nekancerogeni efekat i ekološka toksičnost, potrošnja vode i energije. Aspekti sa kojih je istraživana uticaj izgradnje i korišćenja proučavanih modela su višestruki, u skladu sa tim je u izradi doktorske teze korišćeno nekoliko različitih dostupnih programa. Korišćeni program BEES pruža mogućnosti poređenja ekonomskih aspekata nabavke i održavanja pojedinih proizvoda i životni vek komponenti, i pruža mogućnost poređenja proizvoda. Nedostatak nacionalne baze građevinskih materijala koji se proizvode u Srbiji i nacionalnog programa za LCA analizu izgradnje i eksploatacije, je razlog zbog koga su u istraživanju korišćeni programi bazirani na inostranim podacima, i u tom smislu nisu odraz industrije građevinskih materijala Srbije, strukture potrošnje energija, obnovljivih i neobnovljivih energenata koji se koriste kako u postupku proizvodnje građevinskih materijala, njihovog transporta i ugradnje. Rezultati dobijeni sprovedenim istraživanjem jasno ukazuju na činjenicu da je potrebno formirati nacionalnu bazu građevinskih materijala i razvijati nacionalni program za obračun ugljeničnog otiska izgradnje. Formiranje nacionalne baze i programa bi pomoglo arhitektama da donose odluke zasnovane na proračunima ugljeničnog otiska kao mere uticaja na životnu sredinu. Proračuni bi dali jasnu sliku koje su prednosti i nedostaci u vezi izbora, kako materijala, tako i konstruktivnog sklopa objekta, sa jasno argumentovanim dokazima zašto i kako je moguće odabrati konstruktivni sklop ili opremu koja ima manji uticaj na životnu sredinu.

Diskusija je sastavni deo metodologije LCA, i na kraju svake od analiza koje su rađene je detaljno izložena po pojedinačnim aspektima koji su razmatrani.

Evidentno jeste da je učešće u ugljeničnom otisku iz operativne faze usled korišćenja objekta značajno i to potpuno opravdava donošenje propisa koji se primenjuju u projektovanju i izgradnji novih objekata i energetske sanaciji postojećih, ali je takođe uočena potreba da se smanji ugljenični otisak izgradnje, odnosno, da se u fazi projektovanja iznađu rešenja sa manjim ugljeničnim otiskom, što je kroz rezultate i potvrđeno.

U disertaciji nisu računati uticaji od renoviranja i adaptacija koje vlasnici rade iz ličnih razloga, kao što su estetski, ili zbog novog vlasništva, što je teško moguće predvideti. Učestalost takvih građevinskih intervencija je teško proceniti, ali to je evidentno prisutno, pa to stoga uzrokuje dodatne emisije, odnosno, dodatni ugrađeni ugljenični otisak.

I na kraju, može se zaključiti da bi postojanje nacionalne baza podataka za domaće građevinske materijale pomoglo i domaćoj građevinskoj industriji da svoje proizvode plasira na evropsko tržište i proizvode ugradi u evropske baze podataka za građevinske proizvode i komponente. Proračun i vrednovanje objekata sa aspekta ugljeničnog otiska je budućnost građevinarstva na nivou celog sveta. Niskougljenična gradnja zaokuplja pažnju velikog broja naučnika koji su okupljeni sa željom da rasvetle pojedine zapostavljene aspekte izgradnje objekata. Sa tog aspekta i reciklaža materijala i njihovo korišćenje za potrebe proizvodnje građevinskih materijala i proizvoda je takođe već čitav niz godina u žiži istraživanja i nije uvek i u svakoj varijanti najbolja opcija po životnu sredinu, ali se može uz pomoć raspoloživih softverskih alata analizirati i doneti odluka koja varijanta je sa ekološkog aspekta opravdana.

Primena LCA analize u procesu projektovanja daje mogućnost pronalaženja projektnog rešenja sa manjim uticajem na životnu sredinu, manjim ekološkim otiskom i ugljeničkim otiskom. Primena softverskih alata pruža mogućnost odabira materijala koji će imati manji uticaj, niskougljeničnih materijala ili konstrukcija. Životni vek materijala koji se koriste u izgradnji objekta je različit, pa se sa zamenom pojedinih komponenti ugljenički otisak izgradnje povećava. Sa primenom LCA se može sagledati ukupan ugljenički otisak objekta, pronaći žarišta i doneti informisana odluka o preduzimanju sledećih koraka kojima treba pristupiti prilikom zamene komponenti, odabira materijala i sistema koji su više poželjni sa aspekta uticaja na životnu sredinu.

Analiza životnog ciklusa (LCA) se trenutno koristi u vrlo ograničenoj meri u građevinskom sektoru iz nekoliko razloga. Prva prepreka za LCA procenu životnog ciklusa zgrade je posedovanje i poznavanje posebnog alata za rukovanje velikim skupom potrebnih podataka i ovaj alat mora biti prilagodljiv za donošenje različitih odluka tokom životnog ciklusa zgrade. Drugi razlog je dostupnost alata, u smislu finansijskih zahteva, zatim obučenosti arhitekata za primenu alata za LCA i svest o tome da je poželjno korišćenje ovih alata u procesu projektovanja.

5.2. Pravci budućih istraživanja

Svako istraživanje otvara mogućnosti za nova, specifična i detaljnija proučavanja date oblasti. Kada je u pitanju problematika projektovanja zasnovanog na konceptu životnog ciklusa objekta, buduća istraživanja su mnogobrojna.

Dalja istraživanja bi mogla da se odnose i na istraživanje kojim bi bio obuhvaćen proračun celokupnog ugljeničnog otiska iz operativne faze sa emisijama od zagrevanja tople vode, korišćenja električnih uređaja i rasvete. Ovim istraživanjem to nije bilo obuhvaćeno, jer prema nacionalnoj legislativi još uvek taj deo operativne energije ne ulazi u proračun. Zakonodavac je to odložio do donošenja nacionalnog programa.

Buduća istraživanja bi trebalo da obuhvate analizu odnosa ugljeničnog otiska gradnje i operativne faze za objekte energetske razreda A+, A i B. To istraživanje bi pojasnilo odnose između ugrađenog i operativnog ugljeničnog otiska i njihovo praćenje kroz faze tekućeg i investicionog održavanja, sve u skladu sa nacionalnom regulativom, što bi za objekte sa višim energetske razredom, obzirom na dobijene rezultate u disertaciji, značilo da je i ugrađeni ugljenični otisak veći, pa je posmatrano sa aspekta dobijenih rezultata kroz ovu disertaciju to takođe buduće polje za obimno istraživanje.

Buduća istraživanja bi mogla biti sprovedena u pravcu analize kolike bi uštede u ugljeničnom otisku mogle da se postignu sa energetske sanacijom objekata koji su starosti od 30 do 60 godina ako bi se u postupku analize uvrstio i ugrađeni ugljenik od proizvoda i komponenti koje se koriste u energetske sanaciji. Značajna bi bila analiza termoizolacionih materijala sa aspekta LCA, odnosno, njihov ugljenični otisak.

Buduća istraživanja, u vezi sa rekonstrukcijama i održavanjem postojećih objekata i njihovim energetske sanacijama se mogu sa aspekta LCA i emisija CO₂ fokusirati na analizi odnosa uštede u emisijama CO₂ i različitih sklopova materijala pri sanaciji i rekonstrukciji objekata. Povećanje za jedan energetske razred sa energetske razreda C na energetske razred B može prouzrokovati emisije koje su veće od životnog veka ugrađenih materijala, pa sa aspekta životne sredine nisu najbolje moguće rešenje.

Dalja istraživanja mogu se planirati u pravcu analize uticaja LCA primene recikliranih materijala u građevinarstvu sa aspekta distanci transporta do mesta ponovne upotrebe. To

istraživanje bi moglo dati odgovor, kolike su transportne rute od mesta nastanka recikliranih komponenti do mesta upotrebe, kojim transportom se postižu, koje i kolike emisije, da li je uvek opravdano reciklirati ili ponovno upotrebiti pojedine komponente, za pojedine kategorije komponenti ili materijala.

U daljim istraživanjima bi se moglo analizirati koliki uticaji nastaju od transporta građevinskih materijala i komponenti sa distanci koje se nalaze van teritorije Srbije. Misli se pre svega na materijale i komponente koje se uvoze sa distanci većih od 700 km. Zatim bi bilo korisno istražiti uticaje na životnu sredinu koji nastaju kao posledica nedostataka postrojenja za reciklažu, ili nedostatka sistema za vraćanje u energetske tokove materijala i komponenti koje se mogu reciklirati. Mnogi od građevinskih proizvoda (koji se u Srbiji uvoze) u zemljama porekla se recikliraju, a u Srbiji, pošto ti isti proizvođači nemaju obavezu zbrinjavanja postanu na kraju životnog veka otpad, nakon demontaže sa objekta, ili ostanu kao GOM- u postupku izgradnje.

Svakako bi bilo značajno buduća istraživanja usmeriti u pravcu analize koliko se kroz javne nabavke u sektoru građevinarstva mogu napraviti uštede u emisijama ako se analiza emisija CO₂ postavi kao jedan od odlučujućih faktora pri odabiru projektnih rešenja za izgradnju ili rekonstrukciju objekata koji se finansiraju od strane Republike ili Pokrajine. Ovo istraživanje bi bilo značajno obzirom da je od strane EU preciziran rok do 2030. godine do kada se objekti koji su u vlasništvu Republike i Pokrajine trebaju energetski sanirati.

Istraživanja mogu ići i u pravcu podsticanja zelenih javnih nabavki, u smislu istraživanja kako se kroz javne nabavke ovaj aspekt može vrednovati. Izdvajanje budžetskih sredstava za finansiranje projekata rekonstrukcije, sanacije i izgradnje sa tendencijom za niskougljenu gradnju bi se moglo u kratkom roku vratiti kao benefit na nacionalnom nivou u smislu smanjenja nacionalnog ugljeničnog otiska.

Buduće multidisciplinarno istraživanje sa velikim nacionalnim značajem bi moglo biti usmereno u pravcu analize socijalnih aspekata primene recikliranih materijala i njegovog uticaja na lokalnu zajednicu.

6.0. LITERATURA

- Adalberth, K., (1997). Energy use during the Life Cycle of Buildings: A Method. *Building and Environment*. 32. (pp. 317-320).
- Adalberth, K., (1997b). Energy use during the Life Cycle of Single–Unit Dwellings: Examples. *Building and Environment*. 32. (pp. 321-329).
- Arup Research & Development (2015), Tackling embodied carbon in buildings, Campaign for a built environment, Reducing embodied carbon in buildings. London.
- Asdrubali, F., D'Alessandro, F., Baldinelli, G., Bianchi, F. (2014). Case Study- Evaluating in situ thermal transmittance of green buildings masonries A – case study, Univerzitet Perugia, Italija/Case Studies in Construction Materials1. (pp. 53-59).
- Asokan, P., Osmani, M. (2009). Assessing the recycling potential of glass fibre reinforced plastic waste in concrete and cement composites, *Journal of Cleaner Production*, n.17. (pp. 821-829).
- Baek, C., Park, S.H., Suzuki, M., Lee, S.H. (2013). Life cycle carbon dioxide assessment tool for buildings in the schematic design phase. *Energy Build*. 61, (pp. 275-287).
- Battle, G., Chair, J. (2014) Embodied Carbon Industry Task Force Recommendations – Proposals for Standardised Measurement Method and Recommendations for Zero Carbon Building Regulations and Allowable Solutions. https://asbp.org.uk/wp-content/uploads/2016/01/Embodied-Carbon-Industry-Task-Force-Proposals_June-2014_Final.pdf.
- Bayer, C., Gamble, M., Gentry, R., Joshi, S. (2010). *AIA Guide to Building Life Cycle Assessment in Practice*. The American Institute of Architects. Georgia Institute of Technology.
- Blengini, G.A., Di Carlo, T., (2010). The changing role of life cycle phases, subsystems and materials in the LCA of low energy buildings. *Energy and Buildings*, 42, (pp. 869-880).
- Block, M., Bokalders, V. (2010). *The Whole Building Handbook: "How to Design Healthy, Efficient and Sustainable Buildings"*, RIBA Publishing, London, Sretling <https://books.google.rs/books?isbn=1136543279>.
- BIR. (2006). Report on the Environmental Benefits of Recycling BIR October 2006. (pp 52).
- BIR. (2008). World recycling Convencio. Report on the Environmental Benefits of Recycling, October 2008. (38).
- Bokalders, V., Block, M., (2010). *The Whole Building Handbook*, Earthscan, London.
- Bribián, I.Z., Usón, A.A., Scarpellini, S. (2009). Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification. *Build. Environ*. 44, (pp. 2510-2520).

- Bribián, I.Z., Usón, A.A., Scarpellini, S. (2009). Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification. *Build. Environ.* 44, (pp. 2510-2520).
- Brien, O., Guy, E., Lindner, A. (2004). *Life Cycle Analysis of the Deconstruction of Military Bar-racks*, Ft. Mc Clellan.
- Brown, M.W.W.O., Olsson, S., Malmqvist, T., (2014). Embodied greenhouse gas emissions from refurbishment of residential building stock to achieve a 50% operational energy reduction. *Building and Environment*, vol 79, (pp. 46-56).
- Brundtland GH, editor. Report of the world commission on environment and development. The United Nations; 1987.
- Charoenkit, S., Kumar, S. (2014). Environmental sustainability assessment tools for low carbon and climate resilient low income housing settlements. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 38, (pp. 509-525).
- Cheonghoon, B., Sang-Hoon P., Michiya S., Sang-Ho L. (2013). Life cycle carbon dioxide assessment tool for buildings in the schematic design phase. *Energy Build.* 61, (pp. 275-287).
- Closing the loop: From Waste to Resources. (2015) Circular Economy conference: boosting business, reducing waste.
- CMU. *Approaches to Life Cycle Assessment*. Available from: <http://www.eiolca.net/Method/LCAapproaches.html>.
- COM 147/4 (2009) White paper. Adapting to climate change: Towards a European Framework for action, Commission of the European Communities of 2 april 2009.
- COM 264 (2001) A Sustainable Europe for a Better World: A European Union Strategy for Sustainable Development of 15.5.2001.
- COM 718 (2005) Thematic Strategy on the Urban Environment, Communication from the Commission to the Council and European Parliament, of 11. January 2006.
- COM 44 (2014) Communication from the Commission to the European Parliament and of the Council, the European economic and social Committee of the Regions on Resource efficiency opportunities in the Building sector.
- COM 147/4 (2009) White paper. Adapting to climate change: Towards a European Framework for action, Commission of the European Communities of 2 april 2009.
- COM 161 (2005) Sustainable development Indicators to monitoring the implementation of the EU Sustainable Development Strategy.
- COM 397 (2008) Act: Towards a European Plan on the Sustainable Consumption and Production and Sustainable Industry Policy.
- COM 718 (2005) Thematic Strategy on the Urban Environment, Communication from the Commission to the Council and European Parliament, of 11. January 2006.

- COM 264 (2001) A Sustainable Europe for a Better World: A European Union Strategy for Sustainable Development of 15.5.2001.
- Council direktive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19.May 2010. on the energy performance of buildings.
- Commission of the European Communities, Taking sustainable use of resources forward: A Thematic Strategy on the prevention and recycling of waste (COM (2005) final). Brussels, 2005.
- Council direktive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19.May 2010. on the energy performance of buildings, Brussels, 2010.
- Council direktive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16.Dec 2002. on the energy performance of buildings, Brussels, 2002.
- CEDEF (2012). Pojmovnik održive gradnje, CEDEF (Central European Development Forum) Beograd. <http://.cedeforum.org>.
- Chang, Y., Ries, R.J., Lei, S. (2012). The embodied energy and emissions of a high-rise education building: A quantification using process – based hybrid life cycle inventory model. *Energy and Buildings* 55, (pp. 790–798).
- Citherlet, S., Defaux, T. (2007). Energy and environmental comparison of three variants of family house during its whole life span. *Building and Environment*. 42. (pp. 591-598).
- Ćirović G., Lazić Vojinović S. (2012). *Upravljanje kvalitetom u građevinarstvu*. Visoka Građevinsko geodetska škola, Beograd.
- Ćirović, G., Mitrović, S., Nikolić, D., Nikolić Topalović, M.(2010) „Compressive strength testing of rammed earth blocks“, 8-th International Conference Management and Technologies For Sustainable Development in the Building Industri; Czech Technical University of Prague, septembar 2010. (53-56).
- Ćirović, G., Luković, O. (1996). Upravljanje kvalitetom i izgradnja stambenih i poslovnih objekata. *Izgradnja*, br. 50, Beograd. (str. 72-80).
- Ćirović, G., Mitrović, S., Nikolić, D., Nikolić Topalović, M. (2010). Compressive strength testing of rammed earth blocks“, 8 - International Conference management and Tehnologies For Sustainable Development in the Building industri; Czech Technical university of Prague, september 2010. (str. 53-56).
- Davis, J., Geyer, R., Leyc, J., Hed, J., Clift, R., Kwan, A., Sansome, M., Jackson, T. (2007). Time-dependent material flow analysis of iron and steel in the UK. Part 2. Scrap generation and recycling, *Resources, Conservation and Recycling*. (pp. 118-140).
- Decoupling natural resource impacts from economic growth”, International resource Panel, 2011.
- De Wolf, C., Pomponi, F., Moncaster, A. (2017). Measuring embodied carbon dioxide equivalent of buildings: A review and critique of current industry practice,

- University of Cambridge, *Energy and Buildings* 140, (pp. 68-80).
www.elsevier.com/locate/enbuild.
- De Wolf, C., Pomponi, F., Moncaste, A. (2016). *Implementing Whole Life Carbon in Buildings*. Conference Paper. May 2016 with 90 Reads, Paper 61.
- DEFRA, DCLG: Survey of Arisings and Use of Construction, Demolition and Excavation Waste as Aggregate in England in 2005.
<http://www.communities.gov.uk/index.asp?id=1508123>. Pristupljeno 27 januara.2014.
- Ding, G. (2004). *The development of a multi-criteria approach for the measurement of sustainable performance of built projects and facilities. PhD Thesis*. Sydney. Universiti of Technology.
- Dixit, M.K., Fernandez-Solis, J.L., Lavy, S., Culp, C.S. (2010). Identification of parameters for embodied energy measurement. *Energy and Buildings*. 42. (pp. 1238-1247).
- Directive 2010/30/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the indication by labelling and standard product information of the consumption of energy and other resources by energy-related products (recast).
- Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council of 21.October establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-related products (recast).
- Directive 2012/27/EC of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directive 2009/125/EC and 2010/30/EC and repealing Directive 2004/8/EC and 2006/32/EC.
- Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council of 21.October establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-related products (recast).
- Directive 2003/32/EC on the Eco-Design of Energy-using Products – EuP
 Council of May 2003,.
- Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009.
- Directive 2008/98/EC on waste by 2020. of the European Parliament and of the Council of 2008.
- Duchin, F., Lange, G. (1998). Prospects for the recycling of plastics in the United States, *Structural Change and Economic Dynamics* n. 9. (pp. 307-331).
- Đukanović, M. (1996). *Životna sredina i održivi razvoj*. Elit, Beograd 1996.
- Đukić, A., Vujičić, T. (2013). *Urbana regeneracija braunfeld lokacije „Rudi Čajavec“ u Banjoj Luci*. Univerzitet u Banjoj Luci, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet tehnologije u Beču, Institut za urbani dizajn i pejzažnu arhitekturu Univerziteta primenjenih nauka u Koruškoj. Univerzitet u Banjoj Luci, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Grafomark. Banja Luka.

- EEA, (2011), Globalisation the environment and you, Working paper part 2.(p 19).
- EIPRO-Ekološki uticaj proizvoda na životnu sredinu (EIPRO). Analiza uticaja životnog veka na ekološku sredinu u pogledu finalne potrošnje EU-25. IPTS/ESTO projekat, *Seriya tehničkih izveštaja*, Generalni direktorat Evropske Komisije, Zajednički istarživački centar, maj 2006.
- Energetski bilans Republike Srbije
www.mre.gov.rs/.../EN%20BILANS%20ZA%202015%20%2018%2012%202014.
- Energetski bilans Republike Srbije. (2008). Ministarstvo za infrastrukturu i energetiku, <http://www.mem.gov.rs/navigacija.php?IDSP=50>.
- Esin, T., Cosdun, N. (2007). A study conducted to reduce construction waste generation, *Sciense Direct, Buiding and Environment*, n. 42, (pp. 1667-1674).
- European Commission (2011d). Analysis associated with the Roadmap to a Resource-Efficient Europe. Part II. Commission Staff Working Paper. Brussels. 20.9.2011. SEC (2011) 1067 final.
- European Construction Tehnology Platform (2005), *MATERIALS, Vision 2030 & Strategic Resarsh Agebda, Focus Area Materials. Version 1*, <http://www.ectp.org.20.1.2013>.
- European Commission (2011e). Energy Roadmap 2050. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brussels, 15.12.2011, (COM(2011) 885 final).
- European Commission (2011b) A Roadmap for moving to a competitive low-carbon economy in 2050. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brussels, 08.03.2011, COM(2011) 112 final.
- European Union's Seventh Programme for research, tehnological development and demonstartion under grant agreement No 226752).
- European Commission: CORDIS: (2012). Projects and Results: Final Report Summary - C2CA (Advanced Technologies for the Production of Cement and Clean Aggregates from Construction and Demolition Waste) Leiden. http://cordis.europa.eu/result/rcn/183607_en.html.
- European Construction Tehnology Platform, *MATERIALS, Vision 2030 & Strategic Resarsh Agenda, Focus Area Materials. Version 1*, <http://www.ectp.org.20.1.2013>. Brussels; 2005.
- EU Resource Efficiency Perspectives in a Global Context: A fast track analysis, <http://ec.europa.eu/environment/enveco/studies.htm>
- European Construction Tehnology Platform (2005), *MATERIALS, Vision 2030 & Strategic Resarsh Agebda, Focus Area Materials. Version 1*, <http://www.ectp.org.20.1.2013>.

- EU Resource Efficiency Perspectives in a Global Context: A fast track analysis, <http://ec.europa.eu/environment/enveco/studies.htm>).
- Fava, J.A., (2005). Can ISO Life Cycle Assessment Standards Provide Credibility for LCA? (PROGRESS REPORT ON LIFE CYCLE ASSESSMENT), *Building Design & Construction*. v.46, no.11, p.S17(4).
- Finnveden, G., Hauschild, M.Z., Ekvall, T., Guinée, J., Heings, R., Hellweg, S., Koehler, A., Pennington, D., Suh, S. (2009). Recent developments in Life Cycle Assessment, *Journal of Environmental management*, Elsevier. (pp. 1-21).
- Frederick, M. (2010). *101 stvar koju sam naučio u školi arhitekture*. Univerzitet u Banjoj Luci, Arhitektonsko-građevinski fakultet u Banjoj Luci. Banja Luka.
- Garcia, D., Balart, R., Parres, F., Lopez, J.(2007). Characterization of blends of poly(vinyl chloride) waste for building applications, *J. Material Sciencia.*, n. 42, (pp. 10143-10151).
- Georgeson, R. (2006). *Environmental benefits of recycling*, MBE, WRAP (Waste & Resources Action Program), IPU end Danish Topic Centre on Waste. May 2006.
- Goggins, J., Keane, T., Kelly, A. (2010). The assessment of embodied energy in typical reinforced concrete building structures in Ireland. *Energy and Buildings*, 42(5), (pp. 735-744).
- GOV.UK. Environment Agency <https://www.gov.uk/how-to-classifz-different-types-of-waste> pristupljeno 20. aprila 1016.
- Guinee, J.B., et al., (2001): *Life Cycle Assessment - An Operational Guide to the ISO Standards*. Centre of Environmental Science – Leiden University (CML).
- Guy, B., Korber, A. (2006). Design for Disassembly in the Built Environment. Pennsylvania State University's Hammer Center for Community Housing Resource Center. (68).
- Guggemos, A.A., Horvath, A. (2005). Comparison of Environmental Effects of Steel - and Concrete -Framed Buildings. *Journal of Infrastructure Systems*, 11(2), (pp. 93-101).
- Horizont 2020, EU projekat, ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/news/horizon-2020-brief-eu-framework-programme-research-inovation.
- Hagan, S. (2001). Taking shape – a new contact between architecture and nature. Great Britain: Architectural Press.
- Hammond, G., Jones, C. (2011). Inventory of Carbon and Energy (ICE) version 2.0, Sustainable Energy Research Team (SERT), Department of Mechanical Engineering, University of Bath, UK.
- Hannam, I., Boer, B. (2004). *Drafting Legislation for Sustainable Soils: A Guide*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, Page Bros, Norwich, UK.

- Hannam, I. (2003). A method to Identify and Evaluate the legal and institutional framework for the management of water and land in Asia: the outcome of a study in Southeast Asia and the People's Republic of China.
- Hannam, I., Boer, B. (2002). *Legal and institutional framework for sustainable soils: A preliminary report*. Switzerland and Cambridge, UK, The World Conservation Union.
https://www.researchgate.net/publication/257227566_Life_cycle_carbon_dioxide_assessment_tool_for_buildings_in_the_schematic_design_phase.
- Hwang, Y. (2014). *Emergy-Simulation Based Building Retrofit*. *KIEAE Journal*, Vol. 14, No. 3. (pp.5-13).
- IEA (2009) Final Report (eng. International Energy Agency) Međunarodna agencija za energetiku Final Report 2009.
- International Conference on Sustainable Construction First *International Conference of CIB TG 16*, November 6-9, 1994, Tampa, Florida, U.S.A.
- IRCOW, (2016). Waste Classification, Guidance on the classification and assessment of waste (1st edition 2015) Technical Guidance WM3; www.ircow.eu.
https://cordis.europa.eu/project/rcn/97292_en.html.
- ISO 14040:2006. Environmental management – life cycle assessment – principles and framework. Geneva, Switzerland: International Standards Organization, 2006.
- ISO-14044 – Environmental Management – Life Cycle Assessment: Requirements and Guidelines, Geneva, Switzerland: International Standards Organization, 2006.
- Janković, K., Pakvor, A. (2001). *Šut zidanih konstrukcija-sirovina novog građevinskog materijala*. JUDIMK. Zidane konstrukcije u savremenoj građevinskoj praksi. Beograd. (str. 112-133).
- Joksić, M.I. (1977). *Procena postojećih objekata*. Tehničar 3, građevinski priručnik. Poglavlje VI. Građevinska knjiga. Beograd.
- Jones, C. (2015). The Environmental Sustainability of Existing Buildings: Refurbish or Replace? <http://www.buildingconservation.com/articles/>.
- Jovanović Popović, M., Kosanović, S. (2009). Selection of building materials based upon ecological characteristics: priorities in function of environmental protection, *Spatium No 20*. (pp. 7-23).
- Jovanović Popović, M., Ignjatović, D., Radivijević, A., Rajčić, A., Đukanović, L.J., Žuković Ignjatović, N., Nedić, M. (2013). *Nacionalna tipologija stambenih zgrada Srbije*. Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu, GIZ - Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit, Beograd.
- Jovanović, G. (2015). *Uvod u arhitektonsko projektovanje*, AGM knjiga Beograd.
- Jones, C. (2015). The Environmental Sustainability of Existing Buildings: Refurbish or Replace?

- <http://www.buildingconservation.com/articles/environmental-impacts/environmental-impacts.htm> (19.5. 2015.).
- Karimpour, M., Belusko, M., Xing, K., Bruno, F. (2014). Minimising the life cycle energy of buildings: Review and analysis. *Building and Environment*, 73, (pp. 106-114).
- Kim, S., Moon, J.H., Shin, Y., Kim, G.H., i Seo, D.S. (2013). Life Comparative Analysis of Energy Consumption and CO2 Emissions of Different Building Structural Frame Types, *ScientificWorldJournal*. 2013: 175702. dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3817659/>.
- Kleijn R. (2012). *Materials and energy: a story of linkages* (PhD thesis). Leiden: Leiden University. <https://www.universiteitleiden.nl/en/staffmembers/rene-kleijn/publications#tab-4>.
- Krnjetin, S. (2005). *Materijali i konstrukcije*. Fakultet tehničkih nauka. Novi Sad. (str. 57-61).
- Kumanayake, R., Luo, H. (2017). Development of an Automated Tool for Buildings' Sustainability Assessment in Early Design Stage.
- Kosorić, V. (2008). *Ekološka kuća*, Građevinska knjiga, Beograd 2008.
- Knudstrup, M.A., Hansen, H., Brungsgard (2009). Approaches to the design of sustainable housing with low CO2 emission, *Renewable Energy*, 34, (pp. 2007-2015).
- Knudstrup, M.A., Kolmoes, A., Fink, F.K., Krogh, L. (2004). Integrated Design Process in PBL. Aalborg University Press. Denmark.
IDP_in_PBL_2004_Mary-Ann_Knudstrup_Ny_pdf_fil.
- Letić. M., Jakšić. Ž. (1996). *Procena vrednosti stambenih i drugih objekata*. Stanovanje u višeporodičnim spratnim zgradama u novim tržišnim uslovima, u uslovima različitih vlasničkih odnosa i tržišta, Niš. (str. 383-390). Prosveta, Niš.
- Lokalni plana za upravljanja otpadom za Grad Beograd od 2011. do 2020. „Sl. list grada Beograda“ broj 28/2011.
- Maksin, M. (2011). *Održivi razvoj turizma u Evropskoj uniji i Srbiji*. IAUS. Beograd.
- Martinović, U. (1983). *Fragmenti jednog viđenja arhitekture*, IAUS. Beograd.
- Malmqvist, T., Glaumann, M., Scarpellini, S., Zabalza, I., Aranda, A., Liera, E., Diaz, S. (2011). *Life cycle assessment in buildings: The ENSLIC simethod and guideline*. Energy. 5th Dubrovnik Conference on Sustainable development of Energy, Water & Environment Systems. Dubrovnik. (pp. 1900 -1907).
- Meier, F., Itard, L., Sunikka-Blank, M. (2009). Comparing European residencial building stocks: Performance, renovation and policy opportunities, *Building. Res. info* 37. (pp. 533-551).
- Mitrović, S., Nikolić Topalović, M.; Ćirović, G. (2011)., „Reciklirani čelik u savremenoj izgradnji“, Zbornik radova, XV naučno - stručni simpozijum, Arhitektonsko građevinski fakultet Banjaluka.

- Milašin, N., Stojanović, B. (1995). Upotreba indikatora zagađenosti životne sredine u prostornom i urbanističkom planiraju. *Zbornik radova Naša ekološka istina*, Borsko jezero, 1995.
- MPA, (2016). Whole-life Carbon and Buildings, The Concrete Centre ISBN: 978-1-908257-17-8, <www.concretecentre.com/.../Whole-life-Carbon-and-Buildings.as>
- MBE WRAP. (2006). Environmental benefits of recycling, (Waste & Resources Action Program), Tehnički Univerzitet u Danskoj (IPU) i Danski Centar za otpad. (Danish Topic Centre on Waste). Maj 2006.
- Muravljev, M., Pakvor, A., Janković, K. (1995). *Ekološko - energetske aspekte primene betona na bazi reciklirane opeke*. GF Niš, Zbornik radova, Naučni skup, Unapređenje i dalji razvoj stanovanja u višespratnim stambenim zgradama. Niš. (str. 101-112).
- Murkut, G. (2017). Međunarodni kongres: Održiva arhitektura & Energetska efikasnost. Br 25, pp.17, Beograd.
- Nacionalna strategija održivog razvoja Srbije „Sl. glasnik RS“ br. 55/05, 71/05. i ispravka 101/07.
- Norme i standardi rada u građevinarstvu, (1987). Knjiga 2-Građevinske konstrukcije, IRO Građevinska knjiga, Beograd 1987.
- Norberg-Schulz, K. (1990). *Stanovanje, stanište, urbani prostor, kuća*. Građevinska knjiga, Beograd.
- Nikolić Topalović, M. (2007). *Procesi otklanjanja čvrstog otpada sa teritorije Opštine Palilula*, Beograd, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultete Mihajlo Pupin, Specijalistički rad, Zrenjanin.
- Nikolić Topalović, M., Ćirović, G. (2013). „Poboljšanje energetske efikasnosti objekata visokogradnje reciklabilnim materijalima“, Zbornik radova, EnE13 Deveta regionalna konferencija; Životna sredina ka Evropi Beograd, (87-91).
- Nikolić Topalović, M. (2010). *Mogućnost primene reciklabilnih materijala u završnim građevinskim radovima*. Magistarski rad. Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet Mihajlo Pupin, Zrenjanin.
- Nikolić Topalović, M., Pavlović, M. (2010): „Mogućnost primene reciklabilnih materijala u cilju poboljšanja energetske efikasnosti objekata visokogradnje“, Naučno-stručni skup: EFIKASNOST U PRIVREDI – 2010. Energetska efikasnost - Ekološka efikasnost - Ekonomska efikasnost - Efikasnost upravljanja. Zrenjanin. (str. 68-74).
- Nässén, J., Holmberg, J., Wadeskag, A., Nyman, M. (2007). Direct and indirect energy use and carbon emissions in the production phase of buildings: an input-output analysis. *Energy*. 32. (pp. 1593-1602).

- Oliveira, F.R.M., Silva, M.G., Gomes, V. (2013). Exploring life cycle-based sustainability indicators for building structural frames in concrete. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais* vol.6 no.5 São Paulo
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-41952013000500008> pristupljeno 20. septembra 2017.
- Okvirna direktiva o otpadu 2008/98/EC.
- Pearce, J.M., Jonson, S.J., Grant, G.B. (2007). 3D-mapping optimization of embodied energy transportation. *Resources, Conservation and Recycling*. 51. (pp. 435-453).
- Parfitt, J. (2002). *Resource: Analysis of household waste composition and factors driving waste increases*, WRAP, December. London. 2002.
- Patel, M., Thienen, N., Jochen, E., Worrell, E. (2000). Carbon use for synthetic materials in Germany, *Resources, Conservation and Recycling* 31 (pp. 9-50).
- Pavlović, M. (2004). *Ekološko inženjerstvo*. II izdanje. Tehnički fakultet Mihajlo Pupin. Zrenjanin.
- Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada; „Službeni glasnik RS“, br 61/2011.
dostupno na:<<http://www.mgsi.gov.rs>>
- Pravilnik o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetske svojstvima zgrada. „Službeni glasnik RS“, br 69/2012. dostupno na:<<http://www.mgsi.gov.rs>>
- Pomponi, F., Moncaster, A. (2016). Embodied carbon in the built environment: management, mitigation, and reduction – what does the evidence say? *J. Environ. Manage.*
<http://www.buildingconservation.com/articles/environmental-impacts/environmental-impacts.htm>.
- Radosavljević, J., Pavlović, T., Lambić, M. (2004). *Solarna energetika i održivi razvoj*. Građevinska knjiga, Beograd.
- Ramesh, T., Prakash, R., Shukla, K.K. (2010). Life cycle energy analysis of buildings. An overview. *Energy and Buildings*. 42. (pp. 1592-1600).
- Rebitzer, G., T. Eakvall, T., Frischkecht, R., Hunkeler, D., Norris, G., Rydberg, T., Schmidt, W.P., Suh, S., Weidema, B.P., Pennington, D.W. (2004). Review: Life cycle assessment: Part 1: framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. Elsevier, *Environmental International*, 30, (pp. 701-720).
- Rebitzer, G., Ekvall, T., Frischknecht, T.R., Hunkeler, D., Norris, G., Rydberg, T. (2004). Life Cycle Assessment. Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis and applications. *Environment International*. 30. (pp. 701-720).

- Regulation (EU) No 305/2011 of European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC.
- Rodríguez Lopez, F., Fernández Sánchez, G. (2009). Sustainability in construction projects. Analysis of a building with two sustainability assessment tools. *Selected Proceedings from the 13th International Congress on Project Engineering*. Badajoz.
- Re Cecconi, F., Lacono, P. (2005). Enhancing the Factor Method - Suggestions to Avoid Subjectivity. *10BMC International Conference on Durability of Building Materials and Components*. Lyon..
- Sartori, I., Hestnes, A.G. (2007). Energy use in Life cycle of conventional and low-energy buildings: A review article. *Energy and Buildings*, 39, (pp. 249-257).
- SASBE (2009). Smart building in a changing climate. 3rd CIB International Conference on Smart and Sustainable Built Environments, held in Delft, the Netherlands, from June 15th to 19th. 2009. (pp. 239).
- Sabki, W.M., Omara, W., Dohb, J.H., Panuwatwanich, K., & Miller, D. (2017). *Assessment of the Embodied Carbon in Precast Concrete wall panels Using a Hybrid Life Cycle Assessment Approach in Malaysia*. dostupno na: <https://www.researchgate.net/publication/285737789_Assessment_of_embodied_energy_and_carbon_emission_of_building_and_construction_processes_in_Malaysia_using_process-based_hybrid_analysis> posećeno 5. oktobra 2017.
- Schiopu, N., Vernus, E., Jayr, E., Mehu, J. (2006). *Technical and environmental feasibility of the use of secondary raw materials in the construction materials and product*“, WASCON 2006, Sixth International Conference on the Environmental and Technical Implications of Construction with Alternative Materials Science and Engineering of Recycling for Environmental Protection, Belgrade, Serbia & Montenegro, May - June, (pp. 27-36).
- Sharma, A., Saxena, A., Sethi, M., Shree, V., Varun, V. (2011). Life cycle assessment of buildings: A review; *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (pp. 871-875).
- Slavković, K., Radivojević, A. (2013). Analiza životnog ciklusa: ograničenja pri merenju ugrađene energije u Srbiji. *Naučno-stručni simpozijum Instalacije & Arhitektura 2013*. Arhitektonski fakultet, Beograd.
- Slavković, K., Radivojević, A. (2014). Evaluation of energy embodied in the external wall of the single-family buildings in the process of energy optimisation. *Energy Efficiency*. Published online: 03. August 2014.
- Slavković, K., (2016) Procena ugrađene i operativne energije za odabrane nivoe unapređenja energetskih svojstava porodičnih kuća. Doktorska teza, Univerzitet u Beogradu, Arhitektonski fakultet 2016. Beograd.
- Smith, P. (2005). *Architecture in a Climate of Change – A Guide to sustainable design*. Elsevier/Architectural Press. Burlington.

- Stanković, M. (2013). *Plavo-zeleni dizajn, Prirodna, najstarija i najpoželjnija paradigma na putu ka samoodrživom razvoju grada na Vrbasu*. Urbana regeneracija braunfield lokacije „Rudi Čajavec“ u Banjoj Luci. Univerzitet u Banjoj Luci, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet tehnologije u Beču, Institut za urbani dizajn i pejzažnu arhitekturu Univerziteta primenjenih nauka u Koruškoj. Univerzitet u Banjoj Luci, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Grafomark. Banja Luka.
- Stanković, M. (2007). *Iskustva graditelja: harmonija i konflikti u prostoru*, Arhitektonsko-građevinski fakultet u Banjoj Luci.
- Stanković, M. (2012). *Arhitektura i čula – Arhitektonski elementi i strukture objedinjene promišljanjem o unapređenju stvaralačkog procesa*. Edicija: ISKUSTVA GRADITELJA, treća knjiga, Banja Luka.
- Stevanović Čarapina, H., Mihajlov, A. (2010). *Metodologija za dizajn zelenih proizvoda*, EnE 10, Beograd, maj 2010. (str. 10-35).
- Stipić, Z., Vidović, S., Spasojević, M. (2002). Potencijal obnovljivih izvora energije u republici Srbiji sa detaljnim prikazom eksploatacije geotermalnih izvora u autonomnoj pokrajini Vojvodini, Zavod za urbanizam Grada Subotice.
- Stojanović, B., (1994). Demografski rast milionskih gradova sveta. *Stanovništvo*, XXXII, Br. 3-4. Institut društvenih nauka, Centar za demografska istraživanja, Savezni zavod za statistiku, Beograd. (pp. 153-168).
- Strategiji upravljanja otpadom Republike Srbije za peri od 2010 – 2019. „Sl. glasnik RS“ br. 29/10.
- Straub, A. (2012). Using the factor method to get realistic service lives of applied building components. *Conference proceedings CIB W070, W092 and TG72. Delivering Value to the Community*, (pp. 672–680).
- Sturgis, S. (2017). *Targeting Zero: Embodied and Whole Life Carbon Explained*. RIBA Publishing.
<http://sturgiscarbonprofiling.com/news/targeting-zero-embodied-and-whole-life-carbon-explained/>
- Su-Hyun, C., i Chang-U, C. (2016). A Study on Life Cycle CO₂ Emissions of Low-Carbon Building in South Korea, *Sustainability*.n. 8, (pp. 565-588).
- Sustainable construction: use of recycled concrete aggregate. Proceedings of the international symposium organised by the Concrete Technology Unit, University of Dundee and held at the Department of Trade and Industry Conference Centre, London, UK on 11-12 November 1998.
- Tackling embodied carbon in buildings (2015) *Campaign for a sustainable built environment, Reducing embodied carbon in buildings*. Izvor:
<https://www.ukgbc.org/.../Tackling%20embodied%20carbon%20...>
- Taking sustainable use of resources forward: A Tematic Startegy on the prevention and recycling of waste, Communication From The Commission To The Conclil, The European Parliament, The European European Economic And Social

- Committee And Thhe Committee Of The Regions, [Sec(2005),1681], [Sec(2005),1682], Commission of The European Communities, Brussels, 21.12.2005.
- Thormark, C. (2002). A low energy building in a life cycle-its embodied energy, energy need for operation and recycling potential. *Building and Environment*. 37. (pp. 429-435).
- Thormark, C. (2001). *Recycling Potential and Design for Disassembly in Buildings*. PhD Thesis. Lund Institute of Technology. Lund University.
- Thuvander, L., Femenias, P., Femenias, K., Mjörnell, K., Meiling, P. (2012). Unieling the Process of Sustainable renovation. *Sustainability* ISSN 2071-1050. <www.mdpi.com/journal/sustainability 2012. 4. 1188-1213. doi: 10.3390/su4061188> Pristupljeno 15. marta 2015.
- Trbojević, B. (1983). *Projektovanje i organizacija građenja i programiranje izgradnje građevinskih objekata*. Građevinska knjiga, Beograd.
- Trevorrow, A., Joynes, A., Wainwright, P.J. (2004). *Recycling of concrete and demolition waste in the UK*, Second internacional RILEM Symposium on demolition and Reuse of Concrete and Masonry, Tokyo. (pp. 153-160).
- Todosijević, M. (2012). *Ekološki i ekonomski efekti održivog upravljanja zemljišnim resursima planinskog područja opštine Ljubovija*. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet. Beograd.
- UNEP (2007). United Nations Environment Programme. *Buildings and Climate Change: Status, Challenges and Opportunities*. UNEP.fr. 2007. Accessed April 17, 2007. ISBN: 978-92-807-2795-1. <http://www.unep.fr/pc/sbc/documents/Buildings_and_climate_change.pdf>
- Uredba 2150/2002/EC Evropskog parlamenta o statistici otpada (Regulation on waste statistics (EC) No 2150/2002.
- Uredbu o utvrđivanju Liste projekata za koje je obavezna procena uticaja i Liste projekata za koje se može zahtevati procena uticaja na životnu sredinu, Službenom glasniku RS, br. 114/2008
- Verbeeck G., Hens H. (2010b). Life cycle inventory of buildings: A contribution analysis. *Build. Environment*. 45, (pp. 964-967).
- Verbeeck, G., Hens, H. (2010). Life cycle inventory of buildings: A calculation method. *Build. Environment*. 45, (pp. 1037-1041).
- Verbeeck, G., Hens, H. (2010a). Life cycle inventory of buildings: A contribution analysis. *Build. Environ.* 45, (pp. 964-967).
- Verbeeck, G. (2007). *Optimisation of extremely low energy buildings*. PhD Thesis. Leuven: Katholieke Universiteit Leuven. Faculteit Ingenieurswetenschappen.
- Vrbaški, B., Krnjetin, S. (2009). Strateška procena uticaja plana i programa na okoliš – Iskustva Republike Srbije. *Prostor*. br. 37. (str. 184-191).

- Voorspools, K.R., Brouwers, E.A., D'haeseleer, W.D. (2000). Energy content and indirect gas emissions embedded in „emission-free“ power plants: results from the Low Countries. *Applied Energy*, 67, (pp. 307-330).
- Wallhagen, M., Malmqvist, T., Eriksson, O. (2016). Professionals knowledge and use of environmental assessment in architectural competition. *Building Research&Information*. (pp. 1-17).
- WASCON (1997). Waste materials in construction: putting theory into practice. Proceedings of the International Conference on the Environmental and Technical Implications of Construction with Alternative Materials, WASCON '97, Houthem St. Gerlach, The Netherlands, 4-6 June 1997 Amsterdam; Lausanne [sl]: Elsevier, 1997.
- Waste Classification, Guidance on the classification and assessment of waste (1st edition 2015) Tehnical Guidance WM3.
- Wu, P., Xia, B., Zhao, X. (2014). The importance of use and end-of-life phases to the life cycle greenhouse gas (GHG) emissions of concrete - A review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 37, (pp. 360-369).www.mdpi.com/journal/sustainability.
- Yarahmadi, N., Ignacy Jakubowicz, I., Martinsson, L.,(2003), PVC floorings as post-consumer products for mechanical recycling and energy recovery, *Polymer Degradation and Stability* n.79, (pp. 439-448).
- Zakon o planiranju i izgradnji, Sl. Glasnik RS br. 79/2009, 81/2009-ispravka, 64/2010-odluka US, 24/2011, 121/2012, 42/2013-odluka US, 50/2013-odluka US, 98/2013-odluka US, 132/2014 i 145/2014.
- Zakon o upravljanju otpadom „Službeni glasnik RS”,br.36/09, 88/2010.
- Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu „Sl. gl. RS“, br. 135/2004.
- Zhang, X., Shen, L., Zhang, L. (2013). Life cycle assessment of the air emissions during building construction process - A case study in Hong Kong. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 17, (pp. 160-169).

