

ULOGA RECIKLIRANOG BETONA U ODRŽIVOJ GRADNJI I CIRKULARNOJ EKONOMIJI / THE ROLE OF RECYCLED CONCRETE IN SUSTAINABLE CONSTRUCTION AND THE CIRCULAR ECONOMY

Dr. sc. Zlatica Kuliš¹, Doc. dr. Venera Simonović¹

¹IUT, Fakultet politehničkih nauka Travnik, Aleja Konzula – Meljanac bb, 72270 Travnik,
BiH

e-mail: zlatica.kulis@iu-travnik.com, venera.simonovic@iu-travnik.com

Stručni članak

<https://www.doi.org/10.58952/zr20251402102>

UDK / UDC 692.3:502.131.1:658.5

Sažetak

Građevinski otpad koji nastaje kao nužna posljedica rušenja ili rekonstrukcije građevinskih objekata može se i dalje upotrebljavati čime se smanjuje potreba za korištenjem prirodnih materijala koji u svojoj suštini predstavljaju neobnovljive izvore energije. Time se zapravo, vrši zbrinjavanje građevinskog otpada koji bi u protivnom završio na deponijama ili sličnim odlagalištima. Njegova upotreba vrši se kroz preradu u posebnim postrojenjima za recikliranje. Tako prerađen građevinski otpad koristi se kao dodatni ili alternativni materijal glavnim materijalima. U svim industrijski napredno razvijenim državama u svijetu, reciklaža predstavlja jedan od ključnih procesa za očuvanje neobnovljivih izvora energije i same planete Zemlje. Procesom recikliranja otpadni beton pretvara se u sirovinu. Time se smanjuje količina otpada, smanjuje potrošnja neobnovljivih resursa (prirodan agregat) i smanjuje emisija CO₂. Zato način implementacije poznatog principa "3R" (Reduce, Recycle, Renew) u ovoj oblasti ima za cilj smanjiti potrošnju energije i stepen zagađenja (Reduce), ponovo koristiti stari beton (Recycle) - kao agregat za novi beton (Renewable resource).

Ključne riječi: građevinski otpad, reciklaža, beton

JEL klasifikacija rada: L7

Abstract

Construction waste generated as an inevitable consequence of demolition or reconstruction of buildings can be reused, thereby reducing the need for natural materials, which essentially represent non-renewable energy sources. In this way, the management of construction waste is achieved, preventing it from ending up in landfills or similar disposal sites. Its reuse is made possible through processing in specialized recycling facilities. The recycled construction waste is then used as an additional or alternative material to the primary raw materials. In all industrially developed countries, recycling represents one of the key processes for preserving non-renewable energy resources and protecting the planet Earth. Through the recycling process, waste concrete is transformed into raw material, which reduces the total amount of waste, decreases the consumption of non-renewable resources (such as natural aggregate), and lowers CO₂ emissions. Therefore, the implementation of the well-known "3R" principle (Reduce, Recycle, Renew) in this field aims to minimize energy consumption and pollution (Reduce), reuse old concrete (Recycle), and utilize it as aggregate for new concrete (Renewable resource).

Keywords: construction waste, recycling, concrete

JEL work classification: L7

UVOD

U svim industrijski napredno razvijenim državama u svijetu, reciklaža predstavlja jedan od ključnih procesa za očuvanje neobnovljivih izvora energije i same planete Zemlje.

Izraženo kroz postotke, oko 90 % građevinskog otpada može se ponovo iskoristiti ili se reciklažom može ponovo upotrijebiti. Istodobno, materijal nastao kao produkt otpada ne odlaze se u okoliš. Divlje deponije, odnosno divlja odlagališta smanjuju se ili potpuno nestaju koristeći proces reciklaže kojim se kontrolira odlaganje otpada i troškova transporta. Reciklažu je potrebno koristiti što je više moguće, uvijek kada za to postoje zakonski, ekonomski i tehnološki okviri za to.

