

Panon – Institut za strateške studije - Osijek
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija - Osijek
Građevinski i arhitektonski fakultet - Osijek
Centar kompetencija d.o.o. za istraživanje i razvoj - Vinkovci

Panon – Think tank for strategic studies - Osijek
Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology - Osijek
Faculty of Civil Engineering and Architecture - Osijek
Competence Centre Ltd. for research and development - Vinkovci

29. Međunarodni znanstveni skup 'ORGANIZACIJA I TEHNOLOGIJA ODRŽAVANJA' OTO 2020.

Zbornik radova – knjiga 2

29th International Scientific Conference 'ORGANIZATION AND MAINTENANCE TECHNOLOGY' OTO 2020

Conference Proceedings - book 2

Osijek, 2020.

Izdavači / *Publishers*

Panon – Institut za strateške studije, Osijek
Panon Think tank for strategic studies, Osijek - www.panon.eu

Alberta naklada Osijek
Alberta publishing Osijek-/www.alberta-naklada.com

Partner konferencije / *Conference partner*

UNIKOM d.o.o. Osijek - www.unikom.hr

Mjesto i datum održavanja konferencije / *Venue and date of the conference*

Osijek (Croatia), 12.12. 2020.

Organizacijski odbor / *Organizing Board*

Davor Vić, dipl. ing. građ. – predsjednik / *Chairman*
dr. sc. Milan Ivanović
dr. sc. Zlatko Lacković
izv. prof. dr. sc Tomislav Keser
mr. sc. Tatjana Mijušković-Svetinović
mr. sc. Držislav Vidaković

Portal konferencije / *Conference Web*

<https://oto2020.panon.eu/>

Službeni jezici / *Official Languages*

Službeni jezici konferencije su hrvatski i engleski.
The official languages of the conference are Croatian and English.

Uredništvo / *Editorial Board*

doc. dr .sc. Olivera Galović - glavni urednik
izv. prof. dr .sc. Drago Bešlo
izv. prof. dr .sc. Ranko Gantner
doc. dr .sc. Goran Rozing
Davor Vić, PhD student

Grafička oprema / *Design and layout*

Alberta naklada - Osijek

Tisak / *Printed by*

Skripta d.o.o. - Osijek

Naklada / *Issue*: 200

ISSN 2706-4131 – knjiga 2

Kontakt / *Contact*

e-mail: panon.institut@gmail.com

- - - - -

Zbornik radova sadrži radove koji su prošli dvije neovisne recenzije. Organizator konferencije nije ulazio u načine izražavanja te oni predstavljaju stavove i stil autora.

Each paper in the conference proceedings was reviewed by independent reviewers. The content of the conference proceedings does not reflect the official opinion of the conference organizers. Responsibility for the information and views expressed in the papers lies entirely with the respective author(s).

Međunarodni programski odbor / International Programme Committee

(Prema abecednom redu prezimena / List in alphabetical order)

prof. emer. dr. sc. Safet Brdarević (BiH)
prof. dr. sc. Eleonora Desnica (Serbia)
prof. dr. sc. György Elmer (Hungary)
izv. prof. dr. sc. Hrvoje Glavaš (Croatia)
prof. dr. sc. Lajos Jozsa (Hungary)
doc. dr. sc. Svilen Radoslavov Račev (Bugarska)
izv. prof. dr. sc. Ljiljana Radovanović (Serbia)
prof. dr. sc. Tihomil Rausnitz (Germany)
doc. dr. sc. Nataša Šuman (Slovenija)
izv. prof. dr. sc. Damir Varevac (Croatia)
prof. dr. sc. Drago Žagar (Croatia)

Znanstveni odbor / Scientific Committee

(Prema abecednom redu prezimena / List in alphabetical order)

izv. prof. dr. sc. Naida Ademović (BiH)
dr. sc. Ivan Ambroš (Croatia)
doc. dr. sc. Josip Cumin (Croatia)
doc. dr. sc. Josip Balen (Croatia)
izv. prof. dr. sc. Tomislav Barić (Croatia)
izv. prof. dr. sc. Marinko Barukčić (Croatia)
izv. prof. dr. sc. Damir Blažević (Croatia)
izv. prof. dr. sc. Mirjana Bošnjak-Klečina (Croatia)
doc. dr. sc. Tihomir Dokšanović (Croatia)
izv. prof. dr. sc. Irena Galić (Croatia)
dr. sc. Ivan Grgić (Croatia)
izv. prof. dr. sc. Krešimir Grgić (Croatia)
ak. prof. dr. sc. Zijad Haznadar (Croatia)
izv. prof. dr. sc. Marijana Hadzima-Nyarko (Croatia)
dr. sc. Ivana Hartmann Tolić (Croatia)
prof. dr. sc. Željko Hocenski (Croatia)
izv. prof. dr. sc. Aleksandar Jurić (Croatia)
izv. prof. dr. sc. Josip Job (Croatia)
prof. dr. sc. Isak Karabegović (BiH)
doc. dr. sc. Mirko Köhler (Croatia)
doc. dr. sc. Goran Knežević (Croatia)
doc. dr. sc. Krešimir Lacković (Croatia)
izv. prof. dr. sc. Časlav Livada (Croatia)
doc. dr. sc. Ivica Lukić (Croatia)
izv. prof. dr. sc. Predrag Marić (Croatia)
doc. dr. sc. Emmanuel Karlo Nyarko (Croatia)
doc. dr. sc. Barbara Pisker (Croatia)
doc. dr. sc. Mirjana Radman-Funarić (Croatia)
prof. dr. sc. Mirsad Raščić (BiH)
doc. dr. sc. Goran Rozing (Croatia)
izv. prof. dr. sc. Sebastijan Seme (Slovenia)
izv. prof. dr. sc. Marinko Stojkov (Croatia)
prof. dr. sc. Damir Šljivac (Croatia)
izv. prof. dr. sc. Marija Šperac (Croatia)
prof. dr. sc. Andrej Štrukelj (Slovenia)
ak. prof. dr. sc. Božo Udovičić (Croatia)
dr. sc. Bruno Zorić (Croatia)