LISTA SLIKA

- Slika 2.1. Zemlje članice BIR
- Slika 2.2. Jedna od kuća sagrađena od staklene ambalaže i maltera koji se spravlja od cementa i starog papira
- Slika 2.3. Gradnja kuće elementima sušenim na suncu spravljenim mešavinom papira i gline, malter je od papira i cementa
- Slika 2.4. Objekti izgrađeni u potpunosti od recikliranih materijala
- Slika 2.5. Objekat izgrađen u potpunosti od recikliranih materijala
- Slika 2.6. Objekti kojima je fasada “solarni brešljan” izrađena od recikliranih materijala, čelika i plastike
- Slika 2.7. Dečiji centar NASSER u Gazi arhitekta Alessio Batisstella
- Slika 2.8. Italijanski paviljon u Šangaju EXPO 2010
- Slika 2.9. Italijanski paviljon u Milanu, EXPO 2015. izgrađen od betona koji prečišćava vazduh
- Slika 2.10. LEED performanse zgrade koje su predmet vrednovanja u uslovima ekoodrživosti
- Slika 2.11. Oznaka o performansi zgrade u uslovima ekoodrživosti za LEED
- Slika 2.12. DGNB sertifikati, koji svedoče o performansi zgrade u uslovima ekoodrživosti
- Slika 2.13. Šematski prikaz parametara koji su uključeni u proces integralnog dizajna (IDP) projekta
- Slika 3.1. U susret prirodi i Eko znak, ustanovljeni u Srbiji 2009.
- Slika 3.2. Eko znak u Srbiji ustanovljen 2009.
- Slika 4.1. Postojeći objekat na kome se sprovodi analiza
- Slika 4.2. Postojeći objekat, prednji izgled, bočni izgled
- Slika 4.3. Situacija objekta
- Slika 4.4. Osnova objekta - idejno rešenje
- Slika 4.5. Izveštaj za model novi objekat varijanta A
- Slika 4.6. Izveštaj za referentni model A, model B-3. i model C na nivou idejnog rešenja
- Slika 4.7. Situacija objekta koji je predmet LCA analize
- Slika 4.8. Osnova objekta koji je predmet LCA analize
- Slika 4.9. Izgled objekta prema ulici
- Slika 4.10. Prednji dvorišni izgled objekta
- Slika 4.11. Program koji se koristi za proračun ugljeničnog otiska LCA zgrade, na nivou projekta za izvođenje

Slika 4.12.	LCA analiza, izveštaj za model MG – 1
Slika 4.13.	LCA analiza, izveštaj za model MG – 2
Slika 4.14.	LCA analiza, izveštaj za model MG – 3
Slika 4.15.	LCA analiza, izveštaj za model MY – 1
Slika 4.16.	LCA analiza, izveštaj za model MY – 2
Slika 4.17.	LCA analiza, izveštaj za model MY – 3
Slika 4.18.	LCA analiza, izveštaj za model MD – 1
Slika 4.19.	LCA analiza, izveštaj za model MD – 2
Slika 4.20.	LCA analiza, izveštaj za model MD – 3
Slika 4.21.	Program BEES u kome je ređena analiza na nivou rešavanja detalja

LISTA TABELA

Tabela 1.1.	Opis modela na nivou idejnog rešenja
Tabela 1.2.	Opis istraživanja na nivou idejnog rešenja
Tabela 1.3.	Opis istraživanja na nivou projekta za izvođenje
Tabela 2.1.	Potrošnja finalne energije u Srbiji 2009. godine po sektorima (IEA, 2009)
Tabela 2.2.	Pokazatelji potrošnje energije u regionu za 2009. po stanovniku (IEA, 2009)
Tabela 2.3.	Specifične emisije CO ₂ za pojedine vrste energenata (Sl glasnik RS“, br 61/2012)
Tabela 2.4.	Način obeležavanja proizvoda sa aspekta reciklabilnosti i primene reciklažnih materijala
Tabela 2.5.	Opcije upravljanja otpadom u svim pregledanim scenarijima
Tabela 2.6.	Ušteda u količini CO ₂ reciklažom (BIR, 2008)
Tabela 2.7.	Sertifikacioni modeli za procenu održivosti zgrada
Tabela 2.8.	Merila BREEAM rejtinga
Tabela 2.9.	Minimalne BREEAM norme za vrednovanje rejtinga
Tabela 2.10.	BREEAM ponderi za Ekološke sekcije koje se vrednuju
Tabela 2.11.	Primer BREEM rezultata i proračun rejtinga
Tabela 2.12.	DGNB sertifikat i pre-sertifikat se dodeljuje u sledećim razredima
Tabela 2.13.	Pregled kriterijuma i indikatora sa težinama i brojem poena
Tabela 2.14.	Indikatori kojima se meri uticaj na životnu sredinu prema EN 15804
Tabela 2.15.	Indikatori kojima se procenjuje korišćenje resursa
Tabela 2.16.	Indikatori kojima se procenjuje korišćenje resursa

Tabela 2.17.	Šema izvršenih poslova i zadataka u procesu projektovanja, prema Bayer et al. (2010)
Tabela 2.18.	Pojedini alati koji se koriste za različite LCA
Tabela 3.1.	Pretpostavljeni životni vek nekih građevinskih materijala, proizvoda i sistema
Tabela 3.2.	Trajnost pojedinih građevinskih delova stambene zgrade (Letić, Jakšić, 1996)
Tabela 4.1.	Nacionalna tipologija – zastupljenost tipova prema površini u m ² (Jovanović et al. 2013: 24)
Tabela 4.2.	Nacionalna tipologija prema <i>Tabuli</i> – zastupljenost tipova prema površini u m ² (Jovanović et al. 2013: 25)
Tabela 4.3.	Nacionalna tipologija – zastupljenost tipova prema broju zgrada (Jovanović et al. 2013: 26)
Tabela 4.4.	Nacionalna tipologija – zastupljenost tipova prema broju stanova (Jovanović et al. 2013: 26)
Tabela 4.5.	Ugljenični otisak za referentni objekat A
Tabela 4.6.	LCA procentualno učešće emisija za pojedine materijale, operacije i aktivnosti referentnog objekta varijanta A
Tabela 4.7.	Analizirani parametri za uštede u emisijama GHG, vode i produkcije otpada na nivou idejnog rešenja
Tabela 4.8.	Uporedni pregled ušteta u emisijama GHG, ušteta u potrošnji vode i mogućnosti smanjenja otpada
Tabela 4.9.	Poređenje ugljeničnog otiska za novi objekat varijanta A (osnovna varijanta) novi objekat sa primenom postojećih i recikliranih materijala varijanta B-3 (alternativa 1) i rekonstrukcija objekta varijanta C (alternativa 2)
Tabela 4.10.	Energetski razredi stambenih zgrada sa jednim stanom
Tabela 4.11.	Ostvarene vrednosti koeficijenta prolaza toplote U za elemente konstrukcije u poređenju sa U _{max}
Tabela 4.12.	Godišnja potrebna energija za grejanje
Tabela 4.13.	Obračun površina prostorija
Tabela 4.14.	Opis istraživanja rađenih na nivou projekta za izvođenje
Tabela 4.15.	Analizirani modeli za LCA
Tabela 4.16.	Reference za pojedine grupe materijala
Tabela 4.17.	Analizirani modeli za LCA granice sistema od kolevke do početka korišćenja objekta
Tabela 4.18.	Ugljenični otisak izgradnje za model MG – 1
Tabela 4.19.	Procentualno učešće emisija ugljenika za grupe materijala i aktivnosti za izgradnju modela MG – 1
Tabela 4.20.	Ugljenični otisak izgradnje za model MG – 2

- Tabela 4.21. Procentualno učešće emisija ugljenika za grupe materijala i aktivnosti za izgradnju modela MG – 2
- Tabela 4.22. Ugljenični otisak izgradnje za model MG – 3
- Tabela 4.23. Procentualno učešće emisija ugljenika za grupe materijala i aktivnosti za izgradnju modela MG – 3
- Tabela 4.24. Uporedni pregled vrednosti LCA ugljeničnog otiska izgradnje za modele MG – 1, MG – 2 i MG – 3
- Tabela 4.25. Uporedni pregled vrednosti LCA ugljeničnog otiska izgradnje za modele MG – 1, MG – 2 i MG – 3 i postignutih ušteda
- Tabela 4.26. Uporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje po m² bruto površine modela MG – 1, MG – 2 i MG – 3
- Tabela 4.27. Ugljenični otisak izgradnje za model MY – 1
- Tabela 4.28. Procentualno učešće emisija ugljenika za grupe materijala i aktivnosti za izgradnju modela MY – 1
- Tabela 4.29. Ugljenični otisak izgradnje za model MY – 2
- Tabela 4.30. Procentualno učešće emisija ugljenika za grupe materijala i aktivnosti za izgradnju modela MY – 2
- Tabela 4.31. Ugljenični otisak izgradnje za model MY – 3
- Tabela 4.32. Procentualno učešće emisija ugljenika za grupe materijala i aktivnosti za izgradnju modela MY – 3
- Tabela 4.33. Uporedni pregled vrednosti LCA ugljeničnog otiska izgradnje za modele MY – 1, MY – 2 i MY – 3.
- Tabela 4.34. Uporedni pregled vrednosti LCA ugljeničnog otiska izgradnje za modele MY – 1, MY – 2 i MY – 3 i postignutih ušteda
- Tabela 4.35. Uporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje po m² bruto površine modela MG – 1, MG – 2 i MG – 3
- Tabela 4.36. Ugljenični otisak izgradnje za model MD – 1
- Tabela 4.37. Procentualno učešće emisija ugljenika za grupe materijala i aktivnosti za izgradnju modela MD – 1
- Tabela 4.38. Ugljenični otisak za model MD – 2
- Tabela 4.39. Procentualno učešće emisija ugljenika za grupe materijala i aktivnosti za izgradnju modela MD – 2
- Tabela 4.40. Ugljenični otisak za model MD – 3
- Tabela 4.41. Procentualno učešće emisija ugljenika za grupe materijala i aktivnosti za izgradnju modela MD – 3
- Tabela 4.42. Uporedni pregled LCA ugljeničnog otiska izgradnje za modele MD – 1, MD – 2 i MD – 3
- Tabela 4.43. Uporedni pregled vrednosti LCA ugljeničnog otiska izgradnje za modele MD – 1, MD – 2 i MD – 3 i postignutih ušteda

- Tabela 4.44. Uporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje po m² bruto površine modela MD – 1, MD – 2 i MD – 3
- Tabela 4.45. Uporedni pregled LCA ugljeničnog otiska izgradnje pojedinih modela, u varijantnim rešenjima
- Tabela 4.46. Uporedni pregled LCA ugljeničnog otiska izgradnje pojedinih modela, u varijantnim rešenjima po m² bruto površine
- Tabela 4.47. Način obeležavanja modela u analiziranju ukupnog ugljeničkog otiska za pojedine modele
- Tabela 4.48. Ukupni ugljenični otisak za model MG – 1₁₀ posle 10 godina
- Tabela 4.49. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za grupe materijala i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MG – 1₁₀ posle 10 godina
- Tabela 4.50. Ugljenični otisak za model MY – 1₁₀ posle 10 godina
- Tabela 4.51. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za grupe materijala i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MY – 1₁₀ posle 10 godina
- Tabela 4.52. Ugljenični otisak za model MD – 1₁₀ posle 10 godina
- Tabela 4.53. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za grupe materijala i aktivnosti za izgradnju modela MD – 1₁₀ posle 10 godina
- Tabela 4.54. Uporedni pregled LCA ukupnog ugljeničnog otiska posle 10 godina
- Tabela 4.55. Procentualno učešće u ukupnom ugljeničnom otisku LCA posle 10 godina
- Tabela 4.56. Uporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje po m² bruto površine modela MG – 1₁₀, MY – 1₁₀ i MD – 1₁₀
- Tabela 4.57. Ugljenični otisak za model MG – 1₂₀ posle 20 godina
- Tabela 4.58. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MG – 1₂₀ posle 20 godina
- Tabela 4.59. Ugljenični otisak za model MY – 1₂₀ posle 20 godina
- Tabela 4.60. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MY – 1₂₀ posle 20 godina
- Tabela 4.61. Ugljenični otisak za model MD – 1₂₀ posle 20 godina
- Tabela 4.62. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MD – 1₂₀ posle 20 godina
- Tabela 4.63. Uporedni pregled LCA ukupnog ugljeničnog otiska posle 20 godina
- Tabela 4.64. Procentualno učešće u ukupnom ugljeničnom otisku LCA posle 20 godina
- Tabela 4.65. Uporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje po m² bruto površine modela MG – 1₂₀, MY – 1₂₀ i MD – 1₂₀
- Tabela 4.66. Ugljenični otisak za model MG – 1₃₀ zaposle 30 godina
- Tabela 4.67. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MG – 1₃₀ posle 30 godina
- Tabela 4.68. Ugljenični otisak za model MY – 1₃₀ posle 30 godina

- Tabela 4.69. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MY – 1₃₀ posle 30 godina
- Tabela 4.70. Ugljenični otisak za model MD – 1₃₀ posle 30 godina
- Tabela 4.71. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MD – 1₃₀ posle 30 godina
- Tabela 4.72. Upporedni pregled LCA ukupnog ugljeničnog otiska posle 30 godina
- Tabela 4.73. Procentualno učešće u ukupnom ugljeničnom otisku LCA posle 30 godina
- Tabela 4.74. Upporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje po m² bruto površine modela MG – 1₃₀, MY – 1₃₀ i MD – 1₃₀
- Tabela 4.75. Ugljenični otisak za model MG – 1 posle 40 godina
- Tabela 4.76. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MG – 1₄₀ posle 40 godina
- Tabela 4.77. Ugljenični otisak za model MY – 1₄₀ posle 40 godina
- Tabela 4.78. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MY – 1₄₀ posle 40 godina
- Tabela 4.79. Ugljenični otisak za model MD – 1₄₀ posle 40 godina
- Tabela 4.80. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MD – 1₄₀ posle 40 godina
- Tabela 4.81. Upporedni pregled LCA ukupnog ugljeničnog otiska posle 40 godina
- Tabela 4.82. Procentualno učešće u ukupnom ugljeničnom otisku LCA posle 40 godina
- Tabela 4.83. Upporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje po m² bruto površine modela MG – 1₄₀, MY – 1₄₀ i MD – 1₄₀
- Tabela 4.84. Ugljenični otisak za model MG – 1₅₀ posle 50 godina
- Tabela 4.85. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MG – 1₅₀ posle 50 godina
- Tabela 4.86. Ugljenični otisak za model MY – 1₅₀ posle 50 godina
- Tabela 4.87. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MY – 1₅₀ posle 50 godina
- Tabela 4.88. Ugljenični otisak za model MD – 1₅₀ posle 50 godina
- Tabela 4.89. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MD – 1₅₀ posle 50 godina
- Tabela 4.90. Upporedni pregled LCA ukupnog ugljeničnog otiska posle 50 godina
- Tabela 4.91. Procentualno učešće u ukupnom ugljeničnom otisku LCA posle 50 godina
- Tabela 4.92. Upporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje po m² bruto površine modela MG – 1₅₀, MY – 1₅₀ i MD – 1₅₀
- Tabela 4.93. Ugljenični otisak za model MG – 1_{60PP} posle 60 godina, investiciono održavanje primarnim materijalima

- Tabela 4.94. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MG – 1_{60PP} posle 60 godina, investiciono održavanje primarnim materijalima
- Tabela 4.95. Ugljenični otisak za model MY – 1_{60PP} posle 60 godina, investiciono održavanje primarnim materijalima
- Tabela 4.96. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MY – 1_{60PP} posle 60 godina, investiciono održavane primarnim materijalima
- Tabela 4.97. Ugljenični otisak za model MD – 1_{60PP} posle 60 godina, investiciono održavanje primarnim materijalima
- Tabela 4.98. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MD – 1_{60PP} posle 60 godina, investiciono održavanje primarnim materijalima
- Tabela 4.99. Uporedni pregled LCA ukupnog ugljeničnog otiska posle 60 godina korišćenja i investicionim održavanjem objekta primarnim materijalima
- Tabela 4.100. Procentualno učešće u ukupnom ugljeničkom otisku LCA posle 60 godina korišćenja objekta - investiciono održavanje primarnim materijalima
- Tabela 4.101. Uporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje po m² bruto površine modela MG – 1_{60PP}, MY – 1_{60PP} i MD – 1_{60PP}
- Tabela 4.102. Ugljenični otisak za model MG – 1_{60PR} posle 60 godina, investiciono održavanje recikliranim i zelenim materijalima
- Tabela 4.103. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MG – 1_{60PR} posle 60 godina, investiciono održavanje recikliranim i zelenim materijalima
- Tabela 4.104. Ugljenični otisak za model MY – 1_{60PR} posle 60 godina, investiciono održavanje recikliranim i zelenim materijalima
- Tabela 4.105. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MY – 1_{60PR} posle 60 godina, investiciono održavane recikliranim i zelenim materijalima
- Tabela 4.106. Ugljenični otisak za model MD – 1_{60PR} posle 60 godina, investiciono održavanje recikliranim i zelenim materijalima
- Tabela 4.107. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MD – 1_{60PR} posle 60 godina, investiciono održavanje recikliranim i zelenim materijalima
- Tabela 4.108. Uporedni pregled LCA ukupnog ugljeničnog otiska posle 60 godina korišćenja i investicionog održavanja sa recikliranim i zelenim materijalima
- Tabela 4.109. Procentualno učešće LCA ukupnog ugljeničnog otiska posle 60 godina korišćenja i investicionim održavanjem sa recikliranim i zelenim materijalima
- Tabela 4.110. Uporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje po m² bruto površine modela MG – 1_{60PR}, MY – 1_{60PR} i MD – 1_{60PR}
- Tabela 4.111. Uporedni pregled ugljeničnog otiska investicionog održavanja primarnim ili

- recikliranim i zelenim materijalima objekta posle 60. godina korišćenja
- Tabela 4.112. Uporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje, tekućeg i investicionog održavanja primarnim materijalima po m² bruto površine za modele MG – 1_{60PP}, MY – 1_{60PP} i MD – 1_{60PP}
- Tabela 4.113. Uporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje, tekućeg i investicionog održavanja recikliranim i zelenim materijalima po m² bruto površine modela MG – 1_{60PR}, MY – 1_{60PR} i MD – 1_{60PR}
- Tabela 4.114. Uporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje, tekućeg i investicionog održavanja po m² bruto površine modela posle 60 godina korišćenja
- Tabela. 4.115. Ugljenični otisak za model MG – 1_{100PP} posle 100 godina
- Tabela 4.116. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MG – 1_{100PP} posle 100 godina
- Tabela 4.117. Ugljenični otisak za model MY – 1_{100PP} posle 100 godina
- Tabela 4.118. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MY – 1_{100PP} posle 100 godina, investiciono održavane primarnim materijalima
- Tabela 4.119. Ugljenični otisak za model MD – 1_{100PP} posle 100 godina
- Tabela 4.120. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MD – 1_{100PP} posle 100 godina
- Tabela 4.121. Uporedni pregled LCA ukupnog ugljeničnog otiska posle 100 godina korišćenja i investicionog održavanja objekta primarnim materijalima
- Tabela 4.122. Procentualno učešće ugljeničnih otisaka LCA u ukupnom ugljeničnom otisku za 100 godina, investiciono održavanje primarnim materijalima
- Tabela 4.123. Ugljenični otisak za model MG – 1_{100PR} posle 100 godina
- Tabela 4.124. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MG – 1_{100R} posle 100 godina, investiciono održavanje recikliranim i zelenim materijalima
- Tabela 4.125. Ugljenični otisak za model MY – 1_{100PR} posle 100 godina
- Tabela 4.126. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MY – 1_{100PR} posle 100 godina, investiciono održavanje recikliranim i zelenim materijalima
- Tabela 4.127. Ugljenični otisak za model MD – 1_{100PR} posle 100 godina
- Tabela 4.128. LCA procentualno učešće emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i operativnu fazu modela MD – 1_{100PR} posle 100 godina, investiciono održavanje recikliranim i zelenim materijalima
- Tabela 4.129. Uporedni pregled LCA ukupnog ugljeničnog otiska posle 100 godina korišćenja i rekonstrukcije objekta recikliranim i zelenim materijalima
- Tabela 4.130. Procentualno učešće ugljeničnih otisaka LCA u ukupnom ugljeničnom otisku za 100 godina, investiciono održavanje recikliranim i zelenim materijalima

- Tabela 4.131. Uporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje, tekućeg i investicionog održavanja primarnim materijalima po m² bruto površine modela MG – 1_{100PP}, MY – 1_{100P} i MD – 1_{100PP}
- Tabela 4.132. Uporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje, tekućeg i investicionog održavanja recikliranim i zelenim materijalima po m² bruto površine modela MG – 1_{100PR}, MY – 1_{100PR} i MD – 1_{100PR}
- Tabela 4.133. Uporedni pregled vrednosti ugljeničnog otiska izgradnje, tekućeg i investicionog održavanja po m² bruto površine modela posle 100 godina korišćenja
- Tabela 4.134. Analizirani uticaji potencijalnih materijala
- Tabela 4.135. LCA performanse, analizirani parametri
- Tabela 4.136. ENV performanse, analizirani parametri
- Tabela 4.137. ENV Globalno zagrevanje, analizirani parametri
- Tabela 4.138. Analizirani cementni materijali
- Tabela 4.139. Ekonomske performanse analiziranih cementnih materijala
- Tabela 4.140. Poređenje ukupnih ekoloških performansi cementnih materijala
- Tabela 4.141. Poređenje ukupnog uticaja cementnih materijala, ekonomskih i ekoloških
- Tabela 4.142. Poređenje cementnih materijala sa aspekta potencijala za globalno zagrevanje po fazama životnog ciklusa
- Tabela 4.143. Analizirani materijali za završnu obradu podova
- Tabela 4.144. Ekonomske performanse analiziranih podnih obloga
- Tabela 4.145. Poređenje ukupnih ekoloških performansi podnih obloga
- Tabela 4.146. Poređenje ukupnih uticaja podnih obloga, ekonomskih i ekoloških
- Tabela 4.147. Poređenje podnih obloga sa aspekta potencijala za globalno zagrevanje po fazama životnog ciklusa
- Tabela 4.148. Analizirani materijali za završnu obradu podova u vlažnim i pomoćnim prostorijama
- Tabela 4.149. Ekonomske performanse analiziranih podnih obloga u vlažnim i pomoćnim prostorijama
- Tabela 4.150. Poređenje ukupnih ekoloških performansi podnih obloga u vlažnim i pomoćnim prostorijama
- Tabela 4.151. Poređenje ukupnih uticaja podnih obloga u vlažnim i pomoćnim prostorijama, ekonomskih i ekoloških
- Tabela 4.152. Poređenje podnih obloga u vlažnim i pomoćnim prostorijama sa aspekta potencijala za globalno zagrevanje po fazama životnog ciklusa
- Tabela 4.153. Poređenje podnih obloga u vlažnim i pomoćnim prostorijama sa aspekta potencijala za globalno zagrevanje

LISTA DIJAGRAMA

- Dijagram 1.1. Strukturni dijagram procesa istraživanja
- Dijagram 1.2. Funkcionalni dijagram istraživanja sa hipotezama i primenjenim programima
- Dijagram 2.1. Faze ocene životnog ciklusa, prema ISO 14040: 2006.
- Dijagram 2.2. Grafički prikaz koraka Analize inventara
- Dijagram 2.3. Vrste LCA analiza – od najpovoljnije prema životnoj sredini do analize kojom su samo delimično sagledani uticaji na životnu sredinu (Bayer et al. 2010: 123)
- Dijagram 2.4. Granice sistema za ocene životnog ciklusa zgrade, prema EN 15978:2011
- Dijagram 2.5. Faze životnog ciklusa objekta u Srbiji (Slavković 2016)
- Dijagram 2.6. Faze životnog ciklusa i granice sistema za objekat
- Dijagram 2.7. Faze životnog ciklusa ugljenika za zgradu
- Dijagram 2.8. Ugljenički otisak poslovne zgrade Deloitte za životni vek od 100 godina (Battle, 2014)
- Dijagram 2.9. Proračun ugrađene i operativne energije dve zgrade, klasične-crveni dijagram i niskoenergetske-zeleni dijagram (Bayer, C. 2010:15)
- Dijagram 2.10. Indikatpori stanja životne sredine prema-ljubičasta polja-OECD, bordo polja-EU i svetla polja OUN (Milašin, 1995)
- Dijagram 2.11. Tri stuba održive arhitekture i njihovo preklapanje
- Dijagram 2.12. Mapiranje različitih pristupa (samo-održiv, zeleni, bioklimatski i niskoenergetski) za održivu arhitekturu, njihove principe dizajna i dominantna pitanja
- Dijagram 2.13. Mapiranje različitih pristupa (ekološki, održiv, u skladu sa spoljašnjom sredinom i solarni) za održivu arhitekturu, njihove principe dizajna i dominantna pitanja
- Dijagram 2.14. Mapa procesa dizajniranja (Knudstrup et al. 2004)
- Dijagram 2.15. Faze u projektovanju zgrade (Bayer et al. 2010)
- Dijagram 4.1. Ugljenični otisak za pojedine grupe materijala u izgradnji referentnog objekta A
- Dijagram 4.2. Analizirane faze u životnom ciklusu zgrade, na nivou idejnog rešenja
- Dijagram 4.3. Uporedni pregled ušteda u emisijama GHG, uštedi u potrošnji vode i smanjenja otpada
- Dijagram 4.4. Poređenje ugljeničnog otiska za novi objekat A (osnovna varijanta) novi objekat sa primenom postojećih materijala i recikliranih materijala B-3 (alternativa 1) i rekonstrukcija objekta C (alternativa 2)

- Dijagram 4.5. Funkcionalna šema proračuna ugljeničnog otiska prema korišćenom programu
- Dijagram 4.6. Granice sistema za drugu fazu LCA zgrade, na nivou projekta za izvođenje
- Dijagram 4.7. Rezultati LCA, Poređenje ugljeničnog otisaka za MG – 1 (Optioneering Baseline), MG – 2 (Alternative 1) i MG – 3 (Alternative 2)
- Dijagram 4.8. Rezultati LCA, Poređenje ugljeničnog otisaka za modele MY – 1 (Optioneering Baseline), MY – 2 (Alternative 1) i MY – 3 (Alternative 2)
- Dijagram 4.9. Rezultati LCA, Poređenje ugljeničnog otisaka za modele MD – 1 (Optioneering Baseline), MD – 2 (Alternative 1) i MD – 3 (Alternative 2)
- Dijagram 4.10. Granice sistema za treću fazu LCA anlike zgrade, na nivou projekta za izvođenje
- Dijagram 4.11. Rezultati LCA, poređenje ugljeničnog otisaka, ugrađenog i operativnog za MG – 1₁₀ (Optioneering Baseline), MY – 1₁₀ (Alternative 1) i MD – 1₁₀ (Alternative 2) posle 10 godina
- Dijagram 4.12. Rezultati LCA, poređenje ugljeničnog otisaka, ugrađenog i operativnog za MG – 1₂₀ (Optioneering Baseline), MY – 1₂₀ (Alternative 1) i MD – 1₂₀ (Alternative 2) posle 20 godina
- Dijagram 4.13. Rezultati LCA, poređenje ugljeničnog otisaka, ugrađenog i operativnog za MG – 1₃₀ (Optioneering Baseline), MY – 1₃₀ (Alternative 1) i MD – 1₃₀ (Alternative-2) posle 30 godina
- Dijagram 4.14. Rezultati LCA, poređenje ugljeničnog otisaka, ugrađenog i operativnog za MG – 1₄₀ (Optioneering Baseline), MY – 1₄₀ (Alternative 1) i MD – 1₄₀ (Alternative-2) posle 40 godina
- Dijagram 4.15. Rezultati LCA, poređenje ugljeničnog otisaka, ugrađenog i operativnog za MG – 1₅₀ (Optioneering Baseline), MY – 1₅₀ (Alternative 1) i MD – 1₅₀ (Alternative 2) posle 50 godina
- Dijagram 4.16. Rezultati LCA, poređenje ugljeničnog otisaka, ugrađenog i operativnog za MG – 1_{60PP} (Optioneering Baseline), MY – 1_{60PP} (Alternative 1) i MD – 1_{60PP} (Alternative 2) posle 60 godina
- Dijagram 4.17. Rezultati LCA, poređenje ugljeničnog otisaka, ugrađenog i operativnog za MG – 1_{60PR} (Optioneering Baseline), MY – 1_{60PR} (Alternative 1) i MD – 1_{60PR} (Alternative 2) posle 60 godina
- Dijagram 4.18. Rezultati LCA, poređenje ugljeničnog otisaka, ugrađenog i operativnog za MG – 1_{100PP} (Optioneering Baseline), MY – 1_{100PP} (Alternative 1) i MD – 1_{100PP} (Alternative 2) posle 100 godina
- Dijagram 4.19. Rezultati LCA, poređenje ugljeničnog otisaka, ugrađenog i operativnog za MG – 1_{100PR} (Optioneering Baseline), MY – 1_{100PR} (Alternative 1) i MD – 1_{100PR} (Alternative 2) posle 100 godina
- Dijagram 4.20. Poređenje ekonomskih performansi cementnih materijala
- Dijagram 4.21. Poređenje ukupnih ekoloških performansi cementnih materijala
- Dijagram 4.22. Poređenje ukupnog uticaja cementnih materijala, ekonomskih i ekoloških

- Dijagram 4.23. Poređenje cementnih materijala sa aspekta potencijala za globalno zagrevanja po fazama životnog ciklusa
- Dijagram 4.24. Poređenje ekonomskih performansi podnih obloga
- Dijagram 4.25. Poređenje ukupnih ekoloških performansi podnih obloga
- Dijagram 4.26. Poređenje ukupnog uticaja podnih obloga, ekonomskih i ekoloških
- Dijagram 4.27. Poređenje podnih obloga sa aspekta potencijala za globalno zagrevanja po fazama životnog ciklusa
- Dijagram 4.28. Poređenje ekonomskih performansi podnih obloga u vlažnim i pomoćnim prostorijama
- Dijagram 4.29. Poređenje ukupnih ekoloških performansi podnih obloga u vlažnim i pomoćnim prostorijama
- Dijagram 4.30. Poređenje ukupnog uticaja podnih obloga u vlažnim i pomoćnim prostorijama, ekonomskih i ekoloških
- Dijagram 4.31. Poređenje podnih obloga u vlažnim i pomoćnim prostorijama sa aspekta potencijala za globalno zagrevanja po fazama životnog ciklusa
- Dijagram 4.32. Poređenje podnih obloga u vlažnim i pomoćnim prostorijama sa aspekta potencijala za globalno zagrevanje

LISTA SLIKA U PRILOZIMA

- Slika 4p.1. Izveštaj za referentni model A, model B-3 i model C
- Slika 4p.2. LCA analiza ugljenični otisak izveštaj za referentni model A

LISTA TABELA U PRILOZIMA

- Tabela 2p.1. Serija standarda ISO 14000
- Tabela 2p.2. Proveravanje zaštite životne sredine i odgovarajuća istraživanja (EA+ EI)
- Tabela 2p.3. Obeležavanje u skladu sa zaštitom životne sredine (EL)
- Tabela 2p.4. TC207/SC4 Procena učinka zaštite životne sredine (EPE)
- Tabela 2p.5. TC207/SC5 Ocenjivanje životnog ciklusa (LCA)
- Tabela 2p.6. Termini i definicije
- Tabela 2p.7. Računovodstveni troškovi
- Tabela 2p.8. Projektovanje za životnu sredinu, aspekti zaštite životne sredine u standardima za proizvode
- Tabela 2p.9. Menadžment gasova staklene bašte (GHG)
- Tabela 2p.10. Projektovanje za životnu sredinu, aspekti zaštite. Životne sredine u standardima za proizvode

- Tabela 2p.11. Ostali ISO i EN standardi bitni za LCA procenu u građevinarstvu
- Tabela 2p.12. Ostali EN standardi bitni za LCA procenu u građevinarstvu
- Tabela 4p.1. Analiza prevencije otpada za novi objekat varijanta A
- Tabela 4p.2. Analiza prevencije otpada za novi objekat varijanta B-1
- Tabela 4p.3. Analiza prevencije otpada za novi objekat varijanta B-2
- Tabela 4p.4. Analiza prevencije otpada za novi objekat varijanta B-3
- Tabela 4p.5. Analiza prevencije otpada za novi objekat varijanta B-4
- Tabela 4p.6. Analiza prevencije otpada za novi objekat varijanta B-5
- Tabela 4p.7. Analiza prevencije otpada za rekonstrukciju, objekat varijanta C
- Tabela 4p.8. Novi materijali ugljenički otisak za varijantu izgradnje sa recikliranim komponentama, varijanta B-3
- Tabela 4p.9. Novi materijali ugljenični otisak za varijantu rekonstrukcije za materijale sa najvećim uticajima varijanta C
- Tabela 4p.10. Koeficijenti transmisionih gubitaka toplote
- Tabela 4p.11. Unutrašnji dobici toplote
- Tabela 4p.12. Dobici toplote od sunčevog zračenja
- Tabela 4p.13. Godišnja potrebna energija za grejanje godišnji proračun
- Tabela 4p.14. Struktura sklopova za zidove, podove i tavanice, model MG – 1 na nivou projekta za izvođenje
- Tabela 4p.15. Analizirani ulazi građevinskih materijala u životnom ciklusu zgrade, MG – 1 na nivou projekta za izvođenje, količine su određene prema Građevinskim normama
- Tabela 4p.16. LCA emisije ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju modela MG – 1
- Tabela 4p.17. Ugljenični otisak za izgradnju MG – 1, materijala sa najvećim ugljeničnim otiskom
- Tabela 4p.18. LCA emisije ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju modela MG – 2
- Tabela 4p.19. Ugljenični otisak za MG – 2, materijali sa najvećim ugljeničnim otiskom, mogućnost zamene sa drugim materijalima
- Tabela 4p.20. LCA emisije ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju modela MG – 3
- Tabela 4p.21. Ugljenični otisak za MG – 3, materijala sa najvećim ugljeničnim otiskom, mogućnost zamene drugim materijalima
- Tabela 4p.22. Struktura sklopova za zidove, podove i tavanice, bitna za proračun LCA i energetski razred C za model MY na nivou projekta za izvođenje
- Tabela 4p.23. Analizirani ulazi građevinskih materijala u životnom ciklusu zgrade, MY – 1 na nivou glavnog projekta

- Tabela 4p.24. LCA emisije ugljenika za grupe materijala za izgradnju modela MY – 1
- Tabela 4p.25. Ugljenični otisak za MY – 1, materijali sa najvećim ugljeničnim otiskom
- Tabela 4p.26. LCA emisije ugljenika za grupe materijala korišćenih za izgradnju modela MY – 2
- Tabela 4p.27. Ugljenični otisak za model MY – 2, materijali sa najvećim ugljeničnim otiskom skupa sa transportom
- Tabela 4p.28. LCA emisije ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju modela MY – 3
- Tabela 4p.29. Ugljenični otisak za MY – 3, materijali sa najvećim ugljeničnim otiskom, mogućnost zamene drugim materijalima
- Tabela 4p.30. Struktura sklopova za zidove, podove i tavanice, bitna za proračun LCA i energetski razred C za model MD na nivou projekta za izvođenje
- Tabela 4p.31. Analizirani ulazi građevinskih materijala u životnom ciklusu zgrade, MD – 1 na nivou projekta za izvođenje
- Tabela 4p.32. LCA emisije ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju modela MD – 1
- Tabela 4p.33. Ugljenični otisak za MD – 1, materijala sa najvećim ugljeničnim otiskom
- Tabela. 4p.34. LCA procentualna emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju modela MD – 2
- Tabela 4p.35. Ugljenični otisak za MD – 2, materijali sa najvećim ugljeničnim otiskom, mogućnost zamene drugim materijalima
- Tabela 4p.36. LCA procentualno emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju modela MD – 3
- Tabela 4p.37. Ugljenični otisak za MD – 3, materijali sa najvećim ugljeničnim otiskom, mogućnost zamene drugim materijalima
- Tabela 4p.38. Ugljenični otisak za operativnu fazu od grejanja za 10, 20, 30, 40, 50, 60 i 100 godina
- Tabela 4p.39. LCA emisije ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i korišćenje modela MG – 1_{30PP}, posle 30 godina
- Tabela 4p.40. LCA emisije ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i korišćenje modela MG – 1_{60PP}, posle 60 godina
- Tabela 4p.41. LCA emisije ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i korišćenje modela MY – 1_{60PP}, posle 60 godina
- Tabela 4p.42. LCA emisije ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i korišćenje modela MD – 1_{60PP}, posle 60 godina ovaj
- Tabela 4p.43. LCA emisije ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i korišćenje modela MG – 1_{60PR}, posle 60 godina urađen
- Tabela 4p.44. LCA emisije ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i korišćenje modela MY – 1_{60PR}, posle 60 godina

- Tabela 4p.45. LCA emisije ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i korišćenje modela MD – 1_{60PR}, posle 60 godina
- Tabela 4p.46. Analizirani uticaji
- Tabela 4p.47. LCA performanse, analizirani parametri
- Tabela 4p.48. ENV performanse, analizirani parametri
- Tabela 4p.49. ENV Globalno zagrevanje, analizirani parametri
- Tabela 4p.50. ENV Acidifikacija analizirani parametri
- Tabela 4p.51. ENV Eutrofikacija analizirani parametri
- Tabela 4p.52. ENV Analizirani parametri
- Tabela 4p.53. ENV Emisije u vazduh analizirani parametri
- Tabela 4p.54. ENV Ekotoksičnost analizirani parametri
- Tabela 4p.55. ENV Kancerogeni efekat analizirani parametri
- Tabela 4p.56. ENV Ne kancerogeni efekat analizirani parametri
- Tabela 4p.57. ENV Trošenje ozona analizirani parametri
- Tabela 4p.58. ENV Potencijal za stvaranje smoga analizirani parametri
- Tabela 4p.59. Analizirani parametri sa aspekta korišćenja energije

LISTA DIJAGRAMA U PRILOZIMA

- Dijagram 4p.1. Poređenje ugljениčnog otiska za novi objekat varijanta A (osnovna varijanta) novi objekat sa primenom postojećih i recikliranih materijala varijanta B-3 (alternativa 1) i rekonstrukcija varijanta C (alternativa 2)
- Dijagram 4p.2. Ugljениčni otisak za MG – 1₁₀, dijagram otisaka od izgradnje i operativne faze posle 10 godina
- Dijagram 4p.3. Ugljениčni otisak za MG – 1₂₀, dijagram otisaka od izgradnje i operativne faze posle 20 godina
- Dijagram 4p.4. Ugljениčni otisak za MG – 1₃₀, dijagram otisaka od izgradnje i operativne faze posle 30 godina
- Dijagram 4p.5. Ugljениčni otisak za MG – 1₄₀, dijagram otisaka materijala i operativne faze posle 40 godina
- Dijagram 4p.6. Ugljениčni otisak za MG – 1₅₀, dijagram otisaka od izgradnje i operativne faze posle 50 godina
- Dijagram 4p.7. Ugljениčni otisak za MG – 1_{60PP}, dijagram otisaka od izgradnje i operativne faze posle 60 godina
- Dijagram 4p.8. Ugljениčni otisak za MG – 1_{60PR}, dijagram otisaka od izgradnje i operativne faze posle 60 godina
- Dijagram 4p.9. Ugljениčni otisak za MG – 1_{100PP}, dijagram otisaka od izgradnje i operativne faze posle 100 godina
- Dijagram 4p.10. Ugljениčni otisak za MG – 1_{100PR}, dijagram otisaka od izgradnje i operativne faze posle 100 godina

PRILOZI

1. Prilog 2-A. ISO i EN standardi bitni za LCA procenu

Tabela 2p.1. SRPS Standardi serije ISO 14000

SRPS Standardi serije ISO 14000 TS207/SC1 Sistemi zaštitom životne sredine (EMS)				
Standard	Status	Objavljen	Naziv	Opis
ISO14001	IS- Međunarodni standard	2015	Sistemi menadžmenta zaštite životne sredine- Specifikacija zahteva sa uputstvom za primenu	Specifikacija zahteva za EMS na osnovu kojih se organizacije mogu samodeklarirati ili se sertifikovati/registritivati od strane treće strane-sertifikacionog /registracionog tela
ISO14001/ Cor.1:2009	IS- Međunarodni standard	2009	Sistemi menadžmenta zaštite životne sredine- Specifikacija zahteva sa uputstvom za primenu	Specifikacija zahteva za EMS na osnovu kojih se organizacije mogu samodeklarirati ili se sertifikovati/registritivati od strane treće strane-sertifikacionog /registracionog tela
ISO 14004	IS- Međunarodni standard	2005	Sistem upravljanja zaštitom životne sredine-Opšte smernice za principe, sisteme i tehničke podrške	Utvrđuju se smernice za uspostavljanje, primenu i održavanje i poboljšanje sistema upravljanja zaštitom životne sredine. Dodatna uputstva organizacijama u projektovanju , rayvoju i odr\avanju EMS
ISO 14005	IS- Međunarodni standard	2010	Sistem menadžmanta zaštitom životne sredine-smernice za faznu primenu sistema menadžmenta zaštite životne sredine, uključujući i ocenu učinka	Standard daje smernice za faznu primenu EMS i olakšava njegovo usvajanje u sektoru malih i srednjih preduzeća. Obuhvata i procenu učinka na zaštitu životne sredine
ISO 14006	IS- Međunarodni standard	2011	Sistem menadžmanta zaštitom životne sredine-smernice za ugradnju ekodizajna	Standard daje smernice za ugradnju ekodizajna
ISO /TR14061	IS- Međunarodni Standard (TR- Tehnički izveštaj	1998		Informacije koje treba da pomognu organizacijama u oblasti šumarstva u korišćenju EMS standarda ISO 14001 i ISO 14004

Tabela 2p.2. Proveravanje zaštite životne sredine i odgovarajuća istraživanja (EA+ EI)

TC207/SC2 Proveravanje zaštite životne sredine i odgovarajuća istraživanja (EA+ EI)				
Standard	Status	Objavljen	Naziv	Opis
ISO 14015	IS- Međunarodni Standard pod periodom preispitivanja	2001	Smernice za ocenjivanje lokacije i organizacije u odnosu na životnu sredinu (EASO)	Ovo će biti relevantno za organizacije koje žele da razumeju posledice operacija kojih nastoje da se oslobode.
ISO 19011	IS- Međunarodni standard	2002	Uputstva za proveravanje sistema menadžmenta kvaliteta i/ili sistema menadžmenta zaštite životne sredine	Standard sadrži uputstva za principe proveravanja , menadžment programima provere, sprovođenje provera QMS/EMS, kao i uputstvo o osposobljenosti proveravača QMS/EMS.

Tabela 2p.3. Obeležavanje u skladu sa zaštitom životne sredine (EL)

TC207/SC3 Obeležavanje u skladu sa zaštitom životne sredine (EL)				
Standard	Status	Objavljen	Naziv	Opis
ISO 14020	IS- Međunarodni Standard (kraj preispitivanja)	2000	Smernice za ocenjivanje lokacije i organizacije u odnosu na životnu sredinu (EASO)	Ovo će biti relevantno za organizacije koje žele da razumeju posledice operacija kojih nastoje da se oslobode.
ISO 14021	IS- Međunarodni Standard (kraj preispitivanja)	1999	Obeležavanje u skladu sa zaštitom životne sredine – Samodeklarisanje tvrdnjama o zaštiti životne sredine(Tip II – eko obeležavanje)	Odnosi se na oznake i deklaracije koje se zasnivaju na proizvođačevoj samodeklarirućoj tvrdnji o eko karakteristikama proizvoda.
ISO 14021+ A 1:2011	IS- Međunarodni Standard	2011		
ISO 14024	IS- Međunarodni Standard (potvrđen međunarodni standard)	1999	Obeležavanje u skladu sa zaštitom životne sredine –Tip I –eko obeležavanje-Principi i postupci	Obezbeđuje principe i praksu za ustanovljavanje višekriterijumskog programa obeležavanja od strane treće strane.
ISO 14025	IS- Međunarodni Standard (kraj preispitivanja)	2006	Obeležavanje u skladu sa zaštitom životne sredine –Tip III –eko deklarisanje	Opisuje elemente i pitanja vezana za stvaranje i odnos eko informacije o životnom ciklusu proizvoda sa onom kategorijom parametara zasnovanih na ISO 14040 seriji standarda za ocenjivanje životnog ciklusa

Tabela 2p.4. TC207/SC4 Procena učinka zaštite životne sredine (EPE)

TC207/SC4 Procena učinka zaštite životne sredine (EPE)				
Standard	Status	Objavljen	Naziv	Opis
ISO 14031	IS-Međunarodni Standard (treba da se preispita)	1999	Menadžment zaštite životne sredine - Smernice za ocenjivanje učinka zaštite životne sredine.	Obezbeđuje uputstvo za projektovanje i upotrebu pokazatelja uslova i učinka organizacije na zaštiti životne sredine. Nije predviđeno da se ovaj standard koristi za potrebe sertifikacije ili registracije.
ISO 14033	IS-Međunarodni Standard (TS-Tehnička specifikacija)	2012	Menadžment zaštite životne sredine- Kvantitativne informacije o zaštiti životne sredine smernice i primeri.	Ovaj izveštaj daje dokaze, u formi studija slučaja, o primeni tehnika za ocenjivanje učinka zaštite životne sredine, uključujući i primere gde se razmatra zaštite životne sredine po pitanju globalnih klimatskih promena.

Tabela 2p.5. TC207/SC5 Ocenjivanje životnog ciklusa (LCA)

TC207/SC5 Ocenjivanje životnog ciklusa (LCA)				
Standard	Status	Objavljen	Naziv	Opis
ISO 14040	IS-Međunarodni Standard (potvrđen)	2006	Menadžment zaštite životne sredine-Ocena životnog ciklusa-Principi i okvir.	Postavlja opšte okvire i principe za sprovođenje i izveštavanje o LCA studiji. Sve do trenutka kada otpočne primena kritičkog procesa preispitivanja LCA studije, u tumačenju rezultata studije koriste se razmatranja i viđenja zainteresovanih strana
ISO 14044	IS-Međunarodni Standard (potvrđen)	2006	Menadžment zaštite životne sredine-Ocena životnog ciklusa-Zahtevi i smernice	Ovaj međunarodni standard pokriva ocenu životnog ciklusa i inventar životnog ciklusa.
ISO 14045	IS-Međunarodni Standard	2012	Menadžment zaštite životne sredine-Ocena eko efikasnosti proizvodnih sistema –principi, zahtevi i smernice	Standard uspostavljanja standardizovani metodološki okvir za ocenu eko efikasnosti, podržavajući sveobuhvatne, razumljive i transparentne mere.
ISO 14046	IS-Međunarodni Standard jos nije SRPS	2014	Upravljanje zaštitom životne sredine-Vodeni otisak -Zahtevi i smernice	Ocena životnog ciklusa i inventar životnog ciklusa
ISO/TR 14047	IS-Međunarodni Standard (TR-tehnički izveštaj)	2012	Ilustrativni primeri o načinu primene ISO 14044- Ocena životnog ciklusa-Ocena uticaja	Tehnički izveštaj sadrži ilustrativne primere o načinu primene standarda ISO 14044 o oceni uticaja životnog

			životnog ciklusa	ciklusa.
ISO/TS 14048	IS-Međunarodni Standard (TS-tehnička specifikacija)	2002	Menadžment zaštite životne sredine- Ocena životnog ciklusa-Format dokumentacije LCA podataka	Ovaj dokument opisuje zahteve za formiranje dokumenata sa podacima u cilju razmene LCA podataka između različitih korisnika
ISO/TR 14049	IS-Međunarodni Standard (TR-tehnički izveštaj)	2012	Menadžment zaštite životne sredine-Ocena životnog ciklusa-Ilustrativni primeri o načinu primene ISO 14044, o načinu primene ISO 14041 na ciljeve, područja primene i analizu inventara	Ovaj tehnički izveštaj sadrži ilustrativne primere o načinu primene standarda ISO 14044 o definisanju područja primene i ciljeva i analizi inventara.

Tabela 7p.6. Termini i definicije

TC207/SC6 Termini i definicije				
Standard	Status	Objavljen	Naziv	Opis
ISO 14050	IS-Međunarodni Standard	2009	Menadžment zaštite životne sredine - Rečnik	Sadrži termine i definicije pojmova vezanih za zaštitu životne sredine.

Tabela 2p.7. Računovodstveni troškovi

TC207/WG8 Računovodstveni troškovi				
Standard	Status	Objavljen	Naziv	Opis
ISO 14051	IS-Međunarodni Standard	2011	Menadžment zaštite životne sredine – računovodstveni troškovi materijalnih tokova	Standard daje smernice za opšte principe i okvir računovodstvenih troškova materijalnih tokova (MFCA) MFCA je menadžment alat koji promovise racionalno korišćenje resursa , pre svega u procesima proizvodnje i distribucije u cilju smanjenja relativne potrošnje resursa i materijalnih troškova.

Tabela 7p.8. Projektovanje za životnu sredinu,aspekti zaš. Životne sredine u standardima za proizvode

TC207 (Projektovanje za životnu sredinu,aspekti zaš. Životne sredine u standardima za proizvode)				
Standard	Status	Objavljen	Naziv	Opis
ISO /TR 14062	IS-Međunarodni Standard (TR-Tehnički Izveštaj)	2002	Smernice za primenu aspekata zaštite životne sredine u projektovanje i razvoj proizvoda	Sadrži smernice za primenu aspekata zaštite životne sredine u razvoj proizvoda

ISO 14063	IS-Međunarodni Standard (potvrđen)	2006	Menadžment zaštite životne sredine – Komunikacija-Smernice i primeri	
ISO Guide 64	IS-Međunarodni Standard	2006	Uputstvo za uključivanje aspekata zaštite životne sredine u standarde za proizvode	Sadrži uputstvo za uključivanje aspekata zaštite životne sredine u standarde za proizvode.

Tabela 2p.9. Menadžment gasova staklene bašte (GHG)

TC207/SC7 Menadžment gasova staklene bašte (GHG)				
Standard	Status	Objavljen	Naziv	Opis
ISO-14064-1	IS-Međunarodni Standard (potvrđen)	2006	Gasovi staklene bašte-Deo 1: Specifikacija sa uputstvom na organizacionom nivou za kvantifikaciju i izveštavanje o emisijama i uklanjanju GHG	Standard daje set jasnih i proverljivih zahteva kao podrška organizacijama i predlagačima projekata o redukciji emisije GHG.
ISO-14064-2	IS-Međunarodni Standard (potvrđen)	2006	Gasovi staklene bašte-Deo 2: Specifikacija sa uputstvom na projektnom nivou za kvantifikaciju, monitoring i izveštavanje o redukcijama i uklanjanju GHG	Isto kao ISO 14064-1
ISO-14064-3	IS-Međunarodni Standard (potvrđen)	2006	Gasovi staklene bašte-Deo 3: Specifikacija sa uputstvom i za validaciju i sertifikaciju GHG tvrdnje.	Isto kao ISO 14064-1 i uključuje uputstvo za validaciju i sertifikaciju GHG tvrdnje.
ISO-14065	IS-Međunarodni Standard (treba da se preispita)	2007	Gasovi staklene bašte-zahtevi za validaciju i verifikaciona tela GHG u sistemu akreditacije ili drugim oblicima prepoznavanja.	Standard je komplementaran sa ISO 14064 i specificira zahteve za akreditovanje ili prepoznavanje validacionih i verifikacionih tela GHG.
ISO-14066	IS-Međunarodni Standard	2011	Gasovi staklene bašte-zahtevi za kompetentnošću validacionih i verifikacionih timova GHG.	Standard specificira zahteve za kompetentnošću validacionih i verifikacionih timova GHG.

Ostali ISO i EN standardi bitni za LCA procenu u građevinarstvu.

Tabela 2p.10. Projektovanje za životnu sredinu, aspekti zaštite. Životne sredine u standardima za proizvode

TC207 (Projektovanje za životnu sredinu, aspekti zaštite. Životne sredine u standardima za proizvode)				
Standard	Status	Objavljen	Naziv	Opis
SRPS ISO 19011	IS- Međunarodni Standard	2003		Uputstva za proveravanje sistema menadžmenta kvaliteta i/ili sistema upravljanja zaštitom životne sredine
SRPS UPUTSTVO 109 : 2005		2005		Aspekti životne sredine – Aspekti obuhvaćeni standardima za električne proizvode.

Tabela 2p.11. Ostali ISO i EN standardi bitni za LCA procenu u građevinarstvu

TC207 (Projektovanje za životnu sredinu, aspekti zaštite. Životne sredine u standardima za proizvode)ov trebapopraviti				
Standard	Status	Objavljen	Naziv	Opis
ISO/TS 21929-1 :2010	IS- Međunarodni Standard	2010		Održivost građevinskih objekata-Okvir za građevinarstvo za indikatore održivosti, kvantitativni, kvalitativni i opisni metod
ISO 21931-1:2010	IS- Međunarodni Standard	2010		Održivost građevinskih objekata Aspekti životne sredine za građevinske konstrukcije.