1. ZBRINJAVANJE I RECIKLAŽA GRAĐEVINSKOG OTPADA

Prema podacima iz projekta LIFE05 TCY/CRO/000114 CONWAS, procijenjeno je da se u Republici Hrvatskoj godišnje proizvede 2,5 mil. tona građevinskog otpada, od čega se tek 7 % reciklira.³⁴ Nažalost, u Bosni i Hercegovini još uvijek jedini način zbrinjavanja građevinskog otpada jeste odlaganje na deponije ili druga slična odlagališta.

Prema dostupnim podacima iz literature količina građevinskog otpada po stanovniku varira od 0.04 do 5.9t/god.³⁵ S obzirom na razvijenost građevinskog sektora u FBiH, pretpostavljena je godišnja generirana količina po stanovniku od 0,3t. Dakle, procijenjena količina otpada koja se generira u FBiH na godišnjem nivou, iznosi oko 690.000 t³⁶. Rukovanje ovim tipom otpada potrebno je definirati u okviru studije koja bi pružila detalje o najekonomičnijim vidovima odlaganja ovog tipa otpada. Cjelovit način zbrinjavanja, odlaganja i postupaka reciklaže građevinskog otpada će se utvrditi nakon donošenja svih regulativa iz ove oblasti.

Problemi u primjeni recikliranih materijala mogu biti slabo razvijena svijest o važnosti uporabe recikliranih materijala u očuvanju okoliša, ograničeno razumijevanje mogućnosti primjene i neiskustvo, nepoznavanje standarda kvalitete, nestabilnost tržišta i nepostojanost cijena te tehničke regulative.

Svi važeći propisi i tehničke regulative svojim normama potiču na uporabu recikliranih materijala. Ipak, uočen je i određeni nedostatak normiranja ponajviše u nedostatku smjernica i normi koji se odnose na korištenje recikliranih materijala. Način rješenja tog problema bio bi izdavanje preciznih uputa, smjernica, specifikacija i opisa recikliranih materijala za niskogradnju i visokogradnju. Dakle, reciklirani materijali moraju biti u skladu s postojećim normama i specifikacijama ili moraju imati razvijene druge norme kojima će biti prilagođene postojećim.

2. EKOLOŠKI ASPEKTI BETONA

Reciklirani beton je od improviziranih rješenja u ratnim i poslijeratnim uvjetima posljednjeg rata prerastao u sofisticirani građevinski materijal ključan za održivu budućnost. Njegov razvoj istaknut je ekološkom osviještenošću, zakonodavstvom i napretkom tehnologije. Danas, u kontekstu klimatskih promjena i kružnog gospodarstva, reciklirani beton ima središnju ulogu u zelenoj gradnji.

³⁴ CONWAS, LIFE05 TCY/CRO/000114, Construction and Demolition Waste Management in Croatia – Final Project Results, European Commission, 2008

³⁵ Izvještaj European Commission DG ENV (2011) „Final Report Task 2 – Management of C&D waste”

³⁶ Federalno ministarstvo okoliša i turizma FBiH, Federalni plan upravljanja otpadom 2012–2017 (Sarajevo, 2012), 31–32, pristupljeno 7.11.2025.,

Proizvodnja materijala koji se miješanjem cementa, agregata i vode pretvara u beton ima značajan utjecaj na okoliš. Na globalnoj razini, godišnje se za proizvodnju betona koristi između 10 i 11 milijardi tona agregata.³⁷ Proces vađenja, obrade i transporta ovako velikih količina zahtijeva velike količine energije, što u konačnici utječe na prirodnu ravnotežu. Osim toga, godišnje se za proizvodnju betona troši otprilike milijarda tona vode.³⁸ Ipak, najveći ekološki utjecaj ne proizlazi iz ovih aspekata, već iz proizvodnje portland cementa. Za svaku tonu proizvedenog cementa potrebno je oko 1,5 tona vapnenca, uz dodatnu potrošnju fosilnih goriva tijekom proizvodnje.³⁹ Svake godine proizvede se približno 1,6 milijardi tona cementa, što doprinosi otprilike 7% ukupnih emisija ugljičnog dioksida u atmosferu.⁴⁰