S a d r Ź a j

1. Model odvajanja šest frakcija otpada na mjestu njegova nastanka kao najviši europski standard primarne selekcije otpada Tihana Škugor, Davor Vić	9
2. O komunalnom zbrinjavanju otpada u slavonskoj regiji Đorđe Balić	21
3. Razvoj cjelovitog sustava gospodarenja bio-otpadom na području grada Osijeka Davor Vić, Tihana Škugor	29
4. Primjer učinkovitog zbrinjavanja otpada u cilju održivog razvoja Zlatko Lacković	41
5. Selekcija i prerada plastične mase iz komunalnog otpada Milan Ivanović	51
6. Nastajanje i mogućnosti smanjivanja građevinskog otpada Držislav Vidaković, Dražen Hećimović	59
7. Drvni pepeli - otpadni materijali za održivu gradnju cesta Slavonije Sanja Dimter, Martina Zagvozda, Miroslav Šimun, Branimir Milovanović	71
8. Izgradnja postrojenja na biomasu i bioplin – razvojna prilika Slavonije i Baranje Milan Ivanović, Tomislav Barić	79
Dodatak 1	
S konferencije OTO 2020.	91
- OTO 2020 - Program Sekcije „Komunalni otpad“	93
- Fotogalerija OTO 2020.	94
Dodatak 2	
S konferencije OTO 2019.	99
Komunalno zbrinjavanje otpada – stanje u gradovima slavonske regije Milan Ivanović	101
Dodatak 3	
Iz prošlosti - Izvještaj zajednici o aktualnim stručnim i znanstvenim dilemama	115
Tematski broj časopisa „Privreda“ o sekundarnim sirovinama (br. 4/1984.)	117
Riječ uredništva	117
1. Gospodarenje sekundarnim sirovinama na području Slavonije i Baranje Milan Ivanović	118
2. Korištenje sekundarnih sirovina starog papira u Kombinat u „Belišće“ Luka Zubčić	123
3. Problematika proizvodnje i primjena tekstilnih regenerata Ivan Ljubić	129

4. Sekundarne sirovine i njihov značaj Milan Miljević	134
5. Zbrinjavanje krutog smeća i otpadaka na području Osijeka - stanje, kratkoročna rješenja, dugoročni ciljevi Đorđe Balić	137
6. Briketiranje drvnih otpadaka u SOUR-u Kombinat „Belišće“ Josip Majdenić	141
7. Postići proizvodnju bez ostataka Branko Hebrang	144
8. Oprema za korištenje sekundarnih sirovina Josip Hartl	147
9. Sistem Bioplam dokazao višestruke uštede Nevenka Stojčević	149

NASTAJANJE I MOGUĆNOSTI SMANJIVANJA GRAĐEVINSKOG OTPADA

Origination and possibilities of reduction of construction waste 14pt

Subject review

Držislav Vidaković¹, Dražen Hećimović²

¹ Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek, Hrvatska

² Bonzo j.d.o.o., Osijek, Hrvatska

e-mail: dvidak@gfos.hr

Sažetak

Rad upozorava na veliku količinu otpada koja nastaje na gradilištima i daje podatke o vrstama tog otpada. Pojašnjeni su načini i uzroci nastajanja građevinskog otpada. U odnosu na to, iznesene su mogućnosti djelovanja da se smanji i bolje iskoristi građevinski otpad. Istaknuti su problemi koji sprječavaju bolje rješavanje ovog problema i mogućnosti njihovog prevladavanja.

Ključne riječi: Građevinski otpad, Klasificiranje, Uzroci nastajanja, Minimiziranje, Recikliranje.

Abstract

The paper draws attention to the large amount of waste generated on construction sites and provides data on the types of waste. The ways and causes of construction waste origination are explained. In this regard, the possibilities of action to reduce and make better use of construction waste are presented. Problems that prevent a better solution to this problem and the possibilities of overcoming them are highlighted.

Keywords: Construction waste, Classification, Causes of origination, Minimization, Recycling.

1. Uvod

Otpad se definira kao bilo koji materijalni nusprodukt ljudske i industrijske djelatnosti koji nema preostalu vrijednost [1]. Građevinski otpad je, zbog svojih specifičnosti, posebna kategorija otpada. Kod nas se građevinski otpad definira kao otpad nastao prilikom gradnje novih građevina, rekonstrukcije, uklanjanja i održavanja postojećih građevina, te otpad nastao od iskopanog materijala koji se ne može bez prethodne uporabe koristiti za građenje građevine zbog čijeg građenja je nastao [2]. (Iskop se ne smatra otpadom ako se koristi u svojem prirodnom obliku na istome gradilištu s kojeg je iskopan ili ako iskop predstavlja mineralnu sirovinu.)

S rastom urbanizacije i gradnjom sve više građevina i sve većih građevina stvara se sve više građevinskog otpada. Više od jedne trećine otpada koji nastaje u EU je građevinski otpad. Prema izvješću Europske agencije za okoliš (*European Environment Agency – EEA*) u 2016. godini u EU nastalo je 374 milijuna tona građevinskog otpada, isključujući iskopanu zemlju. (Podaci o količini otpada razlikuju se od godine do godine i od izvora do izvora, ovisno o tome što je uračunato u građevinski otpad i kako je određena njegova količina.)

Tolika količina otpada svakako pruža mogućnost da se kroz njegovu uporabu zadovolji dio materijalnih, pa i energetskih potreba europskog gospodarstva, koje je umnogome ovisno o uvozu sirovina i energije. Upravo je građevinarstvo jedan od najvećih potrošača različitih prirodnih resursa (kamena i agregata, drvenih proizvoda, energije, vode i dr.). To često dovodi do nekontrolirane eksploatacije agregata iz vodotokova i zagađenja. (Primjerice, građenje s betonom spravljenim od cementa i agregata od drobljenog kamena povećava emisiju CO₂ zbog tehnoloških procesa za njihovu proizvodnju.) No, dok je u nekim zemljama EU udio miješanog otpada (teško iskoristiv) u ukupnoj količini građevinskog otpada samo 4% u Hrvatskoj je to gotovo deseterostruko više.