Tabela 2p.12. Ostali EN standardi bitni za LCA procenu u građevinarstvu

EN STANDARDI				
Standard	Status	Objavljen	Naziv	Opis
EN 15643-1:2010	Međunarodni Standard	2010		Održivost građevinskih objekata -Opšti okvir - Procena zgrada,
EN 15643-2:2011	Međunarodni Standard	2011		Održivost građevinskih objekata Okvir za procenu – Stanja životne sredine.
EN 15643-3:2012	Međunarodni Standard	2012		Održivost građevinskih objekata Okvir za procenu – socijalnih performansi.
EN 15643-4:2012	Međunarodni Standard	2012		Održivost građevinskih objekata Okvir za procenu – ekonomskih performansi.
EN 15804: 2012+A1:2013	Međunarodni Standard	2012, 2013		Održivost građevinskih objekata- Deklaracije o ekološkim karakteristikama proizvoda - Osnovna pravila za kategorizaciju građevinskih proizvoda,

CEN/TR 15941:20100	Međunarodni Standard	2010	Održivost građevinskih objekata- Deklaracije o ekološkim karakteristikama proizvoda – Metodologija podataka i generičkih podataka.
EN 15942:2011	Međunarodni Standard	2011	Održivost građevinskih objekata- Deklaracije o ekološkim karakteristikama proizvoda – Komunikacija formata biznis - u – biznis,
EN 15978:2011	Međunarodni Standard	2011	Održivost građevinskih objekata – Preocena ekoloških karakteristika zgrada - Metodologija proračuna,
EN 16309 2014+A1:2015	Međunarodni Standard	2014, 2015	Održivost građevinskih objekata- Okvir za procenu – Procena socijalnih performansi zgrada - Metodologija proračuna,
EN 16627:2015	Međunarodni Standard	2015	Održivost građevinskih objekata- Okvir za procenu – Procena ekonomskih performansi zgrada – Metodologija proračuna,

2. Prilog 2-B. Detaljni opis standarda značajnih za istraživanje

ISO / TS 21929-1: 2010 Održivost u izgradnji objekata - Indikatori održivosti - Deo 1: Okvir za razvoj indikatora i osnovni skup pokazatelja za objekat.¹ (eng. ISO/TS 21929-1:2010 Sustainability in building construction- Sustainability indicators-Part 1: Framework for the development of indicators and a core set of indicators for buildings)

Ovim standardom je postavljen okvir za građevinarstvo za indikatore održivosti, kvantitativni, kvalitativni ili opisni. Primena indikatora u fazi projektovanja razlikuje se od njihove upotrebe posle izgradnje objekta. Standard definiše dve vrste indikatora: direktne za procenu ekoloških i socijalnih uticaja i konsekvantne, za procenu zgrade.

ISO/TS 21929-2:2015 Održivost u izgradnji objekata - Indikatori održivosti - Deo 1: Okvir za razvoj indikatora i osnovni skup indikatora za zgrade (ISO/TS 21929-2:2015 eng. Sustainability in building construction- Sustainability indicators-Part 1: Framework for the development of indicators and a core set of indicators for buildings)

ISO 21931-1:2010 Održivost u građevinskim konstrukcijama – okvir za metode procene uticaja na životnu sredinu – deo 1: Zgrade² (eng. ISO 21931-1:2010 Sustainability in building construction- Framework for methods of assessment of the environmental performance of constructions works –Part 1: Buildings)

Ovaj standard identifikuje ključna pitanja koja se moraju uzeti u obzir prilikom korišćenja metoda za procenu uticaja zgrada na životnu sredinu, i postojećih i budućih. Ovakve procene mogu biti korišćene za upoređivanje performansi i praćenje procesa poboljšanja i ostvarenja održivog razvoja.

ISO 21931-1:2010 je samo jedan od standarda u okviru serije standarda iz oblasti građevinarstva. Namenjen je da se upotrebljava zajedno sa postojećim standardima iz oblasti građevinarstva (ISO 14020, ISO 14040 i ISO 15392).

¹ ISO/TS 21929-1:2010 Sustainability in building construction- Sustainability indicators-Part 1: Framework for the development of indicators and a core set of indicators for buildings

² ISO 21931-1:2010 Sustainability in building construction- Framework for methods of assessment of the environmental performance of constructions works –Part 1: Buildings

EN 15804:2012 +A1:2013 Održivost građevinskih objekata - Deklaracije proizvoda o zaštiti životne sredine - Osnovna pravila za kategorizaciju građevinskih proizvoda.³ (eng. EN 15804:2012 +A1:2013 Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products)

Ovaj standard obezbeđuje osnovna pravila za kategorije proizvoda (PCR) za tip III deklaracije o zaštiti životne sredine za svaki građevinski proizvod i uslugu. Ocenjivanje socijalnih i društvenih performansi na nivou proizvoda nije obuhvaćeno ovim standardom. Osnovna pravila za kategorizaciju proizvoda: a) definišu parametre koje treba deklarirati i način na koji se prikupljaju i predstavljaju; b) opisuju koje se faze životnog ciklusa proizvoda razmatraju u EPD i koji se procesi uključuju u faze životnog ciklusa; c) definišu se pravila za razvoj scenarija; d) uključena su pravila za izračunavanje životnog ciklusa inventara i ocenjivanje uticaja životnog ciklusa osnovne EPD, uključujući specifikaciju kvaliteta podataka koji se primenjuju; e) uključena su pravila za izveštavanje o predodređenim, ekološkim i zdravstvenim informacijama koja nisu obuhvaćena LCA proizvodima, procesa izgradnje i građevinske usluge, onda kada je to neophodno; f) definišu se uslovi pod kojima se građevinski proizvod može uporediti na osnovu informacije obezbedene iz EPD. Za EPD građevinskih usluga primenjuju se ista pravila i zahtevi kao za građevinske proizvode.

EN 15643-3:2012 Održivost građevinskih objekata - Ocenjivanje održivosti zgrada - Deo 3: Okvir za ocenjivanje socijalnih performansi⁴ (eng. EN 15643-3:2012 Sustainability of construction works – Assessment of buildings – Assessment of social performance of buildings).

Ovaj standard čini deo serije standarda i obezbeđuje specifične principe i zahteve za ocenjivanje socijalnih performansi zgrada, uzimajući u obzir tehničke karakteristike i funkcionalnost zgrada. Ocenjivanje socijalnih performansi jedan je aspekt ocenjivanja održivosti zgrada na osnovu opšteg okvira iz EN 15643-1. Okvir se primenjuje na sve tipove zgrada, novih i postojećih, i relevantan je za ocenjivanje socijalnih performansi

³ EN 15804:2012 +A1:2013 Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products

⁴ EN 15643-3:2012 Sustainability of construction works – Assessment of buildings – Assessment of social performance of buildings

novih zgrada tokom njihovog životnog ciklusa, kao i postojećih zgrada tokom njihovog preostalog upotrebnog veka i završetka životne faze. Standardi razvijeni pod ovim okvirom ne uspostavljaju pravila o tome kako šeme ocenjivanja zgrade mogu da obezbede metode validacije. Takođe, oni ne propisuju nivoe, klase ili merila za merenje performansi.

EN 15643-4:2012 Održivost građevinskih objekata - Ocenjivanje održivosti zgrada - Deo 4: Okvir za ocenjivanje ekonomskih performansi⁵.

(eng. EN 15643-4:2012 Sustainability of construction works – Assessment of buildings – Assessment of economic performance of buildings).

Ovaj standard čini deo serije standarda i obezbeđuje specifične principe i zahteve za ocenjivanje ekonomskih performansi zgrada, uzimajući u obzir tehničke karakteristike i funkcionalnost zgrada. Ocenjivanje ekonomskih performansi jedan je aspekt ocenjivanja održivosti zgrada na osnovu opšteg okvira iz EN 15643-1. Okvir se primenjuje na sve tipove zgrada i relevantan je za ocenjivanje ekoloških performansi novih zgrada tokom njihovog životnog ciklusa, kao i postojećih zgrada tokom njihovog preostalog upotrebnog veka i završetka životne faze. Standardi razvijeni u ovom okviru ne uspostavljaju pravila o tome kako različite metodologije ocenjivanja mogu da obezbede metode validacije. Takođe, oni ne propisuju nivoe, klase ili merila za merenje performansi.

EN 16309: 2014+A1:2015: Održivost građevinskih objekata - Ocenjivanje socijalnih performansi zgrada - Metode proračuna⁶ (eng. EN 16309: 2014+A1:2015: (Sustainability of construction works – Assessment of social performance of buildings – Calculation methods)

Ovaj standard je deo paketa i obezbeđuje specifične metode i zahteve za ocenjivanje socijalnih performansi zgrade, uzimajući u obzir funkcionalnost i tehničke karakteristike zgrade. Standard se primenjuje na sve tipove zgrada, i nove i postojeće. Ovim standardom nisu uspostavljena pravila o tome kako šema ocenjivanja zgrade može da obezbedi metode validacije. Takođe, nivoi, klase ili merila performansi nisu propisana.

⁵ EN 15643-4:2012 Sustainability of construction works – Assessment of buildings – Assessment of economic performance of buildings

⁶ EN 16309: 2014+A1:2015: Sustainability of construction works – Assessment of social performance of buildings – Calculation methods

Standardom se daju zahtevi za: a) opis predmeta ocenjivanja; b) sistem granica koji se primenjuje na nivou zgrade; c) listu indikatora i procedura za primenu ovih indikatora; d) predstavljanje rezultata u izveštajima i komunikaciji; e) podatke neophodne za primenu standarda i f) verifikaciju.

EN 16627:2015: Održivost građevinskih objekata - Ocenjivanje ekonomskih performansi zgrada - Metode proračuna⁷ (eng. EN 16627:2015:Sustainability of construction works – Assessment of economic performance of buildings – Calculation methods)

Ovaj standard utvrđuje metode proračuna za ocenu ekonomskih performansi zgrade, zasnovane na troškovima tokom životnog ciklusa (LCC) i drugim kvantifikovanim ekonomskim informacijama, i daje sredstvo za izveštavanje i komuniciranje o rezultatu ocenjivanja. Ovaj standard je primenjiv na nove i postojeće zgrade i projekte revitalizacije. Pristup u ocenjivanju obuhvata sve faze životnog ciklusa zgrade i uključuje sve što je u vezi sa izgradnjom, građevinskim proizvodima, procesima i uslugama koji se koriste tokom životnog ciklusa zgrade.

EN 15978:2011: Održivost građevinskih objekata – Ocenjivanje performansi zgrada u vezi sa životnom sredinom – Metoda proračuna⁸ (eng. EN 15978:2011: Sustainability of construction works – Assessment of environmental performance of buildings – Calculation methods)

Ovim standardom se utvrđuje metoda proračuna zasnovana na ocenjivanju životnog ciklusa (LCA) i drugim kvantifikovanim informacijama u vezi sa životnom sredinom, za procenu performansi zgrade u vezi sa životnom sredinom i daje se sredstvo za izveštavanje i komunikaciju o rezultatima ocenjivanja. Standard je primenjiv na nove i postojeće zgrade, kao i na projekte revitalizacije. Standard daje: a) opis predmeta ocenjivanja; b) sistem granica koji se primenjuje na nivou zgrade; c) proceduru koja se koristi za analizu inventara; d) listu indikatora i procedura za proračun ovih indikatora; e) zahteve za predstavljanje rezultata u izveštajima i komunikaciji i zahteve za podatke koji su neophodni za proračun. Pristup ocenjivanju obuhvata sve faze životnog ciklusa zgrade

⁷ EN 16627:2015:Sustainability of construction works – Assessment of economic performance of buildings – Calculation methods

⁸ EN 15978:2011 Sustainability of construction works – Assessment of environmental performance of buildings – Calculation methods

i zasnovan je na podacima dobijenim iz Deklaracije proizvoda o zaštiti životne sredine (EPD)⁹, njihovim „modulima informacija“ (SRPS EN 15804) i drugim neophodnim i odgovarajućim informacijama za sprovođenje ocenjivanja. Ocenjivanje uključuje sve u vezi sa zgradom, građevinske proizvode, procese i usluge koji se koriste tokom životnog ciklusa zgrade. Tumačenje i vrednovanje rezultata ocenjivanja nisu predmet i područje primene ovog standarda.

⁹ EPD- Environmental Product Declaration: Deklaracija sa informacijama o uticajima proizvoda na životnu sredinu tokom njegovog celog životnog ciklusa

3. Prilog 4 – A. Analiza prevencije otpada

Analiza uticaja na životnu sredinu: manje GHG, manja potrošnja vode i manja produkcije otpada u fazi idejnog rešenja za različite varijante objekata.

1. VARIJANTA A. OSNOVNA PRIMARNA OPEKA

Tabela 4p.1. Analiza prevencije otpada za novi objekta varijanta A

		Manje GHG	Ušteda Vode	Manje Otpada
A				
1.1	preovlađuje cigla	0 %	0 %	0 %
1.2	aluminijum			
2	Proizvod BETON			
2.1	beton sa prim agregat CEM I	0 %	0 %	0 %
2.2	beton sa CEM III			
2.3	Beton rec sa CEM III	*	*	
2.	EOL opcija			
2.4	Deponija	0 %	0 %	0 %
2.5	90% rec - 20 km			
2.6	100% reciklaža na gradilištu			
3	ČELIK			
3.1	Novi	0	0	0
3.2	50% reciklirani 50% novi			
3.3	80% reciklirani 20% novi			
3.	EOL opcija			
3.4	90% off	0	0	0
3.5	99% off			
3.6	80%			
4	OPEKA			
4.1	100 % nova opeka	0	0	0
4.2	10% stara a 90% nova			
4.3	30% stara a 70% nova			
4.	EOL opcija			
4.4	Odložene na deponiju	0	0	0
4.5	100% od opeke se reciklira I koristi na licu mesta			
4.6	30% se reupotreba 70% reciklira na licu mesta			
5	BETONSKI BLOKOVI			
5.1	100% novi betonski blokovi	0	0	0
5.2	80 % sadr za recik I CEM III			
5	EOL opcija			
5.4	Odlaganje na deponiju	0	0	0
5.5	90% se reiklira na licu mesta(20km)			
5.6	100% se reciklira i koristi kao krš na licu mesta			
6	GIPS I GIPSANI OKVIRI			
6.1	Gips od primarnih materijala i recikliranog papira	0	0	0

6.2	FGD gips i reciklirani papir			
6.3	50% novi FDG i 50% ponovo FDG			
6	EOL opcija			
6.4	Odlaganje u rudnike ili na deponiju	0	0	0
6.5	Reciklaža do 80%			
6.6	Demontaža i ponov. upotreba 50% i ostali se ponovo reciklira			
7	DRVO, PUNO DRVO			
7.1	Primarno drvo od posečene šume	0	0	0
7.2	15% od demonstrirane 85% novo			
7.3	50% od demontirane 50% novo			
7	EOL opcija			
7.4	100% od drveta se spaljuje ili koristi za proizvodnju pare ili struje	0	0	0
7.5	90% drveta se reciklira			
7.6	50% se ponovo koristi a 50%reciklira			
8	ALUMINIJUM			
8.1	Proizvodi od novih sirovina	0	0	0
8.2	10% od reciklira 90% od novih sirovina			
8.3	50% od recikliranih a 50% od novih			
8	EOL opcija			
8.4	Kolekcija izvlačenje iz mešovitog otpada 65%	0	0	0
8.5	Kolekcija i izvlačenje 95% otpada			
8.6	Pravilna reciklaža izvučeno 50% otpada			
	Ukupni BENEFIT	0	0	0

2. VARIJANTA B-1.

Beton sa recikliranim komponentama i Cem III.

Tabela 4p.2. Analiza prevencije otpada za novi objekat varijanta B-1

		Manje GHG	Ušteda Vode	Manje Otpada
B-1.				
1.1	preovlađuje cigla	0 %	0 %	0 %
1.2	aluminijum			
2	Proizvod BETON			
2.1	beton sa prim agregat CEMI			
2.2	beton sa CEM III			
2.3	Beton rec sa CEM III	-24	-7	0
2.	EOL opcija			
2.4	deponija			
2.5	90% rec - 20 km			
2.6	100% rec na gradilištu	0	0	0
3	ČELIK			
3.1	novi	0	0	0
3.2	50% reciklirani i 50% novi			
3.3	80% reciklirani 20% novi			
3.	EOL opcija			

3.4	90% off	0	0	0
3.5	99% off			
3.6	80%			
4	OPEKA			
4.1	100 % nova opeka			
4.2	10% stara a 90% nova			
4.3	30% stara a 70% nova			
4.	EOL opcija			
4.4	Odložene na deponiju	0	0	0
4.5	100% od opeke se reciklira I koristi na licu mesta			
4.6	30% se reupot70% reciklira na licu mesta			
5	BETONSKI BLOKOVI			
5.1	100 % novi betonski blokovi	0	0	0
5.2	80 % sadr za recik I CEM III			
5	EOL opcija			
5.4	Odlaganje na deponiju	0 %	0 %	0 %
5.5	90% se reiklira na licu mesta(20km)			
5.6	100% se reciklira I koristi kao krš na licu mesta			
6	GIPS I GIPSANI OKVIRI			
6.1	Gips od prim materijala i rec papira	0	0	0
6.2	FGD gips i reciklirani papir			
6.3	50% novi FDG i 50% ponovo FDG			
6	EOL opcija			
6.4	Odlaganje u rudnike ili na deponiju	0	0	0
6.5	Reciklaža do 80%			
6.6	Demontaža I pon upotreba 50% i ostali se ponovo reciklira			
7	DRVO, PUNO DRVO			
7.1	Primarno drvo od posečene šume	0	0	0
7.2	15% od demonstrirane 85% novo			
7.3	50% od demontirane 50% novo			
7	EOL opcija			
7.4	100% od drveta se spaljuje ili koristi za proizvodnju pare ili struje	0		
7.5	90% drveta se reciklira			
7.6	50% se ponovo koristi a 50% reciklira			
8	ALUMINIJUM			
8.1	Proizvodi od novih sirovina	0	0	0
8.2	10% od reciklir a 90 od novih sirov			
8.3	50% od reciklira a 50% od novih			
8	EOL opcija			
8.4	Kolekcija koja mešoviti otpad 65% izvlači	0	0	0
8.5	Kolekcija i izvlacenje 95% otpad			
8.6	Pravilna reciklaža izvučeno 50% otpada			
Ukupni BENEFIT		-24%	-7%	-0%

3. VARIJANTA B-2.

Beton sa recikliranim komponentama i Cem III.

Čelik 50% recikliran 50% novi.

Od nastalog otpada 99% se izvlači, ne odlaže se na deponiju.

Tabela 4p.3. Analiza prevencije otpada za novi objekta varijanta B-2

		Manje GHG	Ušteda Vode	Manje Otpada
B-2.				
1.1	preovlađuje cigla	0 %	0 %	0 %
1.2	aluminijum			
2	Proizvod BETON			
2.1	beton sa prim agregat CEM I			
2.2	beton sa CEM III	-17	-2	0
2.3	Beton rec sa CEM III			
2.	EOL opcija			
2.4	deponija			
2.5	90% rec - 20 km	00	0	0
2.6	100% rec na gradilištu			
3	ČELIK			
3.1	novi			
3.2	50% reciklirani 50% novi	-2	-2	0
3.3	80% reciklirani 20% novi			
3.	EOL opcija			
3.4	90% off			
3.5	99% off	0	0	-1
3.6	80%			
4	OPEKA			
4.1	100 % nova opeka	0	0	0
4.2	10% stara a 90% nova			
4.3	30% stara a 70% nova			
4.	EOL opcija			
4.4	Odložene na deponiju	0	0	0
4.5	100% od opeke se reciklira I koristi na licu mesta			
4.6	30% se reupot 70% reciklira na licu mesta			
5	BETONSKI BLOKOVI			
5.1	100% novi betonski blokovi	0	0	0
5.2	80 % sadr za recik I CEM III			
5	EOL opcija			
5.4	Odlaganje na deponiju	0 %	0 %	0 %
5.5	90% se reiklira na licu mesta(20km)			
5.6	100% se reciklira I koristi kao krš na licu mesta			
6	GIPS I GIPSANI OKVIRI			
6.1	Gips od prim materijala i rec papira	0	0	0
6.2	FGD gips i reciklirani papir			
6.3	50% novi FDG i 50% ponovo FDG			
6	EOL opcija			
6.4	Odlaganje u rudnike ili na deponiju	0	0	0

6.5	Reciklaža do 80%			
6.6	Demontaža I pon upotreba 50% i ostali se ponovo reciklira			
7	DRVO, PUNO DRVO			
7.1	Primarno drvo od posečene šume	0	0	0
7.2	15% od demonstrirane 85% novo			
7.3	50% od demontirane 50% novo			
7	EOL opcija			
7.4	100% od drveta se spaljuje ili koristi za proizvodnju pare ili struje	0	0	0
7.5	90% drveta se reciklira			
7.6	50% se ponovo koristi a 50% reciklira			
8	ALUMINIJUM			
8.1	Proizvodi od novih sirovina	0	0	0
8.2	10% od reciklir a 90 od novih sirov			
8.3	50% od reciklira a 50% od novih			
8	EOL opcija			
8.4	Kolekcija koja mešoviti otpad 65% izvlači	0	0	0
8.5	Kolekcija i izvlacenje 95% otpad			
8.6	Pravilna reciklaža izvučeno 50% otpada			
Ukupni BENEFIT		-26%	-9%	-1%

4. VARIJANTA B-3.

Beton sa recikliranim komponentama i Cem III,

Čelik 50% recikliran, 50% novi,

Od otpada koji nastaje 99% se u toku gradnje izvlači, ne odlaže se na deponiju,

za izradu zidova koristi se 30% stare opeke, a 70% nove opeke.

Sva preostala opeka koja se može iskoristiti za izradu podova, a višak se planira za prodaju.

Tabela 4p.4. Analiza prevencije otpada za novi objekta varijanta B-3

		Manje GHG	Ušteda Vode	Manje Otpada
B-3.				
1.1	preovlađuje cigla	0 %	0 %	0 %
1.2	aluminijum			
2	Proizvod BETON			
2.1	beton sa prim agregat CEMI			
2.2	beton sa CEM III			
2.3	Beton rec sa CEM III	-24	-7	0
2.	EOL opcija			
2.4	deponija			
2.5	90% rec - 20 km			
2.6	100% rec na gradilištu			
3	ČELIK			

3.1	novi			
3.2	50% reciklirani 50% novi	-2	-2	0
3.3	80% reciklirani 20% novi			
3.	EOL opcija			
3.4	90% off			
3.5	99% off	0	0	-1
3.6	80%			
4	OPEKA			
4.1	100 % nova opeka			
4.2	10% stara a 90% nova			
4.3	30% stara a 70% nova	-2	-1	0
4.	EOL opcija			
4.4	Odložene na deponiju			
4.5	100% od opeke se reciklira I koristi na licu mesta			
4.6	30% se reupotrebno 70% reciklira na licu mesta	-3	-1	-7
5	BETONSKI BLOKOVI			
5.1	100% novi betonski blokovi	0	0	0
5.2	80 % sadr za reciklirani CEM III			
5	EOL opcija			
5.4	Odlaganje na deponiju	0 %	0 %	0 %
5.5	90% se reciklira na licu mesta(20km)			
5.6	100% se reciklira I koristi kao krš na licu mesta			
6	GIPS I GIPSANI OKVIRI			
6.1	Gips od prim materijala i rec papira	0	0	0
6.2	FGD gips i reciklirani papir			
6.3	50% novi FDG i 50% ponovo FDG			
6	EOL opcija			
6.4	Odlaganje u rudnike ili na deponiju	0	0	0
6.5	Reciklaža do 80%			
6.6	Demontaža I ponovna upotreba 50% i ostali se ponovo reciklira			
7	DRVO, PUNO DRVO			
7.1	Primarno drvo od posečene šume	0	0	0
7.2	15% od demontirane 85% novo			
7.3	50% od demontirane 50% novo			
7	EOL opcija			
7.4	100% od drveta se spaljuje ili koristi za proizvodnju pare ili struje	0	0	0
7.5	90% drveta se reciklira			
7.6	50% se ponovo koristi a 50% reciklira			
8	ALUMINIJUM			
8.1	Proizvodi od novih sirovina	0	0	0
8.2	10% od recikliranih a 90% od novih sirovina			
8.3	50% od reciklira a 50% od novih			
8	EOL opcija			
8.4	Kolekcija koja mešoviti otpad 65% izvlači	0	0	0
8.5	Kolekcija i izvlačenje 95% otpad			
8.6	Pravilna reciklaža izvučeno 50% otpada			
Ukupni BENEFIT		-31%	-11%	-8%

5. VARIJANTA B-4.

Beton sa recikliranim komponentama i Cem III.

Čelik 50% recikliran, 50% novi.

Od otpada koji nastaje 99% se u toku gradnje izvlači, ne odlaže se na deponiju.

Za izradu zidova koristi se 30% stare opeka, a 70% nove opeke, sva preostala opeka koja se može iskoristiti za izradu podova, a višak se planira za prodaju.

Od drvene građe 15% drveta se ponovo koristi, 85% je novo drvo.

Tabela 4p.5. Analiza prevencije otpada za novi objekat varijanta B-4

		Manje GHG	Ušteda Vode	Manje Otpada
B-4.				
1.1	preovlađuje cigla	0 %	0 %	0 %
1.2	aluminijum			
2	Proizvod BETON			
2.1	beton sa prim agregat CEMI			
2.2	beton sa CEM III			
2.3	Beton rec sa CEM III	-24	-7	0
2.	EOL opcija			
2.4	deponija			
2.5	90% rec - 20 km			
2.6	100% rec na gradilištu			
3	ČELIK			
3.1	novi			
3.2	50% reciklirani 50% novi	-2	-2	0
3.3	80% reciklirani 20% novi			
3.	EOL opcija			
3.4	90% off			
3.5	99% off	0	0	-1
3.6	80%			
4	OPEKA			
4.1	100 % nova opeka			
4.2	10% stara a 90% nova	0	-1	0
4.3	30% stara a 70% nova			
4.	EOL opcija			
4.4	Odložene na deponiju			
4.5	100% od opeke se reciklira i koristi na licu mesta	-2	0	-9
4.6	30% se reupotrebilo 70% reciklira na licu mesta			
5	BETONSKI BLOKOVI			
5.1	100% novi betonski blokovi			
5.2	80 % sadr za recik I CEM III	0	0	0
5	EOL opcija			
5.4	Odlaganje na deponiju			
5.5	90% se reiklira na licu mesta(20km)			
5.6	100% se reciklira I koristi kao krš na licu mesta	0	0	0

6	GIPS I GIPSANI OKVIRI			
6.1	Gips od prim materijala i rec papira			
6.2	FGD gips i reciklirani papir	0	0	-3
6.3	50% novi FDG i 50% ponovo FDG			
6	EOL opcija			
6.4	Odlaganje u rudnike ili na deponiju			
6.5	Reciklaža do 80%	0	0	0
6.6	Demontaža i pon upotreba 50% i ostali se ponovo reciklira			
7	DRVO, PUNO DRVO			
7.1	Primarno drvo od posečene šume			
7.2	15% od demonstrirane 85% novo	-1	-1	0
7.3	50% od demontirane 50% novo			
7	EOL opcija			
7.4	100% od drveta se spaljuje ili koristi za proizvodnju pare ili struje	0	0	0
7.5	90% drveta se reciklira			
7.6	50% se ponovo koristi a 50% reciklira			
8	ALUMINIJUM			
8.1	Proizvodi od novih sirovina	0	0	0
8.2	10% od reciklir a 90 od novih sirov			
8.3	50% od reciklira a 50% od novih			
8	EOL opcija			
8.4	Kolekcija koja mešoviti otpad 65% izvlači	0	0	0
8.5	Kolekcija i izvlacenje 95% otpad			
8.6	Pravilna reciklaža izvučeno 50% otpada			
Ukupni BENEFIT		-29%	-11%	-13%

6. VARIJANTA B-5.

Beton sa recikliranim komponentama i Cem III.

Čelik 50% recikliran, 50% novi.

Od otapada koji nastaje 99% se u toku gradnje izvlači, ne odlaže se na deponiju.

Za izradu zidova koristi se 30% stare opeka, a 70% nove opeke, sva preostala opeka koja se može iskoristiti za izradu podova, a višak se planira za prodaju.

Tabela 4p.6. Analiza prevencije otpada za novi objekta varijanta B-5

		Manje GHG	Ušteda Vode	Manje Otpada
B-5.				
1.1	preovlađuje cigla	0 %	0 %	0 %
1.2	aluminijum			
2	Proizvod BETON			
2.1	beton sa prim agregat CEMI			
2.2	beton sa CEM III			
2.3	Beton rec sa CEM II	-24	-7	0
2.	EOL opcija			
2.4	deponija			

2.5	90% rec - 20 km			
2.6	100% rec na gradilištu			
3	ČELIK			
3.1	novi			
3.2	50% reciklirani 50% novi			
3.3	80% reciklirani 20% novi	-2	-3	0
3.	EOL opcija			
3.4	90% off			
3.5	99% off			
3.6	80% off	-3	-3	0
4	OPEKA			
4.1	100 % nova opeka			
4.2	10% stara a 90% nova			
4.3	30% stara a 70% nova	-2	0	0
4.	EOL opcija			
4.4	Odložene na deponiju			
4.5	100% od opeke se reciklira I koristi na licu mesta			
4.6	30% se reupot 70% reciklira na licu mesta	-2	-2	-10
5	BETONSKI BLOKOVI			
5.1	100% novi betonski blokovi			
5.2	80 % sadr za recik I CEM III	0	0	0
5	EOL opcija			
5.4	Odlaganje na deponiju			
5.5	90% se reiklira na licu mesta(20 km)			
5.6	100% se reciklira i koristi kao krš na licu mesta	0	0	0
6	GIPS I GIPSANI OKVIRI			
6.1	Gips od prim materijala i rec papira			
6.2	FGD gips i reciklirani papir			
6.3	50% novi FDG i 50% ponovo FDG	-1	-1	0
6	EOL opcija			
6.4	Odlaganje u rudnike ili na deponiju			
6.5	Reciklaža do 80%			
6.6	Demontaža i ponovna upotreba 50% i ostali se ponovo reciklira	-1	-1	-3
7	DRVO, PUNO DRVO			
7.1	Primarno drvo od posečene šume			
7.2	15% od demonstrirane 85% novo			
7.3	50% od demonstrirane 50% novo	-2	-2	0
7	EOL opcija			
7.4	100% od drveta se spaljuje ili koristi za proizvodnju pare ili struje	0	0	0
7.5	90% drveta se reciklira			
7.6	50% se ponovo koristi a 50% reciklira			
8	ALUMINIJUM			
8.1	Proizvodi od novih sirovina	0	0	0
8.2	10% od reciklir a 90 od novih sirov			
8.3	50% od reciklira a 50% od novih			
8	EOL opcija			
8.4	Kolekcija koja mešoviti otpad 65% izvlači	0	0	0
8.5	Kolekcija i izvlacenje 95% otpad			
8.6	Pravilna reciklaža izvučeno 50% otpada			
Ukupni BENEFIT		- 37 %	- 19 %	- 13 %

7. VARIJANTA C.

Postojeći objekat se ojačava sa novim vertikalnim i horizontalnim serklažima.

Beton sa mineralnim agregatom i Cem II.

Čelik 100% novi.

Postojeći objekat se popravlja, komponente koje su dotrajale se menjaju umesto njih se dodaju novi materijali.

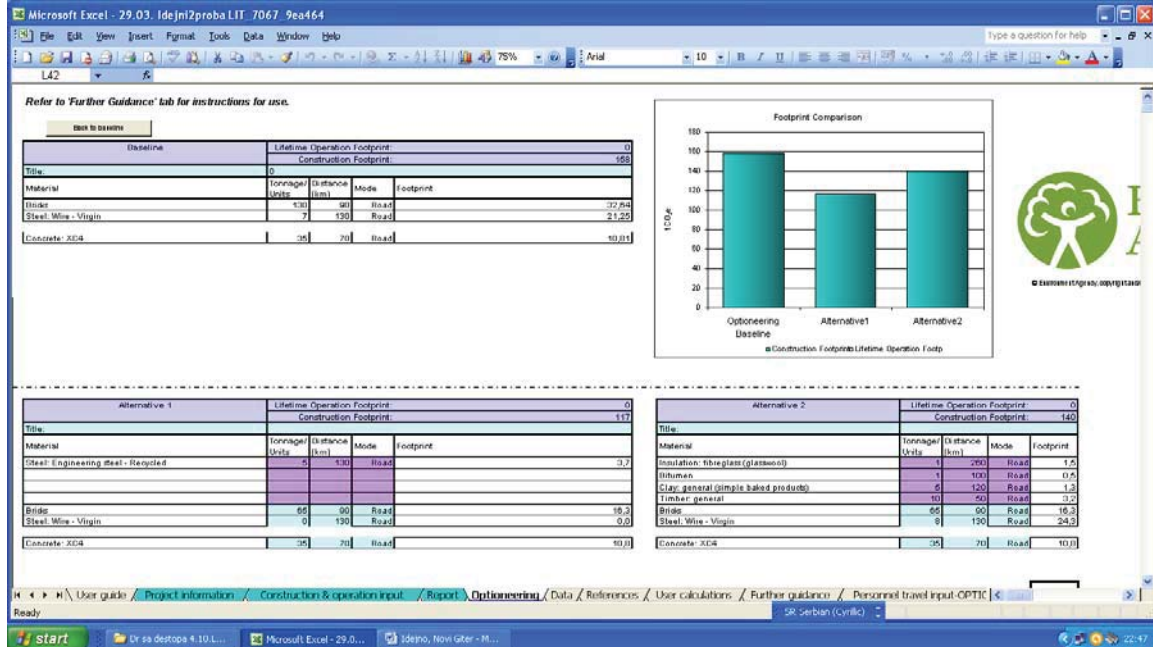
Tabela 4p.7. Analiza prevencije otpada za rekonstrukciju, objekat varijanta C

		Manje GHG	Ušteta Vode	Manje Otpada
C.				
1.1	prevlađuje cigla	0 %	0 %	0 %
1.2	aluminijum			
2	Proizvod BETON			
2.1	beton sa prim agregat CEM I	0 %	0 %	0 %
2.2	beton sa CEM III			
2.3	Beton rec sa CEM III	*	*	
2.	EOL opcija			
2.4	Deponija			
2.5	90% rec - 20 km			
2.6	100% reciklaža na gradilištu			
3	ČELIK			
3.1	Novi	0	0	0
3.2	50% reciklirani 50% novi			
3.3	80% reciklirani 20% novi			
3.	EOL opcija			
3.4	90% off	0	0	0
3.5	99% off			
3.6	80%			
4	OPEKA			
4.1	100 % nova opeka			
4.2	10% stara a 90% nova			
4.3	30% stara a 70% nova	-1	-1	0
4.	EOL opcija			
4.4	Odložene na deponiju			
4.5	100% od opeke se reciklira i koristi na licu mesta	0	0	0
4.6	50% se reupotreba 50% reciklira na licu mesta	-3	-3	-10
5	BETONSKI BLOKOVI			
5.1	100% novi betonski blokovi	0	0	0
5.2	80 % sadr za recik I CEM III			
5	EOL opcija			
5.4	Odlaganje na deponiju	0	0	0
5.5	90% se reiklira na licu mesta(20km)			
5.6	100% se reciklira i koristi kao krš na licu mesta			
6	GIPS I GIPSANI OKVIRI			
6.1	Gips od primarnih materijala i	0	0	0

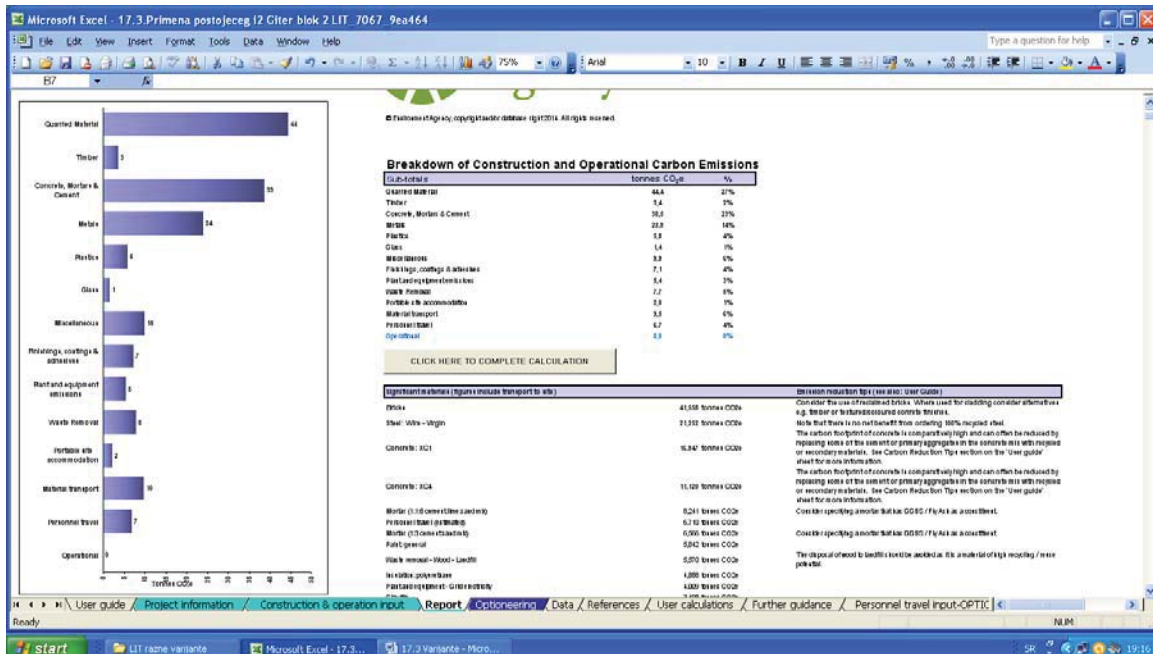
	recikliranog papira			
6.2	FGD gips i reciklirani papir			
6.3	50% novi FDG i 50% ponovo FDG			
6	EOL opcija			
6.4	Odlaganje u rudnike ili na deponiju	0	0	0
6.5	Reciklaža do 80%			
6.6	Demontaža i ponov. upotreba 50% i ostali se ponovo reciklira			
7	DRVO, PUNO DRVO			
7.1	Primarno drvo od posečene šume			
7.2	15% od demonstrirane 85% novo			
7.3	50% od demontirane 50% novo	-1	-1	0
7	EOL opcija			
7.4	100% od drveta se spaljuje ili koristi za proizvodnju pare ili struje	0	0	0
7.5	90% drveta se reciklira			
7.6	50% se ponovo koristi a 50%reciklira			
8	ALUMINIJUM			
8.1	Proizvodi od novih sirovina			
8.2	10% od reciklira 90% od novih sirovina			
8.3	50% od recikliranih a 50% od novih			
8	EOL opcija			
8.4	Kolekcija izvlačenje iz mešovitoog otpada 65%			
8.5	Kolekcija i izvlačenje 95% otpada			
8.6	Pravilna reciklaža izvučeno 50% otpada			
	Ukupni BENEFIT	-5	-5	-10

4. Prilog 4 – B Analiza ugljeničnog otiska izgradnje

Idejni nivo, proračun ugljeničnog otiska za referentni model A, model B-3. i model C.



Slika 4p.1. Izveštaj za referentni model A, model B-3. i model C



Slika 4p.2. LCA analiza ugljenični otisk izveštaj za referentni model A

Tabela 4p.8. Novi materijali ugljenički otisak za varijantu izgradnje sa recikliranim komponentama, varijanta B-3

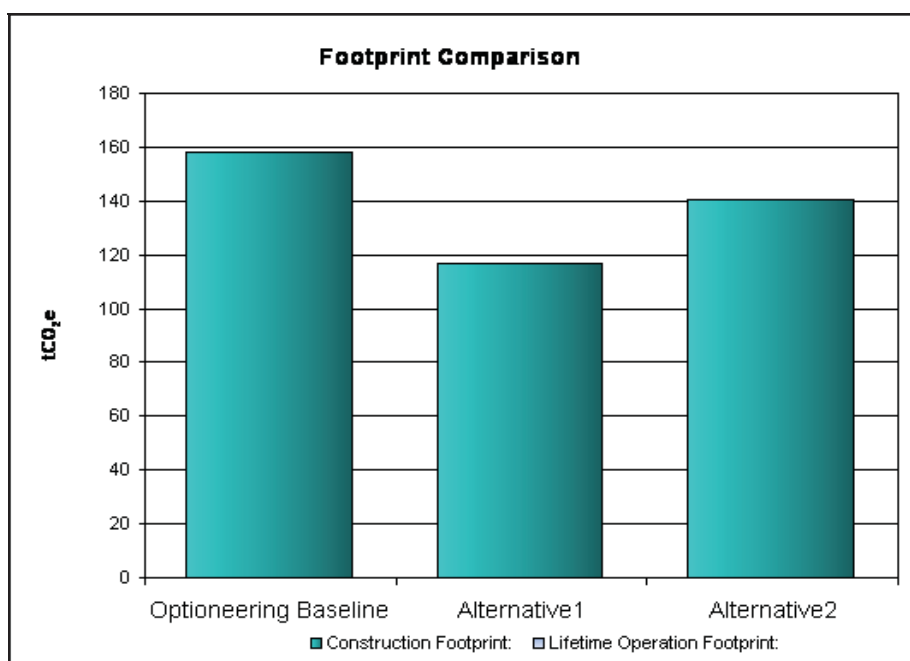
Alternative 1		Lifetime Operation Footprint:			0
		Construction Footprint:			117
Title:					
Material	Tonnage/Units	Distance (km)	Mode	Footprint	
Steel: Engineering steel - Recycled	5	130	Road	3,7	
Bricks	65	90	Road	16,3	
Steel: Wire - Virgin	0	130	Road	0,0	
Concrete: XC4	35	70	Road	10,8	

Tabela 4p.9. Novi materijali ugljenični otisak za varijantu rekonstrukcije za materijale sa najvećim uticajima varijanta C

Alternative 2 Rekonstrukcija objekta		Lifetime Operation Footprint:			0
		Construction Footprint:			140
Title:					
Material	Tonnage/Units	Distance (km)	Mode	Footprint	
Insulation: fibreglass (glasswool)	1	260	Road	1,5	
Bitumen	1	100	Road	0,5	
Clay: general (simple baked products)	5	120	Road	1,3	
Timber: general	10	50	Road	3,2	
Bricks	65	90	Road	16,3	
Steel: Wire - Virgin	8	130	Road	24,3	
Concrete: XC4	35	70	Road	10,8	

Tabela 4p.10. Poređenje ugljeničnog otiska za novi objekat varijanta A (osnovna varijanta) novi objekat sa primenom postojećih i recikliranih materijala varijanta B-3 (alternativa 1) i rekonstrukcija objekta varijanta C (alternativa 2)

Nivo idejnog rešenja VARIJANTA MODELA		Opis materijalizacije objekta	Ugljenični otisak izgradnje objekta tona CO ₂ e po objektu
1.	Optioneering Baseline	Novi objekat bez recikliranih materijala	158,00 tona CO ₂ e
2.	Alternativa 1	Novi objekat sa recikliranim i reupotrebljenim komponentama	117,00 tona CO ₂ e
3.	Alternativa 2	Rekonstrukcija postojećeg objekta	140,00 tona CO ₂ e



Dijagram 4p.1. Poređenje ugljeničnog otiska za novi objekat varijanta A (osnovna varijanta) novi objekat sa primenom postojećih i recikliranih materijala varijanta B-3 (alternativa 1) i rekonstrukcija objekta varijanta C (alternativa 2)

5. Prilog 4–.V Delovi elaborata termičkog proračuna bitni za određivanje energetskeg razreda i termičkog omotača objekta

Elaborat toplotne zaštite rađen je na osnovu Pravilnika o energetskej efikasnosti zgrada iz 2011 godine. Proračun godišnje potrebne toplote za grejanje rađen je prema SRPS EN ISO 13790 i SRPS EN ISO 13789. Termofizičke osobine materijala korišćenih u proračunu su u skladu sa Pravilnikom o energetskej efikasnosti zgrada. Proračun je rađen pomoću programa URSA Građevinska fizika 2 u kome su korištene termofizičke osobine materijala datih u Pravilniku o energetskej efikasnosti zgrada – (Tabela 3.4.1.2)

Spoljni zid - neventilisani, $U_{max} = 0,300 \text{ W/m}^2\text{K}$ <ul style="list-style-type: none">• D, $U = 0,235 \text{ W/m}^2\text{K}$, $T_i = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$
Prozor, $U_{max} = 1,500 \text{ W/m}^2\text{K}$ <ul style="list-style-type: none">• P1, $U = 1,480 \text{ W/m}^2\text{K}$, $T_i = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$• P2, $U = 1,470 \text{ W/m}^2\text{K}$, $T_i = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$• P3, $U = 1,500 \text{ W/m}^2\text{K}$, $T_i = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$• P4, $U = 1,460 \text{ W/m}^2\text{K}$, $T_i = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$
Spoljna vrata, $U_{max} = 1,600 \text{ W/m}^2\text{K}$ <ul style="list-style-type: none">• V1, $U = 1,600 \text{ W/m}^2\text{K}$, $T_i = 0,0 \text{ }^\circ\text{C}$
Unutrašnja vrata ka negrejanom prostoru, $U_{max} = 1,600 \text{ W/m}^2\text{K}$ <ul style="list-style-type: none">• V2, $U = 1,600 \text{ W/m}^2\text{K}$, $T_i = 0,0 \text{ }^\circ\text{C}$
Zid prema negrejanim prostorima, $U_{max} = 0,400 \text{ W/m}^2\text{K}$ <ul style="list-style-type: none">• U, $U = 0,345 \text{ W/m}^2\text{K}$, $T_i = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$
Međuspratna konstrukcija ispod negrejanog prostora, $U_{max} = 0,300 \text{ W/m}^2\text{K}$ <ul style="list-style-type: none">• I, $U = 0,289 \text{ W/m}^2\text{K}$, $T_i = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$
Međuspratna konstrukcija iznad negrejanog prostora, $U_{max} = 0,300 \text{ W/m}^2\text{K}$ <ul style="list-style-type: none">• B*, $U = 0,289 \text{ W/m}^2\text{K}$, $T_i = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$
Pod na tlu, $U_{max} = 0,300 \text{ W/m}^2\text{K}$ <ul style="list-style-type: none">• B, $U = 0,235 \text{ W/m}^2\text{K}$

Proračun U [$\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$] Vrednosti se u skladu sa standardom SRPS EN ISO 13789 i posebnim standardima: za netransparentne građevinske elemente, izuzev podova i zidova u tlu, u skladu sa standardom SRPS EN ISO 6946 u skladu sa standardom SRPS EN ISO 13370; građevinske elemente tipa prozora, balkonskih varata i roletni u skladu sa standardom SRPS EN ISO 10077-1 i SRPS EN ISO 10077-2; za stakla u skladu sa standardom SRPS EN 873 i SRPS EN 410; za elemente za zidanje zidanih zidova i zidane zidove, u skladu sa standardom SRPS EN 1745.

Tabela 4p.10. Koeficijenti transmisionih gubitaka topote

Naziv konstrukcije	U [W/m ² K]	A [m ²]	F _x	Topl. mostovi	H [W/K]
D	0,235	37,08	1,00	DA	8,71
D	0,235	18,77	1,00	DA	4,41
D	0,235	42,40	1,00	DA	9,96
D	0,235	47,21	1,00	DA	11,09
U	0,345	20,54	0,50	DA	3,54
P1	1,480	0,78	1,00		1,15
P2	1,470	4,14	1,00		6,09
P2	1,470	2,07	1,00		3,04
P2	1,470	2,07	1,00		3,04
P3	1,500	1,47	1,00		2,21
P4	1,460	4,42	1,00		6,45
V1	1,600	2,64	1,00		4,22
V2	1,600	1,91	0,50		1,53
I	0,289	135,17	0,80	DA	31,25
B*	0,289	44,92	0,50	DA	6,49
B	0,235	90,25	0,50	DA	10,60
Ukupno:		455,84			113,81

Tabela 4p.11. Unutrašnji dobici toplote

Odavanje toplote ljudi po jedinici površine q_p	1,20 kWh
Dnevna prisutnost	12,00 h
Odavanje toplote ljudi Q_p	279,06 kWh
Godišnja potrošnja električne energije po jedinici površine q_e	20,00 kWh
Odavanje toplote električnih uređaja p_e	1061,89 kWh

Godišnja količina energije koja potiče od unutrašnjih dobitaka toplote $Q_{H,int}$	1340,96 kWh
--	--------------------

Tabela 4p.12. Dobici toplote od sunčevog zračenja

Konstrukcija	Površina [m ²]	Orij.	Nagib [°]	Faktor zasen.	Godišnje sunc. zračenje [kWh/m ²]	Godišnji dobici sunceve energ. [kWh]
D	37,08	Z	0	1,00	310,00	64,83
D	18,77	I	0	1,00	310,00	32,82
D	42,40	J	0	1,00	455,00	108,81
D	47,21	S	0	1,00	145,00	38,61
P1	0,78	S	0	0,90	145,00	39,12
P2	4,14	Z	0	0,90	310,00	443,89
P2	2,07	J	0	0,90	455,00	325,76
P2	2,07	S	0	0,90	145,00	103,81
P3	1,47	S	0	0,90	145,00	73,72
P4	4,42	J	0	0,90	455,00	695,58
V1	2,64	J	0	1,00	455,00	46,13
Ukupno:					3330,00	1973,07

Tabela 4p.13. Godišnja potrebna energija za grejanje godišnji proračun

Koeficijent transmisionog gubitka toplote H_T	115,76 W/K
Koeficijent ventilacionog gubitka toplote H_V	51,16 W/K
Godišnja potrebna energija za nadoknadu gubitaka toplote $Q_{H,tt}$	10095,34 kWh
Godišnja količina energije koja potiče od unutrašnjih dobitaka toplote $Q_{H,int}$	1340,96 kWh
Godišnja količina energije koja potiče od dobitaka usled sunčevog zračenja $Q_{H,sol}$	1973,07 kWh
Bezdimenzioni odnos toplotnog bilansa γ_H	0,33
Faktor redukcije za grejanje $a_{H,red}$	0,951
Faktor iskorišćenja dobitaka toplote za period grejanja $\eta_{H,gr}$	0,900
Godišnja potrebna energija za grejanje $Q_{H,rd}$	7112,71 kWh
Godišnja redukovana potrebna energija za grejanje $Q_{H,rd,red}$	6762,48 kWh
Specifična godišnja potrebna energija za grejanje $Q_{H,rd}$	61,07 kWh/m
Energetski razred zgrade	C

Godišnja potrebna energija za grejanje¹⁰

Prema Pravilniku o sertifikaciji zgrada, objekt je projektovan u energetsom razredu C.