Kada se promatra kao gotov građevinski materijal, beton zahvaljujući svojim oblikovnim svojstvima vrlo se dobro uklapa u okolinu, bilo da se radi o urbanim ili ruralnim sredinama. Projektiranjem se također može utjecati na smanjenje njegovog utjecaja na okoliš, što predstavlja dodatnu prednost. Na primjer, u zemljama s hladnijom klimom često se primjenjuju modularni sustavi potpornih zidova postavljeni na pješčanu podlogu, čime se smanjuje potreba za betonom u odnosu na klasične konzolne potporne zidove, koji zahtijevaju duboko temeljenje ispod razine smrzavanja tla. Kod klasičnih zgrada, primjenom metoda dubokog temeljenja, kao što je ugradnja pilota, postiže se značajna ušteda betona u usporedbi s plitkim temeljenjem. Ove metode ne samo da smanjuju troškove, već i pozitivno utječu na smanjenje negativnog utjecaja betona na okoliš.

3. SVOJSTVA RECIKLIRANOG BETONA

- Fizikalna svojstva- Reciklirani beton može imati različite karakteristike, ovisno o izvoru starog betona i procesu obrade. Obično je nešto lakši od prirodnog betona zbog prisutnosti zračnih šupljina u agregatima.
- Mehanička svojstva - Čvrstoća recikliranog betona može varirati, ali pravilno obrađeni reciklirani agregati mogu postići performanse usporedive s tradicionalnim agregatima.
- Čvrstoća i otpornost - Mnoge studije fokusiraju se na usporedbu čvrstoće recikliranog betona s tradicionalnim betonom. Istraživači često analiziraju kako različite veličine agregata, udjeli recikliranog materijala i vrste veziva utječu na čvrstoću i otpornost na savijanje, kompresiju i udar.
- Dugotrajnost - Istraživanja se bave utjecajem okolišnih faktora na dugovječnost recikliranog betona, uključujući otpornost na koroziju, smrzavanje-odmrzavanje i kemijsku stabilnost.
- Kemijska svojstva - Prisutnost starog cementa i dodataka može utjecati na kemijska svojstva recikliranog betona, što treba uzeti u obzir prilikom formuliranja novih mješavina.

³⁷ Z. Yuan, "The Characteristics and Applications of Sustainable Green Concrete", Highlights in Science, Engineering and Technology (MECEME), Vol. 18 (2022), str. 112-117:

³⁸ Mack-Vergara, Yazmin L., "Concrete production and potential water related impacts", Mathematical Statistician and Engineering Applications, vol. 71, № 4 (2022), str. 1915–1937.

³⁹ British Geological Survey, Mineral Profile: Cement: Raw Materials (NERC Open Research Archive, 2017), str. 2

⁴⁰ United Nations Environment Programme (2010) Greening Cement Production Has a Big Role to Play in Reducing Greenhouse Gas Emissions. Global Environmental Alert Service, str. 1:

4. PREDNOSTI I NEDOSTACI PRIMJENE RECIKLIRANOG AGREGATA

Prednosti korištenja recikliranog betona

- Ekološka održivost – Primjena recikliranog betona smanjuje potrebu za eksploatacijom prirodnih resursa kao što su pijesak, šljunak i kamen. Time se smanjuje negativan utjecaj na prirodne ekosustave, sprječava degradacija tla i smanjuje potrošnja energije potrebna za vađenje i obradu prirodnih agregata.
- Ekološka prihvatljivost – Korištenje recikliranog betona doprinosi ciljevima održive gradnje i kružne ekonomije. Umjesto da građevinski otpad završi na deponijama, on se obrađuje i ponovno koristi, čime se smanjuje otpad i povećava ekološka odgovornost u građevinskom sektoru.
- Energijska učinkovitost – Proces reciklaže betona obično zahtijeva znatno manje energije u usporedbi s vađenjem, transportom i obradom prirodnih agregata. Smanjena potrošnja energije također znači niže emisije CO₂ i drugih stakleničkih plinova, što doprinosi borbi protiv klimatskih promjena.
- Smanjenje građevinskog otpada – Korištenjem recikliranog betona smanjuje se količina otpada koji završava na odlagalištima. Ovo je posebno važno u urbanim sredinama, gdje su deponije često prenatrpane, a troškovi odlaganja visoki.
- Smanjenje emisije ugljen-dioksida – Reciklaža betona zahtijeva manje energije nego proizvodnja novog agregata i cementa. Time se značajno smanjuje emisija CO₂ povezana s građevinskom industrijom, što doprinosi očuvanju okoliša i postizanju ciljeva klimatskih politika.
- Dostupnost materijala i smanjenje troškova – Reciklirani agregat često je jeftiniji od prirodnog, posebno kada se koristi lokalno. Osim toga, dostupnost recikliranog materijala može smanjiti transportne troškove i ubrzati gradnju jer je materijal često odmah dostupan na gradilištu ili u neposrednoj blizini.
- Očuvanje resursa – Korištenje recikliranog betona smanjuje potrebu za kontinuiranim vađenjem prirodnih agregata, što pomaže očuvanju prirodnih resursa za buduće generacije. Ova praksa također smanjuje degradaciju krajolika i negativne ekološke posljedice povezane s rudarenjem.
- Doprinos kružnoj ekonomiji – Reciklirani beton omogućava ponovnu upotrebu materijala unutar građevinskog sektora, čime se potiče kružno gospodarstvo. Svaki kilogram recikliranog materijala koji se koristi smanjuje potrebu za proizvodnjom novog materijala i potiče održive poslovne prakse u industriji.
- Fleksibilnost i raznovrsna primjena – Reciklirani beton može se koristiti u različitim građevinskim projektima, od temelja i infrastrukturnih objekata do dekorativnih i infrastrukturnih rješenja. Ova fleksibilnost dodatno povećava njegovu ekonomičnost i ekološku vrijednost.

Nedostaci kod primjene recikliranog agregata

- Promjenjiva svojstva – Sastav i kvaliteta recikliranog agregata mogu značajno varirati ovisno o izvoru starog betona i načinu njegove obrade. To znači da isti tip recikliranog agregata iz različitih projekata može imati različite fizikalne i mehaničke karakteristike, što otežava standardizaciju i kontrolu kvalitete u novim građevinskim projektima.

- Potencijalno niža čvrstoća betona – Beton izrađen s recikliranim agregatom može imati nešto nižu tlačnu čvrstoću u odnosu na beton koji koristi prirodni agregat, posebno kod visokih zahtjeva konstrukcije. Zbog toga se reciklirani agregat ponekad ne preporučuje za nosive ili visoko opterećene elemente, osim ako nije dodatno testiran i prilagođen specifičnim zahtjevima.
- Moguće nepravilnosti u kvaliteti – Prisutnost nečistoća, ostataka žbuke, metala ili drugih materijala u recikliranom agregatu može utjecati na konačnu kvalitetu betona. Ove nepravilnosti mogu smanjiti trajnost konstrukcije ili zahtijevati dodatne procese čišćenja i separacije agregata prije upotrebe.
- Niža ukupna kvaliteta – Reciklirani beton može imati veću apsorpciju vode i manju otpornost na smrzavanje-odmrzavanje u odnosu na beton s prirodnim agregatom. Također, kod određenih mješavina može se smanjiti otpornost na habanje ili kemijsku agresiju, što može utjecati na dugovječnost objekta.
- Ograničena primjena – Zbog promjenjivih svojstava i niže čvrstoće, reciklirani beton se rijetko koristi u konstrukcijski zahtjevnim elementima kao što su armirani betoni visoke čvrstoće, mostovi i visoke zgrade. Primjena je češća u infrastrukturnim projektima, cestama, pješačkim stazama, drenažnim slojevima ili nenosivim elementima.
- Potreba za dodatnim ispitivanjima – Kako bi se osigurala prikladnost i sigurnost materijala, reciklirani beton često zahtijeva dodatna laboratorijska ispitivanja, kontrolu kvalitete i certifikaciju. To može povećati vrijeme i troškove pripreme materijala, osobito kod većih projekata.
- Negativna percepcija i otpor prema primjeni – Neki investitori, arhitekti ili izvođači radova još uvijek zaziru od upotrebe recikliranog betona zbog predrasuda o njegovoj kvaliteti i trajnosti. Nedostatak standardiziranih smjernica i ograničena iskustva u primjeni dodatno otežavaju prihvaćanje ovog materijala u širem građevinskom sektoru.
- Ograničenja u dugotrajnoj pouzdanosti – U slučajevima gdje reciklirani agregat sadrži ostatke starog cementa ili se kombinira s neprikladnim vezivima, može doći do smanjenja dugovječnosti betona, pojave mikro-pukotina ili problema s korozijom armature