U 2014. godini u Hrvatskoj je prijavljeno 761.312 t građevinskog otpada, od čega je blizu 40% zbrinuto odlaganjem na odlagališta (uglavnom zemlje i kamenja te miješanog građevinskog otpada), a za ostali dio prijavljenih količina otpada prijavljena je uporaba i manji dio se privremeno skladišti [2]. Predviđena stopa rasta opsega građevinskog otpada u Hrvatskoj od 2015. do 2030. godine je 1,5% na godinu [3]. Zbog sivoga tržišta podaci o građevinskom otpadu u našoj zemlji nisu potpuni, no potencijal nastanka otpada moguće je pretpostaviti prema vrijednosti izvedenih radova u građevinarstvu. U 2016. godini proizvedena količina građevinskog otpada, prema podacima iz sustava Registra onečišćavanja okoliša (ROO), bila je 879.000 t, a udio procijenjene količine građevinskog otpada koji nije evidentiran sustavom ROO iznosi 387.000 t (30,6% od procijenjenih 1,27 milijuna tona građevinskog otpada te godine). Od 879.000 t otpada na postupke zbrinjavanja predano je 325.600 tona, a na postupke uporabe 553.400 t [3]. U 2017. godini obrađeno je 81% procijenjenog nastalog otpada, a 19% nije evidentirano [2].

Nesrazmjernost podataka iz izvješća o količini otpada s kretanjem obima građevinskih radova jasno pokazuje da registrirana količina otpada u Hrvatskoj ovisi o unaprijeđenju sustava kontrole slijeda otpada.

Najveće količine građevnoga otpada zabilježene su u Istarskoj, Osječko-baranjskoj i Zadarskoj županiji te u Gradu Zagrebu. U Gradu Zagrebu najveći dio građevnog otpada čini tzv. miješani otpad, u Osječko-baranjskoj i Šibensko-kninskoj županiji najveći dio čini beton, a u svim ostalim županijama najveći udio u otpadu čini zemlja, kamenje i otpad od jaružanja [3].

2. VRSTE GRAĐEVINSKOG OTPADA

Građevinski otpad i otpad od rušenja nastaje na više načina, odnosno pri različitim aktivnostima te je po sadržaju raznolik. To je mješavina viška materijala koji nastaju čišćenjem mjesta izvođenja radova, iskopima, gradnjom, održavanjem i obnavljanjem građevina, rušenjem i radovima na cestama [4].

Kroz projekt "Development of sustainable construction and demolition waste management system for Croatia" 2006 - 2008 (LIFE05 TCY/CRO/000114 CONWAS) na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu kao čimbenici koji utječu na karakteristike građevinskog otpada identificirani su:

- vrsta građevine (npr. stambena, poslovna ili industrijska, mostovi, ceste),
- visina konstrukcije,
- izvedena aktivnost (novogradnja, obnova, ili rušenje),
- veličina projekta (npr. pojedinačne zgrade, kuće u nizu ili dr.)
- lokacija projekta (priobalje ili unutrašnjost, ruralno ili urbano područje),
- materijali korišteni u konstrukciji,
- način rušenja (ručno ili mehaničko).

Građevinski otpad uobičajeno se dijeli na grupe prema izvoru ili mjestu nastajanja, vrsti radova pri kojima se stvara, prema nositelju stvaranja otpada, ili detaljnije prema materijalu, odnosno njegovim fizičko-kemijskim svojstvima (opasan ili neopasan i inertan ili podložan fizikalnim, kemijskim ili biološkim promjenama).

Prema nastajanju građevinski otpad može se podijeliti na [5]:

- Otpad koji nastaje od potpunog ili djelomičnog rušenja objekta,
- Otpad koji nastaje na gradilištu kao posljedica izgradnje novih objekata ,
- Otpad koji nastaje kod izgradnje i održavanja prometnica,
- Tlo kamenje i vegetacija koje je potrebno ukloniti zbog pripreme prostora za građenje.

U tablici 1 je podjela građevinskog otpada dana u časopisu "Građevinar" 2020. godine.

Tablica 1
Podjela građevinskog otpada [2]

Otpad od iskopa	Otpad pri gradnji	Otpad pri rekonsrukciji, rušenju i održavanju građevina
- zemlja, kamenje, otpad od jaružanja.	- višak građ. proizvoda i ambalaže građ. proizvoda (ambalažni otpad - kartoni, daske, folije, palete, kante od premaza, ljepila, plastične tube od silikona, prljave krpe, radna odijela, višak boje, veziva, punila, ostaci knaufa, armature, keramike i sl.)	- beton, opeka, crijepovi, pločice, keramika, drvo, staklo, plastika, bitum. mješavine, izolacij. materijali i građ. Materijali na bazi gipsa

Dosta slična je podjela u Njemačkoj, gdje se građevinski otpad dijeli u četiri skupine, kako je navedeno u tablici 2.

Tablica 2

Podjela građevinskog otpada prema njemačkom modelu [6]

Vrste otpada (u visoko- i niskogradnji)	Sadržaj otpada
Iskop zemlje tj. prirodnog tla	- plodni dio tla, dublji iskopi zemlje, pijesak, šljunak, kamen (manji i veći komadi stijena), glina (ovisno o terenu na kakvom se obavlja iskop)
Otpad od rekonstrukcije cesta	- asfalt, nasipni kameni i šljunčani materijali, betonski komadi
Građevinska šuta	- kamen, šuta, opeka, dijelovi zida, pločice, crijep, gips
Otpad s gradilišta	- drvo, ambalaža, kabeli, plastika, sta-klo, papirn. stvari, metali, boje i lakovi

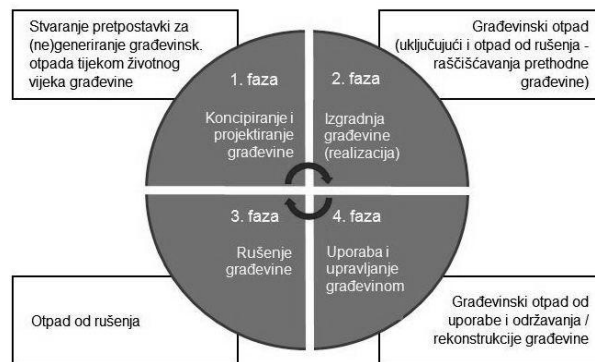
Pravilnikom o katalogu otpada propisan je katalog koji definira podjelu otpada prema svojstvima i prema mjestu nastanka u 20 grupa i njihovih podgrupa. U katalogu otpada nabrojani otpadi klasificirani su prema ključnim brojevima, te se ta klasifikacija koristi kod postupaka izdavanja dozvola za određene djelatnosti gospodarenja otpadom [7]. Pravilno i točno određivanje ključnih brojeva vrlo je važno, zato da se osigura najbolji i najprimjereniji način gospodarenja otpadom te da se utjecaj otpada na okoliš i zdravlje ljudi svede na minimum [5].