¹⁰ Proračun rađen pomoću programa URSA Građevinska fizika 2

6. Prilog 4 – G. Analiza uticaja na životnu sredinu, u fazi projekta za izvođenje za različite modele MG od kolevke do perioda početka korišćenja objekta.

Tabela 4p.14. Struktura sklopova za zidove, podove i tavanice, model MG – 1 na nivou projekta za izvođenje

MG	Giter blok, LMT i AB
1.	Prva vaijanta
1.1.	Fasadni zidovi : <ol style="list-style-type: none"> 1. Produžni maler 1,5 2. Giter blok 25 zidan cementnim malterom, 3. Termo izolacija polistiren 15cm, 4. Mrežica i lepak, 5. Fasadni malter, dekurender 3-5mm
1.2.	Pregradni zidovi: <ol style="list-style-type: none"> 1. Produžni maler 1,5cm, 2. Opeka 12 ili 7cm, 3. Produžni maler 1,5cm,
1.3.	Slojevi poda 1 : <ol style="list-style-type: none"> 1. Parket 2,4cm, 2. Cementna košuljica 4cm, 3. PE folija, 4. Termo izolacija Austroterm 10cm, 5. Betonska ploča 10cm, 6. Zaštita hidro izolacije, 7. Hidroizolacija, kondor 3, 8. Mršavi beton 5cm, 9. Tampon šljunka 10cm,
1.4.	Slojevi poda 2 : <ol style="list-style-type: none"> 1. Keramika 0,8cm, 2. Zaštita hidro izolacije 3 3. Hidro izolacija polijasbitol, 4. Cementna košuljica 3-5cm, 5. PE folija, 6. Termo izolacija Austroterm 10cm, 7. Zaštita hidro izolacije, 8. Hidroizolacija, kondor 3, 9. Betonska ploča 10cm, 10. Tampon šljunka 10cm,
1.5.	Slojevi tavanice: <ol style="list-style-type: none"> 1. Lako armirana cementna košuljica 3cm, 2. PE folija, 3. Termo izolacija Austroterm 15cm, 4. LMT tavanica 16+4cm, 5. Produžni malter 1,5cm,

Tabela 4p.15. Analizirani ulazi građevinskih materijala u životnom ciklusu zgrade, MG – 1 na nivou projekta za izvođenje, količine su određene prema Građevinskim normama¹¹

MG	Potrebne količine materijala za izgradnju zgrade od neto 119,70 m ² , bruto 154,69 m ² model MG – Opekarski proizvodi	Jedinica mere
1.1	Šljunka za nasipanje tampona 10cm	23m ²
	Šljunka za nasipanje ispod ploče podne	52m ³
		Ukupno 75m ³
		Betona MB 20
	Kao zaštite hidro izolacije	8m ³
		Ukupno 8 m ³
		Betona MB 20
	Za podnu ploču 170m ²	20m ³
	Za temelje i temeljne zidove	35m ³
	Za trotoare i prilazne staze	7,5m ³
		Ukupno MB20 - 62,5 m ³
		Betona MB 30
	Za vertikalne i horizontalne serklaže, nadvratnike i nadprozornike MB30	35m ³
		Betona MB 30 ukupno 35m ³
		Cementnih košuljica
	Cementne košuljice 3-4cm	130m ² a to je 5,2m ³
	Armature za temelje i podnu ploču	2,5 tone
	Armature za stubove i grede i tavanicu	2 tona
	Ukupno armature za objekat	Za ceo objekat količina armature 4,5 tone
	Potrebne količine materijala	Opekarski proizvodi za zidove i tavanice
	Za fasane zidove	Giter blok 57m ³
	Za pregradne zidove	Opeka puna 5,5m ³
	Za dimnjake	Puna opeka 4,5m ³
	Za tavanicu	LMT tavanice 25m ³
		Ukupno opekarskih proizvoda 92m ³
	Stubovi 20/20	Kom 16 /260cm a to je 1,70m ³
		Ukupno
	Krovna konstrukcija	
	Daščanje krova, moze OSB	210m ² a to je 4,6m ³
	Ili OSB	OSB 4,6m ³
	Konstrukcija krova na prave stolice	12,m ³
	Letvisanje krova,	1680m ¹ a to je 4,6m ³

¹¹ Norme i standardi rada u građevinarstvu, Visokogradnja, Knjiga 2, IRO Građevinska knjiga Beograd 1987.

	Opšivanje streha	1,5m ³
		Ukupno drvene građe 18,7m ³
		Zidanje cementnim malterom 1:3
	Za zidove zidane giter blokom	Prema GN 301-211A 10,5m ³ Prema normana proizvođača 15,5m ²
	Za zidove zidane punom opekom	Prema GN 301-206 B 2,5m ³
	Ovo može biti primenjeno za gips karton ploče ili malterisanje	Malterisanje, krečni malter 1,5cm
	Za fasadne zidove	200m ²
	Za pregradne zidove	150m ²
	Za tavanicu	130m ²
		Ukupno malterisanja 480m ² što je 7,1m ³ -10% za raput i špaletne 7,8m ³ ukupn
		Gips karton ploče
	Za fasadne zidove	200m ²
	Za pregradne zidove	140m ²
	Za tavanicu	130m ²
		Ukupno gips karton ploča 450m ² a to je 6,75m ³
	Za suvi estrih gips karton ploče	
	Pod varijanta sa suvim estrihom umesto cementne košuljice	130m ² +130m ² = 260m ² 3,5m ³
		Ukupno gips karton ploča d=12,5mm 3,5m ³
		Termo izolacija polisitren 15cm
	Za fasane zidove	250m ²
		Ukupno polistirena d=15cm 250m ² što je 37,5m ³
		Termo izolacija mineralna vuna d= 15cm
	Za tavanicu	130m ²
		Ukupno mineralna vuna d=15cm 130m ² što je 210m ³
	Za pod	Termo izolacija austroterm d= 10cm 130m ² a to je 13m ³
	Mase za gletovanje 1,5kg-m ²	700kg
	Fasadnog maltera i lepak	900kg
	Parket ili brodski pod	3m ³

		Lepka 240 kg
		Laka 30 litara
	Keramičke pločice	86m ² - 1m ²
	Lepak za pločice	Lepka 250kg ili 3,2m ³ cementa
	Crep, biber	10500 komada, 1 paleta je 640 komada crepa težina je 1050kg, što je 15,5 paleta ili 1050, što je 16,25 tona

Tabela 4p.16 LCA emisije ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju modela MG – 1

MG – 1

Significant materials (figures include transport to site)		Emission reduction tips (see also: User Guide)	
1.	Bricks	41,558 tonnes CO2e	Consider the use of reclaimed bricks. Where used for cladding consider alternatives e.g. timber or textured/coloured concrete finishes.
2.	Steel: Wire - Virgin	21,252 tonnes CO2e	Note that there is no net benefit from ordering 100% recycled steel.
3.	Concrete: XC1	16,947 tonnes CO2e	The carbon footprint of concrete is comparatively high and can often be reduced by replacing some of the cement or primary aggregates in the concrete mix with recycled or secondary materials. See Carbon Reduction Tips section on the 'User guide' sheet for more information.
4.	Concrete: XC4	11,120 tonnes CO2e	The carbon footprint of concrete is comparatively high and can often be reduced by replacing some of the cement or primary aggregates in the concrete mix with recycled or secondary materials. See Carbon Reduction Tips section on the 'User guide' sheet for more information.
5.	Mortar (1:1:6 cement:lime:sand mix)	8,241 tonnes CO2e	Consider specifying a mortar that has GGBS / Fly Ash as a constituent.
6.	Personnel travel (estimated)	6,710 tonnes CO2e	
7.	Mortar (1:3 cement:sand mix)	6,566 tonnes CO2e	Consider specifying a mortar that has GGBS / Fly Ash as a constituent.
8.	Paint: general	5,842 tonnes CO2e	
9.	Waste removal - Wood - Landfill	5,570 tonnes CO2e	The disposal of wood to landfill should be avoided as it is a material of high recycling / reuse potential.
10.	Insulation: polyurethane	4,888 tonnes CO2e	
11.	Plant and equipment - Grid electricity	4,009 tonnes CO2e	
12.	Clay tile	3,498 tonnes CO2e	
13.	Insulation: polystyrene	3,453 tonnes CO2e	
14.	Plastics: general	3,325 tonnes CO2e	
15.	Timber: general	3,241 tonnes CO2e	Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
16.	Copper: EU Tube & Sheet	2,735 tonnes CO2e	
17.	Site accommodation - Grid electricity	2,005 tonnes CO2e	Also consider using eco cabins.
18.	High Density Polyethylene (HDPE) Resin	1,946 tonnes CO2e	

19.	Quarried aggregate	1,787	tonnes CO2e	Consider using a proportion of recycled aggregates, preferably sourced on site. In general, the use of secondary materials is preferable to primary; however certain conditions apply (see Carbon Reduction Tips section in User Guide section).
20.	Plaster: general (Gypsum)	1,403	tonnes CO2e	
21.	Primary glass	1,380	tonnes CO2e	
22.	Ceramics: general	1,351	tonnes CO2e	
23.	Plant and equipment - Diesel	1,302	tonnes CO2e	It may be possible to connect to the grid rather than using fuel oil in order to reduce the carbon impact of certain types of equipment.
24.	Waterborne paint	1,276	tonnes CO2e	
25.	Waste removal - Plasterboard - Landfill	0,757	tonnes CO2e	The disposal of plasterboard to landfill is a waste of a valuable gypsum source and can cause environmental problems.
26.	Waste removal - Aggregates (Rubble) - Landfill	0,555	tonnes CO2e	
27.	Bitumen	0,506	tonnes CO2e	Bitumen is not easy to substitute; however consider increasing strength by using a polymer (similar carbon footprints but leads to a stronger material, thereby requiring less material in total).
28.	Reclaimed timber	0,485	tonnes CO2e	Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
29.	Damp Proof Course/Membrane	0,446	tonnes CO2e	
30.	PVC pipe	0,325	tonnes CO2e	
31.	Waste removal - Mixed municipal waste - Landfill	0,294	tonnes CO2e	
32.	HDPE Pipe	0,254	tonnes CO2e	
33.	Waste removal - Organic Waste: Garden Waste - Landfill	0,217	tonnes CO2e	
34.	Waste removal - Mixed commercial and industrial waste - Landfill	0,203	tonnes CO2e	
35.	Plant and equipment - Water	0,095	tonnes CO2e	Consider water efficiency options, such as waterless urinals, rainwater harvesting etc.
36.	Waste removal - Silt / Soil - Landfill	0,071	tonnes CO2e	
37.	Site accommodation - Water	0,011	tonnes CO2e	Consider water efficiency options, such as waterless urinals, rainwater harvesting etc.
38.	Waste removal - Glass - Landfill	0,003	tonnes CO2e	
39.	Operational	0,00	tonnes CO2e	
40.	Total Carbon Footprint	164,60	tonnes CO2e	

Tabela 4p.17. Ugljenični otisak za izgradnju MG – 1, materijala sa najvećim ugljeničnim otiskom

Baseline	Lifetime Operation Footprint:			0
	Construction Footprint:			164,60
Title: MG – 1				
Material	Tonnage/Units	Distance (km)	Mode	Footprint
Bricks	160	160	Road	41,56
Steel: Wire – V irgin	7	130	Road	21,25
Concrete: XC1	60	100	Road	16,95
Concrete: XC4	35	100	Road	11,12

Tabela 4p.18. LCA emisije ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju modela MG – 2

Significant materials (figures include transport to site)		Emission reduction tips (see also: User Guide)		
1.	Bricks	35,86	tonnes CO2e	Consider the use of reclaimed bricks. Where used for cladding consider alternatives e.g. timber or textured/coloured concrete finishes.
2.	Concrete: XC1	16,947	tonnes CO2e	The carbon footprint of concrete is comparatively high and can often be reduced by replacing some of the cement or primary aggregates in the concrete mix with recycled or secondary materials. See Carbon Reduction Tips section on the 'User guide' sheet for more information.
3.	Concrete: XC4	11,120	tonnes CO2e	The carbon footprint of concrete is comparatively high and can often be reduced by replacing some of the cement or primary aggregates in the concrete mix with recycled or secondary materials. See Carbon Reduction Tips section on the 'User guide' sheet for more information.
4.	Steel: General - UK (EU) Average Recycled Content	10,332	tonnes CO2e	
5.	Mortar (1:1:6 cement:lime:sand mix)	8,241	tonnes CO2e	Consider specifying a mortar that has GGBS / Fly Ash as a constituent.
6.	Personnel travel (estimated)	6,710	tonnes CO2e	
7.	Mortar (1:3 cement:sand mix)	6,566	tonnes CO2e	Consider specifying a mortar that has GGBS / Fly Ash as a constituent.
8.	Paint: general	5,842	tonnes CO2e	
9.	Waste removal - Wood - Landfill	5,570	tonnes CO2e	The disposal of wood to landfill should be avoided as it is a material of high recycling / reuse potential.
10.	Insulation: polyurethane	4,888	tonnes CO2e	
11.	Plant and equipment - Grid electricity	4,009	tonnes CO2e	
12.	Clay tile	3,498	tonnes CO2e	
13.	Insulation: polystyrene	3,453	tonnes CO2e	
14.	Plastics: general	3,325	tonnes CO2e	
15.	Timber: general	3,241	tonnes CO2e	Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
16.	Copper: EU Tube & Sheet	2,735	tonnes CO2e	Also consider using eco cabins.
17.	Site accommodation - Grid electricity	2,005	tonnes CO2e	
18.	High Density Polyethylene (HDPE) Resin	1,946	tonnes CO2e	
19.	Quarried aggregate	1,787	tonnes CO2e	Consider using a proportion of recycled aggregates, preferably sourced on site. In general, the use of secondary materials is preferable to primary; however certain conditions apply (see Carbon Reduction Tips section in User Guide section).

20.	Plaster: general (Gypsum)	1,403	tonnes CO2e	It may be possible to connect to the grid rather than using fuel oil in order to reduce the carbon impact of certain types of equipment.
21.	Primary glass	1,380	tonnes CO2e	
22.	Ceramics: general	1,351	tonnes CO2e	
23.	Plant and equipment - Diesel	1,302	tonnes CO2e	
24.	Waterborne paint	1,276	tonnes CO2e	The disposal of plasterboard to landfill is a waste of a valuable gypsum source and can cause environmental problems.
25.	Waste removal - Plasterboard - Landfill	0,757	tonnes CO2e	
26.	Waste removal - Aggregates (Rubble) - Landfill	0,555	tonnes CO2e	Bitumen is not easy to substitute; however consider increasing strength by using a polymer (similar carbon footprints but leads to a stronger material, thereby requiring less material in total).
27.	Bitumen	0,506	tonnes CO2e	
28.	Reclaimed timber	0,485	tonnes CO2e	Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
29.	Damp Proof Course/Membrane	0,446	tonnes CO2e	
30.	PVC pipe	0,325	tonnes CO2e	
31.	Waste removal - Mixed municipal waste - Landfill	0,294	tonnes CO2e	
32.	HDPE Pipe	0,254	tonnes CO2e	
33.	Waste removal - Organic Waste: Garden Waste - Landfill	0,217	tonnes CO2e	
34.	Waste removal - Mixed commercial and industrial waste - Lanfill	0,203	tonnes CO2e	Consider water efficiency options, such as waterless urinals, rainwater harvesting etc.
35.	Plant and equipment - Water	0,095	tonnes CO2e	
36.	Waste removal - Silt / Soil - Landfill	0,071	tonnes CO2e	Consider water efficiency options, such as waterless urinals, rainwater harvesting etc.
37.	Site accommodation - Water	0,011	tonnes CO2e	
38.	Waste removal - Glass - Landfill	0,003	tonnes CO2e	
39.	Operational			
40.	Total Carbon Footprin			

Tabela 4p.19. Ugljenični otisak za MG – 2, materijali sa najvećim ugljeničnim otiskom, mogućnost zamene sa drugim materijalima

Alternative 1	Lifetime Operation Footprint:			0
	Construction Footprint:			144,10
Title: MG – 2				
Material	Tonnage/Units	Distance (km)	Mode	Footprint
Steel: General – UK (EU) Average Recycled Content	7	130	Road	10,3
Bricks	130	100	Road	35,9
Steel: Wire - Virgin				0,0
Concrete: XC1	60	70	Road	16,4
Concrete: XC4	35	70	Road	10,8

Tabela 4p.20. LCA emisije ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju modela MG – 3

MG – 3

Significant materials (figures include transport to site)		Emission reduction tips (see also: User Guide)		
1.	Bricks	15,066	tonnes CO2e	Consider the use of reclaimed bricks. Where used for cladding consider alternatives e.g. timber or textured/coloured concrete finishes.
2.	Concrete: XC2	10,469	tonnes CO2e	The carbon footprint of concrete is comparatively high and can often be reduced by replacing some of the cement or primary aggregates in the concrete mix with recycled or secondary materials. See Carbon Reduction Tips section on the 'User guide' sheet for more information.
3.	Steel: General - UK (EU) Average Recycled Content	12,9	tonnes CO2e	
4.	Mortar (1:1:6 cement:lime:sand mix)	7,671	tonnes CO2e	Consider specifying a mortar that has GGBS / Fly Ash as a constituent.
5.	Personnel travel (estimated)	6,710	tonnes CO2e	
6.	Mortar (1:2:9 cement:lime:sand mix)	6,665	tonnes CO2e	Consider specifying a mortar that has GGBS / Fly Ash as a constituent.
7.	Mortar (1:3 cement:sand mix)	6,200	tonnes CO2e	Consider specifying a mortar that has GGBS / Fly Ash as a constituent
8.	Paint: general	5,874	tonnes CO2e	
9.	Waste removal - Wood - Landfill	5,570	tonnes CO2e	The disposal of wood to landfill should be avoided as it is a material of high recycling / reuse potential.
10.	Insulation: polyurethane	4,888	tonnes CO2e	
11.	Plant and equipment - Grid electricity	4,009	tonnes CO2e	
12.	Insulation: polystyrene	3,453	tonnes CO2e	
13.	Clay tile	3,438	tonnes CO2e	
14.	Plastics: general	3,325	tonnes CO2e	
15.	Timber: general	3,241	tonnes CO2e	Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
16.	Copper: EU Tube & Sheet	2,735	tonnes CO2e	
17.	Site accommodation - Grid electricity	2,005	tonnes CO2e	Also consider using eco cabins.
18.	High Density Polyethylene (HDPE) Resin	1,946	tonnes CO2e	
19.	Quarried aggregate	1,787	tonnes CO2e	Consider using a proportion of recycled aggregates, preferably sourced on site. In general, the use of secondary materials is preferable to primary, however certain conditions apply (see Carbon Reduction Tips section in User Guide section)
20.	Plaster: general (Gypsum)	1,403	tonnes CO2e	
21.	Primary glass	1,380	tonnes CO2e	

22.	Ceramics: general	1,351	tonnes CO2e	
23.	Plant and equipment - Diesel	1,300	tonnes CO2e	It may be possible to connect to the grid rather than using fuel oil in order to reduce the carbon impact of certain types of equipment.
24.	Waterborne paint	1,276	tonnes CO2e	
25.	Waste removal - Plasterboard - Landfill	0,757	tonnes CO2e	The disposal of plasterboard to landfill is a waste of a valuable gypsum source and can cause environmental problems.
26.	Waste removal - Aggregates (Rubble) - Landfill	0,555	tonnes CO2e	
27.	Bitumen	0,506	tonnes CO2e	Bitumen is not easy to substitute; however consider increasing strength by using a polymer (similar carbon footprints but leads to a stronger material, thereby requiring less material in total).
28.	Reclaimed timber	0,485	tonnes CO2e	Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
29.	Damp Proof Course/Membrane	0,446	tonnes CO2e	
30.	PVC pipe	0,325	tonnes CO2e	
31.	Waste removal - Mixed municipal waste - Landfill	0,294	tonnes CO2e	
32.	HDPE Pipe	0,254	tonnes CO2e	
33.	Waste removal - Organic Waste: Garden Waste - Landfill	0,217	tonnes CO2e	
34.	Waste removal - Mixed commercial and industrial waste - Lanfill	0,203	tonnes CO2e	
35.	Plant and equipment - Water	0,095	tonnes CO2e	Consider water efficiency options, such as waterless urinals, rainwater harvesting etc.
36.	Waste removal - Silt / Soil - Landfill	0,071	tonnes CO2e	
37.	Site accommodation - Water	0,011	tonnes CO2e	Consider water efficiency options, such as waterless urinals, rainwater harvesting etc.
38.	Waste removal - Glass - Landfill	0,003	tonnes CO2e	
39.	Operational	0,00	tonnes CO2e	
40.	Total Carbon Footprin	115,40	tonnes CO2e	

Tabela 4p.21. Ugljenični otisak za MG – 3, materijala sa najvećim ugljeničnim otiskom, mogućnost zamene drugim materijalima

Alternative 2	Lifetime Operation Footprint:				0
	Construction Footprint:				115,40
Title: MG – 3					
Material	Tonnage/ Units	Distance (km)	Model	Foot print	
Steel: General – UK (EU) Average Recycled Content	7	130	Road	12,9	
Mortar (1:2:9 cement:lime:sand mix)	42	90	Road	7,0	
Concrete: XC2	40	90	Road	4,7	
Bricks	60	90	Road	15,1	
Steel: Wire - Virgin				0,0	
Concrete: XC2				0,0	
Concrete: XC4				0,0	

7. Prilog 4 – D. Analiza uticaja na životnu sredinu, u fazi projekta za izvođenje za različite modele MY od kolevke do perioda početka korišćenja objekta.

Objekat sa zidovima i tavanicama od Ytong proizvoda

Tabela 4p.22. Struktura sklopova za zidove, podove i tavanice, bitna za proračun LCA i energetski razred C za model MY na nivou projekta za izvođenje

MY	Ytong, Bela tavanica i AB
1.	Druga vaijanta .
	Fasadni zidovi : Varijanta 1 1. Tankoslojni mater 5-6mm, 2. Ytong blok 25 cm, 3. Termo izolacija mineralna vuna 10cm, 4. Mrežica i lepak, 5. Fasadni malter, dekurender 3-5mm
1.1.	Fasadni zidovi : Varijanta 2 1. Tankoslojni mater 5-6mm, 2. Ytong blok TB ekstra 37,5cm, 3. Fasadni malter, dekurender 3-5mm
1.2.	Pregradni zidovi : 1. Tankoslojni mater 5-6mm, 2. Ytong blok 10 cm, 3. Tankoslojni mater 5-6mm,
1.3.	Slojevi poda 1 : 1. Parket 2,4cm, 2. Cementna košuljica 4cm, 3. PE folija, 4. Termo izolacija Austroterm 10cm, 5. Betonska ploča 10cm, 6. Zaštita hidro izolacije, 7. Hidroizolacija, kondor 3, 8. Mršavi beton 5cm, 9. Tampon šljunka 10cm,
1.4.	Slojevi poda 2 : 1. Keramika 0,8cm, 2. Zaštita hidro izolacije 3 3. Hidro izolacija polijasbitol, 4. Cementna košuljica 3-5cm, 5. PE folija, 6. Termo izolacija Austroterm 10cm, 7. Zaštita hidro izolacije, 8. Hidroizolacija, kondor 3, 9. Betonska ploča 10cm, 10. Tampon šljunka 10cm,
1.5.	Slojevi tavanice : 1. Tankoslojni mater 5-6mm, 2. Bela Ytong tavanica 20cm, 3. Sloj za monolitizaciju 1cm, 4. Termo izolacija Austroterm 10cm,

Tabela 4p.23. Analizirani ulazi građevinskih materijala u životnom ciklusu zgrade, MY – 1 na nivou glavnog projekta. Količine su određene prema Građevinskim normama¹ i tehničkim listovima proizvođača²

MY	Potrebne količine materijala za izgradnju zgrade od neto 119,70 m ² , bruto 154,69 m ² Ytong, Bela tavanica i AB	Jedinica mere
	Šljunak za nasipanje tampona 10cm	23m ²
	Šljunak za nasipanje ispod podne ploče	52m ³
		Ukupno 75m ³
		Betona MB 20
	Kao zaštite hidro izolacije	8m ³
		Ukupno 8 m ³
		Betona MB 20
	Za podnu ploču 170m ²	20m ³
	Za temelje i temeljne zidove	35m ³
	Za trotoare i prilazne staze	7,5m ³
		Ukupno MB20 - 62,5 m ³
		Betona MB 30
	Za vertikalne i horizontalne serklaže, nadvratnike i nadprozornike MB30	20m ³
		Betona MB 30 ukupno 20m ³
		Cementnih košuljica
	Cementne košuljice 3-4cm	130m ² a to je 5,2m ³
	Armature za temelje i podnu ploču	2 tone
	Armature za stubove i grede i tavanicu	2 tona
	Ukupno armature za objekat	Za ceo objekat količina armature 4,5 tone
	Potrebne količine materijala	Ytong proizvodi za zidove i tavanice
	Za fasane zidove	Ytong fasadni zidovi od 25 57m ³
	Za pregradne zidove	Itong pregradni paneli 5,5m ³
	Za tavanicu	Ytong belu tavanice 25m ³
		Ukupno Ytong proizvoda 92m ³
		Tankoslojni malter
	Za zidove fasadne – zidanje 18kg pom3	1026kg
	Za zidove pregradne-zidanje 18kg pom3	100kg
	Za monolitizaciju bele tavanice- monolitizacija	850kg
		Ukupno tankoslojnog maltera 2000kg
		Plaster za malterisanje
	Za zidove fasadne i pregradne- malterisanje	1,520tona
	Za monolitizaciju bele tavanice- malterisanje	0,52 tona
		Ukupno Plastera 2 tone
		Mase za gletovanje
	Za zidove fasadne - malterisanje	570 kg
	Za zidove pregradne-malterisanje	
	Za gletovanje bele tavanice- malterisanje	200kg
		Ukupno mase za gletovanje, oko 800 kg
	Stubovi 20/20	Kom 16 /260cm a to je 1,70m ³
	Za dimnjake	Prefabrikovanih dimnjačkih elemenata 4,5m ³

¹ Norme i standardi rada u građevinarstvu, Visokogradnja, Knjiga 2, IRO Građevinska knjiga Beograd 1987.

² Ytong, tehnički listovi

		Ukupno
	Krovna konstrukcija	
	Daščanje krova, moze OSB	210m ² a to je 4,6m ³
	Ili OSB	OSB 4,6m ³
	Konstrukcija krova na prave stolice	12,m ³
	Letvisanje krova,	1680m ¹ a to je 4,6m ³
	Opšivanje streha	1,5m ³
		Ukupno drvene građe 18,7m ³
	Ovo može biti primenjeno za gips karton ploče ili malterisanje	Malterisanje, krečni malter 1,5cm
	Za fasadne zidove	200m ²
	Za pregradne zidove	150m ²
	Za tavanicu	120m ²
		Ukupno malterisanja 480m ² što je 7,1m ³ -10% za rastur i špaletne ukupno 7,8m ³
		Gips karton ploče
	Za fasadne zidove	200m ²
	Za pregradne zidove	180m ²
	Za tavanicu	130m ²
		Ukupno gips karton ploča 480m ² a to je 6,75m ³
	Za suvi estrih gips karton ploče	
	Pod varijanta sa suvim estrihom umesto cementne košuljice	130m ² + 130m ² = 260m ² 3,5m ³
		Ukupno gips karton ploča d=12,5mm 3,5m ³
		Termo izolacija mineralna vuna 10cm
	Za fasane zidove	250m ²
		Ukupno mineralne vune za fasadne zidove d=10cm 250m ² što je 25m ³
		Termo izolacija mineralna vuna d= 15cm
	Za tavanicu	130m ²
		Ukupno mineralna vuna d=15cm 130m ² što je 210m ³
	Za pod	Termo izolacija austroterm d= 10cm 130m ² a to je 13m ³
	Mase za gletovanje 1,5kg-m ²	700kg
	Fasadnog maltera	900kg
	Parquet ili brodski pod	3m ³
		Lepka 240 kg
		Laka 30 litara
	Keramičke pločice	86m ² 1m ²
	Lepak za pločice	Lepka 250kg ili 3,2m ³ cementa
	Crep, biber	10500 komada, 1 paleta je 640 komada crepa težina je 1050kg, što je 15,5 paleta ili 1050, što je 16,25 tona

Tabela 4p.24. LCA emisije ugljenika za grupe materijala za izgradnju modela MY – 1

MY – 1		Emission reduction tips (see also: User Guide)	
Significant materials (figures include transport to site)			
1.	Concrete: XC2	15,535 tonnes CO2e	The carbon footprint of concrete is comparatively high and can often be reduced by replacing some of the cement or primary aggregates in the concrete mix with recycled or secondary materials. See Carbon Reduction Tips section on the 'User guide' sheet for more information.
2.	Concrete: XC4	9,532 tonnes CO2e	The carbon footprint of concrete is comparatively high and can often be reduced by replacing some of the cement or primary aggregates in the concrete mix with recycled or secondary materials. See Carbon Reduction Tips section on the 'User guide' sheet for more information.
3.	Block - 12 Mpa Compressive Strength	9,363 tonnes CO2e	
4.	Mortar (1:3 cement:sand mix)	6,300 tonnes CO2e	Consider specifying a mortar that has GGBS / Fly Ash as a constituent.
5.	Personnel travel (estimated)	6,000 tonnes CO2e	
6.	Waste removal - Wood - Landfill	7,6 tonnes CO2e	The disposal of wood to landfill should be avoided as it is a material of high recycling / reuse potential.
7.	Steel: Wire - Virgin	15,780 tonnes CO2e	Note that there is no net benefit from ordering 100% recycled steel.
8.	Insulation: polyurethane	4,888 tonnes CO2e	
9.	Paint: general	4,382 tonnes CO2e	
10.	Plant and equipment - Grid electricity	3,787 tonnes CO2e	
11.	Insulation: polystyrene	3,453 tonnes CO2e	
12.	Clay tile	3,446 tonnes CO2e	
13.	Plastics: general	3,325 tonnes CO2e	
14.	Timber: general	3,162 tonnes CO2e	Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
15.	Copper: EU Tube & Sheet	2,735 tonnes CO2e	
16.	Mortar (1:2:9 cement:lime:sand mix)	2,008 tonnes CO2e	Consider specifying a mortar that has GGBS / Fly Ash as a constituent.
17.	High Density Polyethylene (HDPE) Resin	1,946 tonnes CO2e	
18.	Site accommodation - Grid electricity	1,871 tonnes CO2e	Also consider using eco cabins.
19.	Quarried aggregate	1,787 tonnes CO2e	Consider using a proportion of recycled aggregates, preferably sourced on site. In general, the use of secondary materials is preferable to primary; however certain conditions apply (see Carbon Reduction Tips section in User Guide section).
20.	Ceramics: general	1,422 tonnes CO2e	

21.	Plant and equipment - Diesel	1,302	tonnes CO2e	It may be possible to connect to the grid rather than using fuel oil in order to reduce the carbon impact of certain types of equipment.
22.	Waterborne paint	1,276	tonnes CO2e	
23.	Plaster: general (Gypsum)	1,091	tonnes CO2e	The disposal of plasterboard to landfill is a waste of a valuable gypsum source and can cause environmental problems.
24.	Primary glass	0,920	tonnes CO2e	
25.	Waste removal - Plasterboard - Landfill	0,757	tonnes CO2e	
26.	Waste removal - Aggregates (Rubble) - Landfill	0,555	tonnes CO2e	
27.	Bitumen	0,506	tonnes CO2e	Bitumen is not easy to substitute; however consider increasing strength by using a polymer (similar carbon footprints but leads to a stronger material, thereby requiring less material in total.
28.	Reclaimed timber	0,485	tonnes CO2e	
29.	Damp Proof Course/Membrane	0,446	tonnes CO2e	Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
30.	PVC pipe	0,325	tonnes CO2e	
31.	Waste removal - Mixed municipal waste - Landfill	0,294	tonnes CO2e	Consider water efficiency options, such as waterless urinals, rainwater harvesting etc. Consider water efficiency options, such as waterless urinals, rainwater harvesting etc.
32.	HDPE Pipe	0,254	tonnes CO2e	
33.	Waste removal - Organic Waste: Garden Waste - Landfill	0,217	tonnes CO2e	
34.	Waste removal - Mixed commercial and industrial waste - Landfill	0,203	tonnes CO2e	
35.	Waste removal - Silt / Soil - Landfill	0,119	tonnes CO2e	
36.	Plant and equipment - Water	0,089	tonnes CO2e	
37.	Site accommodation - Water	0,011	tonnes CO2e	
38.	Waste removal - Glass - Landfill	0,003	tonnes CO2e	
39.	Operational	0,00	tonnes CO2e	
40.	Total Carbon Footprint	112,50	tonnes CO2e	

Tabela 4p.25. Ugljenični otisak za MY – 1, materijali sa najvećim ugljeničnim otiskom

Baseline	Lifetime Operation Footprint:			0
	Construction Footprint:			112,50
Title: MY – 1				
Material	Tonnage/Units	Distance (km)	Mode	Footprint
Concrete: XC2	55	100	Road	15,53
Concrete: XC4	30	100	Road	9,53
Block - 12 Mpa Compressive Strength	90	130	Road	9,36
Mortar (1:3 cement:sand mix)	27	100	Road	6,30
Steel: Wire - Virgin	4,5	130	Road	15,78
Personnel travel (estimated)	-	-	-	6,00
Waste removal - Wood - Landfill	7	30	Road	5,57

Tabela 4p.26. LCA emisije ugljenika za grupe materijala korišćenih za izgradnju modela MY – 2

MY – 2		Emission reduction tips (see also: User Guide)	
Significant materials (figures include transport to site)			
1.	Block - 12 Mpa Compressive Strength	9,363 tonnes CO2e	
2.	Concrete: XC2	6,984 tonnes CO2e	The carbon footprint of concrete is comparatively high and can often be reduced by replacing some of the cement or primary aggregates in the concrete mix with recycled or secondary materials. See Carbon Reduction Tips section on the 'User guide' sheet for more information.
3.	Mortar (1:3 cement:sand mix)	6,300 tonnes CO2e	Consider specifying a mortar that has GGBS / Fly Ash as a constituent.
4.	Personnel travel (estimated)	6,000 tonnes CO2e	
5.	Concrete: XC4	5,914 tonnes CO2e	The carbon footprint of concrete is comparatively high and can often be reduced by replacing some of the cement or primary aggregates in the concrete mix with recycled or secondary materials. See Carbon Reduction Tips section on the 'User guide' sheet for more information.
6.	Waste removal - Wood - Landfill	5,570 tonnes CO2e	The disposal of wood to landfill should be avoided as it is a material of high recycling / reuse potential.
7.	Steel: General - UK (EU) Average Recycled Content	5,166 tonnes CO2e	
8.	Insulation: polyurethane	4,888 tonnes CO2e	
9.	Paint: general	4,382 tonnes CO2e	
10.	Plant and equipment - Grid electricity	3,787 tonnes CO2e	
11.	Insulation: polystyrene	3,453 tonnes CO2e	
12.	Clay tile	3,446 tonnes CO2e	
13.	Plastics: general	3,325 tonnes CO2e	Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
14.	Timber: general	3,162 tonnes CO2e	
15.	Copper: EU Tube & Sheet	2,735 tonnes CO2e	
16.	Mortar (1:2:9 cement:lime:sand mix)	2,008 tonnes CO2e	Consider specifying a mortar that has GGBS / Fly Ash as a constituent.
17.	High Density Polyethylene (HDPE) Resin	1,946 tonnes CO2e	
18.	Site accommodation - Grid electricity	1,871 tonnes CO2e	Also consider using eco cabins.
19.	Quarried aggregate	1,787 tonnes CO2e	Consider using a proportion of recycled aggregates, preferably sourced on site. In general, the use of secondary materials is preferable to primary; however certain conditions apply (see Carbon Reduction Tips section in User Guide section).
20.	Ceramics: general	1,422 tonnes CO2e	

21.	Plant and equipment - Diesel	1,302	tonnes CO2e	It may be possible to connect to the grid rather than using fuel oil in order to reduce the carbon impact of certain types of equipment.
22.	Waterborne paint	1,276	tonnes CO2e	
23.	Plaster: general (Gypsum)	1,091	tonnes CO2e	
24.	Primary glass	0,920	tonnes CO2e	
25.	Waste removal - Plasterboard - Landfill	0,757	tonnes CO2e	The disposal of plasterboard to landfill is a waste of a valuable gypsum source and can cause environmental problems.
26.	Waste removal - Aggregates (Rubble) - Landfill	0,555	tonnes CO2e	
27.	Bitumen	0,506	tonnes CO2e	Bitumen is not easy to substitute; however consider increasing strength by using a polymer (similar carbon footprints but leads to a stronger material, thereby requiring less material in total).
28.	Reclaimed timber	0,485	tonnes CO2e	Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
29.	Damp Proof Course/Membrane	0,446	tonnes CO2e	
30.	PVC pipe	0,325	tonnes CO2e	
31.	Waste removal - Mixed municipal waste - Landfill	0,294	tonnes CO2e	
32.	HDPE Pipe	0,254	tonnes CO2e	
33.	Waste removal - Organic Waste: Garden Waste - Landfill	0,217	tonnes CO2e	
34.	Waste removal - Mixed commercial and industrial waste - Landfill	0,203	tonnes CO2e	
35.	Waste removal - Silt / Soil - Landfill	0,119	tonnes CO2e	
36.	Plant and equipment - Water	0,089	tonnes CO2e	Consider water efficiency options, such as waterless urinals, rainwater harvesting etc.
37.	Site accommodation - Water	0,011	tonnes CO2e	Consider water efficiency options, such as waterless urinals, rainwater harvesting etc.
38.	Waste removal - Glass - Landfill	0,003	tonnes CO2e	
39.	Operational	0,00	tonnes CO2e	
40.	Total Carbon Footprin	98,40	tonnes CO2e	

Tabela 4p.27. Ugljenični otisak za model MY – 2, materijali sa najvećim ugljeničnim otiskom skupa sa transportom

Alternative 1	Lifetime Operation Footprint: 0			
	Construction Footprint: 98,40			
Title: MY – 2				
Material	Tonnage/Units	Distance (km)	Mode	Footprint
Concrete: XC2	55	100	Road	7,0
Concrete: XC4	30	100	Road	5,9
Block – 12 Mpa Compressive Strength	90	130	Road	9,4
Mortar (1:3 cement:sand mix)	27	100	Road	6,3
Personnel travel (estimated)	7	30	Road	6,0
Waste removal - Wood - Landfill	7	30	Road	5,6

Tabela 4p.28. LCA emisije ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju modela MY – 3

MY – 3		Emission reduction tips (see also: User Guide)	
Significant materials (figures include transport to site)			
1.	Block - 12 Mpa Compressive Strength	7,282 tonnes CO2e	
2.	Concrete: XC1	6,984 tonnes CO2e	The carbon footprint of concrete is comparatively high and can often be reduced by replacing some of the cement or primary aggregates in the concrete mix with recycled or secondary materials. See Carbon Reduction Tips section on the 'User guide' sheet for more information.
3.	Mortar (1:3 cement:sand mix)	6,300 tonnes CO2e	Consider specifying a mortar that has GGBS / Fly Ash as a constituent.
4.	Concrete: XC4	5,914 tonnes CO2e	The carbon footprint of concrete is comparatively high and can often be reduced by replacing some of the cement or primary aggregates in the concrete mix with recycled or secondary materials. See Carbon Reduction Tips section on the 'User guide' sheet for more information.
5.	Steel: General - UK (EU) Average Recycled Content	5,166 tonnes CO2e	
6.	Insulation: polyurethane	4,888 tonnes CO2e	
7.	Waste removal - Wood - Landfill	4,774 tonnes CO2e	The disposal of wood to landfill should be avoided as it is a material of high recycling / reuse potential.
8.	Paint: general	4,382 tonnes CO2e	
9.	Plant and equipment - Grid electricity	3,787 tonnes CO2e	
10.	Insulation: polystyrene	3,453 tonnes CO2e	
11.	Clay tile	3,446 tonnes CO2e	
12.	Plastics: general	3,325 tonnes CO2e	
13.	Timber: general	3,162 tonnes CO2e	Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
14.	Copper: EU Tube & Sheet	2,735 tonnes CO2e	
15.	Mortar (1:2:9 cement:lime:sand mix)	2,008 tonnes CO2e	Consider specifying a mortar that has GGBS / Fly Ash as a constituent.
16.	High Density Polyethylene (HDPE) Resin	1,946 tonnes CO2e	
17.	Site accommodation - Grid electricity	1,871 tonnes CO2e	Also consider using eco cabins.
18.	Quarried aggregate	1,787 tonnes CO2e	Consider using a proportion of recycled aggregates, preferably sourced on site. In general, the use of secondary materials is preferable to primary; however certain conditions apply (see Carbon Reduction Tips section in User Guide section).
19.	Block - 8MPa Compressive Strength	1,581 tonnes CO2e	
20.	Ceramics: general	1,422 tonnes CO2e	

21.	Plant and equipment - Diesel	1,302	tonnes CO2e	It may be possible to connect to the grid rather than using fuel oil in order to reduce the carbon impact of certain types of equipment.
22.	Waterborne paint	1,276	tonnes CO2e	
23.	Plaster: general (Gypsum)	1,091	tonnes CO2e	
24.	Primary glass	0,920	tonnes CO2e	
25.	Waste removal - Plasterboard - Landfill	0,757	tonnes CO2e	
26.	Bitumen	0,506	tonnes CO2e	The disposal of plasterboard to landfill is a waste of a valuable gypsum source and can cause environmental problems. Bitumen is not easy to substitute; however consider increasing strength by using a polymer (similar carbon footprints but leads to a stronger material, thereby requiring less material in total).
27.	Reclaimed timber	0,485	tonnes CO2e	
28.	Damp Proof Course/Membrane	0,446	tonnes CO2e	Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
29.	Waste removal - Aggregates (Rubble) - Landfill	0,370	tonnes CO2e	
30.	PVC pipe	0,325	tonnes CO2e	
31.	Waste removal - Mixed municipal waste - Landfill	0,294	tonnes CO2e	
32.	HDPE Pipe	0,254	tonnes CO2e	
33.	Waste removal - Organic Waste: Garden Waste - Landfill	0,217	tonnes CO2e	
34.	Waste removal - Mixed commercial and industrial waste - Landfill	0,203	tonnes CO2e	
35.	Waste removal - Silt / Soil - Landfill	0,119	tonnes CO2e	
36.	Plant and equipment - Water	0,089	tonnes CO2e	
37.	Site accommodation - Water	0,011	tonnes CO2e	
38.	Waste removal - Glass - Landfill	0,003	tonnes CO2e	Consider water efficiency options, such as waterless urinals, rainwater harvesting etc.
39.	Operational	0,00	tonnes CO2e	
40.	Total Carbon Footprint	84,90	tonnes CO2e	Consider water efficiency options, such as waterless urinals, rainwater harvesting etc.

Tabela 4p.29. Ugljenični otisak za MY – 3, materijali sa najvećim ugljeničnim otiskom, mogućnost zamene drugim materijalima

Alternative 2	Lifetime Operation Footprint:				0
	Construction Footprint:				84,90
Title: MY – 3					
Material	Tonnage/Units	Distance (km)	Mode	Footprint	
New material Block - 10 Mpa Compressive Strength	20	130	Road	1,6	
Concrete: XC2	55	100	Road	7,0	
Concrete: XC4	30	100	Road	5,9	
Block - 12 Mpa Compressive Strength	70	130	Road	7,3	
Mortar (1:3 cement:sand mix)	27	100	Road	6,3	
Personnel travel (estimated)		30	Road	6,0	
Waste removal - Wood - Landfill	7	30	Road	5,6	

8. Prilog 4 – D. Analiza uticaja na životnu sredinu, u fazi projekta za izvođenje za različite modele MD od kolevke do perioda početka korišćenja objekta.

Objekat sa zidovima od drvenih panela i tavanicom od drvenih greda

Tabela 4p.30. Struktura sklopova za zidove, podove i tavanice, bitna za proračun LCA i energetski razred C za model MD na nivou projekta za izvođenje

MD	Prefabrikovani drveni paneli, i AB temeljne trake i podna ploča.
1.	Prva vaijanta 17.03.2017. neto 119,70 m2, bruto 154,69 m2
1.1.	Fasadni zidovi : <ol style="list-style-type: none"> 1. Gips karton ploče 9,5cm, 2. Iverica 1,8cm, 3. Drveni paneli ispuna je mineralna vuna 10cm, 4. iverica 1,8cm 5. Termo izolacija polistiren 10cm, 6. Mrežica i lepak, 7. Fasadni malter, dekurender 3-5mm
1.2.	Pregradni zidovi : <ol style="list-style-type: none"> 1. Gips karton ploče 9,5mm, 2. Iverica 1,8cm, 3. Drveni roštilj od gredica 8/8, između je zvučna izolacija, 4. Iverica 1,8cm, 5. Gips karton ploče 9,5mm,
1.3.	Slojevi poda 1 : <ol style="list-style-type: none"> 1. Parket 2,4cm, 2. Cementna košuljica 4cm, 3. PE folija, 4. Termo izolacija Austroterm 10cm, 5. Zaštita hidro izolacije, 6. Hidroizolacija, kondor 3, 7. Betonska ploča 10cm, 8. Mršavi beton 5cm, 9. Tampon šljunka 10cm,
1.4.	Slojevi poda 2 : <ol style="list-style-type: none"> 1. Keramika 0,8cm, 2. Zaštita hidro izolacije 3 3. Hidro izolacija poliasbitol, 4. Cementna košuljica 3-5cm, 5. PE folija, 6. Termo izolacija Austroterm 10cm, 7. Zaštita hidro izolacije, 8. Hidroizolacija, kondor 3, 9. Betonska ploča 10cm, 10. Mršavi beton 5cm, 11. Tampon šljunka 10cm,
1.5.	Slojevi tavanice : <ol style="list-style-type: none"> 1. Gips karton ploče 9,5mm, 2. Iverica i drveni roštilj, 3. PE folija, 4. Mineralna vuna 20cm, 5. PE folija, 6. Daske 1,8cm,

Tabela 4p.31. Analizirani ulazi građevinskih materijala u životnom ciklusu zgrade, MD – 1 na nivou projekta za izvođenje, količine su određene prema Građevinskim normama³

MD	Potrebne količine materijala za izgradnju zgrade neto 119,70 m ² , bruto 154,69 m ² , varijanta C Drveni paneli	Jedinica mere
	Šljunak za nasipanje tampona 10cm	23m ³
	Šljunak za nasipanje ispod podne ploče	52m ³
		Ukupno 75m ³
		Betona MB 20
	Kao zaštite hidro izolacije	8m ³
		Ukupno 8 m ³
		Betona MB 20
	Za podnu ploču 170m ²	20m ³
	Za temelje i temeljne zidove	35m ³
	Za totoareni prilazne staze	7,5m ³
		Ukupno 62,5 m ³
		Cementnih košuljica
	Cementne košuljice 3-4cm	130m ² a to je 4m ³
	Armature za temelje i podnu ploču	2,5 tone
	Potrebne količine materijala	Drvene gredice za kostur panela
	Za fasande zidove	1020m ¹ dimenzije 10/10
	Za pregradne zidove	390m ¹ dimenzije 10/10
		Ukupno 14,1 m ³ drveta
	Za tavanicu	520m ¹ 8/8 a to je 3,4m ³
		14,1 m ³ + 3,4m ³ = 17,5m ³
	Stubovi 20/20	Kom 16 /260cm a to je 1,70m ³
		Ukupno
	Krovnna konstrukcija	
	Daščanje krova, moze OSB	210m ² a to je 4,6m ³
		OSB 4,6m ³
	Rešetkastasta konstrukcija krova	15,2m ³
	Letvisanje krova,	1680m ¹ a to je 4,6m ³
	Opšivanje streha	1,5m ³
		Ukupno drvene građe 21,3m ³
		Iverice 19mm
	Za fasane zidove	380m ²
	Za pregradne zidove	120m ²
		Ukupno 500m ² odnosno 10m ³
	Za tavanicu	130m ² -130m ² = 260m ²
		Ukupno iverice 15,1m ³
		Gips karton ploče
	Za fasane zidove	200m ²
	Za pregradne zidove	120m ²
	Za tavanicu	130m ²
		Ukupno gips karton ploča 450m ² a to je 6,75m ³
	Za suvi estrih gips karton ploče	
	Pod Stavljena je umesto cementne košuljice	130m ² +130m ² = 260m ² 3,5m ³
		Ukupno gips karton ploča d=12mm 3,5m ³

³ Norme i standardi rada u građevinarstvu, Visokogradnja, Knjiga 2, IRO Građevinska knjiga Beograd 1987.