5. SUVREMENA PRIMJENA RECIKLIRANOG BETONA

Reciklirani beton postaje sve važniji u modernom građevinarstvu zbog svojih ekoloških i ekonomskih prednosti. Njegova upotreba može biti raznovrsna, a primjena ovisi o kvaliteti recikliranog agregata i zahtjevima projekta. Neke od najčešćih i najefikasnijih primjena uključuju:

- Mostovi i ceste - Reciklirani beton koristi se kao podloga za prometnice, za izradu betonskih slojeva ili kao komponenta u asfaltnoj mješavini. Primjena recikliranog materijala smanjuje troškove gradnje, a istovremeno doprinosi smanjenju utjecaja na okoliš smanjenjem potrebe za vađenjem novih agregata i emisija CO₂ povezanih s proizvodnjom novog betona.
- Eko-parkovi i sportski tereni - U rekreacijskim i sportskim objektima reciklirani beton može služiti kao podloga za pješačke staze, biciklističke staze ili kao sloj za sportske terene. Korištenje recikliranog materijala smanjuje troškove održavanja, poboljšava odvodnju i doprinosi održivosti prostora.

- Zelene zgrade i ekološka arhitektura - U projektima zelene gradnje reciklirani beton koristi se u temeljima, zidovima, fasadama i drugim strukturnim elementima. Time se smanjuje ugljični otisak zgrade i doprinosi održivoj gradnji, a investitori mogu ostvariti ekološke certifikate poput LEED-a ili BREEAM-a.
- Građevinski materijal - Reciklirani beton može se koristiti za proizvodnju novih betonskih mješavina, temelja, zidova, ploča i drugih strukturnih elemenata. Mogućnost kombiniranja recikliranog i prirodnog agregata omogućava optimizaciju svojstava betona, uključujući čvrstoću, otpornost na habanje i trajnost.
- Održavanje i popravak postojećih struktura - Reciklirani beton se koristi za obnovu i popravak infrastrukturnih objekata poput cesta, mostova, pločnika i parkinga. Primjena recikliranog materijala smanjuje potrebu za novim resursima i ubrzava radove zbog dostupnosti lokalnog materijala.
- Infrastrukturni projekti i drenažni slojevi - Reciklirani beton se koristi kao sloj za drenažu ispod pješačkih staza, prilaza i drugih vanjskih površina. Ova primjena omogućava učinkovito odvođenje kišnice i sprječava eroziju tla, čime se poboljšava trajnost infrastrukturnih objekata.
- Materijal za punjenje i dekorativne svrhe - Reciklirani beton se može koristiti i kao materijal za ispunu, niveliranje terena ili kao dekorativni element u krajobraznoj arhitekturi, vrtovima i parkovima. Osim funkcionalne uloge, ovaj materijal može imati i estetsku primjenu, primjerice u oblikovanju staza ili klupa u javnim prostorima.
- Primjena u specijalnim projektima - U nekim projektima reciklirani beton koristi se za izradu barijera, zaštitnih zidova, temelja za solarne panele ili čak u industrijskim podovima gdje su zahtjevi za čvrstoćom nešto niži, ali je važna trajnost i otpornost na habanje.