Neopasnim otpadom se smatra onaj koji ne posjeduje niti jedno od opasnih svojstava određenih Dodatkom III. Zakona o održivom gospodarenju [8]. To su npr. materijali kao što su crijep, opeka, beton itd. Inertni otpad je otpad koji ne podliježe značajnim fizikalnim, kemijskim ili biološkim promjenama i ne ugrožava okoliš i zdravlje ljudi. Takav otpad se ne otapa, nije zapaljiv, ne reagira fizički ili kemijski, ne razgrađuje se biološkim putem i ima beznačajan stupanj ispuštanja zagađujućih tvari, pa ne djeluje na zrak i podzemne vode [5].

Otpad nastao od građevina, ovisno o starosti i konstrukcijskim značajkama građevine, može sadržavati različita anorganska i organska onečišćenja. No, samo manji udio građevinskog otpada smatra se opasnim. (Kod opasnog otpada ključnom broju iz kataloga pridružuje se znak *.) Opasni otpad može sadržavati azbest (najzastupljeniji opasni materijal, koji je ugrađivan u različitim oblicima i vrstama, a najčešće bijeli azbest – krizolit [5], katran, radioaktivni otpad, poliklorirani bifenili (koriste se u proizvodnji električnih i toplinskih vodiča, plastike i proizvoda od gume, pigmenata i boja, kao plastifikatori u bojama i dr.), olovo, živu itd. Neki od materijala koji kada su ugrađivani nisu imali opasna svojstva mogu ih poprimiti ovisno o korištenju građevine.

3. NASTAJANJE GRAĐEVINSKOG OTPADA I GUBLJENJE GRAĐEVINSKIH MATERIJALA

Treba imati u vidu da uzroci nastajanja građevinskog otpada nisu samo u fazi građenja (realizacije građevine) nego oni nastaju već u fazi koncipiranja i definiranja građevine (obuhvaća izradu idejnog i glavnog projekta, ishođenje dozvole za građenje i izbor izvođača). To pokazuje slika 1.



Slika 1

Utjecaj na stvaranje građevinskog otpada i otpada od rušenja po fazama građevinskog projekta (prema [9])

U prvoj fazi (prije građenja) određuje se orijentacija, oblik, materijali i oprema (tehnologija) građevine, što utječe na otpad (i mogućnost njegovog korištenje) koji se stvara u svim narednim fazama životnog vijeka građevine. Osmani i ostali (2008) su na temelju istraživanja u UK zaključili da gospodarenje otpadom nije prioritet u procesu projektiranja jer kod arhitekata prevladava stav kako se otpad uglavnom stvara tijekom radova na gradilištu, a da rijetko na to ima utjecaj faza projektiranja. Ipak, suprotno tome, otkriveno je da 33% otpada na gradilištu nastaje zbog toga što arhitekti nisu primijenili mjere smanjenja otpada u fazi projektiranja [11].

Prema Graham i Smithers (1996) čimbenici koji utječu na stvaranje građevinskog otpada mogu se podijeliti na projektiranje (pogreške projektnih nacрта/dokumentacije, pogreške detalja i promjene projekta), nabavu (pogreška otpreme i pogreška narudžbe), rukovanje materijalom (nepravilno skladištenje, propadanje materijala i nepravilno rukovanje na gradilištu i izvan njega), rad / izvedbu (ljudske pogreške, zanatljuje i radnici, neispravna oprema, nezgode i vremenski uvjeti), ostatke (ostaci i nepovratni nepotrošeni materijal) i drugo (krađa, vandalizam i radnje investitora) [10]. Osmani i ostali grupirali su glavne izvore čimbenika otpada kao ugovor, projekt, nabavu, prijevoz, upravljanje i planiranje na gradilištu, skladištenje materijala, rukovanje materijalom, rad na gradilištu, ostatke i dr. [11]. Md Akhir i ostali (2013) su na temelju opsežnog pregleda literature definirali 46 čimbenika stvaranja građevinskog otpada kroz životni ciklus građevine i svrstali ih u sljedeće grupe [12]:

- informacije i komunikacije,
- oprema,
- upravljanje projektima i ugovorima,
- materijal,
- isporuka / nabava,
- vanjski / nepredvidivi i
- ljudski resursi / radna snaga.

Ajmera (2018) je preuzeo podjelu Grahama i Smithersa uz nadopunu nekih utjecajnih čimbenika (npr. u grupi „Rukovanje“ s upotreba bilo kojeg materijala koji je blizu radnog mjesta, neprijateljski stavovi projektnog tima i radne snage te krađe, a u grupi „Rad / izvedba“ s nesreće zbog nemara, šteta na obavljenom poslu uzrokovana naknadnim zahvatima (od radnika koji dolaze kasnije), upotreba pogrešnog materijala zbog čega je potrebna njegova zamjena, kašnjenje u davanju informacija izvođaču o vrstama i veličinama proizvoda, tj. materijala, koji će se koristiti). Kao posebno važne čimbenike za potencijalno poboljšanje izdvojio je [13]:

- promjene u projektnoj dokumentaciji nakon početka realizacije (tj. tijekom građenja),
- nedostatak povezanosti, odnosno zajedničkog djelovanja,

- kašnjenje u pružanju radnih nacrti,
- korištenje neprikladnih postrojenja, opreme i alata,
- loš raspored i način (metoda) rada,
- nepotrebno kretanje,
- neodgovarajući poredak izvođenja radova,
- neprikladni "radni paketi" (povezani radni zadaci).

Najveći dio prethodnih čimbenika (osim početnih) identificira građevinske izvođače kao one koji najviše doprinose stvaranju otpada, dok su neprikladni skladišni prostori na gradilištu i labavi oblici opskrbe gradilišta prepoznati kao najznačajniji za rješavanje problema stvaranja građevinskog otpada [13].

Agyekum i ostali (2013.) ispitivali su voditelje projekata i konzaltinge o razini doprinosa ključnih građevinskih materijala stvaranju građevinskog otpada i rezultati toga pokazuju da su pet materijala koja se najviše "rasipaju" (nepotrebno troše) na gradilištima: drvo, cement/mort (žbuka), beton, blokovi i čelik. (To potvrđuje publicirane nalaze nekoliko prethodnih istraživanja.) Ispitanici su također ocijenili uzroke otpada materijala proizašlog iz operativnih aktivnosti na gradilištima. Prvih sedam (sa srednjom ocjenom iznad 4,0) su [14]:

- pogreške obrtnika (majstora zanata) ili radnika operativaca,
- upotreba pogrešnih materijala koji zahtijevaju zamjenu,
- nije jasna potrebna količina materijala zbog lošeg planiranja,
- kašnjenje u davanju informacija dobavljaču o vrstama i veličinama proizvoda (tj. materijala) koji će se koristiti,
- loša interakcija između različitih stručnjaka,
- neprijateljski stavovi projektnog tima i rada,
- izbor pogrešne metode gradnje.