		Termo izolacija polistiren 10cm
	Za fasane zidove	250m ²
	Za pregradne zidove	-
		Ukupno polistirena d=10cm 250m ² što je 25m ³
		Termo izolacija minera vuna d= 10cm
	Za fasane zidove	200m ²
	Za pregradne zidove	-
		Ukupno mineralne vune d= 10cm 200m ² što je 20m ³
		Termo izolacija mineralna vuna d= 15cm
	Za tavanicu	130m ²
	Za pod	Termo izolacija austroterm d= 10cm 130m ² a to je 13m ³
		Ukupno mineralna vuna d=15cm 130m ² što je 210m ³
		Zvučna izolacija za pregradne zidove d=5cm
	Za fasane zidove	-
	Za pregradne zidove	60m ² što je 30m ³
		Ukupno mineralna vuna d=5cm 60m ² što je 30m ³
	Mase za gletovanje 1,5kg-m ²	700kg
	Fasadnog maltera	600kg
	Parquet ili brodski pod	3m ³
		Lepka 240 kg
		Laka 30 litara
	Keramičke pločice	86m ² 1m ²
	Lepak za pločice	Lepka 250kg ili 3,2m ³ cementa
	Crep, biber	10500 komada, 1 paleta je 640 komada crepa težina je 1050kg, što je 15,5 paleta ili 1050, što je 16,325 tona

Tabela 4p.32. LCA emisije ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju modela MD – 1

MD – 1		Emission reduction tips (see also: User Guide)	
Significant materials (figures include transport to site)			
1.	Concrete: XC2	19,150 tonnes CO2e	The carbon footprint of concrete is comparatively high and can often be reduced by replacing some of the cement or primary aggregates in the concrete mix with recycled or secondary materials. See Carbon Reduction Tips section on the 'User guide' sheet for more information.
2.	Steel: Wire - Virgin	9,108 tonnes CO2e	Note that there is no net benefit from ordering 100% recycled steel.
3.	Clay tile	3,445 tonnes CO2e	
4.	Timber: general	7,312 tonnes CO2e	Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
5.	Personnel travel (estimated)	6,151 tonnes CO2e	
6.	Waste removal - Wood - Landfill	5,570 tonnes CO2e	The disposal of wood to landfill should be avoided as it is a material of high recycling / reuse potential.
7.	Sawn Softwood	4,479 tonnes CO2e	Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
8.	Plant and equipment - Grid electricity	4,009 tonnes CO2e	
9.	Insulation: polystyrene	3,453 tonnes CO2e	
10.	Insulation: fibreglass (glasswool)	3,328 tonnes CO2e	
11.	Plastics: general	3,325 tonnes CO2e	
12.	Paint: general	2,921 tonnes CO2e	
13.	Copper: EU Tube & Sheet	2,735 tonnes CO2e	
14.	Plasterboard	2,703 tonnes CO2e	
15.	Waterborne paint	2,551 tonnes CO2e	
16.	Insulation: polyurethane	2,426 tonnes CO2e	
17.	Oriented Strand Board (OSB)	2,223 tonnes CO2e	Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
18.	Mortar (1:3 cement:sand mix)	2,067 tonnes CO2e	Consider specifying a mortar that has GGBS / Fly Ash as a constituent.
19.	Site accommodation - Grid electricity	2,005 tonnes CO2e	Also consider using eco cabins.
20.	High Density Polyethylene (HDPE) Resin	1,946 tonnes CO2e	
21.	Quarried aggregate	1,675 tonnes CO2e	Consider using a proportion of recycled aggregates, preferably sourced on site. In general, the use of secondary materials is preferable to primary; however certain conditions apply (see Carbon Reduction Tips section in User Guide section).
22.	Ceramics: Tiles and Cladding Panels	1,582 tonnes CO2e	

23.	Plant and equipment - Diesel	1,302	tonnes CO2e	It may be possible to connect to the grid rather than using fuel oil in order to reduce the carbon impact of certain types of equipment.
24.	Reclaimed timber	0,971	tonnes CO2e	Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
25.	Primary glass	0,920	tonnes CO2e	
26.	Waste removal - Plasterboard - Landfill	0,757	tonnes CO2e	The disposal of plasterboard to landfill is a waste of a valuable gypsum source and can cause environmental problems.
27.	Sawn Hardwood	0,739	tonnes CO2e	Consider hardwood alternatives, i.e. softwoods, recycled and potentially plastics if appropriate. Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
28.	Waste removal - Aggregates (Rubble) - Landfill	0,555	tonnes CO2e	
29.	Mortar (1:1:6 cement:lime:sand mix)	0,548	tonnes CO2e	Consider specifying a mortar that has GGBS / Fly Ash as a constituent.
30.	Bitumen	0,506	tonnes CO2e	Bitumen is not easy to substitute; however consider increasing strength by using a polymer (similar carbon footprints but leads to a stronger material, thereby requiring less material in total).
31.	Damp Proof Course/Membrane	0,446	tonnes CO2e	
32.	PVC pipe	0,325	tonnes CO2e	
33.	Waste removal - Mixed municipal waste - Landfill	0,294	tonnes CO2e	
34.	HDPE Pipe	0,254	tonnes CO2e	
35.	Waste removal - Organic Waste: Garden Waste - Landfill	0,217	tonnes CO2e	
36.	Waste removal - Mixed commercial and industrial waste - Landfill	0,203	tonnes CO2e	
37.	Plant and equipment - Water	0,095	tonnes CO2e	Consider water efficiency options, such as waterless urinals, rainwater harvesting etc.
38.	Waste removal - Silt / Soil - Landfill	0,071	tonnes CO2e	
39.	Site accommodation - Water	0,011	tonnes CO2e	Consider water efficiency options, such as waterless urinals, rainwater harvesting etc.
40.	Waste removal - Glass - Landfill	0,003	tonnes CO2e	
41.	Operational	0,00	tonnes CO2e	
42.	Total Carbon Footprint	102,50	tonnes CO2e	

Tabela 4p.33. Ugljenični otisak za MD – 1, materijala sa najvećim ugljeničnim otiskom

Baseline	Lifetime Operation Footprint: 0			
	Construction Footprint: 102,50			
Title: MD – 1				
Material	Tonnage/Units	Distance (km)	Mode	Footprint
Concrete: XC2	70	70	Road	19,15
Steel: Wire - Virgin	3	130	Road	9,11
Clay tile	16,3	100	Road	3,44
Timber: general	21,3	270	Road	7,31
Personnel travel (estimated)	-	30	Road	6,15
Waste removal - Wood - Landfill	7	30	Road	5,57

Tabela 4p.45. LCA procentualna emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju modela MD – 2

MD – 2		Emission reduction tips (see also: User Guide)
Significant materials (figures include transport to site)		
1.	Clay tile	3,44 tonnes CO2e
2.	Concrete: XC2	17,31 tonnes CO2e
3.	Timber: general	7,312 tonnes CO2e
4.	Personnel travel (estimated)	6,151 tonnes CO2e
5.	Waste removal - Wood - Landfill	5,570 tonnes CO2e
6.	Sawn Softwood	4,479 tonnes CO2e
7.	Plant and equipment - Grid electricity	4,009 tonnes CO2e
8.	Insulation: polystyrene	3,453 tonnes CO2e
9.	Insulation: fibreglass (glasswool)	3,328 tonnes CO2e
10.	Plastics: general	3,325 tonnes CO2e
11.	Paint: general	2,921 tonnes CO2e
12.	Copper: EU Tube & Sheet	2,735 tonnes CO2e
13.	Plasterboard	2,703 tonnes CO2e
14.	Waterborne paint	2,551 tonnes CO2e
15.	Insulation: polyurethane	2,426 tonnes CO2e
16.	Oriented Strand Board (OSB)	2,223 tonnes CO2e
17.	Mortar (1:3 cement:sand mix)	2,067 tonnes CO2e
18.	Site accommodation - Grid electricity	2,005 tonnes CO2e
19.	High Density Polyethylene (HDPE) Resin	1,946 tonnes CO2e
20.	Quarried aggregate	1,675 tonnes CO2e
21.	Ceramics: Tiles and Cladding Panels	1,582 tonnes CO2e

The carbon footprint of concrete is comparatively high and can often be reduced by replacing some of the cement or primary aggregates in the concrete mix with recycled or secondary materials. See Carbon Reduction Tips section on the 'User guide' sheet for more information.

Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.

The disposal of wood to landfill should be avoided as it is a material of high recycling / reuse potential.

Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.

Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.

Consider specifying a mortar that has GGBS / Fly Ash as a constituent.

Also consider using eco cabins.

Consider using a proportion of recycled aggregates, preferably sourced on site. In general, the use of secondary materials is preferable to primary; however certain conditions apply (see Carbon Reduction Tips section in User Guide section).

22.	Plant and equipment - Diesel	1,302	tonnes CO2e	It may be possible to connect to the grid rather than using fuel oil in order to reduce the carbon impact of certain types of equipment.
23.	Reclaimed timber	0,971	tonnes CO2e	Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
24.	Primary glass	0,920	tonnes CO2e	
25.	Waste removal - Plasterboard - Landfill	0,757	tonnes CO2e	The disposal of plasterboard to landfill is a waste of a valuable gypsum source and can cause environmental problems.
26.	Sawn Hardwood	0,739	tonnes CO2e	Consider hardwood alternatives, i.e. softwoods, recycled and potentially plastics if appropriate. Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
27.	Waste removal - Aggregates (Rubble) - Landfill	0,555	tonnes CO2e	Consider specifying a mortar that has GGBS / Fly Ash as a constituent.
28.	Mortar (1:1:6 cement:lime:sand mix)	0,548	tonnes CO2e	Bitumen is not easy to substitute; however consider increasing strength by using a polymer (similar carbon footprints but leads to a stronger material, thereby requiring less material in total.
29.	Bitumen	0,506	tonnes CO2e	
30.	Damp Proof Course/Membrane	0,446	tonnes CO2e	
31.	PVC pipe	0,325	tonnes CO2e	
32.	Waste removal - Mixed municipal waste - Landfill	0,294	tonnes CO2e	
33.	HDPE Pipe	0,254	tonnes CO2e	
34.	Waste removal - Organic Waste: Garden Waste - Landfill	0,217	tonnes CO2e	
35.	Waste removal - Mixed commercial and industrial waste - Landfill	0,203	tonnes CO2e	
36.	Plant and equipment - Water	0,095	tonnes CO2e	Consider water efficiency options, such as waterless urinals, rainwater harvesting etc.
37.	Waste removal - Silt / Soil - Landfill	0,071	tonnes CO2e	
38.	Site accommodation - Water	0,011	tonnes CO2e	Consider water efficiency options, such as waterless urinals, rainwater harvesting etc.
39.	Waste removal - Glass - Landfill	0,003	tonnes CO2e	
40.	Steel: General - UK (EU) Average Recycled Content	4,428	tonnes CO2e	
41.	Operational	0,00	tonnes CO2e	
42.	Total Carbon Footprint	94,10	tonnes CO2e	

Tabela 4p.35. Ugljenični otisak za MD – 2, materijali sa najvećim ugljeničnim otiskom, mogućnost zamene drugim materijalima

Alternative 1	Lifetime Operation Footprint:			0
	Construction Footprint:			94,10
Title: MD – 2				
Material	Tonnage/Units	Distance (km)	Mode	Footprint
Recycled steel.	3	139	Road	4,4
Concrete: XC 2	65	70	Road	17,3
Clay tile	17	100	Road	8,5
Timber: general	21	270	Road	7,3
Personnel travel (estimated)	-	30	Road	6,2
Waste removal - Wood - Landfill	7	30	Road	5,6

Tabela 4p.36. LCA procentualno emisija ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju modela MD – 3

MD – 3		Emission reduction tips (see also: User Guide)	
Significant materials (figures include transport to site)			
1.	Clay tile	6,117	tonnes CO2e
2.	Concrete: XC 2	7,676	tonnes CO2e
3.	Timber: general	6,866	tonnes CO2e
4.			Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
5.	Waste removal - Wood - Landfill	5,570	tonnes CO2e
6.	Sawn Softwood	4,479	tonnes CO2e
7.	Plant and equipment - Grid electricity	4,009	tonnes CO2e
8.	Insulation: polystyrene	3,453	tonnes CO2e
9.	Insulation: fibreglass (glasswool)	3,328	tonnes CO2e
10.	Plastics: general	3,325	tonnes CO2e
11.	Paint: general	2,921	tonnes CO2e
12.	Copper: EU Tube & Sheet	2,735	tonnes CO2e
13.	Plasterboard	2,703	tonnes CO2e
14.	Waterborne paint	2,551	tonnes CO2e
15.	Insulation: polyurethane	2,426	tonnes CO2e
16.	Oriented Strand Board (OSB)	2,223	tonnes CO2e
17.	Mortar (1:3 cement:sand mix)	2,067	tonnes CO2e
18.	Site accommodation - Grid electricity	2,005	tonnes CO2e
19.	High Density Polyethylene (HDPE) Resin	1,946	tonnes CO2e
20.	Quarried aggregate	1,675	tonnes CO2e
21.	Ceramics: Tiles and Cladding Panels	1,582	tonnes CO2e
22.	Plant and equipment - Diesel	1,302	tonnes CO2e
23.	Reclaimed timber	0,971	tonnes CO2e

The disposal of wood to landfill should be avoided as it is a material of high recycling / reuse potential.

Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.

Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.

Consider specifying a mortar that has GGBS / Fly Ash as a constituent.

Also consider using eco cabins.

Consider using a proportion of recycled aggregates, preferably sourced on site. In general, the use of secondary materials is preferable to primary; however certain conditions apply (see Carbon Reduction Tips section in User Guide section).

It may be possible to connect to the grid rather than using fuel oil in order to reduce the carbon impact of certain types of equipment.

Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.

24.	Waste removal - Plasterboard - Landfill	0,757	tonnes CO2e	The disposal of plasterboard to landfill is a waste of a valuable gypsum source and can cause environmental problems.
25.	Sawn Hardwood	0,739	tonnes CO2e	Consider hardwood alternatives, i.e. softwoods, recycled and potentially plastics if appropriate. Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
26.	Waste removal - Aggregates (Rubble) - Landfill	0,555	tonnes CO2e	
27.	Mortar (1:1:6 cement:lime:sand mix)	0,548	tonnes CO2e	Consider specifying a mortar that has GGBS / Fly Ash as a constituent.
28.	Bitumen	0,506	tonnes CO2e	Bitumen is not easy to substitute; however consider increasing strength by using a polymer (similar carbon footprints but leads to a stronger material, thereby requiring less material in total).
29.	Damp Proof Course/Membrane	0,446	tonnes CO2e	
30.	PVC pipe	0,325	tonnes CO2e	
31.	Waste removal - Mixed municipal waste - Landfill	0,294	tonnes CO2e	
32.	HDPE Pipe	0,254	tonnes CO2e	
33.	Waste removal - Organic Waste: Garden Waste - Landfill	0,217	tonnes CO2e	
34.	Waste removal - Mixed commercial and industrial waste - Landfill	0,203	tonnes CO2e	
35.	Plant and equipment - Water	0,095	tonnes CO2e	Consider water efficiency options, such as waterless urinals, rainwater harvesting etc.
36.	Waste removal - Silt / Soil - Landfill	0,071	tonnes CO2e	
37.	Site accommodation - Water	0,011	tonnes CO2e	Consider water efficiency options, such as waterless urinals, rainwater harvesting etc.
38.	Waste removal - Glass - Landfill	0,003	tonnes CO2e	
39.	Steel: General - UK (EU) Average Recycled Content	4,428	tonnes CO2e	
40.	Operational	0,00	tonnes CO2e	
41.	Total Carbon Footprint	83,40	tonnes CO2e	

Tabela 4p.37. Ugljenični otisak za MD – 3, materijali sa najvećim ugljeničnim otiskom, mogućnost zamene drugim materijalima

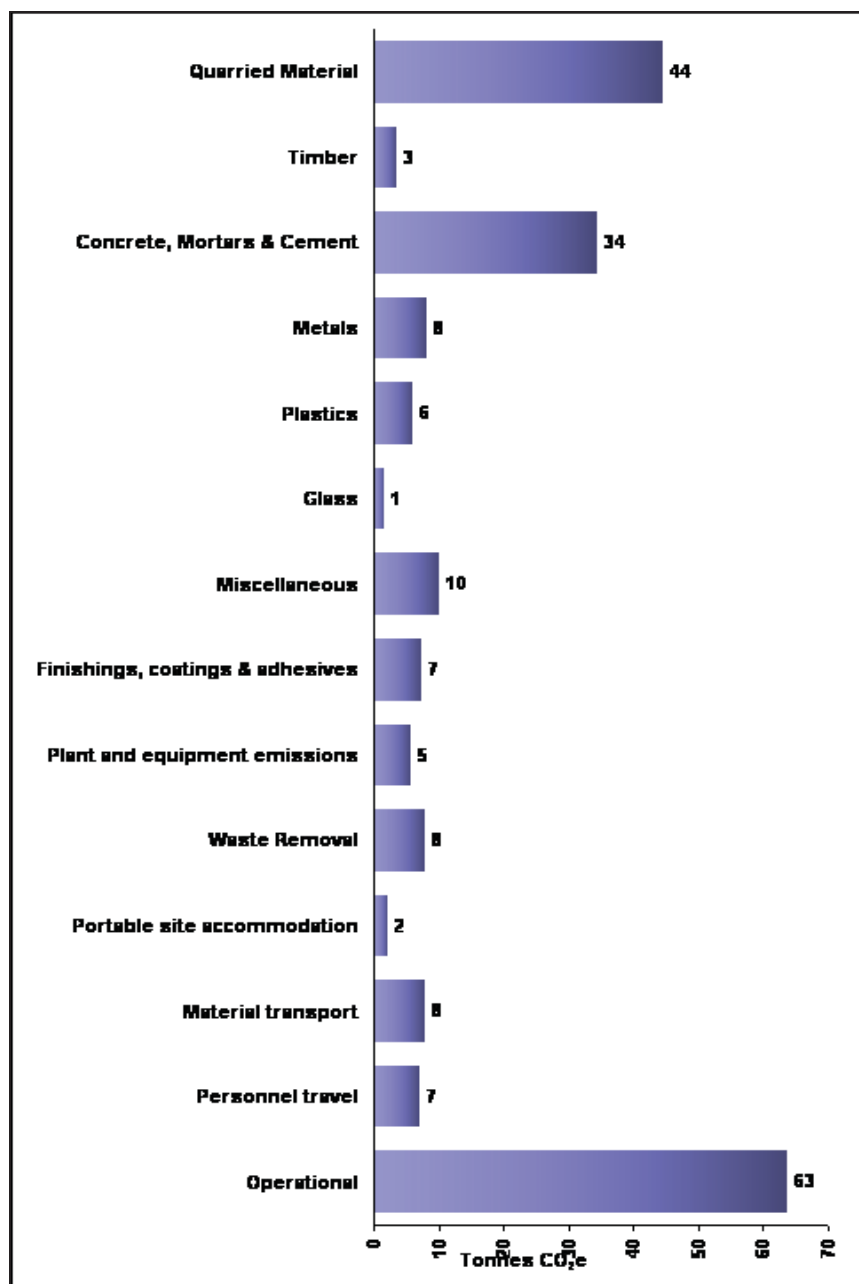
Alternative 2	Lifetime Operation Footprint:			0
	Construction Footprint:			83,40
Title: MD – 3				
Material	Tonnage/Units	Distance (km)	Mode	Footprint
New material				
Concrete: XC2	65	70	Road	7,7
Clay tile	17	100	Road	8,5
Timber: general	20	270	Road	6,9
Personnel travel (estimated)		-	-	6,0
Waste removal - Wood - Landfill	7	30	Road	5,6

9. Prilog 4 – E Proračun emisije iz faze korišćenja objekta za analizirane periode

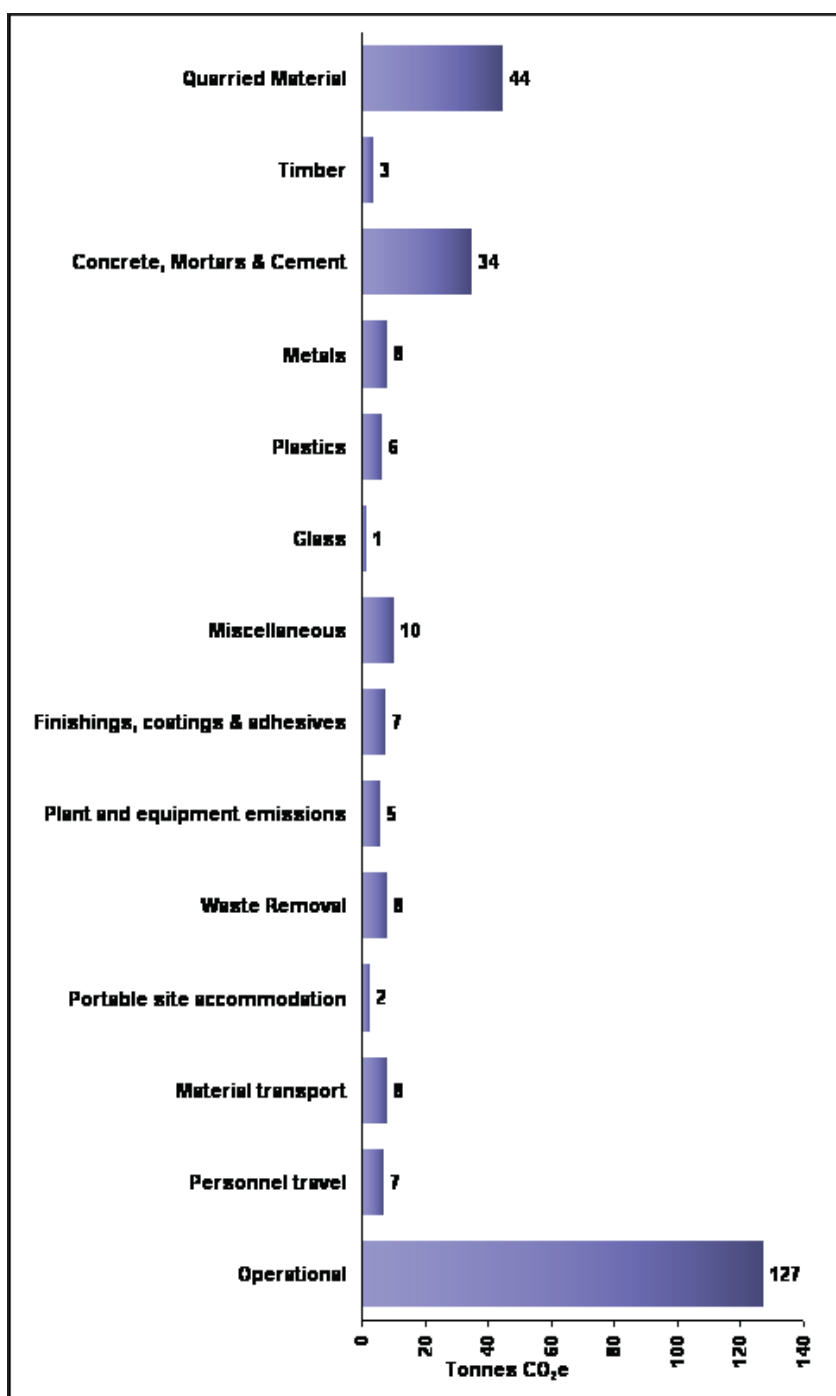
Tabela 4p.38. Ugljenični otisak za operativnu fazu od grejanja za 10, 20, 30, 40, 50, 60 i 100 godina

PERIOD KORIŠĆENJA		Ugljenični otisak iz operativne faze za godinu dana	Ugljenični otisak iz operativne faze za računati period od 10 godina	Kumulativni ugljenični otisak iz operativne faze za grejanje u periodu
		tona CO ₂ e. po objektu		
1.	10	6,34	63,40	63,40
2.	20	6,34	63,40	126,80
3.	30	6,34	63,40	190,20
4.	40	6,34	63,40	253,60
5.	50	6,34	63,40	317,00
6.	60	6,34	63,40	380,40
7.	70	6,34	63,40	443,80
8.	80	6,34	63,40	507,20
9.	90	6,34	63,40	570,60
10.	100	6,34	63,40	634,00

10. Prilog 4 – Ž. Ugljenični otisak za analizirane vremenske periode korišćenja objekata prema modelima MG, MY i MD



Dijagram 4p.2.Ugljenični otisak za MG – 1₁₀, dijagram otisaka od izgradnje i operativne faze posle 10 godina



Dijagram 4p.3.Ugljenični otisak za MG – 1₂₀, dijagram otisaka od izgradnje i operativne faze posle 20 godina

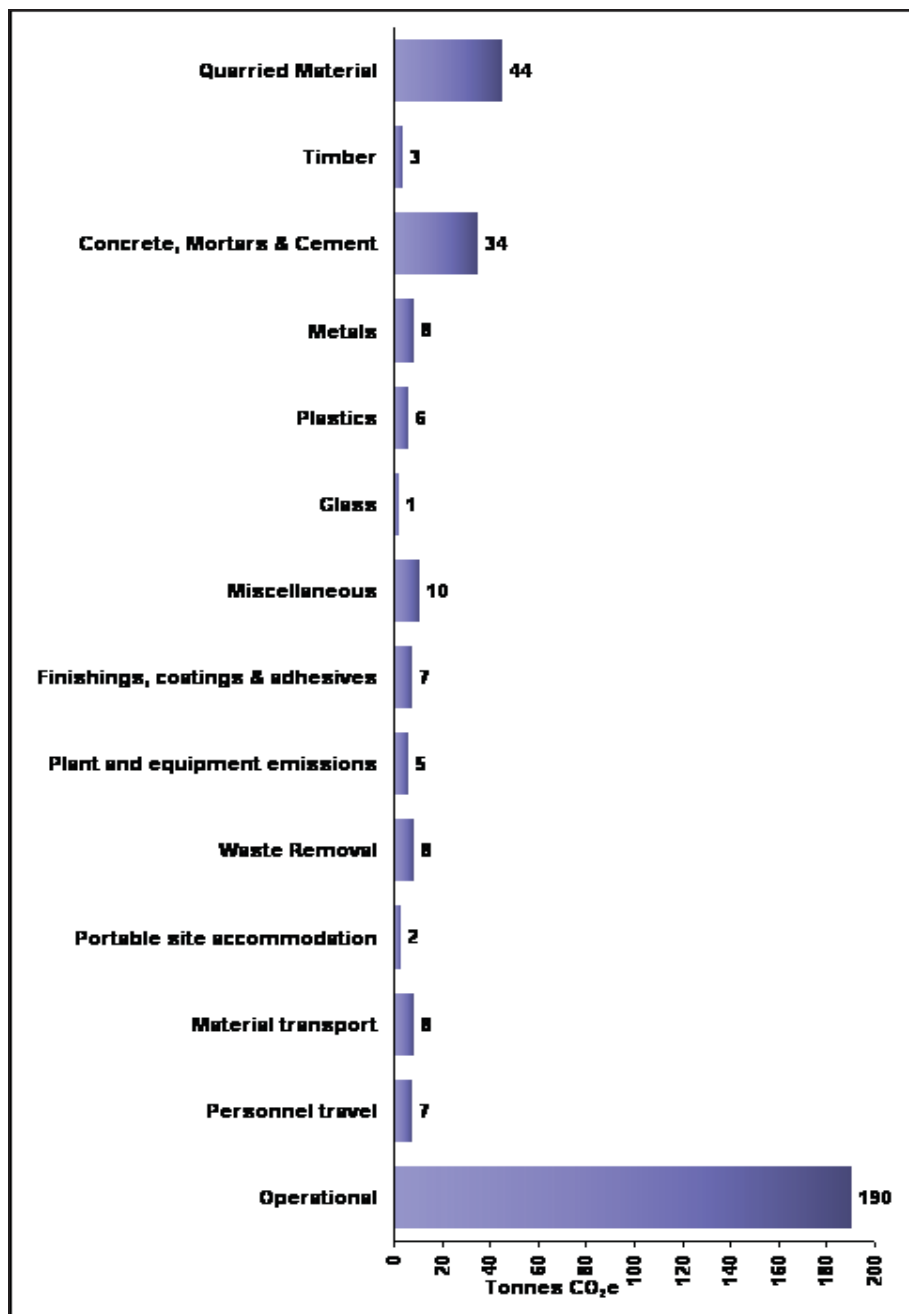
Tabela 4p.39. LCA emisije ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju i korišćenje modela MG – 1₃₀ posle 30 godina

MG – 1₃₀

Significant materials (figures include transport to site)		Emission reduction tips (see also: User Guide)	
1.	Bricks	41,558 tonnes CO2e	Consider the use of reclaimed bricks. Where used for cladding consider alternatives e.g. timber or textured/coloured concrete finishes.
2.	Steel: Wire - Virgin	21,952 tonnes CO2e	Note that there is no net benefit from ordering 100% recycled steel.
3.	Concrete: XC1	16,947 tonnes CO2e	The carbon footprint of concrete is comparatively high and can often be reduced by replacing some of the cement or primary aggregates in the concrete mix with recycled or secondary materials. See Carbon Reduction Tips section on the 'User guide' sheet for more information.
4.	Concrete: XC4	11,120 tonnes CO2e	The carbon footprint of concrete is comparatively high and can often be reduced by replacing some of the cement or primary aggregates in the concrete mix with recycled or secondary materials. See Carbon Reduction Tips section on the 'User guide' sheet for more information.
5.	Mortar (1:1:6 cement:lime:sand mix)	8,241 tonnes CO2e	Consider specifying a mortar that has GGBS / Fly Ash as a constituent.
6.	Personnel travel (estimated)	6,710 tonnes CO2e	
7.	Mortar (1:3 cement:sand mix)	6,566 tonnes CO2e	Consider specifying a mortar that has GGBS / Fly Ash as a constituent.
8.	Paint: general	8,841 tonnes CO2e	
9.	Waste removal - Wood - Landfill	5,570 tonnes CO2e	The disposal of wood to landfill should be avoided as it is a material of high recycling / reuse potential.
10.	Insulation: polyurethane	4,888 tonnes CO2e	
11.	Plant and equipment - Grid electricity	4,009 tonnes CO2e	
12.	Clay tile	3,498 tonnes CO2e	
13.	Insulation: polystyrene	3,453 tonnes CO2e	
14.	Plastics: general	3,325 tonnes CO2e	
15.	Timber: general	3,891 tonnes CO2e	Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
16.	Copper: EU Tube & Sheet	2,735 tonnes CO2e	
17.	Site accommodation - Grid electricity	2,005 tonnes CO2e	Also consider using eco cabins.
18.	High Density Polyethylene (HDPE) Resin	1,946 tonnes CO2e	

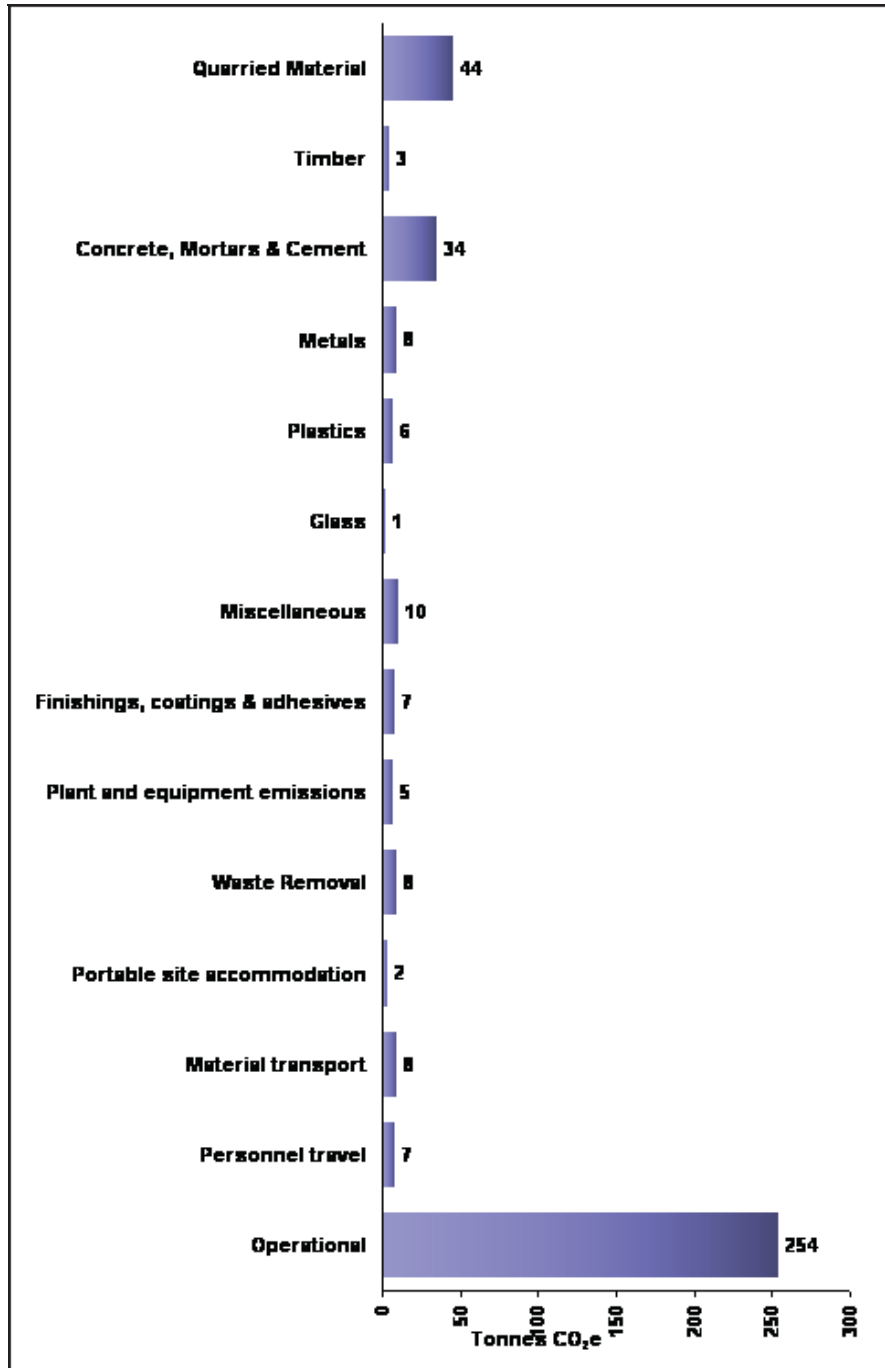
19.	Quarried aggregate	1,787	tonnes CO2e	Consider using a proportion of recycled aggregates, preferably sourced on site. In general, the use of secondary materials is preferable to primary; however certain conditions apply (see Carbon Reduction Tips section in User Guide section).
20.	Plaster: general (Gypsum)	1,403	tonnes CO2e	
21.	Primary glass	1,380	tonnes CO2e	
22.	Ceramics: general	1,351	tonnes CO2e	
23.	Plant and equipment - Diesel	1,302	tonnes CO2e	It may be possible to connect to the grid rather than using fuel oil in order to reduce the carbon impact of certain types of equipment.
24.	Waterborne paint	3,876	tonnes CO2e	
25.	Waste removal - Plasterboard - Landfill	0,757+	tonnes CO2e	The disposal of plasterboard to landfill is a waste of a valuable gypsum source and can cause environmental problems.
26.	Waste removal - Aggregates (Rubble) - Landfill	0,555	tonnes CO2e	
27.	Bitumen	0,506	tonnes CO2e	Bitumen is not easy to substitute; however consider increasing strength by using a polymer (similar carbon footprints but leads to a stronger material, thereby requiring less material in total).
28.	Reclaimed timber	0,485	tonnes CO2e	Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
29.	Damp Proof Course/Membrane	0,446	tonnes CO2e	
30.	PVC pipe	0,325	tonnes CO2e	
31.	Waste removal - Mixed municipal waste - Landfill	0,294	tonnes CO2e	
32.	HDPE Pipe	0,254	tonnes CO2e	
33.	Waste removal - Organic Waste: Garden Waste - Landfill	0,217	tonnes CO2e	
34.	Waste removal - Mixed commercial and industrial waste - Landfill	0,203	tonnes CO2e	
35.	Plant and equipment - Water	0,095	tonnes CO2e	Consider water efficiency options, such as waterless urinals, rainwater harvesting etc.
36.	Waste removal - Silt / Soil - Landfill	0,071	tonnes CO2e	
37.	Site accommodation - Water	0,011	tonnes CO2e	Consider water efficiency options, such as waterless urinals, rainwater harvesting etc.
38.	Waste removal - Glass - Landfill	0,003	tonnes CO2e	
39.	Operational	190.20	tonnes CO2e	
40.	Total Carbon Footprint	364.06	tonnes CO2e	

Rezultati analize modela MG – 1₃₀



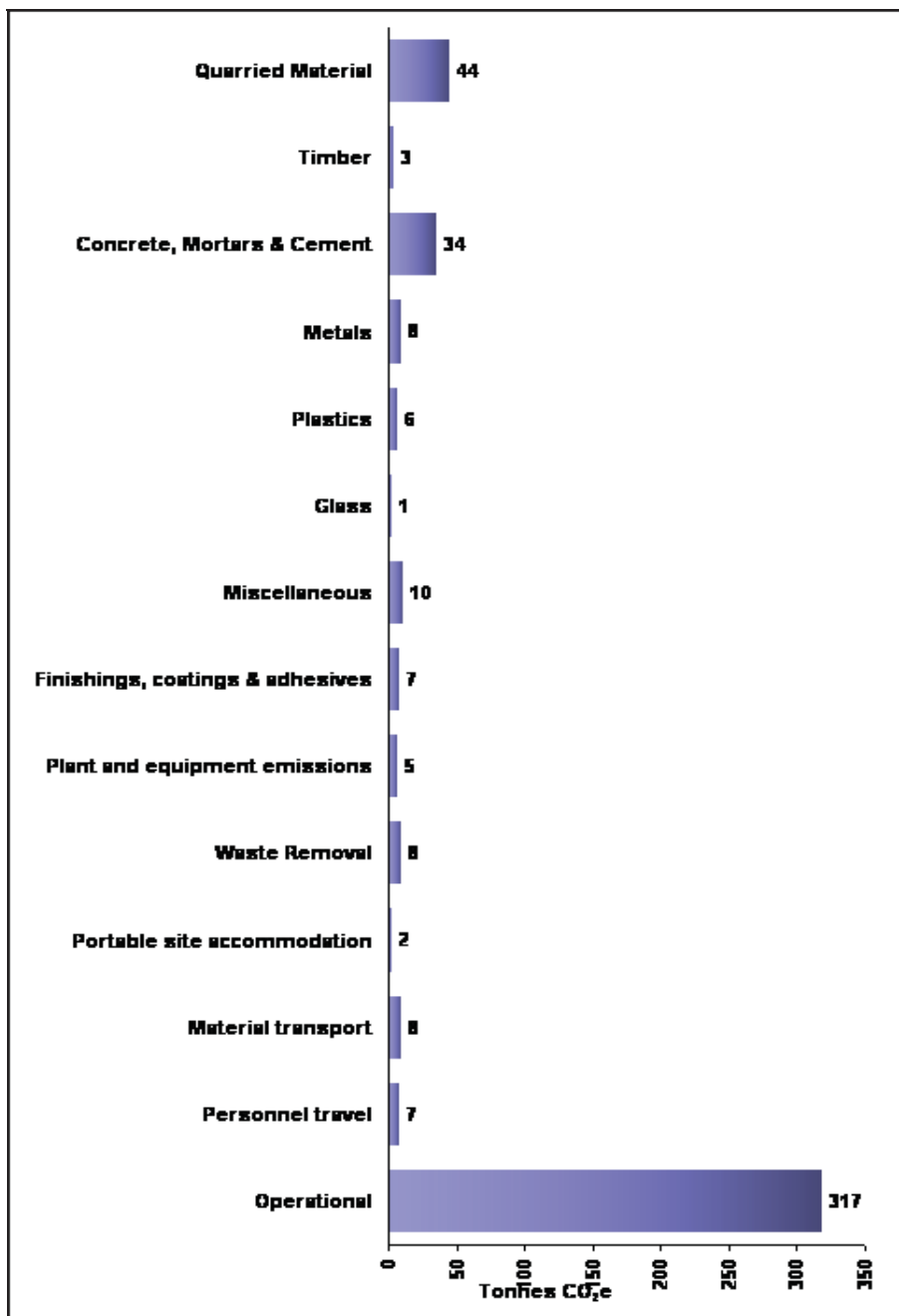
Dijagram 4p.4. Ugljenični otisak za MG – 1₃₀, dijagram otisaka od izgradnje i operative faze posle 30 godina

Rezultati analize modela MG – 1₄₀



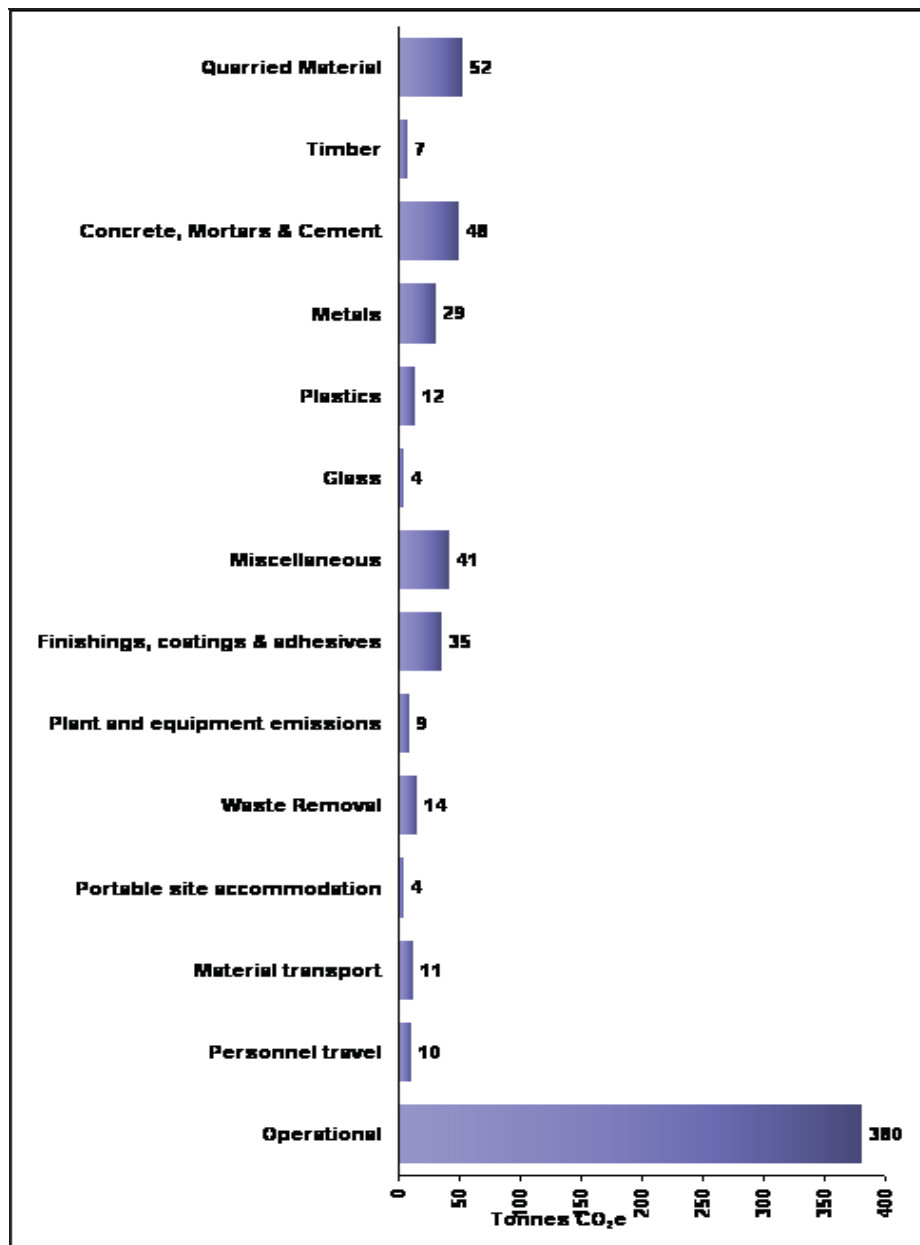
Dijagram 4p.5.Ugljenični otisak za MG – 1₄₀, dijagram otisaka materijala i operativne faze posle 40 godina

Rezultati analize modela MG – 1₅₀



Dijagram 4p.6.Ugljenični otisak za MG – 1₅₀, dijagram otisaka od izgradnje i operativne faze posle 50 godina

Rezultati analize ugljeničnog otiska ugrađenog i operativnog posle 60 godina zajedno sa investicionim održavanjem objekta primarnim materijalima



Dijagram 4p.7.Ugljeni otisak za MG – 1_{60PP}, dijagram otisaka od izgradnje i operativne faze posle 60 godina

Tabela 4p.40. LCA emisije ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju modela MG – I_{60PP} za 60 godina

MG – I_{60PP}		Emission reduction tips (see also: User Guide)		
Significant materials (figures include transport to site)				
1.	Bricks	41,558	tonnes CO _{2e}	Consider the use of reclaimed bricks. Where used for cladding consider alternatives e.g. timber or textured/coloured concrete finishes.
2.	Steel: Wire - Virgin	22,552	tonnes CO _{2e}	Note that there is no net benefit from ordering 100% recycled steel.
3.	Concrete: XC1	16,947	tonnes CO _{2e}	The carbon footprint of concrete is comparatively high and can often be reduced by replacing some of the cement or primary aggregates in the concrete mix with recycled or secondary materials. See Carbon Reduction Tips section on the 'User guide' sheet for more information.
4.	Concrete: XC4	11,120	tonnes CO _{2e}	The carbon footprint of concrete is comparatively high and can often be reduced by replacing some of the cement or primary aggregates in the concrete mix with recycled or secondary materials. See Carbon Reduction Tips section on the 'User guide' sheet for more information.
5.	Mortar (1:1:6 cement:lime:sand mix)	11,441	tonnes CO _{2e}	Consider specifying a mortar that has GGBS / Fly Ash as a constituent.
6.	Personnel travel (estimated)	9,910	tonnes CO _{2e}	
7.	Mortar (1:3 cement:sand mix)	9,966	tonnes CO _{2e}	Consider specifying a mortar that has GGBS / Fly Ash as a constituent.
8.	Paint: general	20,34	tonnes CO _{2e}	
9.	Waste removal - Wood - Landfill	7,670	tonnes CO _{2e}	The disposal of wood to landfill should be avoided as it is a material of high recycling / reuse potential.
10.	Insulation: polyurethane	9,776	tonnes CO _{2e}	
11.	Plant and equipment - Grid electricity	6,009	tonnes CO _{2e}	
12.	Clay tile	6,998	tonnes CO _{2e}	
13.	Insulation: polystyrene	6,906	tonnes CO _{2e}	
14.	Plastics: general	3,325	tonnes CO _{2e}	
15.	Timber: general	7,642	tonnes CO _{2e}	Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
16.	Copper: EU Tube & Sheet	5,470	tonnes CO _{2e}	
17.	Site accommodation - Grid electricity	3,007	tonnes CO _{2e}	Also consider using eco cabins.
18.	High Density Polyethylene (HDPE) Resin	3,892	tonnes CO _{2e}	

Consider using a proportion of recycled aggregates, preferably sourced on site. In general, the use of secondary materials is preferable to primary; however certain conditions apply (see Carbon Reduction Tips section in User Guide section).