U zemljama bivše Jugoslavije primjena recikliranog betona (RB) u građevinskim konstrukcijama još uvijek nije široko rasprostranjena, ali postoje značajni pokušaji i istraživanja u tom smjeru. Evo nekoliko konkretnih primjera:

- ECO-SANDWICH sustav (Sarajevo, Bosna i Hercegovina)-U Sarajevu je razvijen sustav održivih prefabriciranih zidnih panela pod nazivom ECO-SANDWICH, koji koristi reciklirane agregate. Ovaj sustav je predstavljen na međunarodnim konferencijama, uključujući CIB W115 Green Design Conference 2012. godine. Iako nije široko implementiran, predstavlja značajan korak prema održivoj gradnji u regiji.⁴¹
- Na Građevinskom fakultetu u Beogradu provedena su istraživanja o svojstvima etona proizvedenog od recikliranih agregata. Studije su pokazale da je moguće proizvesti beton s visokim udjelom recikliranog agregata koji zadovoljava tehničke zahtjeve za konstrukcijsku primjenu.⁴²
- U Hrvatskoj su razvijene smjernice za upotrebu recikliranog agregata u proizvodnji betonskih elemenata, kao što su rubnjaci, opločnici i blokovi za sanaciju klizišta. Ove preporuke temelje se na brojnim ispitivanjima i predstavljaju korak prema održivoj gradnji u zemlji. U Zadru je 2021. godine provedena pilot primjena betona s recikliranim agregatom tijekom izgradnje nove zgrade dnevne bolnice. Projekt je obuhvatio rušenje postojeće bolnice i korištenje nastalog građevnog otpada kao recikliranog agregata u izgradnji dijela nove zgrade.⁴³
- Nakon rata 1999. godine, na Kosovu je provedena obnova koja je uključivala reciklažu građevinskog otpada. Procijenjeno je da je potrebno obraditi gotovo 10 milijuna tona

⁴¹ Internet izvor; academia.edu+1ekapija.com+1

⁴² Internet izvor; <http://energetskiportal.rsacademia.edu/>

⁴³ Internet izvor; <https://hrcak.srce.hr/file/382092>

građevinskog otpada. Danska organizacija DANIDA uspostavila je sustav za upravljanje građevinskim otpadom, uključujući mobilne drobilice i postrojenja za reciklažu. Reciklirani materijali prodavani su javnim i privatnim korisnicima za izgradnju cesta i inženjerske nasute slojeve.⁴⁴

Ovi primjeri pokazuju kako su bivše jugoslavenske zemlje, suočene s velikim količinama građevinskog otpada, implementirale reciklažu betona u obnovi i novim građevinskim projektima. Iako su ovi projekti bili izazovni, rezultirali su održivijim pristupima u građevinskoj industriji.

Ukupno gledano, reciklirani beton pruža širok spektar mogućnosti u modernom građevinarstvu, od infrastrukturnih i rekreativnih objekata do zelene gradnje i specijalnih projekata. Njegova primjena smanjuje negativan utjecaj građevinskog sektora na okoliš, potiče kružno gospodarstvo i doprinosi održivom korištenju resursa.

6. PRIMJENA RECIKLIRANOG BETONA U CIRKULARNOJ EKONOMIJI

Održivost

- Korištenje recikliranog betona značajno doprinosi očuvanju prirodnih resursa, smanjuje potrebu za vađenjem novih agregata i minimizira građevinski otpad.
- Smanjenje otpada - Reciklirani beton pomaže u smanjenju ogromne količine građevinskog otpada. U mnogim zemljama, građevinski otpad čini značajan dio ukupnog otpada. Korištenjem starog betona, smanjuje se potreba za odlaganjem na deponijama.
- Očuvanje resursa - Prirodni agregati (pijesak, šljunak) su često u opadanju. Korištenje recikliranog materijala smanjuje pritisak na ove resurse, što je ključno za održavanje ekosistema.