U fazi realizacije građevine iz osnovnih, pomoćnih, pripremnih i transportnih procesa na gradilištu nastaje građevinski otpad. Otpad kod građevinskog materijala nastaje pri njegovom transportu, deponiranju (gradilištu) i ugradbi. Smatra se da je čak oko 15% materijala dostavljenog na gradilište otpad [3]. Kako dolazi do stvaranja otpada kod građevinskih materijala pojašnjeno je u tablici 3. Slične podatke o izvorima otpada građevinskog materijala kao u tab. 3, ali bez navođenja vrsta materijala, daje i niz drugih autora [10], [14].

Tablica 3

Uzroci stvaranja otpada od građevinskih materijala (prema [4], [15])

Građevin. materijal	Uzroci nastajanja otpada	Specifikacija
Kamene ploče	Rezanje	Nedostatak podešavanja između komada različitih veličina; nedostaci proizvoda; odabir dizajna koji uzrokuje otpad; nedostatak znanja o gradnji tijekom faze projektiranja
	Oblik	Nedostaci proizvoda; izabrane specifikacije proizvoda u projektu; način prijevoza
	Prevelike narudžbe	Nemogućnosti naručivanja malih količina
	Skladištenje i rukovanje na gradilištu	Neupakirana opskrba
	Pucanje pri transp.	Neupakirana opskrba
Beton	Naručivanje previše	Nepoznata potrebna količina proizvoda zbog lošeg planiranja

	Gubljenje tijekom transporta	Nepoznata potrebna količina proizvoda zbog lošeg planiranja
	Struganje sa	Metoda postavljanja temelja zgrade
Mort	Struganje iz	Nemarna praksa
	Mort u posudi	Nemarna praksa
	Atmosferski utjecaj	Nemarna praksa
	Specifikacija morta	Kratko vrijeme obrade
	Prljanje	Nemarna praksa; prevelike količine opskrbe
Crijepovi	Rezanje zbog projekta krova	Projektant ne obraća pažnju na dimenzije korištenih proizvoda; projektant nije upoznat s mogućnostima različitih proizvoda; kasno korištenje informacija; vrste i veličine različitih proizvoda ne odgovaraju
	Pucanje pri transportu	Nemarno rukovanje od strane dobavljača
Armatura	Rezanje	Uporaba armaturnih šipki čija veličina ne odgovara
Oplata	Rezanje	Uporaba drven. ploča čije veličina se ne uklapaju
Cigla / blok	Rezanje	Uporaba neodgovarajućih veličina
	Oštećenje pri transportu	Neupakirana opskrba

4. MINIMIZIRANJE I OPORABA GRAĐEVINSKOG OTPADA

Danas se općenito teži često spominjanom konceptu "4R", koji se odnosi na smanjenje (*reduce*), ponovnu uporaba (*reuse*), recikliranje (*recycle*) i zamjenu (*replace*) ili oporavak (*recovery*), posebno u kontekstu proizvodnje i potrošnje. To ilustrira slika 2.



Slika 2

"4R" zlatno pravilo hijerarhije gospodarenja otpadom (prema [16])

Slika 1 upućuje na to da je za uspješno, cjelovito rješavanje problema građevinskog otpada potrebna briga investitora i projektanta o stvaranju i zbrinjavanju otpada pri građenju (mada oni često toga nisu svjesni). Smanjivanje količine otpada uključuje se u održivi projekt građevine (*sustainable design*) kroz upravljanje informacijama o građevini ili informacijski model građevine (*Building Information Modelling - BIM*) i to dok je još samo u djelokrugu djelovanja investitora i projektanata. U troškovniku projekta treba predvidjeti stavke (sa cijenom) za postupanje s otpadom koji nastane pri rušenju i građenju.

Dobavljači bi trebali nuditi mogućnost povrata ambalaže i neiskorištenih proizvoda, tj. materijala, ali u praksi se to rijetko događa. Pravilnik o građevnom otpadu i otpadu koji sadrži azbest obvezuje proizvođača premaza, ljepila, punila, brtvila i sličnih proizvoda koji sadrže opasne tvari (hlapive organske spojeve, katran) da kupcu bez naplate omogući preuzimanje otpada koji nastaje od takvog proizvoda na način određen odgovarajućim ugovorom [2].

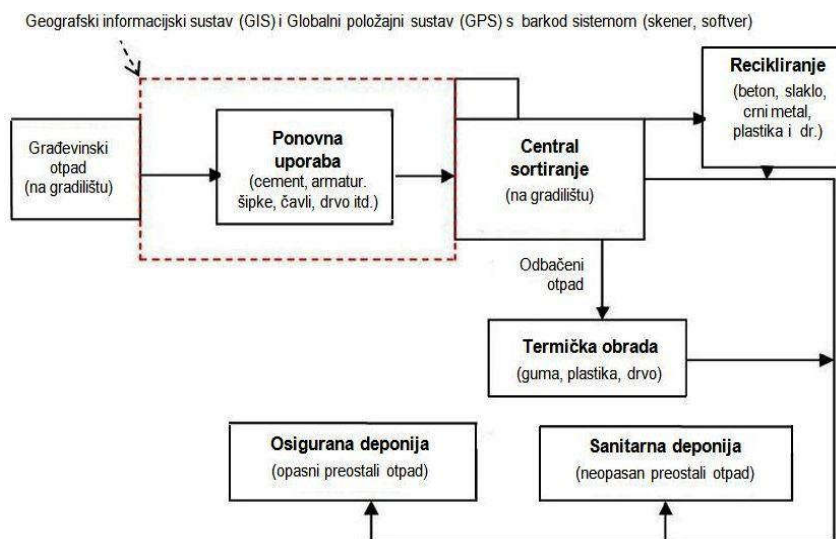
Od izvođača radova traži se bolja priprema (planiranje) izvedbe i odgovarajuća organizacija na samom gradilištu. *Lean* poslovna filozofija građevinskih izvođača svojim načelima i metodama također minimizira gubitke, kako vremena, tako i materijala. Na materijale se to posebno održava kroz uređenje mjesta rada (metoda "5S"), sistem na-

bavke materijala i vizualizacije te uočavanje problema na samom terenu (metoda “Gemba”). S tim se može postići pravilno uređeno skladište materijala (bez prekomjernog gomilanja, ali i bez manjaka), kao i samo mjesto na kojima se materijal ugrađuje, kako se ne bi oštećivao i na druge način pretvarao u otpad. Manjoj količini otpada kod građevinskih materijala pri građenju mogu doprinijeti neke suvremene metode građenja (npr. kod montaže armature, betoniranja, žbukanja i do 90 - 100% manje). Prema istraživanju Tam i ostalih (2013) smanjenju otpada kod građevinskog materijala najviše doprinosi primjena metalne oplata i uporaba montažnih građevinskih elemenata i nekorištenje drvenih ograda / panela [4].

Integrirani pristup upravljanja građevinskim otpadom zahtjeva interakciju između svih uključenih postrojenja, kao i sustava transporta, a od trenutka stvaranja otpada do njegovog odlaganja obuhvaća četiri faze [17]:

- sustav smanjenja otpada,
- sustav sortiranja
- sustav za oporabu sirovina i energije i
- sustav odlaganja.

Stvoreni građevinski otpad na gradilištima treba nastojati koliko je moguće smanjiti njegovom ponovnom uporabom. Drugu fazu je odvajanje i sortiranje građevinskog otpada prema otpadnim materijalima (kao što su beton, plastika, metali i dr.). Nakon toga slijedi recikliranje otpada za proizvodnju sekundarnih sirovina, kao i termička obrada za proizvodnju energije. Obično se anorganski građevinski otpad, poput cementa, crnog metala i stakla, podvrgava recikliranju, dok se otpad poput drveta, plastike i gume spaljuje. Posljednja faza je zbrinjavanje konačno preostalog otpada iz središnjih postrojenja za sortiranje, recikliranje i postrojenja za termalnu obradu. Neopasni rezidualni otpad odlaže se na sanitarno odlagalište, a opasni otpad na posebno osigurano odlagalište [17]. Na slici 3 je tijek ovakvog upravljanja gospodarenjem građevinskim otpadom.



Slika 3

Dijagram tijeka kod integriranog pristupa gospodarenju građevinskim otpadom [17]

Korisno je pripremiti popis sa svim otpadnim materijalima koji treba spasiti, ponovo upotrijebiti, reciklirati ili zbrinuti na odgovarajućoj deponiji. Građevinski otpad treba se prikupljati odvojeno, a posebno je važno odvajati opasni otpad iz tijekova otpada. Obavezna je dekontaminacija kako ne bi došlo do onečišćenja ostalih reciklabilnih materijala. Selektivno rušenje (treba razmotriti i demontažu određenih elemenata prije rušenja) i odvajanje otpada znatno olakšava daljnju uporabu i recikliranje, a ima za cilj pročišćavanje glavnog toka otpada (odijeljivanje inertnog otpada, namijenjenog za proizvodnju recikli-

ranih agregata, od ostalog otpada). Primjerice, kod betona prije drobljenja, tj. recikliranja, često treba ručno odvojiti krupnije komade plastike, čelika ili drveta, magnetom odvojiti armaturu te postupkom suhe ili vlažne klasifikacije odvojiti sitne, lagane materijale (kao što su gips, papir, plastika, drvo i sl.). Dobro je ako se odvajanje otpada može obaviti na mjestu nastanka, tj. gradilištu jer se onda smanjuju troškovi prijevoza. Međutim, ta mogućnost ovisi o lokaciji i dostupnim prostorima na gradilištu i raspoloživim resursima izvođača radova (opremi, ali i znanju).

Danas postoji i robot za reciklažu betona (*ERO - Concrete Recycling Robot*), koji može rastaviti betonsku konstrukciju bez otpada, prašine te bez potrebe za dodatnim razdvajanjem otpada (slika 4). Robot ima dvije opcije rada - drobljenje zida te "inteligentno" rušenje zgrade u koracima. Nakon razlaganja strukture, uz pomoć visokotlačnih pumpi te istovremenog usisavanja i razdvajanja vode, cementa i agregata, robot reciklira vodu za ponovno korištenje. Čisti agregat se pakira i šalje na druge lokacije za ponovnu upotrebu, dok se armatura čisti, reže i također ponovno koristi gdje je potrebno.



Slika 4
Primjena robota koji pri rušenju odmah otpad priređuju za ponovnu uporabu [18]

Okvirna direktiva o otpadu (*Waste Framework Directive – WFD*) zahtjeva od svih članica EU da se do 2020. godine za ponovno korištenje, recikliranje i druge vrste uporabe materijala koristi najmanje 70% mase ukupnog neopasnog građevinskog otpada koji se generira. Države EU jesu na putu da do kraja ove godine dosegnu zacrtanu stopu (većina zemalja je taj cilj ostvarila još 2016. godine), ali dokument EEA navodi kako dublja analiza pokazuje da se uporaba građevinskog otpada u EU u velikoj mjeri temelji na postupcima niske vrijednosti kao što je upotreba prikupljenog građevinskog otpada i šljunka za popunjavanje rupa na gradilištima ili upotreba recikliranog i drobljenog betona (agregata) za izgradnju cesta [19]. Hrvatska još nije dosegla traženu razinu i daleko je od razvijenijih država u kojima se reciklira više od 80% i 90% ukupnog građevinskog otpada i otpada od rušenja. Od načina korištenja građevinskog otpada u Hrvatskoj prevladava nasipavanje, odnosno odlaganja otpada u tlo ili na njega [2], što je dobro samo ako nije moguća ponovna uporaba ili recikliranje.

Mogućnost uporabe, odnosno recikliranja ovisi o vrsti, odnosno sastavu otpada. Oporaba je svaki postupak ponovne obrade otpada radi njegova korištenja u materijalne i energetske svrhe (ovaj pojam obuhvaća i recikliranje), a recikliranje je ponovna uporaba u proizvodnom procesu (pretvaranje otpada u novu tvar ili proizvod), osim uporabe otpada u energetske svrhe. Građevinski otpad uglavnom nije pogodan za biološku obradu i ima mali potencijal za proizvodnju energije / goriva, ali pruža velike mogućnosti za recikliranje. Tako se od materijala starih cesta rade nove, a slično je i s pločnicima. Veći komadi izdrobljenog betona mogu naći uporabu kod utvrđivanje obale (oblaganje da ne dođe do erozije). Gabioni (košare s žičanom mrežom) kompaktno ispunjeni s drobljenim betonom mogu se slagati u potporne i ogradne zidove. Manji izdrobljeni komadi betona mogu poslužiti kao šljunak. Velike su mogućnosti s betonom jer je to danas u svijetu najviše korišten materijal. Za proizvodnju betona može se koristiti reciklirane otpadne materijale. Stavljanjem inertnog otpada umjesto kamenog agregata iz prirode (slika 5 - postrojenja za proizvodnju agregata od recikliranog betona ne razlikuju se u biti od onih za proizvodnju agregata

usitnjavanjem prirodnog kamena na određene frakcije) dobivaju se i betoni koji neke karakteristike imaju čak poboljšane (npr. lakši su).



Slika 5
Proizvodnja recikliranog agregata [2]

U Hrvatskoj postoje norme koje propisuju zahtjeve za primjenu recikliranog agregata u betonu. Također, da bi mu se ukinuo status otpada i da bi se reciklirani agregat mogao na tržištu prodavati kao proizvod, građevinska poduzeća koja prijavljuju takvu vrstu otpada moraju slijediti propisanu proceduru od nekoliko koraka. U to je uključeno i dokazivanje usklađenosti s odgovarajućim normama, za čega je procedura jednaka onoj za radnje ocjenjivanja i provjere stalnosti proizvoda za građenje koji nisu dobiveni iz otpada. U tablici 3 navedene su mogućnosti primjene otpadnih materijala iz raznih izvora u građevinarstvu.

Tablica 3

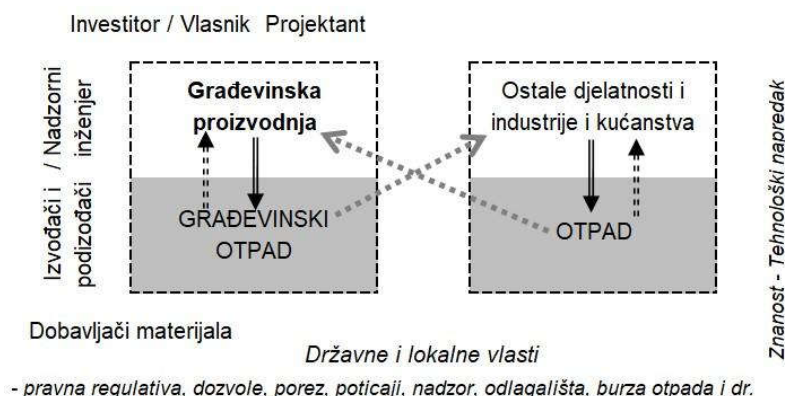
Mogućnost uporabe otpadnih materijala u građevinarstvu (prema projektu CONWAS, 2008)

Vrsta materijala	Porijeklo	Primjena
Čisti lom opeke	Proizvodnja opeke	Dodatni materijal za proizvodnja zid. elem, betona, stabiliziranje, drenažni slojevi, ispuna, nasipavanje
Miješani lom od rušenja u visokogradnji (šuta) s lomom opeke	Stambena gradnja, visokogradnja	Dodatni materijal za proizvod. zidn. elem., betona, stabiliziranje, ispuna, nasipavanje, završ. slojevi podova
	Industrogradnja, visokogradnja	Stabiliziranje nasipa, gradnja sport. terena
Mineralni otpad	Industrogradnja, visokogradnja	Nasipavanje, izgradnja sport. terena - drenaža
Reciklirani pijesak	Industrogradnja, visokogradnja	Podloga za cijevi pri uvođenju infrastrukture (voda, plin i dr.)
Reciklirani pijesak	Cestogradnja	Nevezani gornji i donji nosivi slojevi, vezani nosivi slojevi, izradnja poljoprivredn. putova, dodatni materijali za proizvodnju asfalta
Betonski lom	Cestogradnja, mostogradnja, industrogradnja	Nevezani gornji i donji nosivi slojevi, cement. vezani nosivi slojevi, dodatni materijal za proizvodnju betona, drenažni slojevi
Miješani asfaltni / betonski lom	Cestogradnja, parkirališta, mostogradnja	Nevezani gornji i donji nosivi slojevi, vezani nosivi slojevi, izradnja poljoprivredn. putova

Izdrobljene stare opeke mogu se dobro koristiti za proizvodnju novih, isto kao i crijepovi, a od istopljenog armaturnog čelika isto se može proizvoditi nova armatura. Prozorsko staklo se zbog različitog kemijskog sastava i temperature topljenja ne može reciklirati zajedno s ostalim staklenim proizvodima, ali nakon topljenja može se ugraditi u asfalt ili u žute i bijele reflektirajuće boje za put. Izlomljeno staklo se može kombinirati s betonom za stvaranje podova i umjetnih granitnih ploča. Recikliranje plastike u građevinarstvu

je moguće, ali puno teže izvodivo. Zato se samo 5% PVC-a reciklira (okviri prozora i vrata). Problem je i u tome što se recikliranjem plastike ne dobiva plastika jednake kvalitete kao prethodni proizvod [20].

Osim primjene recikliranog građevinskog otpada za spravljanje novih građevinskih materijala, može se za građenje koristiti i otpad iz drugih djelatnosti (kao npr. plastične boce i pepeo dobiven izgaranjem žetvenih ostataka), ali i neki prerađeni građevinski otpadi nalaze primjenu u drugim djelatnostima, odnosno industriji. To, zajedno s potrebnim okvirom, pokazuje slika 6.



Slika 6

Uporaba otpadnih materijala u građevinarstvu i drugim djelatnostima i industrijama

5. Zaključak

Građevinski otpad nastaje svakodnevno i to u velikim količinama. Usprkos propisanim kaznama, to je najzastupljenija vrsta otpada u ilegalnim odlagalištima. Dijelom je za to zaslužno i toleriranje neodgovornog ponašanja izvođača radova od strane investitora. (Investitor, odnosno vlasnik građevine je i vlasnik otpada od nje, ali ugovorom treba prenijeti vlasništvo nad otpadom na izvođača radova.)