19.	Quarried aggregate	2,587	tonnes CO2e	
20.	Plaster: general (Gypsum)	1,803	tonnes CO2e	
21.	Primary glass	2,760	tonnes CO2e	
22.	Ceramics: general	2,702	tonnes CO2e	
23.	Plant and equipment - Diesel	1,902	tonnes CO2e	It may be possible to connect to the grid rather than using fuel oil in order to reduce the carbon impact of certain types of equipment.
24.	Waterborne paint	7,656	tonnes CO2e	
25.	Waste removal - Plasterboard - Landfill	0,957	tonnes CO2e	The disposal of plasterboard to landfill is a waste of a valuable gypsum source and can cause environmental problems.
26.	Waste removal - Aggregates (Rubble) - Landfill	0,755	tonnes CO2e	
27.	Bitumen	0,506	tonnes CO2e	Bitumen is not easy to substitute; however consider increasing strength by using a polymer (similar carbon footprints but leads to a stronger material, thereby requiring less material in total).
28.	Timber	0,485	tonnes CO2e	
29.	Damp Proof Course/Membrane	0,892	tonnes CO2e	
30.	PVC pipe	0,650	tonnes CO2e	
31.	Waste removal - Mixed municipal waste - Landfill	0,588	tonnes CO2e	
32.	HDPE Pipe	0,508	tonnes CO2e	
33.	Waste removal - Organic Waste: Garden Waste - Landfill	0,217	tonnes CO2e	
34.	Waste removal - Mixed commercial and industrial waste - Lanfill	0,403	tonnes CO2e	
35.	Plant and equipment - Water	0,145	tonnes CO2e	Consider water efficiency options, such as waterless urinals, rainwater harvesting etc.
36.	Waste removal - Silt / Soil - Landfill	0,071	tonnes CO2e	
37.	Site accommodation - Water	0,011	tonnes CO2e	Consider water efficiency options, such as waterless urinals, rainwater harvesting etc.
38.	Waste removal - Glass - Landfill	0,006	tonnes CO2e	
39.	Operational	380,40	tonnes CO2e	
40.	Total Carbon Footprin	655,36	tonnes CO2e	

Tabela 4p.4.1. LCA emisije ugljenika za grupe materijala za izgradnju modela MY – I_{60PP}

MY – I_{60PP}		Emission reduction tips (see also: User Guide)
Significant materials (figures include transport to site)		
1	Concrete: XC2	15,535 tonnes CO _{2e} The carbon footprint of concrete is comparatively high and can often be reduced by replacing some of the cement or primary aggregates in the concrete mix with recycled or secondary materials. See Carbon Reduction Tips section on the 'User guide' sheet for more information.
1	Concrete: XC4	9,532 tonnes CO _{2e} The carbon footprint of concrete is comparatively high and can often be reduced by replacing some of the cement or primary aggregates in the concrete mix with recycled or secondary materials. See Carbon Reduction Tips section on the 'User guide' sheet for more information.
2	Block - 12 Mpa Compressive Strength	9,363 tonnes CO _{2e}
3	Mortar (1:3 cement:sand mix)	12,60 tonnes CO _{2e}
4	Personnel travel (estimated)	9,000 tonnes CO _{2e}
5	Waste removal - Wood - Landfill	15,2 tonnes CO _{2e}
6	Steel: Wire - Virgin	16,200 tonnes CO _{2e}
7	Insulation: polyurethane	9,776 tonnes CO _{2e}
8	Paint: general	4,382+22,00 =26,382 tonnes CO _{2e}
9	Plant and equipment - Grid electricity	5,787 tonnes CO _{2e}
10	Insulation: polystyrene	6,906 tonnes CO _{2e}
11	Clay tile	6,892 tonnes CO _{2e}
12	Plastics: general	6,65 tonnes CO _{2e}
13	Timber: general	6,324 tonnes CO _{2e}
14	Copper: EU Tube & Sheet	5,47 tonnes CO _{2e}
15	Mortar (1:2:9 cement:lime:sand mix)	4,016 tonnes CO _{2e}
16	High Density Polyethylene (HDPE) Resin	3,892 tonnes CO _{2e}
17	Site accommodation - Grid electricity	2,871 tonnes CO _{2e}
18	Quarried aggregate	3,574 tonnes CO _{2e}
19	Ceramics: general	2,844 tonnes CO _{2e}
20		

21	Plant and equipment - Diesel	1,902	tonnes CO2e	It may be possible to connect to the grid rather than using fuel oil in order to reduce the carbon impact of certain types of equipment.
22	Waterborne paint	1,276+6,6 =7,776	tonnes CO2e	
23	Plaster: general (Gypsum)	2,091	tonnes CO2e	
24	Primary glass	2.80	tonnes CO2e	
25	Waste removal - Plasterboard - Landfill	1,757	tonnes CO2e	The disposal of plasterboard to landfill is a waste of a valuable gypsum source and can cause environmental problems.
26	Waste removal - Aggregates (Rubble) - Landfill	1.11	tonnes CO2e	
27.	Bitumen	0,506	tonnes CO2e	Bitumen is not easy to substitute; however consider increasing strength by using a polymer (similar carbon footprints but leads to a stronger material, thereby requiring less material in total.
28.	Reclaimed timber	1,10	tonnes CO2e	
29.	Damp Proof Course/Membrane	0,882	tonnes CO2e	Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
30.	PVC pipe	0,655	tonnes CO2e	
31.	Waste removal - Mixed municipal waste - Landfill	0,494	tonnes CO2e	Consider water efficiency options, such as waterless urinals, rainwater harvesting etc. Consider water efficiency options, such as waterless urinals, rainwater harvesting etc.
32.	HDPE Pipe	0,518	tonnes CO2e	
33.	Waste removal - Organic Waste: Garden Waste - Landfill	0,417	tonnes CO2e	
34.	Waste removal - Mixed commercial and industrial waste - Lanfill	0,403	tonnes CO2e	
35.	Waste removal - Silt / Soil - Landfill	0,180	tonnes CO2e	
36.	Plant and equipment - Water	0,15	tonnes CO2e	
37.	Site accommodation - Water	0,022	tonnes CO2e	
38.	Waste removal - Glass - Landfill	0,006	tonnes CO2e	
39.	Operational	380.40	tonnes CO2e	
40.	Total Carbon Footprin	582,85	tonnes CO2e	

Tabela 4p.42. LCA emisije ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju modela MD – I_{60PP} posle 60P

MD – I _{60PP}		Emission reduction tips (see also: User Guide)
Significant materials (figures include transport to site)		
1.	Concrete: XC2	19,150 tonnes CO _{2e}
2.	Steel: Wire - Virgin	9,108 tonnes CO _{2e}
3.	Clay tile	6,89 tonnes CO _{2e}
4.	Timber: general	14,624 tonnes CO _{2e}
5.	Personnel travel (estimated)	10,151 tonnes CO _{2e}
6.	Waste removal - Wood - Landfill	5,570+4 16,71 tonnes CO _{2e}
7.	Sawn Softwood	8,958 tonnes CO _{2e}
8.	Plant and equipment - Grid electricity	8,018 tonnes CO _{2e}
9.	Insulation: polystyrene	6,90 tonnes CO _{2e}
10.	Insulation: fibreglass (glasswool)	6,656 tonnes CO _{2e}
11.	Plastics: general	6,65 tonnes CO _{2e}
12.	Paint: general	4,382+22,00 =26,382 tonnes CO _{2e}
13.	Copper: EU Tube & Sheet	5,47 tonnes CO _{2e}
14.	Plasterboard	5,406 tonnes CO _{2e}
15.	Waterborne paint	2,551 tonnes CO _{2e}
16.	Insulation: polyurethane	1,276+6,6 =7,776 tonnes CO _{2e}
17.	Oriented Strand Board (OSB)	2,426 tonnes CO _{2e}
18.	Mortar (1:3 cement:sand mix)	2,223 tonnes CO _{2e}
19.	Site accommodation - Grid electricity	2,067 tonnes CO _{2e}
20.	High Density Polyethylene (HDPE) Resin	2,005 tonnes CO _{2e}
		1,946 tonnes CO _{2e}
21.	Quarried aggregate	1,675 tonnes CO _{2e}
22.	Ceramics: Tiles and Cladding Panels	1,582 tonnes CO _{2e}

The carbon footprint of concrete is comparatively high and can often be reduced by replacing some of the cement or primary aggregates in the concrete mix with recycled or secondary materials. See Carbon Reduction Tips section on the 'User guide' sheet for more information.

Note that there is no net benefit from ordering 100% recycled steel.

Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.

The disposal of wood to landfill should be avoided as it is a material of high recycling / reuse potential.

Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.

Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.

Consider specifying a mortar that has GGBS / Fly Ash as a constituent.

Also consider using eco cabins.

Consider using a proportion of recycled aggregates, preferably sourced on site. In general, the use of secondary materials is preferable to primary; however certain conditions apply (see Carbon Reduction Tips section in User Guide section).

23.	Plant and equipment - Diesel	1,302	tonnes CO2e	It may be possible to connect to the grid rather than using fuel oil in order to reduce the carbon impact of certain types of equipment.
24.	Reclaimed timber	0,971	tonnes CO2e	Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
25.	Primary glass	0,920	tonnes CO2e	
26.	Waste removal - Plasterboard - Landfill	0,757 2,00	tonnes CO2e	The disposal of plasterboard to landfill is a waste of a valuable gypsum source and can cause environmental problems.
27.	Sawn Hardwood	0,739	tonnes CO2e	Consider hardwood alternatives, i.e. softwoods, recycled and potentially plastics if appropriate. Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
28.	Waste removal - Aggregates (Rubble) - Landfill	0,555	tonnes CO2e	Consider specifying a mortar that has GGBS / Fly Ash as a constituent.
29.	Mortar (1:1:6 cement:lime:sand mix)	0,548	tonnes CO2e	
30.	Bitumen	0,506	tonnes CO2e	Bitumen is not easy to substitute; however consider increasing strength by using a polymer (similar carbon footprints but leads to a stronger material, thereby requiring less material in total.
31.	Damp Proof Course/Membrane	0,446	tonnes CO2e	Consider water efficiency options, such as waterless urinals, rainwater harvesting etc.
32.	PVC pipe	0,325	tonnes CO2e	
33.	Waste removal - Mixed municipal waste - Landfill	0,294	tonnes CO2e	
34.	HDPE Pipe	0,254	tonnes CO2e	
35.	Waste removal - Organic Waste: Garden Waste - Landfill	0,217	tonnes CO2e	
36.	Waste removal - Mixed commercial and industrial waste - Lanfill	0,203	tonnes CO2e	
37.	Plant and equipment - Water	0,095	tonnes CO2e	
38.	Waste removal - Silt / Soil - Landfill	0,071	tonnes CO2e	
39.	Site accommodation - Water	0,011	tonnes CO2e	
40.	Waste removal - Glass - Landfill	0,003	tonnes CO2e	
	Rekonstrukcija	102,50+94,21=196,71		
	Operational	380,40	tonnes CO2e	
	Total Carbon Footprin	594,67	tonnes CO2e	

Tabela 4p.43. LCA emisije ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju modela MG – I_{60PR} za 60 godina

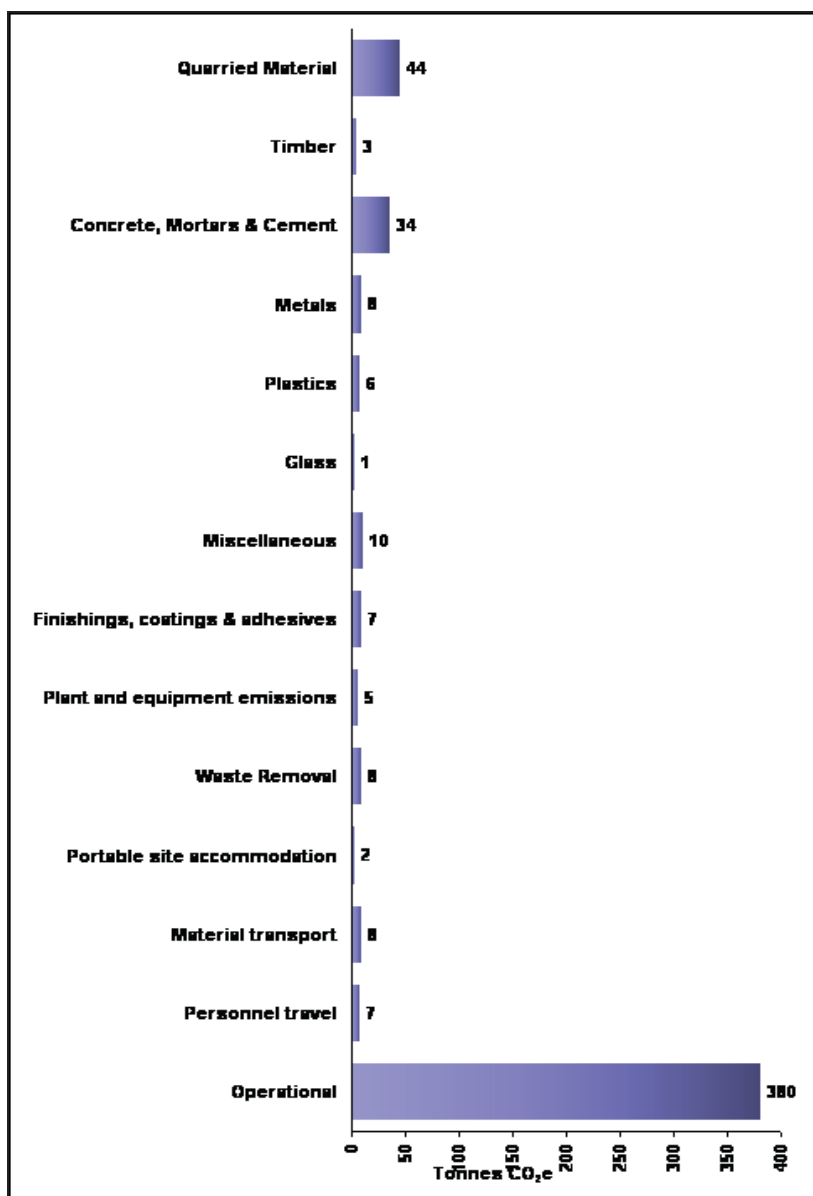
MG – I_{60PR}		Emission reduction tips (see also: User Guide)	
Significant materials (figures include transport to site)			
1.	Bricks	41,558 tonnes CO _{2e}	Consider the use of reclaimed bricks. Where used for cladding consider alternatives e.g. timber or textured/coloured concrete finishes.
2.	Steel: Wire - Virgin	21,252 tonnes CO _{2e}	Note that there is no net benefit from ordering 100% recycled steel.
3	Steel: General - UK (EU) Average Recycled Content	0,17 tonnes CO _{2e}	
4.	Concrete: XC2	16,947 tonnes CO _{2e}	The carbon footprint of concrete is comparatively high and can often be reduced by replacing some of the cement or primary aggregates in the concrete mix with recycled or secondary materials. See Carbon Reduction Tips section on the 'User guide' sheet for more information.
5.	Concrete: XC4	11,120 tonnes CO _{2e}	The carbon footprint of concrete is comparatively high and can often be reduced by replacing some of the cement or primary aggregates in the concrete mix with recycled or secondary materials. See Carbon Reduction Tips section on the 'User guide' sheet for more information.
6.	Mortar (1:1:6 cement:lime:sand mix)	9,44 tonnes CO _{2e}	Consider specifying a mortar that has GGBS / Fly Ash as a constituent.
7.	Personnel travel (estimated)	8,90 tonnes CO _{2e}	Consider specifying a mortar that has GGBS / Fly Ash as a constituent.
8.	Mortar (1:3 cement:sand mix)	8,760 tonnes CO _{2e}	
9.	Paint: general	20,142 tonnes CO _{2e}	
10.	Waste removal - Wood - Landfill	7,670 tonnes CO _{2e}	The disposal of wood to landfill should be avoided as it is a material of high recycling / reuse potential.
11.	Insulation: polyurethane	9,776 tonnes CO _{2e}	Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
12.	Plant and equipment - Grid electricity	6,009 tonnes CO _{2e}	
13.	Clay tile	6,998 tonnes CO _{2e}	Also consider using eco cabins.
14.	Insulation: polystyrene	6,90 tonnes CO _{2e}	
15.	Plastics: general	3,325 tonnes CO _{2e}	
16.	Timber: general	3,741 tonnes CO _{2e}	
17.	Copper: EU Tube & Sheet	5,470 tonnes CO _{2e}	
18.	Site accommodation - Grid electricity	3,002 tonnes CO _{2e}	
19.	High Density Polyethylene (HDPE) Resin	3,892 tonnes CO _{2e}	

Consider using a proportion of recycled aggregates, preferably sourced on site. In general, the use of secondary materials is preferable to primary; however certain conditions apply (see Carbon Reduction Tips section in User Guide section).

20.	Quarried aggregate	2,587	tonnes CO2e	
21.	Plaster: general (Gypsum)	1,803	tonnes CO2e	
22.	Primary glass	1,380	tonnes CO2e	
	Rec glass	1,105	tonnes CO2e	
23.	Ceramics: general	2,702	tonnes CO2e	
24.	Plant and equipment - Diesel	2,902	tonnes CO2e	It may be possible to connect to the grid rather than using fuel oil in order to reduce the carbon impact of certain types of equipment.
25.	Waterborne paint	7,686	tonnes CO2e	
26.	Waste removal - Plasterboard - Landfill	0,950	tonnes CO2e	The disposal of plasterboard to landfill is a waste of a valuable gypsum source and can cause environmental problems.
27.	Waste removal - Aggregates (Rubble) - Landfill	0,755	tonnes CO2e	
28.	Bitumen	0,506	tonnes CO2e	Bitumen is not easy to substitute; however consider increasing strength by using a polymer (similar carbon footprints but leads to a stronger material, thereby requiring less material in total).
29.	Reclaimed timber	0,485	tonnes CO2e	Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
30.	Damp Proof Course/Membrane	0,902	tonnes CO2e	
31.	PVC pipe	0,650	tonnes CO2e	
32.	Waste removal - Mixed municipal waste - Landfill	0,604	tonnes CO2e	
33.	HDPE Pipe	0,580	tonnes CO2e	
34.	Waste removal - Organic Waste: Garden Waste - Landfill	0,217	tonnes CO2e	
35.	Waste removal - Mixed commercial and industrial waste - Landfill	0,203	tonnes CO2e	
36.	Plant and equipment - Water	0,140	tonnes CO2e	Consider water efficiency options, such as waterless urinals, rainwater harvesting etc.
37.	Waste removal - Silt / Soil - Landfill	0,071	tonnes CO2e	
38.	Site accommodation - Water	0,011	tonnes CO2e	Consider water efficiency options, such as waterless urinals, rainwater harvesting etc.
39.	Waste removal - Glass - Landfill	0,006	tonnes CO2e	
40.	Operational	380,40	tonnes CO2e	
41.	Total Carbon Footprint	619,51	tonnes CO2e	

Rezultati analize modela MG – 1_{60PR}

Rezultati analize ugljeničnog otiska ugrađenog i operativnog posle 60 godina zajedno sa investicionim održavanjem objekta recikliranim i zelenim materijalima



Dijagram 4p.8. Ugljenični otisak za MG – 1_{60PR}, dijagram otisaka od izgradnje i operativne faze posle 60 godina

Rezultati analize modela MY – I_{60R}

Tabela 4p.44. LCA emisije ugljenika za grupe materijala za izgradnju modela MY – I_{60R}

MY – I _{60R}		Emission reduction tips (see also: User Guide)	
Significant materials (figures include transport to site)			
1.	Concrete: XC2	15,535 tonnes CO _{2e}	The carbon footprint of concrete is comparatively high and can often be reduced by replacing some of the cement or primary aggregates in the concrete mix with recycled or secondary materials. See Carbon Reduction Tips section on the 'User guide' sheet for more information.
1.	Concrete: XC4	9,532 tonnes CO _{2e}	The carbon footprint of concrete is comparatively high and can often be reduced by replacing some of the cement or primary aggregates in the concrete mix with recycled or secondary materials. See Carbon Reduction Tips section on the 'User guide' sheet for more information.
2.	Block - 12 Mpa Compressive Strength	9,363 tonnes CO _{2e}	
3.	Mortar (1:3 cement:sand mix)	9,300 tonnes CO _{2e}	Consider specifying a mortar that has GGBS / Fly Ash as a constituent.
4.	Personnel travel (estimated)	9,000 tonnes CO _{2e}	
5.	Waste removal - Wood - Landfill	10,6 tonnes CO _{2e}	The disposal of wood to landfill should be avoided as it is a material of high recycling / reuse potential.
6.	Steel: Wire - Virgin	15,780 tonnes CO _{2e}	Note that there is no net benefit from ordering 100% recycled steel.
7.	Steel: General - UK (EU) Average Recycled Content	0,34 tonnes CO _{2e}	
8.	Insulation: polyurethane	9,776 tonnes CO _{2e}	
9.	Paint: general	26,382 tonnes CO _{2e}	
10.	Plant and equipment - Grid electricity	5,204 tonnes CO _{2e}	
11.	Insulation: polystyrene	6,906 tonnes CO _{2e}	
12.	Clay tile	6,882 tonnes CO _{2e}	
13.	Plastics: general	6,625 tonnes CO _{2e}	
14.	Timber: general	6,324 tonnes CO _{2e}	Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
15.	Copper: EU Tube & Sheet	3,735 tonnes CO _{2e}	
16.	Mortar (1:2:9 cement:lime:sand mix)	3,008 tonnes CO _{2e}	Consider specifying a mortar that has GGBS / Fly Ash as a constituent.
17.	High Density Polyethylene (HDPE) Resin	3,802 tonnes CO _{2e}	
18.	Site accommodation - Grid electricity	2,871 tonnes CO _{2e}	Also consider using eco cabins.
19.			

Consider using a proportion of recycled aggregates, preferably sourced on site. In general, the use of secondary materials is preferable to primary; however certain conditions apply (see Carbon Reduction Tips section in User Guide section).

It may be possible to connect to the grid rather than using fuel oil in order to reduce the carbon impact of certain types of equipment.

The disposal of plasterboard to landfill is a waste of a valuable gypsum source and can cause environmental problems.

Bitumen is not easy to substitute; however consider increasing strength by using a polymer (similar carbon footprints but leads to a stronger material, thereby requiring less material in total).

Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.

Consider water efficiency options, such as waterless urinals, rainwater harvesting etc.

Consider water efficiency options, such as waterless urinals, rainwater harvesting etc.

20.	Quarried aggregate	3,574	tonnes CO2e
21.	Ceramics: general	2,844	tonnes CO2e
22.	Plant and equipment - Diesel	1,302	tonnes CO2e
23.	Waterborne paint	7,776	tonnes CO2e
24.	Plaster: general (Gypsum)	4,202	tonnes CO2e
25.	Primary glass	1,422	tonnes CO2e
26.	Rec glass	0,920	tonnes CO2e
27.	Waste removal - Plasterboard - Landfill	1,502	tonnes CO2e
28.	Waste removal - Aggregates (Rubble) - Landfill	1,110	tonnes CO2e
29.	Bitumen	0,506	tonnes CO2e
30.	Reclaimed timber	0,960	tonnes CO2e
31.	Damp Proof Course/Membrane	0,92	tonnes CO2e
32.	PVC pipe	0,65	tonnes CO2e
33.	Waste removal - Mixed municipal waste - Landfill	0,58	tonnes CO2e
34.	HDPE Pipe	0,508	tonnes CO2e
35.	Waste removal - Organic Waste: Garden Waste - Landfill	0,434	tonnes CO2e
36.	Waste removal - Mixed commercial and industrial waste - Landfill	0,406	tonnes CO2e
37.	Waste removal - Silt / Soil - Landfill	0,238	tonnes CO2e
38.	Plant and equipment - Water	0,178	tonnes CO2e
39.	Site accommodation - Water	0,022	tonnes CO2e
40.	Waste removal - Glass - Landfill	0,006	tonnes CO2e
41.	Operational	380,40	tonnes CO2e
42.	Total Carbon Footprint	567,15	tonnes CO2e

Rezultati analize modela MD – 1_{60R}

Tabela 4p.45. LCA emisije ugljenika za pojedine materijale i aktivnosti za izgradnju modela MD – 1_{60PR} posle 60

MD – 1 _{60PR}		Emission reduction tips (see also: User Guide)
Significant materials (figures include transport to site)		
1.	Concrete: XC2	19,150 tonnes CO _{2e}
2.	Steel: Wire - Virgin	9,108 tonnes CO _{2e}
3.	Clay tile	3,445 tonnes CO _{2e}
4.	Timber: general	7,312 tonnes CO _{2e}
5.	Personnel travel (estimated)	10,151 tonnes CO _{2e}
6.	Waste removal - Wood - Landfill	5,570+4 16,71 tonnes CO _{2e}
7.	Sawn Softwood	8,958 tonnes CO _{2e}
8.	Plant and equipment - Grid electricity	7,009 tonnes CO _{2e}
9.	Insulation: polystyrene	6,906 tonnes CO _{2e}
10.	Insulation: fibreglass (glasswool)	6,656 tonnes CO _{2e}
11.	Plastics: general	6,65 tonnes CO _{2e}
12.	Paint: general	2,921 tonnes CO _{2e}
		26,382 tonnes CO _{2e}
13.	Copper: EU Tube & Sheet	5,470 tonnes CO _{2e}
14.	Plasterboard	5,406 tonnes CO _{2e}
15.	Waterborne paint	7,776 tonnes CO _{2e}
16.	Insulation: polyurethane	4,852 tonnes CO _{2e}
17.	Oriented Strand Board (OSB)	4,446 tonnes CO _{2e}
18.	Mortar (1:3 cement:sand mix)	4,134 tonnes CO _{2e}
19.	Site accommodation - Grid electricity	3,705 tonnes CO _{2e}
20.	High Density Polyethylene (HDPE) Resin	3,892 tonnes CO _{2e}

The carbon footprint of concrete is comparatively high and can often be reduced by replacing some of the cement or primary aggregates in the concrete mix with recycled or secondary materials. See Carbon Reduction Tips section on the 'User guide' sheet for more information.

Note that there is no net benefit from ordering 100% recycled steel.

Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.

The disposal of wood to landfill should be avoided as it is a material of high recycling / reuse potential.

Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.

Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.

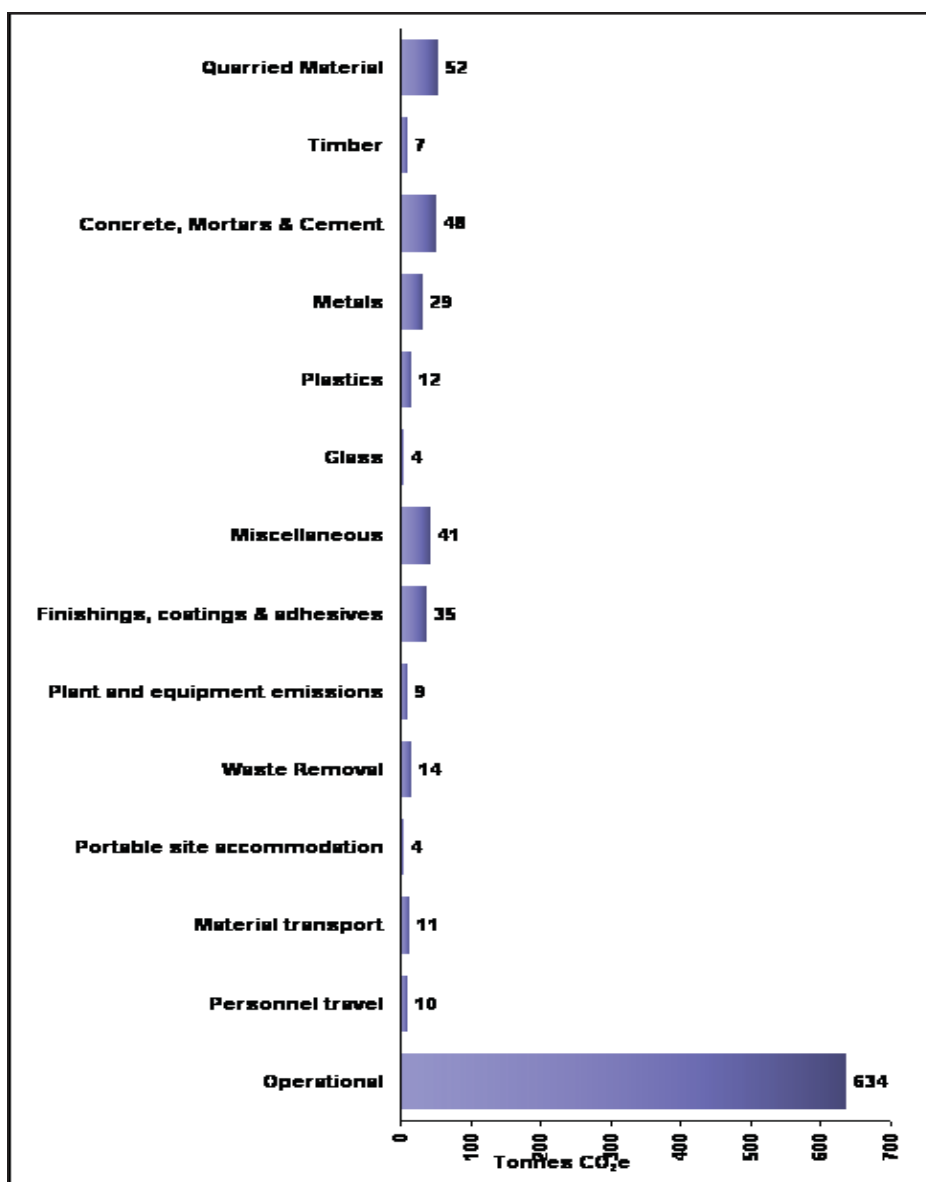
Consider specifying a mortar that has GGBS / Fly Ash as a constituent.

Also consider using eco cabins.

21.	Quarried aggregate	3.35	tonnes CO2e	Consider using a proportion of recycled aggregates, preferably sourced on site. In general, the use of secondary materials is preferable to primary; however certain conditions apply (see Carbon Reduction Tips section in User Guide section).
22.	Ceramics: Tiles and Cladding Panels	3,164	tonnes CO2e	
23.	Plant and equipment - Diesel	1,302	tonnes CO2e	It may be possible to connect to the grid rather than using fuel oil in order to reduce the carbon impact of certain types of equipment.
24.	Reclaimed timber	1,942	tonnes CO2e	Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
25.	Primary glass	1,40	tonnes CO2e	
	Rec. glass	0,90		
26.	Waste removal - Plasterboard - Landfill	2,757	tonnes CO2e	The disposal of plasterboard to landfill is a waste of a valuable gypsum source and can cause environmental problems.
27.	Sawn Hardwood	1,40	tonnes CO2e	Consider hardwood alternatives, i.e. softwoods, recycled and potentially plastics if appropriate. Ensure timber is from certified legal and sustainable sources.
28.	Waste removal - Aggregates (Rubble) - Landfill	1,11	tonnes CO2e	
29.	Mortar (1:1:6 cement:lime:sand mix)	1,86	tonnes CO2e	Consider specifying a mortar that has GGBS / Fly Ash as a constituent.
30.	Bitumen	0,506	tonnes CO2e	Bitumen is not easy to substitute; however consider increasing strength by using a polymer (similar carbon footprints but leads to a stronger material, thereby requiring less material in total).
31.	Damp Proof Course/Membrane	0,892	tonnes CO2e	
32.	PVC pipe	0,65	tonnes CO2e	
33.	Waste removal - Mixed municipal waste - Landfill	0,588	tonnes CO2e	
34.	HDPE Pipe	0,508	tonnes CO2e	
35.	Waste removal - Organic Waste: Garden Waste - Landfill	0,434	tonnes CO2e	
36.	Waste removal - Mixed commercial and industrial waste - Lanfill	0,406	tonnes CO2e	
37.	Plant and equipment - Water	0,19	tonnes CO2e	Consider water efficiency options, such as waterless urinals, rainwater harvesting etc.
38.	Waste removal - Silt / Soil - Landfill	0,142	tonnes CO2e	
39.	Site accommodation - Water	0,022	tonnes CO2e	Consider water efficiency options, such as waterless urinals, rainwater harvesting etc.
40.	Waste removal - Glass - Landfill	0,006	tonnes CO2e	
	Operational	380.40	tonnes CO2e	
	Total Carbon Footprin	574,31	tonnes CO2e	

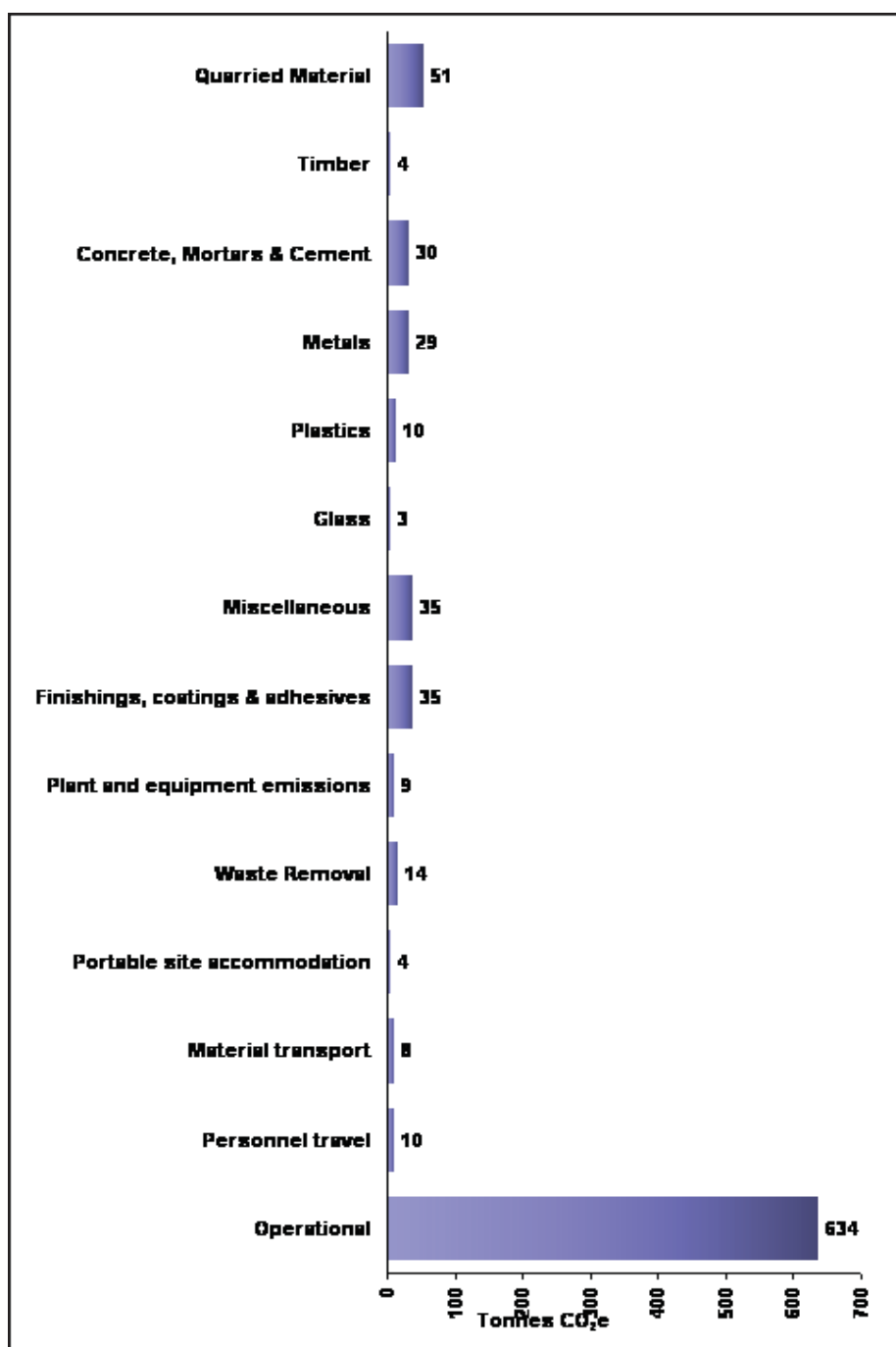
UKUPNI UGLJENIČNI OTISAK ZA 100 GODINA KORIŠĆENJA OBJEKTA

Rezultati analize modela MG – 1_{100P}



Dijagram 4p.9.Ugljenični otisak za MG – 1_{100PP}, dijagram otisaka od izgradnje i operativne faze posle 100 godina

Rezultati analize modela MG – 1_{100R}



Dijagram 4p.10. Ugljenični otisak za MG – 1_{100PR}, dijagram otisaka od izgradnje i operativne faze posle 100 godina

11. Prilog 4– Z. Analizirani uticaju materijala i proizvoda ekonomski ekološki i ukupni LCA tokom svih faza životnog ciklusa

Tabela 4p.46. Analizirani uticaji

	Analizirani uticaji
1.	Ekonomske performanse
2.	Environmental performance
3.	Overall Performance, mogućnost podešavanja odnosa ekonomskih i Environmental performansi /ponderisanje
5.	LCA uticaji na životnu sredinu tokom svih faza životnog ciklusa materijala

Tabela 4p.47. LCA performanse, analizirani parametri

	LCA Uticaji na životnu sredinu
1.	LCA Globalno zagrevanje
2.	LCA Acidifikacija
3.	LCA Eutrofikacija
4.	LCA Potrošnja fosilnih goriva (Fossil Fuel Depletion)
5.	LCA Kvalitet unutrašnjeg vazduha
6.	LCA Promena staništa (Habitata Alteration)
7.	LCA Potrošnja vode (Water Intake)
8.	LCA Emisije u vazduh
9.	LCA Ekološka toksičnost
10.	LCA Čovečije zdravlje Kancerogeni efekat
11.	LCA Čovečije zdravlje ne Kancerogeni efekat
12.	LCA Trošenje ozona (Ozon depletion)
13.	LCA Potencijal za stvaranje Smoga

Tabela 4p.48. ENV performanse, analizirani parametri

	Environmental Performance
1.	Acidifikacija (Acidification) -3%
2.	Kriterijum Emisija u vazduh (Criteria Air Pollutants) -9%
3.	Ekotoksičnost (Ecotoxicity)-7%
4.	Eutrofikacija (Eutrophication)-6%
5.	Iscrpljenje fosilnih goriva (Fossil Fuel Depletion)-10%
6.	Globalno zagrevanje (Global Warming)-29%
7.	Promena staništa (Habitata Alteration) -6%
8.	Toksično za ljude-kancerogeno (Human Toxicity- Cancer)-8%
9.	Toksično za ljude-nije kancerogeno (Human Toxicity- Nocancer)-5%

10.	Kvalitet unutrašnjeg vazduha (Indor Air Quality)-3%
11.	Oštećenje ozonskog omoteča(Ozon Depletion)-2%
12.	Potencijal za stvaranje smoga(Smog)-4%
13.	Potrošnja vode (Water Intake) – 8 %

Tabela 4p.49. ENV Globalno zagrevanje, analizirani parametri

	ENV Globalno zagrevanje (Global Warming)
1.	UgljenDioksid (CO2 biomasa)
2.	UgljenDioksid(CO2 fosil)
3.	UgljenikTetrahlid(CCl4)
4.	UgljenikTetrafluorid(CF4)
5.	CFC 12 (CCl2F2)
6.	Hloroform(CHCl3, CH-20)
7.	Halon 1301 (CF3Br)
8.	HCFC 22 (CHF 2 Cl)
9.	Metan (CH4)
10.	Metil Bromid (CH 3 Br)
11.	Metil Hlorid (CH 3 Cl)
12.	Metilen Hlorid (CH 2 Cl 2)
13.	Azot oksid (N2O)
14.	Trihloroetan (1,1,1-CH3C)

Tabela 4p.50. ENV Acidifikacija analizirani parametri

	ENV Acidifikacija
1.	(a) Amnijak (NH3)
2.	(a) Hlorovodonična kiselina(HCl) vodonik hlorid
3.	(a) Hidrogen cijanid (HCN) vodonok cijanid
3.	(a) Hidrogen fluorid (HF) vodonik fluorid
4.	(a) Hidrogen sulfid (H2S) vodonik sulfid
6.	(a) Azotni oksidi (NOx i NO2)
7.	(a) Sumporni oksidi (SOx i SO2)
8.	(a)Sumporna kiselina(H2SO4)

Tabela 4p.51. ENV Eutrofikacija analizirani parametri

	ENV Eutrofikacija kategorija
1.	(a) (NH3)
2.	(a) (NOx i NO2)

3.	(a) (N ₂ O)
3.	(a) (H ₃ PO ₄)
4.	(a) (P)
6.	(a) (P ₂ O ₅)
7.	(w) (NH ₄ , NH ₃ i N)
8.	(w) BOD ₅
9.	(w) COD
10.	(w) NO ₃ -
11.	(w)NO ₂ -
12.	(w) Nespecifična azotna jedinjenja
13.	(w) Fosfati PO ₄ 3-, PO ₄ --
14.	(w) Fosfor (P)
15.	(w)Fosfor pentoksid (P ₂ O ₅)

Tabela 4p.52. ENV Analizirani parametri

	Analizirani ENV
1.	ENV Trošenje fosilnih goriva (ENV Fossil fuel depletion)
2.	ENV Kvalitet unutrašnjeg vazduha(Indoor Air Quality)
3.	ENV Promena staništa (Habitata Alteration)
4.	ENV Upotreba vode
5.	ENV Emisije u vazduh
6.	ENV Eutrofikacija
7.	ENV Acidifikacija
8.	ENV Globalno zagrevanje (Global Warming)

Tabela 4p.53. ENV Emisije u vazduh analizirani parametri

	ENV Emisije u vazduh - Kriterijum
1.	(a) Azotni oksidi (NO _x i NO ₂)
2.	(a) Particulates (greater than)
3.	(a) Particulates(PM 10)
4.	(a) Particulates(nespecifični)
5.	(a) Sumporni oksidi (SO _x i SO ₂)
6.	ENV Eko toksičnost

Tabela 4p.54. ENV Ekotoksičnost analizirani parametri

	ENV Eko toksičnost - Kriterijum
1.	(a) Ugljen monoksid (CO)
2.	(a) Dioksini(nespecifični)
3.	(a) Živa (Hg)
4.	(a) Azotni oksidi (NO _x i NO ₂)
5.	(a) Srebro (Ag ⁺)
6.	Svi ostali

Tabela 4p.55. ENV Kancerogeni efekat analizirani parametri

	ENV Kancerogeni efekat - Kriterijum
1.	Cancer. (a) Arsenik (As)
2.	Cancer.(a) Hrom (Cr ili C)
3.	Cancer.(a)Dioksini(nespecifični)
4.	Cancer.(w) Arsenik (As ³⁺ i As ⁵⁺)
5.	Cancer.(w) Fenol (C ₆ H ₅ OH)
6.	Svi ostali

Tabela 4p.56. ENV Ne kancerogeni efekat analizirani parametri

	ENV Ne kancerogeni efekat (non Kancer) - Kriterijum
1.	Noncancer. (a) Kadmijum (Cd)
2.	Noncancer.(a)Dioksini(nespecifični)
3.	Noncancer.(a) Olovo(Pb)
4.	Noncancer.(a) Živa (Hg)
5.	Noncancer.(w) Barijum (Ba ⁺⁺)
6.	Svi ostali

Tabela 4p.57. ENV Trošenje ozona analizirani parametri

	ENV Trošenje ozona (Ozon depletion) - Kriterijum
1.	(a) Ugljenik tertahlorid (CCl ₄)
2.	(a) CFC 12 (CCl ₂ F ₂)
3.	(a) Halon 1301 (CF ₃ Br)
4.	(a) CHFC 22 (CHF ₂ Cl)
5.	(a) Metal bromid(CH ₃ Br)
6.	(a) Trihloretan (1,1,1-CH ₃ C)

Tabela 4p.58. ENV Potencijal za stvaranje smoga analizirani parametri

	ENV Potencijal za stvaranje Smoga - Kriterijum
1.	(a) Ugljen monoksid (CO)
2.	bons(exept methan)
3.	(a) Hidrokarbons (nespecifični)
4.	(a) Azotni oksidi (NOx i NO2)
5.	(a) Particulates(nespecifični)
6.	Svi ostali

Tabela 4p.59. Sa aspekta korišćenja energije analizirani parametri

	Sa aspekta korišćenja energije analizira se - Kriterijum
1.	Ugrađena energije od korišćenja obnovljivih energija (Embodied energy by Fuel Renewabiluty)
2.	Neobnovljiva energija (Non Renewable Energy)
3.	Obnovljiva energija (Renewable Energy)
4.	Ugrađene energije od korišćenja goriva (Embodied energy by Fuel Usage)
5.	Enerija u sirovinama (FeedstockEnergy)
6.	Energija goriva (Fuel Energy)

1. ЛИЧНИ ПОДАЦИ

Титула, име и презиме и **мр Марина Николић Топаловић** дипл. инг. арх.

Датум и место рођења 30.08.1958. Лучани, Србија, Југославија

Родитељи Бранко Топаловић, технолог, “Милан Благојевић” Лучани
Верослава Топаловић, лаборант, “Милан Благојевић” Лучани

Брачно стање Удата

Супруг Проф др Предраг В. Николић Ванредни Професор

Деца Павле (1994) Петар (2000)

Адреса Јурија Гагарина 173 , 11070 Нови Београд

Телефон 011 2177629 mob tel 063 7772-147

e-mail mntopalovic@vggs.rs; marinatopnik@gmail.com

2. ОБРАЗОВАЊЕ

1965-1973 Основна школа “Милан Благојевић” Лучани;
1973-1977 Гимназија “Филип Филиповић” Чачак;
1977-1983 Архитектонски факултет Београд, са просечном оценом 8,05 на дипломском испиту 10;

2000 Уписала Специјалистичке студије Технички факултет, Универзитета у Новом Саду, “Михајло Пупин” Зрењанин, смер Заштита радне и животне средине, стакла звање Специјалисте за заштиту животне средине;

2005 Уписала Магистарске студије Технички факултет Универзитета у Новом Саду „Михајло Пупин” Зрењанин, смер Управљање развојем-општи смер;

2011 Уписала докторске студије на Архитектонско-грађевинско-геодетском факултету у Бања Луци

3. ЈЕЗИЦИ

Активно знање Руског и енглеског језика

4. ПРОФЕСИОНАЛНА-СТРУЧНА БИОГРАФИЈА

Од 2004. године је ангажована у настави на Високој грађевинско геодетској школи у Београду, у настави на основним студијама на предметима: Грађевински материјали, Завршни радови и унутрашње инсталације, Ентеријер и Синтезни пројекат. На Специјалистичким студијама на предмету Грађевинско-урбанистичке процедуре од 2009. године и од 2018. године на Мастер студијама, на предмету: Енергетска ефикасност и сертификација зграда. У току свог педагошког рада објавила је практикуме, збирке задатака и уџбенике, као и ауторизоване

- сктипте, што је наведено у библиграфији. Током рада у настави била је ментор на 132 дипломска рада и 54 специјалистичка рада.
Члан је Инжењерске коморе Србије од оснивања 2003. године.
Од када има две лиценце: пројектантску 300 и извођачку 400. Од 2013. године поседује и лиценцу 381 за енергетску ефикасност објеката.
- Члан је Друштвава архитеката Београда и Друштва архитеката Србије., Друштва архитеката Београда, Члан је СМЕИТС-а, Удружења Изградња.
- 2010 Одбранила Магистарски рад, на тему: „Могућност примене рециклабилних материјала у Завршним грађевинским радовима“, на Техничком факултету Универзитета у Новом Саду „Михајло Пупин“ у Зрењанину, и стекла звање Магистра техничких наука;
- 2007 Одбранила Специјалистички рад, на тему: „Процеси отклањања чврстог отпада на територији Општине Палилула“ на Техничком факултету „Михајло Пупин“ у Зрењанину, и стекла звање Специјалиста техничких наука. Научна област: Управљање развојем, Смер: Заштита животне средине;
- 2007 Учесник на међународној Конференцији „Иновације а и креативни простори у одрживим градовима“ у организацији Holcim awards и Архитектонског факултета, Универзитета у Београду;
- 2007 Средином 2007. године похађала курс и стекла сертификат „Energy in developing Europe“ ENEA под покровитељством UNESCO на Институту за пољопривреднију технику, Пољопривредног факултета Универзитета у Београду, Одељења за енергетску ефикасност и обновљиве изворе енергије;
- 2006 Учесник на међународној Конференцији „Подунавски градови и простори“, у организацији Техничког факултета у Новом Саду;
- 2004 Учесник на међународној Конференцији „Gemeinsam in eine umweltgerechte zukunfte zukunt“/Заједно у еколошки уређену будућност/ у организацији: StaDT, Wien, BOHMANN Events, SEEMO, Сталне конференције градова, Беч-Београд;
- 2003 Ради на пословима Стручног сарадника за област Архитектура у Вишој грађевинско геодетској школи у Београду у улици Хајдук Станка бр 2. Београд;
- 2002-2003 Општина Палилула – радила на пословима Грађевинског инспектора а затим и као помоћник начелника у оквиру грађевинске инспекције Општине Палилула;
- 1993-2002 ГП „7 јули“- радила на пословима извођења стамбених објеката у Београду као Шеф самосталног градилишта (стамбено пословни објекти у улици: Змај Јовиној 37-39, Добрачиној 33, Гундулићев Венац Француска 54, Денкова башта два објекта у Топаловићевој 8 и 10, Блок Јанко Лисјак, објекат на углу Дурмиторске и Сарајевске);
- 1992-1993 „Ник Инжењеринг“– радила на пословима израде техничке документације и извођења радова на адаптацији заједничких просторија за смештај породица расељених војних лица са ратом угрожених територија;
- 1991 Радила на пословима израде пројеката ентеријера председничке виле у Мосулу, Ирак. Радила на пословима пројектовања

	ентеријера и адаптације Пословних простора (уговор о делу „Колубара инжењеринг“);
1989-1992	ИМЕЛ учествовала у развоју Програма надоградње објеката, изради идејних и извођачких пројеката надоградње објеката и адаптација , припреми тедерске документације и извођењу објеката, прво као инжењер градилишта а касније као шеф градилишта;
1990	Положила Стручни испит са радом из области пројектовања Надоградња стамбених објеката 5 и 6 у блоку 23 на Новом Београду у време када сам била распоређена на пословима извођења на објекту 5 у блоку 23;
1983-1988	Рад у ПЗ „ИМЕЛ“ на пословима израде идејних и извођачких пројеката монтажних индустријских и складишних објеката, на пословима израде идејних и извођачких пројеката надоградње стамбених и пословних објеката ПЗ „ИМЕЛ“ (рад преко омладинске и студентске задруге);
1982-1983	Израда пројеката санације земљотресом погођених објеката „Завод за заштиту споменика културе“ (ради током студија);
1979-1981	Снимање стања грађевинских објеката после земљотреса у Црној Гори (прво у окувиру обавезне стучне праксе, а касније преко студентске задруге и Завода за заштиту споменика културе)
	У ПЗ „ИМЕЛ“ САРАДНИК НА ИЗРАДИ ПРОЈЕКТАТА
1983-1984	Идејни пројекат надоградње стамбених објеката 5 и 6 у Блоку 23, Београд;
1984	Рад у ПЗ "ИМЕЛ" на пословима израде идејних пројеката индустријских и складишних објеката , за фабрику „Леминд“ Лесковац;
1984	Рад у ПЗ "ИМЕЛ" на пословима израде идејних пројеката индустријских и складишних објеката , за фабрику "Универзал" из Зворника;
1984	Рад у ПЗ "ИМЕЛ" на пословима израде идејних пројекта надоградње Управне зграде ХИ „Милан Благојевић“ у Лучанима;
1984	Изада иденјог пројекта надоградње зграде Општине у Лучанима;
1985	Изада иденог пројекта надоградње хотела у Лучанима;
1985	Извођачки пројекат надоградње Управне зграде ХИ Милан Благојевић у Лучанима,
1985	Извођачки пројекат надоградње стамбеног објекта у Малом Зворнику;
1985	Извођачки пројекат надоградње стамбеног објекта ПКБ у Падинској скели;
1985	Рад у ПЗ ИМЕЛ на пословима израде идејних пројеката индустријских и складишних објеката;
1985-86	Извођачког пројекта надоградње стамбених објеката 5 и 6 у Блоку 23 у Београду. Разрада пројеката (аутор проф Александар Стјепановић);
1986	Извођачког пројекта надоградње стамбеног објекта у Косјерићу;
1986	Израда идејног пројекта надоградње зграде Општине Раковица;
1986	Израда идејног пројекта надоградње зграде Месне заједнице у Блоку 21;
1986	Учествовала у изради Измене плана детаљне регулације Блока 21,

- Нови Београд;
- 1987 Израда идејног пројекта надоградње стамбеног објекта у Пожаревцу;
- 1987 Израда идејног пројекта надоградње стамбеног објекта у Смедереву;
- 1987 Израда идејног пројекта надоградње стамбеног објекта у Крагујевцу, насеље Аеродром.

ОДГОВОРНИ ПРОЈЕКТАНТ ОБЈЕКТАТА

- 1997 Израда идејног пројекта за стамбени објекат Породице Андрејевић, на Врачару, Београд.