Ekonomičnost

- Projekti koji koriste reciklirani beton često pokazuju smanjenje troškova izgradnje, što ga čini atraktivnom opcijom za investitore i izvođače radova.
- Smanjenje troškova - U mnogim projektima, korištenje recikliranog betona smanjuje troškove sirovina i transporta - To je posebno značajno u urbanim sredinama gdje su troškovi gradnje visoki.
- Dugoročne uštede - Iako početne investicije u reciklirani beton mogu biti slične, dugoročne uštede na održavanju i popravkama mogu biti značajne, s obzirom na trajnost kvalitetnog recikliranog betona.

Kvaliteta i performanse

- Pravilno obrađen reciklirani beton može postići slična ili čak bolja svojstva u poređenju sa svježim betonom, pod uvjetom da su kontrolirati procesi mešanja i obrade.
- Mehanička svojstva - Istraživanja pokazuju da pravilno obrađeni reciklirani beton može imati slične mehaničke karakteristike kao svježi beton, uključujući čvrstoću i otpornost na kompresiju. Mnoge studije su potvrdile da reciklirani beton može da izdrži iste ili čak veće opterećenje.
- Dugotrajnost - Kvalitetna obrada i miješanje mogu produžiti životni vijek recikliranog betona. Primjena aditiva i optimizacija procesa miješanja mogu dodatno poboljšati otpornost na agresivne uvjete.

⁴⁴ Internet izvor; <http://energetskiportal.rsacademia.edu/>

Tehnološki napredak

- Razvijene su nove tehnologije i metode koje poboljšavaju kvalitetu recikliranog agregata i omogućavaju njegovu širu primjenu u različitim građevinskim projektima.
- Inovacije u obradi - Razvoj novih tehnologija za drobljenje i separaciju agregata omogućava bolju kvalitetu recikliranog materijala. Na primer, korištenje vibracionih sita i magnetskih separatora za uklanjanje nečistoća.
- Optimizacija mješavina - Istraživači su razvili specifične formule miješanja koje koriste reciklirane agregate kako bi postigli optimalne performanse. To uključuje kombinaciju različitih vrsta agregata i dodataka za poboljšanje svojstava.

Regulatorni izazovi

- Potrebna su jasna pravila i standardi za korištenje recikliranog betona kako bi se prevazišao skepticizam i prepreke u industriji.
- Nedostatak standardizacije- U mnogim zemljama ne postoje jasni standardi za upotrebu recikliranog betona, što može otežati njegovu upotrebu. Uvođenje jasnih smjernica i regulativa može pomoći da se prevaziđe ova prepreka.
- Povećanje prihvaćanja - Uvođenje regulativa koje podržavaju korištenje recikliranih materijala može podstaknuti investitore da razmotre reciklirani beton kao alternativu.

Povećanje svijesti

- Postoji sve veća svijest o prednostima recikliranog betona među građevinskim stručnjacima i investitorima, što može dovesti do većeg prihvaćanja ovog materijala u budućnosti.
- Obrazovanje i trening- Edukacija inženjera, arhitekata i izvođača o prednostima i svojstvima recikliranog betona može povećati njegovu primjenu. Seminari i obuke mogu pomoći u razbijanju predrasuda i sticanju povjerenja u ovaj materijal.
- Promocija uspješnih projekata - Isticanje uspješnih projekata koji koriste reciklirani beton može poslužiti kao instrument za dalju upotrebu ovog proizvoda.

ZAKLJUČAK

Reciklirani beton predstavlja važan korak prema održivom građevinarstvu i očuvanju okoliša. Njegova primjena omogućava smanjenje eksploatacije prirodnih resursa, smanjenje građevinskog otpada i emisija ugljičnog dioksida, čime se doprinosi ciljevima kružnog gospodarstva. Iako proizvodnja i upotreba betona imaju značajan ekološki utjecaj, pravilnim projektiranjem i korištenjem inovativnih tehnika moguće je smanjiti negativne efekte na okoliš, što uključuje i uštede u potrošnji materijala i energije.