S rješavanjem ove problematike, osim kružne ekonomije, bave se i suvremene poslovne strategije i alati kao što su *Lean* upravljanje i BIM. Iako otpad nastaje u najvećoj mjeri na gradilištu, tijekom proizvodnih procesa izvođača radova, doprinos njegovom smanjivanju i pravilnom zbrinjavanju treba početi još u fazi projektiranja građevine i u to trebaju biti uključeni svi sudionici građevinskog projekta. Uz njih, glavni doprinos treba dati državna i lokalna vlast kroz zakonski okvir, porez i druge namete za zagađivače, potpore za one koji ne stvaraju otpad i posluju ekološki prihvatljivo, utjecaj na cijene prirodnog agregata, izgradnju reciklažnih dvorišta za građevinski otpad, projekte za inovativna rješenja, poticanje dijaloga i educiranje.

U cilju unaprijeđenja postojećeg stanja nužna je razmjena informacija i suradnja svih u lancu financiranja, planiranja, izvedbe građevina i nadzora, pa i suradnja sa znanstveno-obrazovnim institucijama.

Uz snižavanje zagađenosti okoline i očuvanje prirodnih resursa, smanjivanjem količine otpada i povećanjem postotka reciklaže i druge uporabe, obzirom da građevinski otpad i otpad od rušenja imaju veliku zapreminu, značajno se oslobađa deficitarni prostor na odlagalištima.

Literatura

- [1] Serpell, Alfredo; Alarcón, Luis F. Construction process improvement methodology for construction projects / International Journal of Project Management, 4 (1998), 16; str. 215 - 221. (ISSN 0263-7863)

- [2] Bogdan, Anđela. Kako ukinuti status otpada građevnom materijalu / Građevinar, 7 (2020), 72; str. 635 - 643. (ISSN 0350-2465)
- [3] Štirmir, Nina; Baričević, Nina; Lovinčić Milovanović, Vedrana. Gospodarenje građevnim otpadom – Izazovi i prilike / Zbornik Hrvatski graditeljski forum 2017- Izazovi u graditeljstvu 4, HSGI, Zagreb, 30.11.-1.12.2017. (ISSN 2459-606X), str. 275 - 200.
- [4] Tam, Vivian Wing-Yan; Lee, N. Khoa; Zeng, S. X.. Review on Waste Management Systems in the Hong Kong Construction Industry: Use of Spectral and Bispectral Methods / Journal of Civil Engineering and Management, 1 (2012), 18; str. 14 - 23. (ISSN 1392-3730)
- [5] Hećimović, Dražen; Pfeifer, Davor; Vidaković, Držislav. Gospodarenje građevinskim otpadom i otpadom od rušenja / Zbornik 17. skup o prirodnom plinu, toplini i vodi PLIN 2019, HEP- Plin Ltd., HEP-Group; Strojarski fakultet u Slavonsko Brodu, Faculty of Engineering and Information Technology, University of Pecs, Osijek, 25.-27.09.2019. (ISSN 1849-0638), str. 200 - 209.
- [6] Rus, Ivan. Upravljanje građevinskim otpadom u reciklažnom dvorištu "Mišić", Diplomski rad,, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagebu, 2016.
- [7] Pravilnik o katalogu otpada / Narodne novine 90 (2015) (ISSN 0027-7932)
- [8] Zakon o održivom gospodarenju / Narodne novine 94 (2013) (ISSN 0027-7932)
- [9] Kozlovská, Mariá; Spišáková, Marcela. Construction waste generation across construction project life-cycle / Organization, technology & management in construction: an international journal, 1 (2013), 5; str. 687-695. (ISSN 1847-5450)
- [10] Graham, Peter Smithers, Guinevere. Construction waste minimisation for Australia residential development / Asia Pacific Journal for Building and Construction Management 1 (1996), 2; str. 14-18. (ISSN 1024-9540)
- [11] Osmani, Mohamed; Glass, Jacqueline; Price, D. F. Andrew. Architects' Perspectives on Construction Waste Reduction by Design / Journal of Waste management, 7 (2008), 28; str. 1147 - 1158. (ISSN 0956-053X)
- [12] Md Akhir, Nor Solehah; Rahman, Ismail Abdul; Memon, Aftab Hameed; Nagapan, Sasitharan. Factors of Waste Generation throughout Construction Life Cycle / Proceedings of Malaysian Technical Universities Conference on Engineering & Technology, Kuantan, Pahang, 3-4. 12. 2013, str. 1 - 4.
- [13] Ajmera, Apoorva. Optimum utilization of resources in constructn industry / Journal of Emerging Technologies and Innovative Research, 12 (2018), 5; str. 1312 - 1327. (ISSN 2349-5162)
- [14] Agyekum, Kofi; Ayarkwa, Joshua; Adjei-Kumi, Theophilus. Minimizing Materials Wastage in Construction- A Lean Construction Approach / Journal of Engineering and Applied Science, 1 (2013), 5; str. 125 - 146. (ISSN 1818-7803)
- [15] Shen, L.-Y.; Tam, W. Y. V.; Chan, C. W. S.; Kong, S. Y. J. An examination on the waste management practice in the local construction site / Hong Kong Surveyors, 1 (2002), 13; str. 39-48. (ISSN 1816-9554)
- [16] Kareem, Karrar Raoof; Pandey, R. K. Study of Management and Control of Waste Construction Materials in Civil Construction Project / International Journal of Engineering and Advanced Technology, 3 (2013), 2; str. 345 - 350. (ISSN 2249-8958)
- [17] Manoharan, Elamaran; Othman, Norazli; Mohammad, Roslina; Chelliapan, Shreeshivadasan; Tobi, Siti Uzairiah Mohd. Integrated Approach as Sustainable Environmental Technique for Managing Construction Waste: A Review / Journal of Environmental Treatment Techniques, 2 (2020), 8; str. 560 - 566. (ISSN 23091185)
- [18] Global construction Review. A cute, concrete-eating deconstruction robot? Why not?, 2013 <https://www.globalconstructionreview.com/innovation/cute-concrete-eating-deconstruction-robot-why-not/> (Pristup 25.10.2020.)
- [19] Građevinski sektor mora brže usvajati dobre prakse cirkularne ekonomije / Mineral & Gradnja <https://www.mineral.com.hr/3355/Gradjevinski-sektor-mora-brze-usvajati-dobre-prakse-cirkularne-ekonomije> (Pristup 10.10.2020)
- [20] Bogdan, Anđela. Veliki problemi u industriji recikliranja plastike / Građevinar, 7 (2020), 72; str. 645 - 647. (ISSN 0350-2465)