ОДГОВОРНИ ПРОЈЕКТАНТ ИЗВЕДЕНИХ ОБЈЕКТАТА

- 1990 Надоградња и реконструкција стамбеног објекта у улици Жарка Зрењанина 38, Београд;
- 1991 Надоградња и реконструкција стана у улици Сарајевској 34. Београд;
- 1992 Пројекат надоградње куће у улици Пере Велимировића, Београд;
- 1994 Доградња пословног објекта, Петровић у Мељаку;
- 1995 Доградња стамбеног објекта, Милојковић, Професорска колонија, Београд;
- 1995 Доградња и реконструкција стамбеног објекта у Булевару ЈНА бр 40, Београд;
- 1996 Надоградња стамбеног објекат у улици Коче Капетана бр 1, Београд;
- 1996 Доградња и реконструкција породичног стамбеног објекат у улици Баје Пивљанина бр 5, Београд;
- 1997 Идејни и Главни пројекат два стамбена објекта у улици Душана Срезојевића бр 10а и 10б,(породице Савић и Малбашић) Београд;
- 1997 Доградња и реконструкција стамбеног објекта у улици Јове Илића бр 45, Београд;
- 1997 Пројекат стамбеног објекат у улици Тодора Дукина бр 19, Београд;
- 1997 Извођачки пројекат стамбеног објекат у улици Дарвиновој бр 5, Београд, према идејном решењу арх. А Ђокића,
- 1998 Стамбени објекат у улици Лијачкој бр 3, Београд;
- 1999 Идејни и Главни пројекат надоградње стамбеног објекат у улици Џорџа Вашингтона бр 9, Београд, аутор и одговорни пројектант;
- 2001 Стамбени објекат у улици Беранској бр 42 Београд, као аутор и одговорни пројектант;
- 2003 Стамбени објекат у Југову код Смедерева, као аутор и одговорни пројектант, аутор и одговорни пројектант;
- 2003 Стамбени објекат у Калемарској улици, као аутор и одговорни пројектант,Београд аутор и одговорни пројектант;
- 2003 Стамбени објекат у Миријеву, улици Крижни пут, Београд аутор и одговорни пројектант;
- 2004 Стамбени објекат у улици, улици Трећа нова бр 5, Плави хоризонт, Земун, аутор и одговорни пројектант;

- 2007 Надоградња стамбеног објекта у улици Маршала Тита бр 35 у Вишњици, Београд, аутор и одговорни пројектант;
- 2007 Пројекат надоградње стамбеног објекта породице Ђуричић у Требињу;
- 2008 Стамбени објекат у улици Овчански пут бр 80, у Овчи, Београд аутор и одговорни пројектант,

ПРОЈЕКТАНТ ИЗВЕДЕНИХ ОБЈЕКТА

- 1997 Хотел породице Рохотас, Аргостоли. Острво Кефалонија, Грчка.
Кућа за одмор на путу између Аргостолија и Ликсурија, Острво Кефалонија, Грчка;
- 1997 Кућа у месту Агиа Ефимија, Острво Кефалонија, Грчка;
- 1998 Пекара и стамбени објекат, на путу за Фискардо, Острво Кефалонија, Грчка.

ПРОЈЕКТАНТ ОБЈЕКТА

- 2004 Израда идејног пројекта кафе галерије у Југову код Смедерева;
- 2006 Израда идејног пројекта надоградње и реконструкције стамбеног објекат у улици Његошевој бр 39, у Земуну;
- 2007 Израда Извођачког пројекта надоградње и реконструкције стамбеног објекта у улици Његошевој бр 39, у Земуну;
- 2007 Израда идејног пројекта надоградње и реконструкције дворишног стамбеног објекта у улици Рајачићевој бр 11, у Земуну;
- 2009 Израда Извођачког пројекта реконструкције дворишног стамбеног објекта у улици Рајачићевој бр 11, у Земуну;
- 2012 Идејни и извођачки пројект породичног стамбеног објекта породице Јовановић у Овчи;
- 2013 Идејни пројект изградње породичног стамбеног објекта породице Прљета у Сланкамену;
- 2014 Идејни и извођачки пројект изградње породичног објекта породице Лалић у Бечмену;
- 2015 Извођачки пројект објекта породице Пљета у Сланкамену,

ОДГОВОРНИ ПРОЈЕКТАНТ ИЗВЕДЕНИХ АДАПТАЦИЈА

- 2006 Адаптација, доградња и реконструкција двоетажног стамбеног објекат /Кривачић/, у улици Душана Васиљевића бр 2, Београд;
- 2003 Израда пројекта адаптације стана у улици Михаила Пупина бр 53./Милатовић/, Београд;
- 2003 Пројекат ентеријера стана породице Обрадовић у улици Жарка Зрењанина;
- 2003 Пројекат ентеријера стана у улици Михаила Пупина бр 53./Милатовић/, Београд;
- 2002 Пројекат адаптације стана у улици Михаила Пупина бр 3, /Туропољац/, Београд;
- 2002 Пројекат адаптације стана на Бежанијској коси /Робовић/, Београд;
- 1996 Адаптација и реконструкција стана у улици Катанићевој бр 7, /Поповић/, Београд;
- 1996 Адаптација и реконструкција стоматолошке ординације, у улици Зелене Њетковић бр 10, /Стаматовић/, Београд;

1992-1993 За „Ник Инжењеринг“ израда техничке документације за адаптацију и реконструкцију заједничких просторија за смештај интерно расељених лица са ратом угрожених територија , пројекти су рађени за потребе БГД-Београд, (око 40 пројеката): Бакланска 8, 8а, Цвијићева 87, Вељка Дугошевића 26, Лазе костића 5, Паунова 28, 30, Црнотравска 5, и 7. Бањички Венац 30 и 30а, Љутице Богдана 17. Нехруова, Арсенија Чарнојевића, Трећи Булевар, 27. Марта 41, Аце Јоксимовића 33, Ратка Вујовића-Чочета 5 и 7, и тд.

РУКОВОДИЛАЦ ГРАДИЛИШТА НА ИЗГРАДЊИ СТАМБЕНО ПОСЛОВНИХ ОБЈЕКТАТА

2002 У време рада у ГП „7 Јули“ Месна заједница Јанко Лисјак, Стамбено пословни објекат 3-4, Београд;

2002 Денкова Башта, Стамбено пословни обејекти бр 9 и 10, Београд;

2001 Стамбено ословни објекат у улици Стархинића Бана бр 10, Београд;

1999-2000 Стамбено пословни објекат у улици Дурмиторска бр 6 – 8, Београд;

1998-1999 Стамбено пословни објекат у улици Сењанин Иве бр 33, Београд;

1996-1999 Стамбено пословни објекат у улици Француској бр 54, Београд;

1993-1994 Стамбено пословни објекат у улици Змај Јовина 37-39, Добрачина 33, Стархонића Бана 62-64, Београд и изградња подземне гараже у оквиру комплекса Чукур чесма;

1989-1991 За „Ник Инжењеринг“ као шеф градилишта радила на извођењу адаптација и реконструкција заједничких просторија за смештај интерно расељених лица са ратом угрожених територија, за потребе Бојно грађевинске дирекције-Београд, (око 40 изведених адаптација): Бакланска 8, 8а, Цвијићева 87, Вељка Дугошевића 26, Лазе костића 5, Паунова 28, 30, Црнотравска 5, и 7. Бањички Венац 30 и 30а, Љутице Богдана 17, Нехруова 50, Арсенија Чарнојевића 61, Трећи Булевар 16, 27 Марта 41, Аце Јоксимовића 33, Ратка Вујовића-Чочета 5 и 7... итд.,

НАДЗОР НАД ИЗГРАДЊОМ ОБЈЕКТАТА

2005 Доградња пословног објекта фармацеутске индустрије „Фарманова“ у Макишу, Београд;

2011 Изградња производне хале „Еухем“ у Старој Пазови,

5. ПЕРМАНЕНТНА ЕДУКАЦИЈА

1990 На Архитектонском факултету похађала курс из Auto CAD 9

1998 Похађала курс из Auto CAD 14 СЕТ,

2001 MS Projekt 98,

2002 Archi CAD 6.5,

Познавање рада у MS Office окружењу,

2008 Сертификат UNESCO-ЕНЕА: „Учење о обновљивим изворима енергије“,

2009 Привредна комора Србије – семинар: „Шта инвеститор треба да зна приликом изградње објеката у Србији“,

2009 Конференција „Сачувајмо енергију“ Обновљиви извори енергије за грејање и хлађење, СМЕИТ-с,

2012 Едукација „Пројектовање пасивних кућа“ сертификат за рад у програму РРН - Pasivhaus Instituta u Darmstatu.

6. ПРОФЕСИОНАЛНА-НАУЧНА БИОГРАФИЈА

Научни радови:

- 2010 Одбранила Магистарски рад, на тему: „Применљивост рециклабилних материјала у завршним грађевинским радовима“, на Техничком факултету „Михајло Пупин“ у Зрењанину, Универзитет у Новом Саду, 06.07.2010. (1-187), и стекла звање Магистра техничких наука;
- 2007 Одбранила Специјалистички рад, на тему: „Процеси отклањања чврстог отпада на територији Општине Палилула“ на Техничком факултету „Михајло Пупин“ у Зрењанину, Универзитет у Новом Саду, 22.12.2007. (1-152) и стекла звање Специјалисте техничких наука. Научна област: Управљање развојем, Смер : Заштита животне средине.

Радови са конференција и скупова:

1. Ћировић Г., Митровић С., Николић Д., **Николић Топаловић М.**: „Compressive strength testing of rammed earth blocks“, 8-th International Conference Management and Technologies For Sustainable Development in the Building Industri; Czech Technical University of Prague, септембар 2010. (53-56);
2. Ћировић Г., **Николић Топаловић М.**, Митровић С.: „Примена фотолуминесцентне боје у степеништима за евакуацију“, Зборник радова, Први међународни научно - стручни симпозијум ИНСТАЛАЦИЈЕ И АРХИТЕКТУРА, Архитектонски факултет универзитета у Београду, октобар 2010. (75-81);
3. **Николић Топаловић М.**, Павловић М.: „Могућност примене рециклабилних материјала у циљу побољшања енергетске ефикасности објеката високоградње“, Научно-стручни скуп: ЕФИКАСНОСТ У ПРИВРЕДИ – 2010. (Енергетска ефикасност - Еколошка ефикасност - Економска ефикасност - Ефикасност управљања), Зрењанин, новембар 2010. (68-74);
4. **Николић Топаловић М.**, Павловић М., Ђурић А.: „An Example of the valorization of plastic waste from the region of Southern Banat“, ISWA BEACON 2010, Public Private Partnership and Hazardous Waste in Developing Countries in SEE, Middle East and Mediterranean Region, Нови Сад, децембар 2010. (237-243);
5. Митровић С., **Николић Топаловић М.**: „ETFE -Нови текстилни материјали за покривање кровова и фасада спортских објеката“, International Conference SPOFA 2011, Београд, септембар 2011.;
6. Ћировић Г., Митровић С., **Николић Топаловић М.**: „Анализа приступачности спортских објеката особама са посебним потребама“, International Conference SPOFA 2011., Београд, септембар 2011.;
7. Ћировић Г., **Николић Топаловић М.**, Митровић С.: „Санитарне просторије са аспекта Европског концепта приступачности“, Зборник радова, Други међународни научно - стручни симпозијум ИНСТАЛАЦИЈЕ И

- АРХИТЕКТУРА, Архитектонски факултет универзитета у Београду, октобар 2011. (105-113);
8. Митровић С., **Николић Топаловић М.**, Ћировић Г.: „Рециклирани челик у савременој изградњи“, Зборник радова, XV научно - стручни симпозијум, Архитектонско грађевински факултет Бања Лука, 2011.;
 9. Ћировић Г., **Николић Топаловић М.**, Митровић С.: „Санитарни уређаји са аспекта енергетске ефикасности“, Зборник радова, Трећи међународни научно - стручни симпозијум ИНСТАЛАЦИЈЕ И АРХИТЕКТУРА, Архитектонски факултет универзитета у Београду, октобар 2012. (175-181);
 10. Ћировић Г., **Николић Топаловић М.**; Митровић С.: „Управљање чврстим отпадом у Србији, теорија и пракса“, Зборник радова, Трећи међународни научно-стручни симпозијум; Друштво за Геотехнику у Босни и Херцеговини; ГЕО-ЕХПО 2013 Јахорина, мај 31-јун 02. 2013. (88-95);
 11. **Николић Топаловић М.**, Ћировић Г.: „Побољшање енергетске ефикасности објеката високоградње рециклабилним материјалима“, Зборник радова, ЕнЕ13 Девета регионална конференција; Животна средина ка Европи Београд, 10. јун 2013. (87-91). Europe Aid/132438/C/ACT/Multi-2012/306-642;
 12. **Николић Топаловић М.**; Ћировић Г.: „Студија случаја, анализа система за евакуацију комуналног отпада у савским блоковима“, Зборник радова, ЕнЕ14 Десета регионална конференција; Животна средина ка Европи Београд, 10. јун 2014. (85-98). Europe Aid/132438/C/ACT/Multi-2014;
 13. Ћировић Г., Митровић С., **Николић Топаловић М.**: „Анализа приступачности спортског објекта особама са инвалидитетом - Студија случаја“, International Conference SPOFA 2014., Београд, септембар 2014.;
 14. **Николић Топаловић М.**; Петровић Љ.: „Студија случаја примарне сепарације комуналног отпада на општини Нови Београд између жеља и могућности“, Зборник радова, ЕнЕ15 Једанаеста регионална конференција; Животна средина ка Европи Београд, 5. јун 2015. (87-91). Europe Aid/132438/C/ACT/Multi-2015/306-642;
 15. Јевтић-Новаковић К., **Николић Топаловић М.**, Ђаловић С.: “Arrogant Urbanism and Disappearing of Green Oases in Residential Areas”, III International conference “Ecology of urban areas 2013” University of Novi Sad Technical faculty „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin;
 16. Ћировић Г., **Николић Топаловић М.**, Митровић С., Јовановић С.: „Accessibility analysis of sports stadiums in Serbia for persons with special needs“, International Conference SPOFA 2016., јун 2016.
 17. **Николић Топаловић М.**, Момчиловић А., Стефановић, Г.: „A case study than increasing from building energy class C to B affects the flow of required materials and CO2 emissions”, International Conference ICAS_18, 9-11. may, Banja Luka;
 18. **Николић Топаловић М.**, Момчиловић А., Стефановић, Г.: „Possibilities to Reduce Carbon Footprints in Building Construction Sector in Serbia by Reducing the Embodied Carbon in the Design Stage”, International Conference SDEWE2018, 28.09,Palermo. Italija [SDEWES2018 <sdewes2018@sdewes.org>];
 19. Момчиловић А., Стефановић, Г., Rajković, P.,Milutinović, B., Savić, D., **Николић Топаловић М.**: „Utilization Of The Farm Organic Waste By Using An Anaerobic Co-Digestion Process”, International Conference SDEWE2018, 28.09, Palermo. [SDEWES2018 <sdewes2018@sdewes.org>];
 20. **Nikolić Topalović M.**, Stanković M.: „A Case study of the increase of Carbon dioxide due to the Application of energy efficiency regulations in Serbia“, XI INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE, CONTEMPORARY

MATERIALS 2018, ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS OF THE REPUBLIC OF SRPSKA, Banja Luka, September 2 to 3, 2018. [www.savremenimaterijali.info]. [http://www.savremenimaterijali.info/index.php?i_dsek=48&jezik=4].

Научни радови објављени у часописима:

1. **Nikolić Topalović M.**, Stanković M.: „A Case study of the increase of Carbon dioxide due to the Application of energy efficiency regulations in Serbia“, *Contemporary Materials*, ANURS of the Republic of Srpska, Banja Luka. [www.savremenimaterijali.info]. Оригинални научни рад, Часопис националног ранга, у Републици Српској, (Приложена потврда да је рад прихваћен и да ће бити објављен.);
2. **Николић Топаловић М.**, Ђировић Г.: Побољшање енергетске ефикасности објеката високоградње, „*ЛИМЕС плус*“, Животна средина ка европи, Бр 1-2014, (пп. 89-100), Животна средина ка Европи, Издавач HESPERIAedu, ISSN 1820 – 0869, Београд 2014., Кратки научни рад UDK: 697.9:620.91, Часопис од националног значаја, (М-51). Република Србија;
3. **Nikolić Topalović M.**, Stefanović G., Momčilović A.: Case Study: the Effects the Improvements in Energy Rating from Band C to Band B has on the Flow of Necessary Materials and Embodied CO₂, *ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara-International Journal of Engineering*, Tome XVI [2018] Fascicule 3 [August] ISSN 1584 - 2665 (printed version); ISSN 2601 - 2332 (online); ISSN-L 1584 – 2665 copyright © University POLITEHNICA Timisoara, Faculty of Engineering Hunedoara, 5, Revolutiei, 331128, Hunedoara, ROMANIA. Часопис од националног значаја, *Časops je od nacionalnog značaja u Rumuniji*, В+, *priložena potvrda o rangui časopisa, i potvrda o objavljivanju, kao i objavljen rad u elektronskom formatu*;
4. **Николић Топаловић М.**: „Анализа могућности за смањење угљеничног отиска из грађевинског сектора у Србији кроз смањење ембодираних угљеника“, *ИЗГРАДЊА*, 72 год. 2018-9-10 (пп 465-474), Београд, Србија, ISSN 0350 – 5421, UDK 624+71+72(05) Оригинални научни рад, часопис од националног значаја, је у штампи, приложена потврду и бројеве страна. (М - 51), Република Србија;
5. **Николић Топаловић М.**, Станковић М.: „Студија случаја процене могућности за смањење ембодираних угљеника објеката у фази пројектовања“, *ИЗГРАДЊА*, 72 год. број 11-12. 2018, (пп), ISSN 0350 – 5421, UDK 624+71+72(05), Београд, Србија, Оригинални научни рад, часопис од националног значаја, биће објављен у броју 11-12, приложена потврда, часопис је у припреми.(М-51) Република Србија.

Научни рад у иностраном часопису (часопис SCI lista Impakt f 2,17):

1. **Nikolić Topalović M.**, Stanković M., Ćirović G., Pamučar D.: Applied Measures on the Simulated Scenarios for the Sustainable Building Construction through Carbon Footprint Emissions - Case study of Building Construction in Serbia, *Sustainability* [<http://www.mdpi.com/journal/sustainability>]. Рад за часопис: са SCI листе Sustainability ID broj 379504

Научни радови у часописима у фази рецензије (инострани часописи SCI lista):

1. **Nikolić Topalović M.**, Stefanović G., Momčilović A.: Possibilities to Reduce Carbon Footprints in Building Construction Sector in Serbia by Reducing the Embodied Carbon in the Design Stage. Од стране првог рецензента упућен је на часописе: [<http://www.sdewes.org/journals.php>] (Rad za časopis: sa SCI liste: Prihvaćan, prošao recenziju, чека се objavlјivanje u časopisu. Потврда о процедури).
2. Momčilović, A., Stefanović, G., Rajković, P., Milutinović, B., Savić, D., **Nikolić Topalović M.**: „Utilization Of The Farm Organic Waste By Using An Anaerobic Co-Digestion Process”, Palermo. Од стране првог рецензента упућен је на часописе [<http://www.sdewes.org/journals.php>] Rad za časopis: sa SCI liste: Prihvaćan prošao prvu recenziju, чека се objavlјivanje u časopisu. (Потврда о процедури)

Објављени практикуми, збирке и књиге:

1. Николић Топаловић М.: „Практикум из грађевинских материјала - архитектонски смер“, Висока грађевинско геодетска школа, Београд 2010. (1-100);
2. Ћировић Г., Николић Топаловић М.: „Правна регулатива у грађевинарству“, V издање, Висока грађевинско геодетска школа, Београд 2010.(1-134);
3. Ћировић Г., Николић Топаловић М.: „Грађевинско урбанистичке процедуре“, Специјалистичке студије, Висока грађевинско геодетска школа, Београд 2010. (1-189);
4. Ћировић Г., Николић Топаловић М.: „Правна регулатива у грађевинарству“, VI измењено и допуњено издање, Висока грађевинско геодетска школа, Београд 2013.(1-144);
5. Ћировић Г., Николић Топаловић М.: „Правна регулатива у грађевинарству“ VII измењено и допуњено издање, Висока грађевинско геодетска школа, Београд 2015.(1-152);
6. Ћировић Г., Николић Топаловић М., Јововић С.: „Правна регулатива у грађевинарству“, VIII измењено и допуњено издање, Основне студије, Висока грађевинско геодетска школа, Београд 2018. (1-200);
7. Ћировић Г., Николић Топаловић М., Јововић С.: „Грађевинско урбанистичке процедуре“, I издање, Мастер студије, Висока грађевинско геодетска школа, Београд 2018. (1-266);
8. Николић Топаловић М.: „Инсталације водовода и канализације“, Основне студије, Висока грађевинско геодетска школа, Београд 2015. (1-198);
9. Николић Топаловић М.: „Инсталације водовода и канализације“, II измењено и допуњено издање, Висока грађевинско геодетска школа, Београд 2017. (1-212);

Књиге у штампи и припреми:

1. Николић Топаловић М.: „Унутрашње инсталације у објектима“, Висока грађевинско геодетска школа, Београд;
2. Милојевић Турина М., Зрнић Ј., Николић Топаловић М.: „Завршни радови у високоградњи“, Висока грађевинско геодетске школа, Београд;
3. Николић Топаловић М.: „Енергетска ефикасност и сертификација објеката“. Висока грађевинско геодетска школа, Београд;

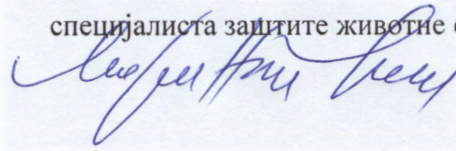
4. Николић Топаловић М.: „Синтезни пројекат“, Висока грађевинско геодетска школа, Београд;

Ауторизоване скрипте Високе грађевинско геодетске школе у Београду:

1. Николић Топаловић М., Милојевић Турина М., Зрнић Ј.: „Завршни радови и инсталације“. (2014) Висока грађевинско геодетска школа, Београд;
2. Николић Топаловић М.: „Енергетска ефикасност и сертификација објеката“, Мастер студије, Висока грађевинско геодетска школа, Београд.

22.11.2018

мр Марина Николић Топаловић, дипл инг арх
специјалиста заштите животне средине



Изјава 1

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

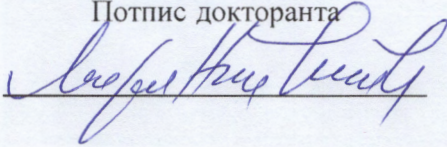
Изјављујем
да је докторска дисертација

Наслов рада ОКВИР ЗА МОДЕЛОВАЊЕ ИНФОРМАЦИЈА НЕОПХОДНИХ ЗА
АРХИТЕКТОНСКО ПРОЈЕКТОВАЊЕ ЗАСНОВАНО НА КОНЦЕПТИМА ЖИВОТНОГ
ЦИКЛУСА ОБЈЕКТА

Наслов рада на енглеском језику INFORMATION LIFECYCLE MODELING FRAMEWORK
NECESSARY FOR ARCHITECTURAL DESIGN PROCESS BASED ON LIFECYCLE
OBJECTS CONCEPTS

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да докторска дисертација, у цјелини или у дијеловима, није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

У Бањој Луци, дана 14.09.2018. године

Потпис докторанта


Изјава 2

Изјава којом се овлашћује Универзитет у Бањој Луци да докторску дисертацију учини јавно доступном

Овлашћујем Универзитет у Бањој Луци да моју докторску дисертацију под насловом
ОКВИР ЗА МОДЕЛОВАЊЕ ИНФОРМАЦИЈА НЕОПХОДНИХ ЗА АРХИТЕКТОНСКО
ПРОЈЕКТОВАЊЕ ЗАСНОВАНО НА КОНЦЕПТИМА ЖИВОТНОГ ЦИКЛУСА ОБЈЕКТА
која је моје ауторско дјело, учини јавно доступном.

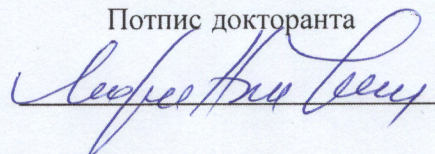
Докторску дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату
погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у дигитални репозиторијум Универзитета у
Бањој Луци могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце
Креативне заједнице (*Creative Commons*) за коју сам се одлучио/ла.

- Ауторство
- Ауторство – некомерцијално
- Ауторство – некомерцијално – без прераде
- Ауторство – некомерцијално – дијелити под истим условима
- Ауторство – без прераде
- Ауторство – дијелити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци
дат је на полеђини листа).

У Бањој Луци, дана 14.09.2018. године

Потпис докторанта


ТИПОВИ ЛИЦЕНЦИ КРЕАТИВНЕ ЗАЈЕДНИЦЕ

Ауторство (CC BY)

Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дјела, и прераде, ако се наведе име аутора, на начин одређен од аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

Ауторство - некомерцијално (CC BY-NC)

Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дјела и прераде, ако се наведе име аутора, на начин одређен од аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дјела.

Ауторство - некомерцијално - без прерада (CC BY-NC-ND)

Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дјела, без промјена, преобликовања или употребе дјела у свом дијелу, ако се наведе име аутора, на начин одређен од аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дјела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дјела.

Ауторство - некомерцијално - дијелити под истим условима (CC BY-NC-SA)

Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дијела, и прераде, ако се наведе име аутора, на начин одређен од аутора или даваоца лиценце, и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дјела и прерада

Ауторство - без прерада (CC BY-ND)

Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дјела, без промјена, преобликовања или употребе дјела у свом дијелу, ако се наведе име аутора, на начин одређен од аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дјела.

Ауторство - дијелити под истим условима (CC BY-SA)

Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дјела, и прераде, ако се наведе име аутора, на начин одређен од аутора или даваоца лиценце, и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дјела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.

Напомена: Овај текст није саставни дио изјаве аутора.

Више информација на линку: <http://creativecommons.org.rs/>

Изјава 3

Изјава о идентичности штампане и електронске верзије докторске дисертације

Име и презиме аутора Marina B. Nikolić Topalović

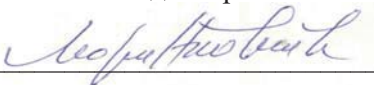
Наслов рада **ОКВИР ЗА МОДЕЛОВАЊЕ ИНФОРМАЦИЈА
НЕОПХОДНИХ ЗА АРХИТЕКТОНСКО ПРОЈЕКТОВАЊЕ ЗАСНОВАНО
НА КОНЦЕПТИМА ЖИВОТНОГ ЦИКЛУСА ОБЈЕКТА**

Ментор др Миленко Станковић, редовни професор
Универзитет у Бањој Луци
Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет

Изјављујем да је штампана верзија моје докторске дисертације идентична електронској верзији коју сам предао/ла за дигитални репозиторијум Универзитета у Бањој Луци.

У Бањој Луци, дана 14.09.2018. године

Потпис докторанта



УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
ПОДАЦИ О АУТОРУ ОДБРАЊЕНЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Име и презиме аутора дисертације: Марина Николић Топаловић

Датум, мјесто и држава рођења аутора: 30.08.1958. године, Лучани, Република Србија

Назив завршеног факултета аутора и година дипломирања: Архитектонски факултет
Универзитета у Београду, 30.06.1986. године

Датум одбране магистарског рада аутора: 06.07.2010. године

Наслов магистарског рада:

„Примењивост рециклабилних материјала у завршним грађевинским радовима“

Академска титула коју је аутор стекао одбраном магистарског рада: Магистар
технички наука из области Управљање развојем

Академска титула коју је аутор стекао одбраном докторске дисертације: Доктор
техничких наука из области Архитектуре

Назив факултета на коме је докторска дисертација одбрањена: Архитектонско-
грађевинско-геодетски факултет Универзитета у Бањој Луци

Назив докторске дисертације и датум одбране: 03.12.2018. године

„Оквир за моделовање информација неопходних за архитектонско пројектовање
засновано на концептима животног циклуса објекта“

Научна област дисертације према CERIF шифрарнику: Т 230

Име ментора и чланова комисије за одбрану докторске дисертације:

1. Др Миленко Станковић, редовни професор
2. Др Горан Ђировић, редовни професор
3. Др Тања Тркуља, доцент
4. Др Сандра Косић-Јеремић, доцент
5. Др Сњежана Максимовић, доцент

ментор
председник комисије
члан комисије
члан комисије
члан комисије

У Бањој луци, дана 03.12.2018.



Декан

УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
ФАКУЛТЕТ: АРХИТЕКТОНСКО-ГРАЂЕВИНСКО-ГЕОДЕТСКИ ФАКУЛТЕТ
У БАЊОЈ ЛУЦИ



ИЗВЈЕШТАЈ
о оцјени урађене докторске дисертације

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ

На основу члана 54. Статута Универзитета у Бањој Луци, ННВ-е факултета, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, је на својој 10. сједници, одржаној дана 20.06.2018. године, донијело Одлуку број: 14/3.882/18, о именовану Комисије за оцјену и одбрану докторске дисертације под називом: **Оквир за моделовање информација неопходних за архитектонско пројектовање засновано на концептима животног циклуса објекта**, кандидата мр Марина Николић Топаловић, дипл. инж. архитектуре у саставу:

1. Др Горан Ђировић, редовни професор, ужа научна област организација и технологија грађења и менаџмент у грађевинарству, Висока грађевинско-геодетска школа Београд - предсједник;
2. Др Миленко Станковић, редовни професор, ужа научна област Архитектонско пројектовање, Универзитет у Бањој Луци; Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет - ментор и члан;
3. Др Тања Тркуља, доцент, ужа научна област Архитектонско пројектовање, Универзитет у Бањој Луци, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет - члан;
4. Др Сандра Косић-Јеремић, доцент, ужа научна област Геометрија облика (нацртна геометрија, перспектива, параметричка архитектура), Универзитет у Бањој Луци, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет - члан;

II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

- 1) Марина, Бранко, Николић Топаловић;
- 2) рођена 30.08.1958. године у Лучанима, општина Лучани, Република Србија;
- 3) Уписала: 1977. године Архитектонски факултет, Универзитет у Београду, на коме је положила све предмете који су предвиђени планом и програмом и после одбране дипломског рада са оцјеном 10 (десет) стекла звање: Дипломирани инжењер Архитектуре,
- 4) Уписала: 2001. године Технички факултет „Михајло Пупин“ у Зрењанину, Универзитет у Новом Саду, специјалистичке/послиједипломске студије на којима је положила све испите предвиђене планом и програмом и дана 31.10.2007. године одбранила специјалистички рад под називом: „Процеси отклањања чврстог отпада на територији СО Палилула - Град Београд“ и стекла стручни назив: Специјалиста

техничких наука, Научна област: Управљање развојем; Смијер: Заштита животне и радне средине; редни број евиденције о издатим дипломама: 04/72-07

4) Уписала: Технички факултет „Михајло Пупин“ у Зрењанину, Универзитет у Новом Саду, уписала магистарске студије, положила све испите предвиђене планом и програмом и дана 06.07.2010. године одбранила магистарску тезу под називом: „Применљивост рециклабилних материјала у завршним грађевинским радовима“ и стекла академско звање Магистар техничких наука; редни број евиденције о издатим дипломама: 04-314/10

5) Научна област: Управљање развојем; Смијер: Општи;

6) На основу чл. 148. Закона о високом образовању (Сл. Гласник Републике Српске, број: 73/10 и 104/11), Сенат Универзитета у Бањој Луци на 56. сједници одржаној дана 01.12.2011. донио је Одлуку број: 05-5 011-LVI-10.1./11 и дао сагласност на Извјештај о оцјени услова кандидата и подобности теме за израду докторске дисертације, под називом: *Оквир за моделовање информација неопходних за архитектонско пројектовање засновано на концептима животног циклуса објекта*, кандидата *мр Марина Николић Топаловић, дипл. инж. архитектуре.*

На основу члана 54. Статута Универзитета у Бањој Луци, ННВ-е факултета Архитектонско-грађевинско-геодетски факултете, је на својој 37. сједници, одржаној дана 19.11.2016. године, донијело Одлуку број: 14/3.1192/16, којом је одобрило продужење рока за одбрану докторске дисертације, кандидата мр Марина Николић Топаловић, дипл. инж. архитектуре, за још годину дана.

На основу чл. 149. Закона о високом образовању (Сл. Гласник Републике Српске, број: 73/10, 104/11, 84/12, 108/13, 44/15, 90/16 и 31/18), Сенат Универзитета у Бањој Луци, на 56. сједници одржаној дана 31.05.2018. донио је одлуку број: 02/04-3.1444-44/18 и одобрило продужење рока за одбрану докторске дисертације, кандидата мр Марина Николић Топаловић, дипл. инж. архитектуре, до 01.12.2018. године.

III УВОДНИ ДИО ОЦЈЕНЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

На основу чл. 148. Закона о високом образовању (Сл. Гласник Републике Српске, број: 73/10 и 104/11), Сенат Универзитета у Бањој Луци на 56. сједници одржаној дана 01.12.2011. донио је Одлуку број: 05-5 011-LVI-10.1./11 и дао сагласност на Извјештај о оцјени услова кандидата и подобности теме за израду докторске дисертације, под називом: *Оквир за моделовање информација неопходних за архитектонско пројектовање засновано на концептима животног циклуса објекта*, кандидата *мр Марина Николић Топаловић, дипл. инж. архитектуре.*

На основу чл. 149. Закона о високом образовању (Сл. Гласник Републике Српске, број: 73/10, 104/11, 84/12, 108/13, 44/15, 90/16 и 31/18), Сенат Универзитета у Бањој Луци, на 56. сједници одржаној дана 31.05.2018. донио је Одлуку број: 02/04-3.1444-44/18 и одобрило продужење рока за одбрану докторске дисертације, кандидата мр Марина Николић Топаловић, дипл. инж. архитектуре, до 01.12.2018. године.

Докторска дисертације, кандидата мр Марина Николић Топаловић, дипл. инж. архитектуре, написана је на 332. странице (са прилозима 427.), садржи: табела/176/71, слика/36/2, дијаграма/49/10. и цитиране литературе/209.

Докторска дисертација обухвата шест поглавља и то:

1.0.	УВОДНА РАЗМАТРАЊА	1
1.1.	Претходна анализа информација о мотиву, предмету и проблему истраживања	1
1.2.	Проблем и предмет истраживања	6
1.3.	Циљеви и задаци истраживања	7
1.4.	Полазне хипотезе у истраживању	8
1.5.	Научне методе истраживања	10
1.6.	Генерална структура докторске дисертације	20

1.7.	Научна оправданост истраживања, очекивани резултата и примена	23
2.0.	ОКВИР ЗА МОДЕЛОВАЊЕ ИНФОРМАЦИЈА НЕОПХОДНИХ ЗА ПРОЦЕНУ ЖИВОТНОГ ЦИКЛУСА ОБЈЕКТА	31
2.1.	АНАЛИЗА ЖИВОТНОГ ЦИКЛУСА ОБЈЕКТА – ЛЦА	31
2.1.1.	Оцена животног циклуса ЛЦА – теоријске основе методологије	31
2.1.2.	Оцена животног циклуса ЛЦА за грађевинске објекте	35
2.1.3.	Фазе животног циклуса објекта	39
2.1.4.	Границе система животног циклуса објекта	48
2.1.5.	Животни циклус угљеника	50
2.1.6.	Прорачун потребне примарне енергије и емисије ЦО ₂	52
2.1.7.	Анализа енергије животног циклуса објекта	55
2.1.8.	Анализа емисије ЦО ₂ животног циклуса објекта	56
2.2.	СВЕТСКА ИСКУСТВА И ТРЕНДОВИ У ИЗГРАДЊИ ОБЈЕКТА	59
2.2.1.	Еколошки аспекти примене рециклираних материјала	63
2.3.	ОДРЖИВА АРХИТЕКТУРА И МЕТОДОЛОГИЈА ПРОЦЕНЕ ОДРЖИВОСТИ	72
2.3.1.	Приказ сертификационих модела за процену одрживости	82
2.3.1.1.	Сертификација по ЛЕЕД стандарду	84
2.3.1.2.	Сертификација по БРЕЕАМ стандарду	87
2.3.1.3.	Сертификација по ДГНБ стандарду	90
2.4.	ЗАКОНОДАВНИ ОКВИР И ЕУ СТАНДАРДИ РЕЛЕВАНТНИ ЗА ОДРЖИВОСТ ЗГРАДА	94
2.4.1.	Инострана регулатива	95
2.4.2.	Стандарди релевантни за процену одрживости зграда	98
2.4.2.1.	Анализа индикатора еколошке исправности уграђених компоненти релевантних за процену животног циклуса зграда	104
2.5.	МОГУЋНОСТ ПРИМЕНЕ ЛЦА У ПРОЈЕКТОВАЊУ	107
2.5.1.	Класификација ЛЦА алата	116
2.5.2.	Оцењивање животног циклуса у грађевинској индустрији	118
2.5.3.	Смернице за избор ЛЦА алата	123
3.0.	ПРОЈЕКТОВАЊЕ ЗАСНОВАНО НА КОНЦЕПТУ ЖИВОТНОГ ЦИКЛУСА ОБЈЕКТА	129
3.1.	ПОДАЦИ И ПРЕТПОСТАВКЕ ЗА МЕТОДОЛОШКИ ПОСТУПАК ПРОЦЕНЕ ЖИВОТНОГ ЦИКЛУСА ОБЈЕКТА У СРБИЈИ	129
3.1.1.	Сертификација материјала у Србији	130
3.1.2.	Базе података процеса и грађевинских материјала уграђених у објекте	133
3.1.3.	Животни век породичне куће и уграђених компоненти	135
4.0.	ЛЦА РЕФЕРЕНТНЕ ПОРОДИЧНЕ КУЋЕ	140
4.1.	ЛЦА РЕФЕРЕНТНЕ ПОРОДИЧНЕ КУЋЕ –ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ	143
4.1.1.	Варијантна решења референтне породичне куће, модели за истраживање на нивоу идејног решења	144
4.1.1.1.	Дефинисање циљева ЛЦА на нивоу идејног решења	150
4.1.1.2.	Анализа инвентара	151
4.1.1.3.	Процена утицаја животног циклуса куће	153
4.1.1.4.	Тумачење резултата на нивоу идејног решења - закључци и препоруке	155
4.1.1.5.	Процена угљеничког отиска на нивоу идејног решења	156
4.1.1.6.	Дискусија анализе угљеничног отиска на нивоу идејног решења	158
4.2.	ЛЦА РЕФЕРЕНТНЕ ПОРОДИЧНЕ КУЋЕ – ПРОЈЕКАТ ЗА ИЗВОЂЕЊЕ	160
4.2.1.	Прорачун параметара за елементе термичког омотача куће	162
4.2.2.	Извођачки пројект референтне породичне куће на којој се спроводи истраживање	165
4.2.3.	Варијантна решења референтне породичне куће-пројект за извођење	169
4.2.3.1.	Дефинисање циљева ЛЦА анализе на нивоу пројекта за извођење	172
4.2.4.	Анализа емисије ЦО ₂ животног циклуса референтне куће	173
4.2.5.	ЛЦА анализе пројекта референтне куће – анализа угљеничног отиска градње	178
4.2.5.1.	Дискусија поређења модела МГ – 1, МГ – 2 и МГ – 3	188
4.2.5.2.	Дискусија поређења модела МУ – 1, МУ – 2 и МУ – 3	197

4.2.5.3	Дискусија поређења модела МД – 1, МД – 2 и МД – 3	206
4.2.5.4.	Поређење угљеничних отисака за варијанте модела: МГ, МУ и МД	208
4.3.	ЛЦА РЕФЕРЕНТНЕ ПОРОДИЧНЕ КУЋЕ – ИЗГРАДЊЕ И КОРИШЋЕЊА	212
4.3.1.	ЛЦА анализе пројекта референтне куће – анализа угљеничког отиска градње и коришћења од колевке до краја животног циклуса објекта	213
4.3.1.1.	Анализа угљеничног отиска, уграђеног и оперативног, за 100 година коришћења објекта – инвестиционо одржавање примарним материјалима	255
4.3.1.2.	Дискусија резултата анализе угљеничног отиска, уграђеног и оперативног, за 100 година коришћења објекта – инвестиционо одржавање примарним материјалима	257
4.3.1.3.	Анализа угљеничног отиска, уграђеног и оперативног за 100 година коришћења објекта – инвестиционо одржавање рециклираним и зеленим материјалима	259
4.3.1.4.	Дискусија резултата анализе угљеничног отиска, уграђеног и оперативног, за 100 година коришћења објекта – инвестиционо одржавање рециклираним и зеленим материјалима	265
4.3.1.5.	Поређење резултата анализе ЛЦА угљеничног отиска од колевке до краја животног циклуса објекта	265
4.4.	ЛЦА АНАЛИЗА МАТЕРИЈАЛА ЗА ИЗГРАДЊУ СА ЕКОНОМСКОГ И ЕКОЛОШКОГ АСПЕКТА	266
4.4.1.	Анализа утицаја цементних материјала	269
4.4.1.1.	Дискусија анализе цементних материјала	278
4.4.2.	Анализирани утицају материјала за подне облоге	274
4.4.2.1.	Дискусија анализе материјала за подне облоге	279
4.4.3.	Анализирани утицају материјала за подне облоге у влажним и помоћним просторијама	279
4.4.3.1.	Дискусија анализе материјала за подне облоге у влажним и помоћним просторијама	285
4.4.4.	Дискусија ЛЦА анализе примењених материјала за изградњу са економског и еколошког аспекта	285
5.0.	ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА	287
5.1.	Закључци, препоруке и смернице	287
5.2.	Правци будућих истраживања	301
6.0.	ЛИТЕРАТУРА	303
	ЛИСТА ТАБЕЛА, ДИЈАГРАМА И СЛИКА	317
	ПРИЛОЗИ	333
1.	Прилог 2 – А. ИСО и ЕН стандарди битни за ЛЦА процену	333
2.	Прилог 2 – Б. Детаљни опис стандарда значајних за истраживање	340
3.	Прилог 4 – А. Анализа превенције отпада	345
4.	Прилог 4 – Б. Анализа угљеничног отиска изградње	356
5.	Прилог 4 – В. Делови елабората термичког прорачуна битни за одређивање енергетског разреда и структуре омотача објекта	359
6.	Прилог 4 – Г. Анализа утицаја на животну средину, у фази пројекта за извођење за различите моделе МГ од колевке до периода почетка коришћења објекта.	362
7.	Прилог 4 – Д. Анализа утицаја на животну средину, у фази пројекта за извођење за различите моделе МУ од колевке до периода почетка коришћења објекта.	375
8.	Прилог 4 – Ђ. Анализа утицаја на животну средину, у фази пројекта за извођење за различите моделе МД од колевке до периода почетка коришћења објекта	387
9.	Прилог 4 – Е. Прорачун емисије из фазе коришћења објекта за анализиране периоде	399
10.	Прилог 4 – Ж. Угљенични отисак за анализиране временске периоде коришћења објекта према моделима МГ, МУ и МД	400
11.	Прилог 4 – З. Анализирани утицају материјала и производа-економски еколошки и укупни ЛЦА током свих фаза животног циклуса	423
	БИОГРАФИЈА АУТОРА	428
	ИЗЈАВЕ АУТОРА	450
	Изјава о ауторству	451

У оквиру уводног поглавља, представљен је проблем и предмет истраживања, образложена потреба за истраживањем, дефинисани су циљеви и задаци истраживања, полазне хипотезе и описане научне методе коришћене у истраживању, дата је генерална структура дисертације, научна оправданост, очекивани резултати и примјена истраживања.

Друго поглавље сагледава основне аспекте, методе оцјењивања животног циклуса, развој метода од настанка до данас и анализа актуелног методолошког оквира са акцентом на елементима од значаја за циљеве истраживања. У истраживању је изложена примјена рециклираних материјала, концепт одрживе архитектуре, сертификациони модели, као и софтверски алати за процјену утицаја објекта и истраживање научних радова о могућности примјене ЛЦА у пројектовању.

Поглавље три образлаже методолошки оквир за процјену ЛЦА у Србији, сертификација материјала, базе података о материјалима и активностима при изградњи објеката и животни вијек уграђених компоненти, да би се сагледало шта је при истраживању кориштено и шта је то што треба на националном нивоу формирати.

У четвртом поглављу сагледан је развој општег модела као и све варијанте модела које су направљене како би се процес пројектовања анализирао са аспекта потребе управљања заштитом животне средине примјеном модела животног циклуса као и његових саставних дијелова, модела инвентара животног циклуса и модела процјене утицаја животног циклуса. Изложен је детаљан опис пројекта који је подлога за развој модела инвентара животног циклуса и дат детаљни опис варијанти модела на нивоу идејног рјешења које су предмет ЛЦА анализе, и њихово вредновање са аспекта уштеда у продицији отпада, ГХГ и воде и са аспекта угљеничног отиска. Изложени су постигнути резултати, интерпретација резултата као и смјернице у ком правцу треба даље развијати пројекат. Послије процјене идејног рјешења у другом дијелу поглавља урађена је ЛЦА процјена пројекта за извођење. Формирана су три модела карактеристична за изградњу породичних објеката у Србији. Овдје је развијен сваки од модела, формиран инвентари животног циклуса за сваки од модела, с тим да је у свакој групи модела референтни модел од примарних материјала, а варијантни модели су са примјеном рециклираних и зелених материјала у различитом проценту. Прво је анализирана фаза изградње објеката за сва три модела студије случаја, и све варијанте, извршена процјена и добијени резултати угљеничног отиска изградње сваког модела и њихово поређење и вредновање. Затим је за сваки од референтних модела истраживање настављено и за период експлоатације објекта у временским периодима: 10, 20, 30, 40, 50, 60 и 100 година. Сви референтни модели који су изграђени примарним материјалима су у периоду експлоатације, инвестиционог и текућег одржавања анализирани са аспекта примјене примарних материјала за инвестиционо и текуће одржавање или примене рециклираних и зелених материјала прорачун емисије CO_2 е током животног циклуса од колевке до краја животног циклуса и вредновање могућности примјене рециклираних и зелених материјала у поступку одржавања објекта. Дата је анализа резултата, односно, компаративна анализа постигнутих вриједности угљеничног отиска за поједине моделе и варијанте, као и анализа на који начин су постигнуте уштеде. Компаративну оцјену резултата прати расправа о упоредној анализи постигнутих резултата. Расправа је базирана на релевантности студија животног циклуса сваког објекта, спецификацији материјала, и упоредној анализи емисије CO_2 е сваког појединачног модела.

У посљедњем дијелу поглавља је фаза истраживања у којој је извршено вредновање три групе грађевинских материјала, са економског и еколошког аспекта: цемент,

подне облоге и подне облоге у влажним просторијама (вреднује се по пет производа за сваки материјал), како би се у оквиру базе материјала пронашао најповољнији производ. Овај дио истраживања је урађен како би се указало да је неопходно формирати националну базу грађевинских материјала која би била основ за даље унапређење у пројектовању еколошких и здравих кућа у Србији али и из перспективе напредовања домаће грађевинске индустрије у смислу извоза и пласирања производа на тржишту ЕУ. Шема спроведног истраживања приказана је у Дијаграму 1.2.

Пето поглавље садржи закључна разматрања, анализу постигнутих резултата са нагласком на испуњење постављених циљева, препоруке, смјернице и будућа истраживања у овој области.

Шесто поглавље садржи листу кориштених литературних извора.

IV УВОД И ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

Мотив за избор теме докторске дисертације био је подстакнут могућношћу да се превентивно дјелује и примјене методе оптимизације ЛЦА (анализа животног циклуса) породичне куће. Циљ је смањити негативне утицаје процеса грађења породичног становања на животну средину, избором здравих и рециклираних материјала. У том процесу оптимизације се остварују и значајне финансијске уштеде и унапријеђује комфор живота у кући, од фазе: планирања, пројектовања, изградње, текућег и инвестиционог одржавања и трошкова кориштења. Истраживање је спроведено у више фаза на пројекту породичне куће. У првој фази истраживања на нивоу идејног рјешења вреднују се модели ради подршке за доношење одлуке: да ли реконструисати постојећи објекат или изградити нови. На идејном нивоу вредновани су модели: А (изградња новог објекта примарним материјалима), Б (изградња новог објекта уз примјену рециклираних и тзв. зелених материјала) и Ц (реконструкција постојећег објекта на крају животног циклуса на грађевинској парцели предвиђеној за изградњу). За ово истраживање се користе програми: програм Zero Win, програм CORDIS развијен кроз европски пројекат за процјену уштеде у производњи чврстог отпада, воде и ГХГ (гасова са ефектом стаклене баште) и Carbon calculator Building (CcB), Агенције за заштиту животне средине УК, за процјену угљеничног отиска изградње у фази одабира идејног решења, извођачког пројекта и инвестиционог одржавања објекта. За процјену енергетских потреба и прорачун енергетског разреда објекта кориштен је програмски пакет URSA грађевинска физика и методологија обрачуна енергетског разреда према Правилнику о енергетској ефикасности зграда („Службени гласник РС“ бр 61/2011), За вредновање економских и еколошких перформанси грађевинских производа и материјала на нивоу разраде детаља кориштен је програмски пакет BEES, Националног института за стандардизацију и технологију SAD.

2) ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ:

Adalberth, K., (1997). Energy use during the Life Cycle of Buildings: A Method. *Building and Environment*. 32. (pp. 317-320).

Adalberth, K., (1997b). Energy use during the Life Cycle of Single-Unit Dwellings: Examples. *Building and Environment*. 32. (pp. 321-329).

Arup Research & Development (2015), Tackling embodied carbon in buildings, Campaign for a built environment, Reducing embodied carbon in buildings. London.

Asdrubali, F., D'Alessandro, F., Baldinelli, G., Bianchi, F. (2014). Case Study- Evaluating in situ thermal transmittance of green buildings masonries A – case study, Univerzitet Perugia, Italija/Case Studies in Construction Materials1. (pp. 53-59).

Asokan, P., Osmani, M. (2009). Assessing the recycling potential of glass fibre reinforced plastic waste in concrete and cement composites, *Journal of Cleaner Production*, n.17. (pp. 821-829).

Baek, C., Park, S.H., Suzuki, M., Lee, S.H. (2013). Life cycle carbon dioxide assessment tool for buildings in the schematic design phase. *Energy Build.* 61, (pp. 275-287).

Bayer, C., Gamble, M., Gentry, R., Joshi, S. (2010). *AIA Guide to Building Life Cycle Assessment in Practice*. The American Institute of Architects. Georgia Institute of Technology.

- Blengini, G.A., Di Carlo, T., (2010). The changing role of life cycle phases, subsystems and materials in the LCA of low energy buildings. *Energy and Buildings*, 42, (pp. 869-880).
- Battle, G., Chair, J. (2014) Embodied Carbon Industry Task Force Recommendations – Proposals for Standardised Measurement Method and Recommendations for Zero Carbon Building Regulations and Allowable Solutions.
https://asbp.org.uk/wp-content/uploads/2016/01/Embodied-Carbon-Industry-Task-Force-Proposals_June-2014_Final.pdf.
- Block, M., Bokalders, V. (2010). *The Whole Building Handbook: "How to Design Healthy, Efficient and Sustainable Buildings"*, RIBA Publishing, London, Sretling <https://books.google.rs/books?isbn=1136543279>
- Bribián, I.Z., Usón, A.A., Scarpellini, S. (2009). Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification. *Build. Environ.* 44, (pp. 2510-2520).
- Bribián, I.Z., Usón, A.A., Scarpellini, S. (2009). Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification. *Build. Environ.* 44, (pp. 2510-2520).
- Brown, M.W.W.O., Olsson, S., Malmqvist, T., (2014). Embodied greenhouse gas emissions from refurbishment of residential building stock to achieve a 50% operational energy reduction. *Building and Environment*, vol 79, (pp. 46-56).
- BIR. (2008). Report on the Environmental Benefits of Recycling BIR October 2008. (pp 38).
- BIR. (2008). World recycling Convencio. Report on the Environmental Benefits of Recycling, October 2008. (38).
- Brien, O., Guy, E., Lindner, A. (2004). *Life Cycle Analysis of the Deconstruction of Military Bar-racks*, Ft. Mc Clellan.
- Bokalders, V., Block, M., (2010). *The Whole Building Handbook*, Earthscan, London.
- Charoenkit, S., Kumar, S. (2014). Environmental sustainability assessment tools for low carbon and climate resilient low income housing settlements. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 38, (pp. 509-525).
- Cheonghoon, B., Sang-Hoon P., Michiya S., Sang-Ho L. (2013). Life cycle carbon dioxide assessment tool for buildings in the schematic design phase. *Energy Build.* 61, (pp. 275-287).
- Closing the loop: From Waste to Resources. (2015) Circular Economy conference: boosting business, reducing waste.
- CMU. *Approaches to Life Cycle Assessment*. Available from:
<http://www.eiolca.net/Method/LCAApproaches.html>.
- COM 147/4 (2009) White paper. Adapting to climate change: Towards a European Framework for action, Commission of the European Communities of 2 April 2009.
- COM 264 (2001) A Sustainable Europe for a Better World: A European Union Strategy for Sustainable Development of 15.5.2001.
- COM 718 (2005) Thematic Strategy on the Urban Environment, Communication from the Commission to the Council and European Parliament, of 11. January 2006.
- COM 161 (2005) Sustainable development Indicators to monitoring the implementation of the EU Sustainable Development Strategy.
- CEDEF (2012). *Pojmovnik održive gradnje*, CEDEF (Central European Development Forum) Beograd.
<http://.cedeforum.org>.
- Citherlet, S., Defaux, T. (2007). Energy and environmental comparison of three variants of family house during its whole life span. *Building and Environment*. 42. (pp. 591-598).
- Chang, Y., Ries, R.J., Lei, S. (2012). The embodied energy and emissions of a high-rise education building: A quantification using process – based hybrid life cycle inventory model. *Energy and Buildings* 55, (pp. 790–798).
- Ćirović G., Lazić Vojinović S. (2012). *Upravljanje kvalitetom u građevinarstvu*. Visoka Građevinsko geodetska škola, Beograd.
- Ćirović, G., Mitrović, S., Nikolić, D., Nikolić Topalović, M. (2010) „Compressive strength testing of rammed earth blocks“, 8-th International Conference Management and Technologies For Sustainable Development in the Building Industry; Czech Technical University of Prague, septembar 2010. (53-56).
- Ćirović, G., Mitrović, S., Nikolić, D., Nikolić Topalović, M. (2010). Compressive strength testing of rammed earth blocks“, 8 - International Conference management and Tehnologies For Sustainable Development in the Building industry; Czech Technical university of Prague, september 2010. (str. 53-56).
- Ding, G. (2004). *The development of a multi-criteria approach for the measurement of sustainable performance of built projects and facilities*. PhD Thesis. Sydney. University of Technology.
- Dixit, M.K., Fernandez-Solis, J.L., Lavy, S., Culp, C.S. (2010). Identification of parameters for embodied energy measurement. *Energy and Buildings*. 42. (pp. 1238-1247).
- De Wolf, C., Pomponi, F., Moncaster, A. (2017). Measuring embodied carbon dioxide equivalent of buildings: A review and critique of current industry practice, University of Cambridge, *Energy and Buildings* 140, (pp. 68-80). www.elsevier.com/locate/enbuild.

- De Wolf, C., Pomponi, F., Moncaste, A. (2016). *Implementing Whole Life Carbon in Buildings*. Conference Paper. May 2016 with 90 Reads, Paper 61.
- Davis, J., Geyerb, R., Leyc, J., Hed, J., Clift, R., Kwan, A., Sansome, M., Jackson, T. (2007). Time-dependent material flow analysis of iron and steel in the UK. Part 2. Scrap generation and recycling, *Resources, Conservation and Recycling*. (pp. 118-140).
- Directive 2010/30/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the indication by labelling and standard product information of the consumption of energy and other resources by energy-related products (recast).
- Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-related products (recast).
- Duchin, F., Lange, G. (1998). Prospects for the recycling of plastics in the United States, *Structural Change and Economic Dynamics* n. 9. (pp. 307-331).
- Garcia, D., Balart, R., Parres, F., Lopez, J. (2007). Characterization of blends of poly(vinyl chloride) waste for building applications, *J. Material Sciencia.*, n. 42, (pp. 10143-10151).
- Georgeson, R. (2006). *Environmental benefits of recycling*, MBE, WRAP (Waste & Resources Action Program), IPU and Danish Topic Centre on Waste. May 2006.
- Guinee, J.B., et al., (2001): *Life Cycle Assessment - An Operational Guide to the ISO Standards*. Centre of Environmental Science – Leiden University (CML).
- Guy, B., Korber, A. (2006). Design for Disassembly in the Built Environment. Pennsylvania State University's Hammer Center for Community Housing Resource Center. (68).
- Goggins, J., Keane, T., Kelly, A. (2010). The assessment of embodied energy in typical reinforced concrete building structures in Ireland. *Energy and Buildings*, 42(5), (pp. 735-744).
- Guggemos, A.A., Horvath, A. (2005). Comparison of Environmental Effects of Steel - and Concrete -Framed Buildings. *Journal of Infrastructure Systems*, 11(2), (pp. 93-101).
- GOV.UK. Environment Agency <https://www.gov.uk/how-to-classify-different-types-of-waste> pristupljeno 20. aprila 2016.
- EU Resource Efficiency Perspectives in a Global Context: A fast track analysis, <http://ec.europa.eu/environment/enveco/studies.htm> procenjuju.
- European Construction Tehnology Platform (2005), *MATERIALS, Vision 2030 & Strategic Researsh Aegbda, Focus Area Materials. Version 1*, <http://www.ectp.org>. 20.1.2013.
- Letić, M., Jakšić, Ž. (1996). *Procena vrednosti stambenih i drugih objekata*. Stanovanje u višeporodičnim spratnim zgradama u novim tržišnim uslovima. Prosveta, Niš.
- Karimpour, M., Belusko, M., Xing, K., Bruno, F. (2014). Minimising the life cycle energy of buildings: Review and analysis. *Building and Environment*, 73, (pp. 106-114).
- Maksin, M. (2011). *Održivi razvoj turizma u Evropskoj uniji i Srbiji*. IAUS. Beograd.
- Horizon 2020, EU projekat, ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/news/horizon-2020-brief-eu-framework-programme-research-innovation.
- Regulation (EU) No 305/2011 of European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC.
- Ramesh, T., Prakash, R., Shukla, K.K. (2010). Life cycle energy analysis of buildings: An overview. *Energy and Buildings*, 42. (pp. 1592-1600).
- Rodriguez Lopez, F., Fernandez Sanchez, G. (2009). Sustainability in construction projects. Analysis of a building with two sustainability assessment tools. *Selected Proceedings from the 13th International Congress on Project Engineering*. Badajoz.
- Re Ceconi, F., Lacono, P. (2005). Enhancing the Factor Method - Suggestions to Avoid Subjectivity. *10BMC International Conference on Durability of Building Materials and Components*. Lyon..
- Đukanović, M. (1996). *Životna sredina i održivi razvoj*. Elit, Beograd 1996.
- Đukić, A., Vujičić, T. (2013). *Urbana regeneracija braunfild lokacije „Rudi Čajavec“ u Banjoj Luci*. Univerzitet u Banjoj Luci, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Univerzitet tehnologije u Beču, Institut za urbani dizajn i pejzažnu arhitekturu Univerziteta primenjenih nauka u Koruškoj. Univerzitet u Banjoj Luci, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Grafomark. Banja Luka.
- EEA, (2011), Globalisation the environment and you, Working paper part 2.(p 19).
- Energetski bilans (2008). Ministarstvo za infrastrukturu i energetiku. <http://www.mem.gov.rs/navigacija.php?IDSP=50>.
- Esin, T., Cosdun, N. (2007). A study conducted to reduce construction waste generation, *Sciense Direct, Buiding and Environment*, n. 42, (pp. 1667-1674).
- European Union's Seventh Programme for research, technological development and demonstration under grant agreement No 226752).
- Fava, J.A., (2005). Can ISO Life Cycle Assessment Standards Provide Credibility for LCA? (PROGRESS REPORT ON LIFE CYCLE ASSESSMENT), *Building Design & Construction*. v.46, no.11, p.S17(4).
- Finnveden, G., Hauschild, M.Z., Ekvall, T., Guinée, J., Heings, R., Hellweg, S., Koehler, A., Pennington, D.,

- Suh, S. (2009). Recent developments in Life Cycle Assessment, *Journal of Environmental management*, Elsevier. (pp. 1-21).
- Frederick, M. (2010). *101 stvar koju sam naučio u školi arhitekture*. Univerzitet u Banjoj Luci, Arhitektonsko-građevinski fakultet u Banjoj Luci. Banja Luka.
- Hammond, G., Jones, C. (2011). Inventory of Carbon and Energy (ICE) version 2.0, Sustainable Energy Research Team (SERT), Department of Mechanical Engineering, University of Bath, UK.
- Hannam, I., Boer, B. (2004). *Drafting Legislation for Sustainable Soils: A Guide*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, Page Bros, Norwich, UK.
- Hwang, Y. (2014). *Emergy-Simulation Based Building Retrofit*. *KIEAE Journal*, Vol. 14, No. 3. (pp.5-13). International Conference on Sustainable Construction First International Conference of CIB TG 16, November 6-9, 1994, Tampa, Florida, U.S.A.
- Janković, K., Pakvor, A. (2001). *Šut zidanih konstrukcija-sirovina novog građevinskog materijala*. JUDIMK. Zidane konstrukcije u savremenoj građevinskoj praksi. Beograd. (str. 112-133).
- Joksić, M.I. (1977). *Procena postojećih objekata*. Tehničar 3, građevinski priručnik. Poglavlje VI. Građevinska knjiga. Beograd.
- Jones, C. (2015). *The Environmental Sustainability of Existing Buildings: Refurbish or Replace?* <http://www.buildingconservation.com/articles/>.
- Jovanović Popović, M., Kosanović, S. (2009). Selection of building materials based upon ecological characteristics: priorities in function of environmental protection, *Spatium No 20*. (pp. 7-23).
- Jovanović Popović, M., Ignjatović, D., Radivjević, A., Rajčić, A., Đukanović, L.J., Žuković Ignjatović, N., Nedić, M. (2013). *Nacionalna tipologija stambenih zgrada Srbije*. Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu, GIZ - Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit, Beograd.
- Jovanović, G. (2015). *Uvod u arhitektonsko projektovanje*, AGM knjiga Beograd.
- Kim, S., Moon, J.H., Shin, Y., Kim, G.H., i Seo, D.S. (2013). Life Comparative Analysis of Energy Consumption and CO2 Emissions of Different Building Structural Frame Types, *ScientificWorldJournal*. 2013: 175702. dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3817659/>.
- Kleijn R. (2012). *Materials and energy: a story of linkages* (PhD thesis). Leiden: Leiden University. <https://www.universiteitleiden.nl/en/staffmembers/rene-kleijn/publications#tab-4>.
- Krnjetin, S. (2005). *Materijali i konstrukcije*. Fakultet tehničkih nauka. Novi Sad. (str. 57-61).
- Kumanayake, R., Luo, H. (2017). *Development of an Automated Tool for Buildings' Sustainability Assessment in Early Design Stage*.
- Letić, M., Jakšić, Ž. (1996). *Procena vrednosti stambenih i drugih objekata*. Stanovanje u višeporodičnim spratnim zgradama u novim tržišnim uslovima, u uslovima različitih vlasničkih odnosa i tržišta, Niš. (str. 383-390). Prosveta, Niš.
- Lokalni plana za upravljanja otpadom za Grad Beograd od 2011. do 2020. (Sl. glasnik Grada Beograda br. 28 od 22.jula 2011.
- Martinović, U. (1983). *Fragmenti jednog viđenja arhitekture*, IAUS. Beograd.
- Mitrović, S., Nikolić Topalović, M.; Ćirović, G. (2011). „Reciklirani čelik u savremenoj izgradnji“, Zbornik radova, XV naučno - stručni simpozijum, Arhitektonsko građevinski fakultet Banjaluka.
- Muravljev, M., Pakvor, A., Janković, K. (1995). *Ekološko - energetske aspekte primene betona na bazi reciklirane opeke*. GF Niš, Zbornik radova, Naučni skup, Unapređenje i dalji razvoj stanovanja u višespratnim stambenim zgradama. Niš. (str. 101-112).
- Murkut, G. (2017). Međunarodni kongres: Održiva arhitektura & Energetska efikasnost. Br 25, pp.17, Beograd.
- Nikolić Topalović, M. (2007). *Procesi otklanjanja čvrstog otpada sa teritorije Opštine Palilula*, Beograd, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultete Mihajlo Pupin, Specijalistički rad, Zrenjanin.
- Nikolić Topalović, M., Ćirović, G. (2013). „Poboljšanje energetske efikasnosti objekata visokogradnje reciklabilnim materijalima“, Zbornik radova, EnE13 Deveta regionalna konferencija; Životna sredina ka Evropi Beograd, (87-91).
- Nikolić Topalović, M. (2010). *Mogućnost primene reciklabilnih materijala u završnim građevinskim radovima*. Magistarski rad. Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet Mihajlo Pupin, Zrenjanin.
- Nikolić Topalović, M., Pavlović, M. (2010): „Mogućnost primene reciklabilnih materijala u cilju poboljšanja energetske efikasnosti objekata visokogradnje“, Naučno-stručni skup: EFIKASNOST U PRIVREDI – 2010. Energetska efikasnost - Ekološka efikasnost - Ekonomska efikasnost - Efikasnost upravljanja. Zrenjanin. (str. 68-74).
- European Commission (2011d). Analysis associated with the Roadmap to a Resource-Efficient Europe. Part II. Commission Staff Working Paper. Brussels. 20.9.2011. SEC (2011) 1067 final.
- European Construction Tehnology Platform (2005), *MATERIALS, Vision 2030 & Strategic Resarsh Agebda, Focus Area Materials. Version 1*, <http://www.ectp.org.20.1.2013>.
- European Commission (2011e). Energy Roadmap 2050. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions.

- Brussels, 15.12.2011, (COM(2011) 885 final.
- European Commission (2011b) A Roadmap for moving to a competitive low-carbon economy in 2050. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brussels, 08.03.2011, COM(2011) 112 final.
- Oliveira, F.R.M., Silva, M.G., Gomes, V. (2013). Exploring life cycle-based sustainability indicators for building structural frames in concrete. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais* vol.6 no.5 São Paulo <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-41952013000500008> pristupljeno 20. septembra 2017.
- European Commission: CORDIS: (2012). *Projects and Results: Final Report Summary - C2CA (Advanced Technologies for the Production of Cement and Clean Aggregates from Construction and Demolition Waste)* Leiden.
http://cordis.europa.eu/result/rcn/183607_en.html.
- IEA (2009) Final Report (eng. International Energy Agency) Međunarodna agencija za energetiku Final Report 2009.
- Rebitzer, G., Ekvall, T., Frischknecht, T.R., Hunkeler, D., Norris, G., Rydberg, T. (2004). Life Cycle Assessment. Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis and applications. *Environment International*. 30. (pp. 701-720).
- EIPRO-Ekološki uticaj proizvoda na životnu sredinu (EIPRO). Analiza uticaja životnog veka na ekološku sredinu u pogledu finalne potrošnje EU-25. IPTS/ESTO projekat, *Serijski tehnički izveštaji*, Generalni direktorat Evropske Komisije, Zajednički istraživački centar, maj 2006.
- Slavković, K., Radivojević, A. (2013). Analiza životnog ciklusa: ograničenja pri merenju ugrađene energije u Srbiji. *Naučno-stručni simpozijum Instalacije & Arhitektura 2013*. Arhitektonski fakultet, Beograd.
- Slavković, K., Radivojević, A. (2014). Evaluation of energy embodied in the external wall of the single-family buildings in the process of energy optimisation. *Energy Efficiency*. Published online: 03. August 2014.
- Smith, P. (2005). *Architecture in a Climate of Change – A Guide to sustainable design*. Elsevier/Architectural Press. Burlington.
- Pearce, J.M., Jonson, S.J., Grant, G.B. (2007). 3D-mapping optimization of embodied energy transportation. *Resources, Conservation and Recycling*. 51. (pp. 435-453).
- Malmqvist, T., Glaumann, M., Scarpellini, S., Zabalza, I., Aranda, A., Liera, E., Diaz, S. (2011). *Life cycle assessment in buildings: The ENSLIC simethod and guideline*. Energy. 5th Dubrovnik Conference on Sustainable development of Energy, Water & Environment Systems. Dubrovnik. (pp. 1900 -1907).
- EU Resource Efficiency Perspectives in a Global Context: A fast track analysis,
<http://ec.europa.eu/environment/enveco/studies.htm>
- MPA, (2016). Whole-life Carbon and Buildings, The Concrete Centre ISBN: 978-1-908257-17-8, <www.concretcentre.com/.../Whole-life-Carbon-and-Buildings.as>
- MBE WRAP. (2006). Environmental benefits of recycling, (Waste & Resources Action Program), Tehnički Univerzitet u Danskoj (IPU) i Danski Centar za otpad. (Danish Topic Centre on Waste). Maj 2006.
- IRCOW, (2016). Waste Classification, Guidance on the classification and assessment of waste (1st edition 2015) Technical Guidance WM3
https://cordis.europa.eu/project/rcn/97292_en.html
www.ircow.eu.
- Voorspoels, K.R., Brouwers, E.A., D'haeseleer, W.D. (2000). Energy content and indirect gas emissions embedded in „emission-free“ power plants: results from the Low Countries. *Applied Energy*, 67, (pp. 307-330).
- Verbeeck, G. (2007). *Optimisation of extremely low energy buildings. PhD Thesis*. Leuven: Katholieke Universiteit Leuven. Faculteit Ingenieurswetenschappen.
- Verbeeck, G., Hens, B. (2010). Life cycle inventory of buildings: A calculation method. *Building and Environment*, 45, (pp. 1037-1041).
- Ramesh, T., Prakash, R., Shukla, K.K. (2010). Life cycle energy analysis of buildings. *Energy and Buildings*. 42. (pp. 1592-1600).
- Thormark, C. (2002). A low energy building in a life cycle-its embodied energy, energy need for operation and recycling potential. *Building and Environment*. 37. (pp. 429-435).
- Thormark, C. (2001). *Recycling Potential and Design for Disassembly in Buildings*. PhD Thesis. Lund Institute of Technology. Lund University.
- Nässén, J., Holmberg, J., Wadeskag, A., Nyman, M. (2007). Direct and indirect energy use and carbon emissions in the production phase of buildings: an input-output analysis. *Energy*. 32. (pp. 1593-1602).
- Thuvander, L., Femenias, P., Femenias, K., Mjörnell, K., Meiling, P. (2012). Unieling the Process of Sustainable renovation. *Sustainability* ISSN 2071-1050. <www.mdpi.com/journal/sustainability 2012. 4. 1188-1213. doi: 10.3390/su4061188> Pristupljeno 15. marta 2015.
- Sharma, A., Saxena, A., Sethi, M., Shree, V., Varun, V. (2011). Life cycle assessment of buildings: A review; *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (pp. 871-875).
- Pomponi, F., Moncaster, A. (2016). Embodied carbon in the built environment: management, mitigation, and

reduction – what does the evidence say? J. Environ. Manage.
<http://www.buildingconservation.com/articles/environmental-impacts/environmental-impacts.htm>.
 UNEP (2007). United Nations Environment Programme. *Buildings and Climate Change: Status, Challenges and Opportunities*. UNEP.fr. 2007. Accessed April 17, 2007. ISBN: 978-92-807-2795-1.
 <http://www.unep.fr/pc/sbc/documents/Buildings_and_climate_change.pdf>
 Jones, C. (2015). The Environmental Sustainability of Existing Buildings: Refurbish or Replace?
<http://www.buildingconservation.com/articles/environmental-impacts/environmental-impacts.htm> (19.5.2015.).

Истраживање литературе за израду докторске дисертације започело је са детаљним изучавањем легислативе о енергетској ефикасности, објеката тако и опреме, начелима одрживог дизајна, сертификационих модела и мјера које се у том смислу доносе у ЕУ. У том смислу кандидаткиња је проучила ИСО стандарде, прије свега СРПС 14000 и 14040 који се односе на методологију ЛЦА која је методолошки основ за истраживања.

О примјени ЛЦА методологије за побољшање пројеката, али и информација о самом пројекту које се могу добити њеном примјеном дискутује Bayer et al. (2010) констатује да су оне многобројне. Malmqvist et al. (2011) закључују да резултати грађевинског ЛЦА могу бити од значаја за бољу комуникацију између инвеститора и пројектанта. О фазама и границама ЛЦА дискутују аутори (Dixit et al., 2010; Ramersh, Prakash & Shukla, 2010; Citherlet, Defaux, 2007) и закључују да је у проучаваној литератури тешко поредити резултате јер су границе ситема различите а такође и фазе.

Thormark (2001) објашњава, на примјеру нискоенергетске зграде у Шведској, да је могуће повратити 37% до 42% од укупне вриједности енергетске потрошње зграде кроз рециклажу или реупотребу компоненти, осим енергије потрошене током њеног коришћења. Рециклажни потенцијал износи око 15% од укупно потрошене енергије током предвиђеног животног циклуса зграде од 50 година (Thormark, 2002).

Челик који се производи од рециклираних сировина користи 74% мање енергије, 90% мање нових сировина (руде) материјала и 40% мање воде, она такође производи 76% мање загађује воду, 86% мање загађује ваздуха и 97% мање отпада из поступка експлоатације руда (БИР, 2008).

Затим је истражена и легислатива о енергетској ефикасности зграда која је 2012. године усвојена у Србији и у складу је са ЕУ директивама о енергетској ефикасности зграда (Directive 2002/91/EC i Directive 2010/31/EU). Примјена нових прописа у овој области, између осталог доводи до потребе за већим количинама термоизолационих материјала у структури термичког омотача зграде. Овај проблем препознају поједини аутори као што је Pomroni, et al. (2016), а аутори као што је Cheonghoon, et al. (2013), закључују у истраживањима да се у фази пројектовања објекта може утицати на емисије CO₂. Са друге стране методологија за обрачун енергетске ефикасности је таква да се према важећој легислативи рачуна само оперативна енергија, и емисије које из те фазе настају. Nässén, et al. (2007) запажају да је осим оперативне енергије која се користи за комфорно коришћење објекта, и енергија уграђена у грађевинске материјале значајна и није занемарљива. Battle, et al. (2014) указује на значај анализе угљеничног отиска током цијелог животног циклуса, проучавајући однос емисија уграђеног (ембодираног) и оперативног угљеничног отиска пословне зграде Deloitte за животно вијек од 100 година. Резултати истраживања су указали на чињеницу да је учешће ембодираног угљеника много веће него што се претпостављало. Sturgis (2017) такође износи запажање о значају ембодиране енергије. Само истраживање има још већи значај ако се сагледа да је на нивоу ЕУ донета одлука да се до 2020. године сви објекти који су у власништву држава енергетски санирају тако да имају нулту потрошњу енергије (значи из оперативне фазе, према важећој методологији прорачуна). То неминовно значи нове

количине ембодираног угљеника у уграђеним материјалима и опреми.

Kleijn (2012) у својој докторској дисертацији наводи податак да је производња цемента на глобалном нивоу проузроковала 8,6% свјетских емисија CO₂. О негативном утицају грађевинског сектора на животну средину дискутују многобројни аутори. Thuvander, et al. (2012) дискутујући о проблематици одржавања грађевинског фонда закључују да је реновирању објекта потребно приступити са аспекта утицаја на животну средину, па предлажу концепт одрживог реновирања. Oliveira, Silva & Gomes (2013) анализирајући цијели животни циклус ЛЦА методологијом неколико различитих типова бетонске конструкције објекта закључују да животни вијек конструктивног оквира на крају дефинише животни вијек и интензитет одржавања целе зграде, и то утиче не само на еколошке, већ и на социјалне и економске перформансе.

У Србији се истраживања о утицају грађевинског сектора на животну средину базирају на истраживањима из оперативне фазе објекта, као што је истраживање Крстић-Фурунџић, et al. (2011). Европски пројекат *Табула* у који је укључен и тим експерата из Србије је имао за циљ да се анализира постојећи грађевински фонд и предложи мјере за његову енергетску санацију, а те мјере су планиране са циљем смањења потрошње оперативне енергије, Јовановић Поповић, et al. (2013). Исти аутори износе запажање да је и поред обимног посла који је урађен кроз *Табула* пројекат остао неистражен еколошки аспект примијењених материјала, кроз примјену концепта животног циклуса материјала, који се бави између осталог оцјеном уграђене енергије по принципу „од колевке до колевке“, кроз који је могуће даље унапређење грађевинског фонда, а одатле и даља уштеда енергије. Значај утицаја примијењених грађевинских материјала кроз анализу концепта животног циклуса материјала уочили су у својим радовима и Славковић, et al. (2014).

Допринос тезе у рјешавању предмета истраживања сагледив је у процентуалној заступљености објеката породичног становања које је доминантно у односу на вишепородично становање. Грађевински фонд троши 40% енергије (IEA, 2009) и продукује више од 30% емисија CO₂ у Србији. Србија је земља која је на првом мјесту по потрошњи енергије у региону и на првом мјесту по продукцији CO₂. Посматрано са тог аспекта оваква методологија обрачуна би дала јасну слику када се реално могу очекивати бенефити примјене мјера о енергетској ефикасности. Архитекте би примјеном ЛЦА анализе уз помоћ програма имале конкретне аргуменате, прорачун угњеничног отиска, као утицај објекта из фазе изградње и на основу тога доносе одлуку који је пројекат повољнији за животну средину и здравље људи.

Допринос тезе у могућности примене ЛЦА методологије примијењене на пројектовање објеката се може сагледати са више аспеката.

Први и основни допринос је могућност унапређења процеса пројектовања објеката у Србији у складу са савременим научним токовима. Овакав приступ пројектовању пружа и могућност унапређења грађевинарства, као и квалитет грађевинског фонда, али и нови приступ у планирању и инвестиционом одржавању објеката.

Допринос се огледа и у сазнању да је неопходно формирати базу националних грађевинских материјала и производа, као и програм којим би архитекте могли да управљају пројектима и са аспекта утицаја на животну средину преко ЛЦА анализе. Тиме би било могуће, на националном нивоу, правити процјене када се реално могу очекивати ефекти од примјене мјера за енергетску ефикасност објеката и управљати угњеничним отиском из грађевинског сектора.

Подстицање индустрије рециклаже, јер би се тако у националној индустрији повећао проценат рециклираних компоненти, па би користили домаће рециклиране материјале, а сада користимо увозне.

Формирање база грађевинских материјала и производа би помогло грађевинској

индустрији у проширењу тржишта и у иностранству, јер би се и ти материјали могли прикључити европским базама ICE или Ecoinvent, што би довело до веће тражње. И као основни допринос је промјена методологије обрачуна енергетског разреда зграда, која произилази из ЛЦА анализе и којом би у фази пројектовања објекта анализирани утицаји материјала, конструктивних склопова, могућност замјене примијењених материјала тзв. зеленим и рециклираним материјалима после направљене анализе и ембодираног, а не само оперативног, угљеничног отиска. Обзиром да се постојећи грађевински фонд објеката у Србији усвајањем легислативе, мора енергетски санирати, потребно је кроз предложену методологију анализирати сваки пројекат и сваку енергетску санацију и инвестиционо одржавање размотрити са аспекта утицаја на животну средину и тек тада донијети одлуку којим материјалима извршити одрживо реновирање.

V МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Истраживање спроведено у докторској дисертацији је урађено на пројекту породичног стамбеног објекта, иначе доминантном типу становања у Србији, пројектованом уз примјену уобичајених конструктивних система и материјала. Материјали који се користе за формирање базног модела су примарни, значи произведени од сировина узетих из природе, без примјене тзв. зелених материјала или рециклираних компоненти. Да би се истражила могућност смањења утицаја објеката на животну средину у фази пројектовања формирана су модели и који су анализирани примјеном програмских пакета за анализу ЛЦА и обрачун угљеничног отиска, као мјере утицаја на животну средину. У ту сврху су формирана три модела на нивоу идејног рјешења. У првој фази на нивоу идејног рјешења се пореде рјешења; изградња новог објекта од примарних материјала, изградња новог објекта уз примјену зелених и рециклираних материјала, и реконструкција постојећег објекта. Идејна рјешења су формирана да би се донијела одлука да ли се гради нови објекат и којим материјалима или се постојећи објекат реконструише.

У другој фази на нивоу извођачког пројекта се пореде рјешења да би се донијела одлука који конструктивни ситем примијенити и може ли се кориштењем тзв. зелених и рециклираних материјала смањити утицај на животну средину из фазе изградње. У ту сврху су на нивоу извођачког пројекта формирана три модела за чију изградњу се користе примарни материјали, и по два модела за сваку групу у којима се за изградњу користе и тзв. зелени и рециклирани материјали у проценту који је могућ. Овако формираних девет модела је поређено у више фаза кроз обрачун CO₂ е угљеничног отиска (Carbon Footprint) који остављају на животну средину. Пореди се утицаја које модели имају од колевке завршно са фазом изградње, односно, пореди се њихов ембодирани угњеник.

У трећој фази кориштења и инвестиционог одржавања објекта се пореде рјешења да би се донијела одлука којим материјалима извести инвестиционо одржавање објеката који су већ изграђени од примарних материјала. У овој фази истраживања се осим ембодираног угљеника рачуна и оперативни угљеник који настаје од кориштења објекта. Извршено је поређење утицаја које објекат има на животну средину у временским размацама: 10,20,30,40,50,60,70,80,90 и 100 година, и могућност примјене тзв. зелених и рециклираних материјала за инвестиционо одржавање објеката и истражена могућност смањења утицаја на животну средину из фазе инвестиционог одржавања објекта.

Овај дио истраживања је важан из разлога што је већ изграђени грађевински фонд у Србији у фази да је потребно приступити инвестиционо одржавању и санацији па

би уз кориштење, тзв. зелених и рециклираних материјала било могуће смањити утицаје на животну средину из фазе изградње, односно, из грађевинског сектора.

У четвртој фази је истражена могућност поређења грађевинских материјала и производа са економског и еколошког аспекта, да би се кроз овај дио истраживања указало на потребу за формирањем националне базе грађевинских материјала и производа и програма којима се може пружити подршка пројектантима за унапређење пројектовања објеката.

У докторској дисертацији је истражен утицај који објекат има од почетне фазе, а то је узимање материјала из природне средине, преко производње и транспорта, изградње, а затим кориштења објекта и његовог инвестиционог одржавања до краја животног циклуса. Значи обухваћени су утицаји „од колевке до краја живота“ објекта и примијењене су опште и посебне научне методе као и метода студије случаја.

Полазишта у методолошком поступку заснована су на проучавању стручне и научне литературе која разматра проблематику животног циклуса материјала, енергетске ефикасности, екологије, одрживог развоја и рециклаже материјала. Посебно мјесто заузимају истраживања која су спроведена у значајним свјетским лабораторијама али и проучавање тренутног стања у пројектовању и изградњи породичних објеката и информације добијене у разговорима са пројектантима и извођачима објеката у Србији. Користи се студија случаја и компаративна анализа.

Други ниво је заснован на прикупљању података на терену, примјена метода *in situ* ради даље анализе и поређења. Приликом прикупљања података коришћена је техничка документација објекта који се анализира ради формирања модела за анализу студију случаја. Примјена материјала и производа који имају дуг животно вијек, могућност рециклаже, нулту или малу потрошњу енергије у току животног циклуса, добре карактеристике са аспекта здравља и комфора корисника простора боље су вредноване у односу на производе који те карактеристике немају.

Примијењена методологија подразумева детаљну анализу сертификационих модела за одрживост објеката (BREEAM, LEED i DGNB) и софтвера за различите анализе LCA (Sima Pro, GaBi, Eco2soft, EIO-LCA, BEES, Zero WIN, LIT, ATHENA eco calculator i ATHENA Impact Estimator for Buildings). Приједлог плана истраживања је приказан у Дијаграму 1.1.

Посебне научне методе – ЛЦА методологија према ИСО стандардима

Истраживање је усмјерено у правцу испитивања утицаја уобичајених материјала и конструктивних склопова који се користе за изградњу породичних објеката у Србији коришћењем програмског пакета за превенцију отпада, Zero WIN у раној фази пројекта и Carbon calculator Building, Агенције за заштиту животне средине Агенције за заштиту животне средине УК у фази идејног и пројекта за извођење за прорачун угљеничног отиска пројектованог објекта, URSA грађевинска физика 2 за прорачун потребне енергије у оперативној фази објекта и BEES за процјену економских и еколошких перформанси грађевинских материјала, посебно штетних утицаја на здравље људи, еколошку токсичност и емисије ГХГ.

У том смислу кандидаткиња је проучила ИСО стандарде, прије свега ИСО 14040:2006 и 1044:2006. који се односе на посебну научну методологију ЛЦА која је методолошки основ за проведено истраживање. Процјена утицаја животног циклуса (ЛЦА) је од стране Европске комисије препоручена као методологија за идентификовање и интервенције животне средине и потенцијалне утицаје које производ или услуга током животног циклуса имају на животну средину. За анализу животног циклуса објеката битне су фазе кроз које објекат пролази током животног циклуса, а то је прописно стандардом ISO 15978:2011.

Приликом пријаве докторске тезе је планирана примјена програмских пакета, који су финансијаки веома захтјевни и за које није било могуће обезбиједити финансирање. Због тога је истраживање урађено са програмима који имају слободан приступ, нису финансијски захтјевни, а преузимају се са сајтова референтних установа: Агенције за заштиту животне средине УК, и Националног института за стандардизацију и технологију САД. За прорачун енергетског разреда се користи програм URSA-грађевинска физика, а за прорачун смањења емисија ГХГ, отпада и потрошње воде програм развијен у оквиру пројекта ЕУ за превенцију отпада No 226752.

Током израде докторске дисертације усвојена је легислатива о енергетској ефикасности зграда 2012. године у Србији (Правилник о енергетској ефикасности зграда; „Службени гласник РС“, бр 61/2011, и Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда. „Службени гласник РС“, бр 69/2012.), па је та околност дала додатну димензију и квалитет проведеном истраживању.

Испитивани параметри дају довољно елементарна за закључивање који од анализираних модела има најмање вредности ембодираних и укупног угљеничног отиска. Предност кориштеног програма је у бројчано израженим вредностима угљеничног отиска за разлику од сложених програма који дају већи број резултата за чије је разумијевање потребно имати уско стручно знање о ефектима које поједине материје имају на животну средину и здравље људи.

Статистичка обрада података је адекватна.

VI РЕЗУЛТАТИ И НАУЧНИ ДОПРИНОС ИСТРАЖИВАЊА

Резултати добијени истраживањем указују на значај обрачуна потрошње уграђене енергије и материјала за изградњу објеката и неопходност његовог укључивања при доношењу одлуке о избору материјала и система градње у процесу израде пројеката за изградњу, инвестиционо одржавање и реконструкцију објеката у Србији. За потребе ове дисертације извршен је обрачун уграђеног угљеника за различите системе градње уобичајене у Србији и извршено њихово поређење током животног циклуса објекта. Са циљем доказивања прве хипотезе на нивоу идејног рјешења вредновани су модели: А - изградња новог објекта примарним материјалима, Б - изградња новог објекта уз примјену рециклираних и тзв. зелених материјала и Ц - реконструкција постојећег објекта на крају животног циклуса на грађевинској парцели предвиђеној за изградњу. За ово истраживање су кориштени следећи програми: програм Zero WIN за процјену уштеде у продукцији чврстог отпада, воде и ГХГ и Carbon calculator Building Агенције за заштиту животне средине УК, за процјену угљеничног отиска изградње у фази одабира идејног рјешења. Резултати обрачуна угљеничног отиска, приказани у Дијаграму 4.4. и Табели 4.9. показали су да ембодирани угљеник за: *варијанту А* има вриједност 158,00 тона ЦО₂ е, *варијанту Б-3* има вриједност 117,00 тона ЦО₂ е и *варијанту Ц* има вриједност 140,00 тона ЦО₂ е. Идејно рјешење са најмањим утицајем на животну средину је *варијанта Б-3* што представља изградњу новог објекта са примјеном рециклираних и реупотребљених компоненти у мјери која је на локацији могућа. Овим је доказана прва хипотеза да је у раној фази пројекта примјеном софтверских алата базираних на ЛЦА могуће идентификовати утицаје које идејно рјешење има на животну средину и усмјерити даљи ток пројекта у правцу пројекта са мањим утицајима. Овим је доказана и хипотеза да се у раној фази пројекта могу остварити уштеде у утицајима на животну средину примјеном тзв. зелених и рециклираних материјала.

Резултати другог дијела истраживања приказани су у Табели 4.45. из овог дијела истраживања показују да би се утицаји на животну средину кроз фазу пројектовања

могли смањити одабиром конструктивног система и материјала и до 49,33%, колико износи разлика у угљеничном отиску изградње између модела МГ - 1 са највећим и МД - 3 са најмањим угљеничним отиском изградње. Уштеде у емисијама би могле бити и веће: ако би се користило мобилно постројење за рециклажу гипсаних плоча и дрвеног отпада, санитарне кабине са захватом атмосферске воде, контејнери за смјештај радника са фотоволтажним ћелијама, уколико би се машине и уређаји за изградњу прикључили на градску електро мрежу, користила дрвена грађа из сертифицираних шумских засада и ангажовала радна снага за изградњу из самог мјеста у коме се гради објекат. Они јасно указују на чињеницу да се у процесу израде пројекта за извођење примјеном ЛЦА анализе формираних модела, на основу добијених резултата, може сагледати који од модела има мањи угљенични отисак градње (ембодирани угљеник), који конструктивни систем и избор грађевинских материјала има мање утицаја на животну средину из фазе изградње. У овом случају највећи ембодирани угљеник има модел МГ – 1 са вриједностима 164,60 тона CO₂ е, а најмањи модел МД – 3 са вриједностима 83,40 тона CO₂ е.

Трећа фаза истраживања ЛЦА животног циклуса објекта од колевке, преко изградње и коришћења објекта, даје резултате који указују на потребу да се кроз уочени однос између уграђеног и оперативног угљеника схвати значај са једне стране оперативне фазе, која је очекивано доминантна, и потврди значај уведених енергетских разреда у националној легислативи, али и неопходност значаја уграђеног угљеничног отиска и настојања да се унесу промјене у виђењу на тај дио оптерећења по животну средину. И овим истраживањем је доказана прва хипотеза да се примјеном ЛЦА анализе у фази пројектовања могу пронаћи пројектна рјешења која имају мање утицаје на животну средину. Овим дијелом истраживања је доказана и хипотеза да се примјеном тзв. зелених и рециклираних материјала за изградњу објекта могу остварити мањи утицаји на животну средину, и да је још у фази израде пројекта помоћу софтверских алата за ЛЦА могуће сагледати које материјале треба заменити да би се смањили утицаји на животну средину.

Докторска дисертација, кроз формиране моделе и компјутерске симулације које за основ имају ЛЦА анализу, доказује да је примјеном грађевинских материјала и склопова могуће препознати моделе који су са мањим угљеничним отиском током животног циклуса, и још у фази пројектовања усмјерити пројектовање и изградњу у правцу одабира конструктивног склопа и примијењених материјала са мањим утицајем на животну средину. Тиме је потврђена и прва и друга хипотеза. На архитектама је због тога веома важна улога и потреба за континуираном едукацијом у том сегменту, јер су они кључни за одабир компоненти, материјала, инсталација, конструктивног склопа у фази пројектовања објекта. Овладавање овим знањима архитекти пружа алат којим се аргументовано може инвеститору предочити какве су могуће разлике у утицајима на животну средину превасходно у вези материјализације објекта.

У четвртој фази истраживања су вредноване три групе материјала и грађевинских производа са аспекта утицаја на животну средину и из перспективе економског аспекта, помоћу програма BEES. Резултати из тог дијела истраживања доказују трећу хипотезу: да је примјеном ЛЦА анализе могуће извршити поређење материјала са еколошког и економског аспекта, као и уочити утицај на здравље људи и животну средину. Резултати овог дијела истраживања указују и на потребу за формирањем националне базе грађевинских материјала која би коришћењем дала јасну слику о утицајима које домаћи грађевински материјали имају на животну средину, здравље људи, финансијске ефекте њихове примјене током животног циклуса.

Кандидат је резултате истраживања у докторској дисертацији документовао са обимном количином прорачуна, табела и дијаграма што говори о преданости кандидата да детаљно и свеобухватно истражи утицаје на животну средину који

настају од фазе узимања сировина из природе преко фазе њихове производње, транспорта и уградње ради квантификовања вредности ембодираниог угљеника и могућности примене тзв. зелених и рециклираних грађевинских материјала за изградњу породичног стамбеног објекта. Функционалном шемом истраживања, која је приказана у уводу (Дијаграм 1.2), су представљене све фазе, овог комплексног и темељног истраживања, могућности примјене ЛЦА методологије на архитектонско пројектовање објеката. Осим функционалне шеме у уводном дијелу је табеларно дат јасан приказ формираних модела по фазама (Табела 1.1, Табела 1.2, и Табела 1.3.), као и истраживање које се спроводи на сваком од модела. То говори о преданости кандидата да детаљно и свеобухватно истражи утицаје на животну средину који настају од фазе узимања сировина из природе преко фазе њихове прераде, транспорта и уградње у породичном стамбеном објекту, затим фазе кориштења и инвестиционог одржавања током животног циклуса изграђеног објекта од 100 година. Резултати спроведеног истраживања укажу на чињеницу да је у фази израде пројекта, почев од идејног рјешења, преко пројекта за изградњу, разраде детаља, али и инвестиционог одржавања, архитекта кључни фактор за доношење важних одлука о утицајима које ће све те активности имати на животну средину. Истраживање је јасно указало и на чињеницу да се у фази израде пројекта, примјеном ЛЦА методологије процјене утицаја за сваку од наведених фаза кроз које објекат пролази током свог животног циклуса „од колевке до гроба“ одабиром тзв. зелених и рециклираних материјала, за изградњу објеката, помоћу софтвера за ЛЦА могу израчунати утицаји на животну средину и превентивно дјеловати у фази израде пројекта. То се може постићи и примјеном тих по животну средину повољнијих материјала и одабиром конструктивног система, што је кроз ову докторску дисертацију доказано. Резултати истраживања су показали и да је неопходно формирање националне базе грађевинских материјала, као и софтвера за прорачун емисија из грађевинског сектора. То би омогућило архитектама да у фази пројектовања инвестирору предложи квалитетнија и боља рјешења са аспекта утицаја на животну средину, здравље људи, али и економски аспект примијењених производа. Дати резултати указују на потребу да се кроз уочени однос између уграђеног и оперативног угљеника схвати значај са једне стране оперативне фазе, која је очекивано доминантна, и потврди значај уведених енергетских разреда у националној легислативи, али и неопходност значаја уграђеног угљеничног отиска и настојања да се унесу промјене у виђењу на тај дио оптерећења по животну средину. Резултати из докторске дисертације указују на потребу да и уграђени угљеник уђе у обрачун биланса оптерећења од објекта током животног циклуса јер се само тако може пружити јасна слика о смањењу угљеничног отиска из грађевинског сектора. Увођењем обавезе да се кроз пројектну документацију обрачуна и ембодирани, а не само оперативни угљеник, може донијети мање оптерећење по животну средину из грађевинског сектора. Примјеном ЛЦА анализе и обрачуна угљеничног отиска изградње у фази пројектовања се могу добити и значајне информације када се могу очекивати први бенефити у смањењу угљеничног отиска из грађевинског сектора у Србији.

Истраживањем је кандидаткиња дошла до сазнања да је могуће у фази пројектовања управљати утицајима на животну средину кроз анализу примијењених материјала, тзв. зелених и рециклираних је могуће остварити уштеде у емисијама ГХГ, изражено у CO₂ е (еквивалент, као мјера утицаја гасова са ефектом стаклене баште) или одабиром различитог конструктивног система. У том смислу је неопходна ЛЦА методологија за процјену утицаја. Истраживањем се дошло до сазнања да је помоћу програмских пакета могуће квантификовати те утицаје, али да је могуће поредити грађевинске производе и материјале такође ЛЦА и вредновати их са аспекта економског и еколошког, првенствено са аспекта утицаја на здравље људи и

животну средину. За то је неопходно постојање националне базе грађевинских материјала и производа и програмских пакета који би пратили потребе архитектата за унапређење пројектовања на националном нивоу.

Будућа истраживања воде у правцу настојања да се и ембоирани угљеник уврсти у обрачун утицаја и да се на том основу доносе одлуке јесте ли оправдано утопљавати објекте са материјалима анализирано са аспекта животног вијека примијењених компоненти.

У будућности треба истраживање наставити у правцу проналаска нискоугљеничних прије свега термо изолационих материјала, који би смањили јаз између нараслих потреба за њима и настојања за утопљавањем објеката.

За очекивати је да ће будућа мултидисциплинарно истраживања детаљније сагледати ефекте примјене рециклираних материјала у грађевинској индустрији Србије, економске, еколошке и социјалне.

- 1) Укратко навести резултате до којих је кандидат дошао;
- 2) Оцијенити да ли су добијени резултати јасно приказани, правилно, логично и јасно тумачени, упоређујући са резултатима других аутора и да ли је кандидат при томе испољавао довољно критичности;
- 3) Посебно је важно истаћи до којих нових сазнања се дошло у истраживању, који је њихов теоријски и практични допринос, као и који нови истраживачки задаци се на основу њих могу утврдити или назирати.

VII ЗАКЉУЧАК И ПРИЈЕДЛОГ

На основу анализе докторске дисертације Марине Б. Николић Топаловић, Комисија констатује да је докторска дисертација написана у складу са одобреном темом. Тема дисертације је актуелна и прати савремене токове развоја друштва.

Резултати научног истраживања у докторској дисертацији су презентовани на цјеловит, стручно јасан, документован и логички аргументован начин. Дисертација је произвела резултате који потврђују постављени систем хипотеза и пружа научни допринос у области архитектуре и урбанизма, те омогућује развој нових методологија у процесу израде пројектних рјешења у будућности и примјени резултата истраживања у градитељској пракси. Примјењена оригинална научна истраживања се прије могу користити за развој нових приступа у изради архитектонских пројеката у пракси, те превентивно дјеловати у циљу смањења штетних утицаја у градитељству.

Кандидаткиња је овладала различитим теоријским основама и методолошким приступима научног истраживања и показала способност да може досљедно спровести самостално научно истраживање, као и да његове сегменте уобличи у научне радове које је представила учешћем на међународним конференцијама, и истраживачким пројектима. Комисија посебно истиче научни допринос у области архитектуре и енергетске ефикасности, иновативне резултате у домену теоријског и методолошког научног доприноса и могућност примјене научне методологије истраживања у пракси.

Имајући у виду цјелокупни научно-истраживачки опус кандидаткиње, садржај докторске дисертације и оцјене изнијете у овом Извјештају, Комисија доноси позитивно мишљење о докторској дисертацији у цјелини и закључује да дисертација садржи значајан допринос у области архитектуре, грађевинарства и енергетске ефикасности објеката и са задовољством предлаже Наставно научно вјеће Архитектонско-грађевинско-геодатском факултету Универзитета у Бањој

Луци да се докторска дисертација под називом *Оквир за моделовање информација неопходних за архитектонско пројектовање засновано на концептима животног циклуса објекта*, кандидата *мр Марина Николић Топаловић, дипл. инж. Архитектуре* прихвати, и изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Сенату Универзитета у Бањој Луци.

укупне оцјене дисертације комисија предлаже:

- 1) Навести најзначајније чињенице што тези даје научну вриједност, ако исте постоје дати позитивну вриједност самој тези;
- 2) На основу укупне оцјене дисертације комисија предлаже:
 - да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана,
 - да се докторска дисертација враћа кандидату на дораду (да се допуни или измијени) или
 - да се докторска дисертација одбија.

ПОТПИС ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ


Датум: 14.09.2018

1.




др Горан Ћировић, редовни професор,
Висока грађевинско геодетска школа,
Београд, председник комисије;

2.



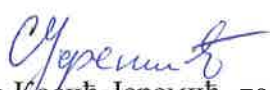
др Миленко Станковић, редовни
професор, ментор
Универзитет у Бањој Луци
Архитектонско-грађевинско-геодетски
факултет

3.



др Тања Тркуља, доцент
Универзитет у Бањој Луци
Архитектонско-грађевинско-геодетски
факултет

4.



др Сандра Косић-Јеремић, доцент
Универзитет у Бањој Луци
Архитектонско-грађевинско-геодетски
факултет