Reciklirani beton, uz pravilnu obradu i kontrolu kvalitete, može pružiti mehanička i dugotrajna svojstva usporediva s tradicionalnim betonom, što ga čini pouzdanim i ekonomičnim rješenjem u različitim građevinskim projektima – od prometnica i mostova do zelenih zgrada i infrastrukturnih objekata. Primjena recikliranog betona ne samo da doprinosi ekološkoj održivosti, već i ekonomskoj učinkovitosti projekata, te potiče inovacije i razvoj novih tehnologija u građevinskoj industriji. Kako bi se postigla šira upotreba recikliranog betona, potrebno je dalje razvijati regulative, standarde i smjernice, kao i podizati svijest stručnjaka i investitora o njegovim prednostima. U budućnosti, reciklirani beton ima ključnu ulogu u oblikovanju održivih gradova i infrastrukturnih rješenja, pridonoseći zaštiti okoliša i racionalnoj uporabi prirodnih resursa.

LITERATURA

1. Agencija za statistiku Bosne i Hercegovine. *Radni dokument RD 05: Građevinski otpad i otpad od rušenja objekata, Bosna i Hercegovina*. Sarajevo, novembar 2013. bhas.gov.ba
2. Bosch-Sijtsema, P. (2010). Construction and Demolition Waste Management on the Building Site: a Literature Review. Chalmers University of Technology. research.chalmers.se
3. British Geological Survey, Mineral Profile: Cement: Raw Materials (NERC Open Research Archive, 2017)
4. Cook, E., Velis, C. A., & Black, L. (2022). Construction and Demolition Waste Management: A Systematic Scoping Review of Risks to Occupational and Public Health. eprints.whiterose.ac.uk
5. CONWAS, LIFE05 TCY/CRO/000114, Construction and Demolition Waste Management in Croatia – Final Project Results, European Commission,(2008)
6. European Commission DG ENV (2011) „Final Report Task 2 – Management of C&D waste”
7. Federalno ministarstvo okoliša i turizma. “Upravljanje otpadom” – web-stranica, Federacija Bosne i Hercegovine. fmoit.gov.ba+1
8. Građevinarstvo / Materijalne nauke članak: Z. Kuliš. “Reciklirani agregat u građevini kao inovacija za zeleni razvoj i održivu tranziciju.” *Zbornik radova*, 2025. zriut.com
9. Mack-Vergara, Yazmin L., “Concrete production and potential water related impacts”, *Mathematical Statistician and Engineering Applications*, vol. 71, № 4 (2022), str. 1915–1937.
10. Purchase, C. K., Al Zulayq, D. M., O’Brien, B. T., Kowalewski, M. J., Berenjian, A., Tarighaleslami, A. H., & Seifan, M. (2022). Circular Economy of Construction and Demolition Waste: A Literature Review on Lessons, Challenges, and Benefits. *Materials*, 15(1), 76. [MDPI](https://doi.org/10.3390/ma15010076)
11. Safiuddin, M., Alengaram, U. J., Rahman, M. M., Salam, M. A., & Jumaat, M. Z. (2013). Use of recycled concrete aggregate in concrete: a review. *Journal of Civil Engineering and Management*, 19(6), 796-810. [Vilnius Tech Journals](http://www.vilniustechjournals.com)
12. United Nations Environment Programme (2010) Greening Cement Production Has a Big Role to Play in Reducing Greenhouse Gas Emissions. Global Environmental Alert Service, str. 1: „
13. Xu, F. (2014). Literature Review of Recycled Concrete Aggregate. *Applied Mechanics and Materials*, 638-640, 1162-1165. [Scientific.Net](http://www.scientific.net)
14. Z. Yuan, “The Characteristics and Applications of Sustainable Green Concrete”, *Highlights in Science, Engineering and Technology (MECEME)*, Vol. 18 (2022), str. 112-117: