



INTERNACIONALNI NAUČNO-STRUČNI SKUP GRAĐEVINARSTVO - NAUKA I PRAKSA

ŽABLJAK, 15-19. FEBRUARA 2010.

Dubravka Bjegović¹ Nina Štirmer², Marijana Serdar³

ODRŽIVA GRADNJA I ODABIR MATERIJALA

Rezime

U radu je dan prikaz okolišno održive gradnje s detaljnim prikazom okolišno održive industrije betona. Beton kao najviše upotrebljavan građevni materijal, treba zadovoljiti sve aspekte održivosti: ekološke, tehnološke, ekonomske i sociološke. U radu su dani primjeri kako se u svakom segmentu održivosti može proizvodnjom betona učiniti doprinos. Prikazano je nekoliko primjera konstrukcija u svijetu u kojima su primijenjeni postulati okolišno održivog betona. Također su prikazani postojeći računalni modeli kojima se određuju indikatori održivosti za građevinsku konstrukciju.

Ključne riječi

Održivost, održiva gradnja, materijali, beton, računalni modeli.

SUSTAINABLE CONSTRUCTION AND MATERIALS SELECTION

Summary

The paper provides insight into the environmentally sustainable construction with a detailed review of environmentally sustainable concrete industry. Concrete as construction material needs to satisfy all aspects of sustainability: environmental, technological, economic and sociological. In the work are shown examples of how it can be contributed to sustainability in each segment of concrete production. A few examples of structures in the world which were designed and constructed based on postulates of sustainability are shown. In the paper are also presented available computer models for determining sustainability indicators for building construction.

Key words

Sustainability, sustainable construction, materials, concrete, computer models.

¹ Prof.dr.sc, dipl.ing.građ, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, Hrvatska, dubravka@grad.hr; Institut IGH d.d. Zagreb, Janka Rakuše 1, 10000 Zagreb, Hrvatska; dubravka.bjegovic@igh.hr

² Doc.dr.sc, dipl.ing.građ, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, Hrvatska, nina.stirmer@grad.hr

³ Znanstveni novak, dipl.ing.građ., Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, Hrvatska, msendar@grad.hr

1. UVOD

Porastom globalizacije i industrijalizacije porasli su i zahtjevi za čistim okolišem koje je moguće ispuniti unapređenjem tehnologija pretvarajući ih u održive i ekološki osviježene. Pojam održivosti definiran je na Earth Summitu u Rio de Janeiru 1992. godine kao pojam djelatnosti koja se odvija u skladu s ekološkim zakonima [1]. Građevinarstvo je djelatnost koja troši najveću količinu prirodnih resursa, stoga je jedan od glavnih ciljeva pronaći alternativne izvore sirovina za gradnju u budućnosti prema kriterijima održivosti.

Pomoću nekih građevinskih materijala možemo oblikovati površine pravilnih, simetričnih oblika koji djeluju umirujuće i statično te su prikladni za velike urbane prostore. Drugim građevinskim materijalima možemo osobito naglasiti različite prostorne linije i time sam prostor naizgled proširiti ili suziti. Poveznica prostora i izbora materijala za građenje danas je okolišno održiva gradnja.

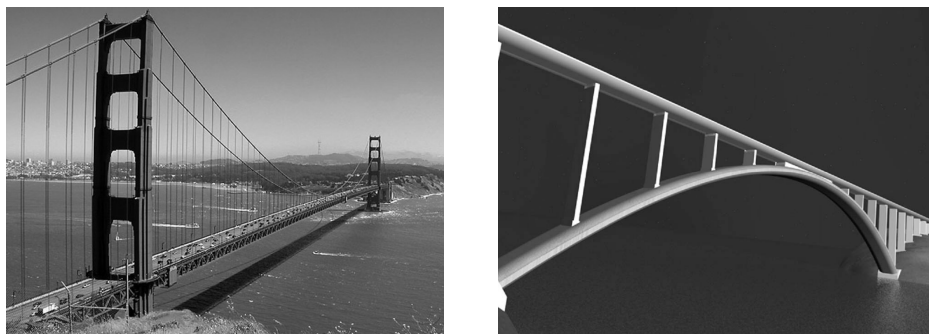
U radu je dan prikaz okolišno održive gradnje s detaljnim prikazom okolišno održive industrije betona. Beton kao najviše upotrebljavan građevni materijal današnjice treba zadovoljiti sve aspekte održivosti: ekološke, tehnološke, ekonomske i sociološke. U radu su dani primjeri kako se u svakom segmentu održivosti može proizvodnjom betona dati doprinos. Prikazano je nekoliko primjera konstrukcija u svijetu u kojima su primijenjeni postulati okolišno održivog betona.

2. ODNOS KONSTRUKCIJE I MATERIJALA

Svaka konstrukcija je izgrađena za neku određenu namjenu i pri tome je izložena raznim opterećenjima ili kombinacijama opterećenja. Materijal od kojeg je konstrukcija izgrađena ima ključnu ulogu u sposobnosti konstrukcije da preuzme projektirana opterećenja, a da pri tome zadrži projektom predviđenu funkcionalnost. Cilj je projektirati i izgraditi sigurnu, kvalitetnu i ekonomski isplativu konstrukciju uz definirane dimenzije i oblik. Sve to treba biti u suglasju sa svojstvima materijala i njegovim graničnim vrijednostima, a potom slijedi optimalizacija i odabir materijala. Optimalizaciju i odabir materijala treba provoditi putem pokazatelja vrednovanja. Pokazatelji vrednovanja su kvantitativne veličine koje grupiranjem svojstava materijala omogućuju maksimiziranje ili minimiziranje nekog kriterija ocjenjivanja ponašanja materijala u elementu i/ili konstrukciji [2]. Bez obzira na rezultat vrednovanja i na tehničku prikladnost materijala, ukoliko materijal nije raspoloživ u traženom obliku, dimenzijama, količini, roku isporuke i cijeni, izbor materijala nije uspješno obavljen. To sve više dolazi do izražaja kod materijala čiji su prirodni resursi ograničeni. Od projektanata i tehnologa sve se više traži da već pri specifikaciji materijala uvažavaju činjenicu o raspoloživosti materijala i uvjetima dobavljalivosti.

Pri odabiru materijala za konstrukciju ne treba zanemariti niti estetske karakteristike i umjetnički značaj. Ovaj uvjet se može prikazati na primjeru mostogradnje. Estetski zahtjevi pri projektiranju mostova jesu: jasan i jednostavan statički sustav, dobri prostorni odnosi, uredno vođenje rubova koji određuju oblik konstrukcije, uklapanje u prostor/krajoblik, izbor pogodnog građevinskog materijala, boja i osvjetljenja. Svojstva čelika omogućavala su nekoliko stoljeća tanke konstrukcijske elemente, malu težinu i vitke

konstrukcije (Slika 1a), a zahvaljujući razvoju betona visokih čvrstoća i visokih uporabnih svojstava te zahtjeve danas možemo zadovoljiti i primjenom betona (Slika 1b) [3].



Slika 1. a) Most Golden Gate, San Francisco, b) Idejno rješenje mosta u Bakru [3]

Svaki materijal pruža određen, poseban izgled i daje prostoru individualan karakter. Prema tome, pri izboru materijala za unutarnje uređenje prostora također treba imati u vidu nekoliko zahtjeva: trajnost, stabilnost, udobnost, estetski izgled i lakoću održavanja, ali ne zapostaviti niti harmonično uklapanje u cjelokupnu konstrukciju.

Kao primjer navodi se izbor stubišta kao elementa unutarnjeg uređenja prostora. Betonsko stubište se najčešće nalazi u interijerima javnih objekata (slika 2a). U malom prostoru betonsko stubište djeluje nezgrapno, pa se rijetko nalazi u sklopu samog prostora za stanovanje. Pri izradi drvenog stubišta (slika 2b), izbor materijala je od velikog značaja, budući da o upotrijebljenom drvu ovisi kako izgled, tako i cjelokupan utisak stubišta. Mekano drvo, poput jele ili smreke, nije pogodno za izradu stepenica i zamjenjuje se tvrdim drvom, poput hrasta i bukve, koji se odlikuju dugotrajnošću i ne zahtijevaju puno brige u vezi s održavanjem. Značajna poboljšanja u pogledu čvrstoće stakla kao materijala rezultirala su novim konceptima koji sve brže nalaze put do primjene. Obzirom da je laminirano staklo standardni dio proizvodnog procesa u staklarskim tvornicama, moguće je izvesti staklena gazišta, staklenu ogradu i dr. (slika 2c).



Slika 2. a) betonsko stubište, b) drveno stubište, c) stakleno stubište

3. ODRŽIVA GRADNJA

Održivost je način življenja, pristup ukupnoj gospodarskoj djelatnosti u skladu sa zemljinim eko sustavom za što treba imati viziju razvoja [4]. Osnovni princip održivog razvoja u graditeljstvu je korištenje što manje prirodnih resursa i stvaranje što manje po Zemlju štetnog otpada. Zaštita okoliša i ušteda energije postaju svjetski problemi u svim poljima tehnologije. Pri teorijskom razmatranju održivosti postoje četiri aspekta: ekološki, tehnološki, ekonomski, sociološki, a svaki od navedenih aspekata sadrži još niz podgrupa ili skupova.

3.1. OKOLIŠNO ODRŽIVA INDUSTRIJA BETONA

Beton je nedvojbeno bio građevinski materijal 20. stoljeća, a zbog njegovih prednosti pred drugim građevinskim materijalima, njegova masovna upotreba će biti neizbježna i u 21. stoljeću. Godišnje se u Europi proizvede više od 750 milijuna m³ betona, što bi značilo da stanovnik Europe godišnje upotrijebi 4 tone betona [5]. Iako beton, kao gotovi materijal, sam po sebi ne šteti okolišu, proizvodnja njegovih sastojaka šteti. Godišnja svjetska potrošnja portlandskog cementa iznosi oko 1,5 milijarde tona te se očekuje da će ta brojka zbog industrijalizacije zemalja u razvoju u budućnosti još i rasti. Samo u Aziji se potrošnja cementa u 11 godina gotovo udvostručila (godine 1994. iznosila je 0,68 milijardi, a 2005. 1 milijardu tona). Prilikom proizvodnje jedne tone klinkera portlandskog cementa u okoliš se emitira približno 850 kg CO₂. Istraživanja su pokazala da je upravo cementna industrija odgovorna za 7% ukupno svjetske emisije CO₂. Poznato je da je upravo emisija CO₂ u okoliš glavni razlog osnovnog ekološkog problema današnjice – globalnog zatopljenja [6-12]. Obični beton sastoji se od 12% cementa, 8% vode i 80% agregata po masi betona. Dakle, ako se za proizvodnju betona iskoristi 1,5 milijarde tona cementa godišnje, ujedno se potroši i 900 milijuna voda i 9 milijardi tona pijeska i kamena [10]. Osim problema potrošnje energije tijekom proizvodnje cementa i emisije velikih količina CO₂, kod betonskih konstrukcija značajan problem predstavlja njihova trajnost što se u konačnici manifestira kao problem zbrinjavanja građevinskog otpada. Procjene su pokazale da se samo u Republici Hrvatskoj stvara otprilike 2,5 milijuna tona građevinskog otpada, od ukupnih devet milijuna tona svih vrsta otpada, što čini po stanovniku oko 600 kg/god. [13, 14].

Temelji održivosti u industriji betona leže u tri osnovna koraka: očuvanje prirodnih resursa zamjenom dijela agregata recikliranim građevinskim otpadom i korištenjem reciklirane vode, smanjenje emisije CO₂ zamjenom dijela cementa nusproduktima drugih industrija (zgurom, letećim pepelom, silikatnom prašinom, vapnencem) te projektiranje, gradnja i održavanje trajnijih betonskih konstrukcija (slika 3) [15-17].



Slika 3. Okolišno održiva industrija betona

Kako bi se projekti građevinskih konstrukcija mogli neovisno valorizirati glede uvažavanja postulata održivosti, u svijetu su razvijeni računalni programi, npr. u UK program BREEM [18], u SAD-u program LEED [19]. To znači da će na natječajima od dva tehnički jednako vrijedna projekta proći onaj koji bude bolje ocijenjen glede održivosti. [20].

3.2. PRIMJERI GRAĐEVINA U SVIJETU

U zadnja dva desetljeća u svijetu postoji niz primjera građevina kod kojih su se pri projektiranju i izvedbi uvažavali kriteriji održivosti, od kojih su značajnije [21]:

- Tsing Ma Bridge, Hong Kong - za izradu dva glavna stupa upotrijebljen je cement niske topline hidratacije sa 70 % granulirane zgure i 6 % sil. prašine; za izradu ploče mosta upotrijebljen je cement koja se sastojao od letećeg pepela i silicijske prašine (Slika 4a)
- Baps Hindu Temple, Chicago, 2003 - za izradu nearmiranih monolitnih temelja upotrijebljeno je 3000 m³ betona uz korištenje cementa s klinker faktorom 0,33 čime je postignuto smanjenje emisije CO₂ 800 t (Slika 4b)
- CITRIS Building, University of California, 2007 – za izradu jako armiranih temelja, zidova i stupova upotrijebljeno je 7000 m³ betona koji je izrađen s cementom s 50 % klinkera i 50 % letećeg pepela (Slika 4c)



Slika 4. a) Tsing Ma Bridge, Hong Kong; b) Baps Hindu Temple, Chicago; c) CITRIS Buiding, University of California, 2007 [21]

4. ZAKLJUČAK

Pronalaženje rješenja za smanjenje negativnog utjecaja koji ljudske djelatnosti imaju na okoliš, zadatak je svih grana industrije. Građevinarstvu kao jednom od najvećih potrošača prirodnih resursa i zagađivača okoliša to treba biti primarni zadatak. U ovom radu predstavljene su glavne postavke za stvaranje okolišno održive industrije betona: očuvanje prirodnih resursa, smanjenje emisije CO₂ i gradnja trajnijih konstrukcija. Jedna od osnovnih postavki je promjena u načinu razmišljanja i djelovanja ljudi. Jedino u slučaju sagledavanja problematike zagađenja okoliša iz svih aspekata (ekoloških, ekonomskih, tehnoloških i socioloških), moguće je stvoriti tehnologiju koja je ekološki održiva.

ZAHVALA

Istraživanje prikazano u radu provedeno je unutar znanstvenog projekta „Razvoj novih materijala i sustava zaštite betonskih konstrukcija” (082-0822161-2159), MZOŠ.

LITERATURA

- [1] P. K. Mehta: "Concrete Technology for Sustainable Development", Concrete International, Vol. 21, No. 11, 1999. pp. 47-53.
- [2] T. Filetin, D. Novak: "Usporedba materijala s obzirom na čvrstoću i krutost konstrukcije", Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu.
- [3] V. Čandrić; D. Bjegović, M. Skazlić: "RPC structures in Croatia", Proceedings of the International Conference on Performance of Construction Materials in The New Millenium, Amr S. El-Dieb, Mahmoud M. Reda Taha, Shelly L. Lissel (ed) Kairo, Egipat, 2003, 961-970.
- [4] D. Bačun: "E-održivost, globalna inicijativa", ISO Forum Croaticum, 2003 06 04.
- [5] Vision 2030 & Strategic Research Agenda, Focus Area Materials, Version 1, European Construction Technology Platform, September, 2005.
- [6] K. Popović, R. Rosković, D. Bjegović: "Proizvodnja cementa i održivi razvoj", Građevinar, 55, 4, 2003, str. 201-206
- [7] RILEM Report 22. "Sustainable raw materials-construction and demolition waste", Edited by Hendriks C. F., Pietersen H. S., The publishing company of RILEM, 2000.
- [8] R. Rosković: "Doprinos optimalizaciji izbora miješanih cemenata i okolišno održivoj proizvodnji betona", Disertacija, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2007.
- [9] R. Rosković, D. Bjegović "Role of mineral additions in reducing CO₂ emission", Cement and Concrete Research 35, 2005, pp. 974– 978.
- [10] P. K. Mehta: "Greening of the Concrete Industry for Sustainable Development", Concrete International, Vol.24, No.7, 2002 pp. 23-28.
- [11] EKONERG (2007) Croatian cement industry and climate changes, Report I-12-141/06, Institute for energetic and environmental protection (in Croatian).
- [12] D. Bjegović: "Sustainability as a Condition for Development in Croatia", Proceedings of International Conference on Sustainability in the Cement and Concrete Industry, Jacobsen, S.; Jähren, P.; Kjellsen, O. Knut (ed), Lillehammer, 2007 p. 2-16.
- [13] CONWAS project, LIFE05 TCY/CRO/000114 "Development of sustainable construction and demolition waste management system for Croatia" 2006-2008, <http://www2.igh.hr/conwas/index.htm>
- [14] D. Bjegović, D. Mikulić; N. Štirmer: "Proposal for construction and demolition waste management system in Croatia", Life Cycle Assessment applications: results from COST action 530, Fullana, P.; Betz, M.; Hischier, R.; Puig, R. (eds.), AENOR ediciones, 2009, 158-165.
- [15] D. Bjegović, M. Serdar, D. Mikulić: "Development of concrete as a contribution to sustainability", Networks for sustainable environment and high quality of life, Radic, J.; Bleiziffer, J. (eds.), Zagreb: Structural Engineering Conferences (SECON), 2008, p. 339-346.
- [16] D. Bjegović, N. Štirmer, H. Šprajc, M. Serdar: "Recommendations for use of recycled aggregate", X. international symposium Waste management Zagreb, 2008.
- [17] D. Bjegović, N. Štirmer, D. Mikulić: "Construction and Demolition Waste Usage Possibilities", Proceedings of the Fifth International Conference on Construction in the 21st Century, CITC-V, Istanbul, Birgonul, Azhar, Ahmed, Dikmen, Budayan (Eds), 2009, pp. 1637-1645.
- [18] Breeam – The Environmental Assessment Method for Building Around the World, www.breeam.org
- [19] LEED Rating Systems, U. S. Green Building Council, 2009.
- [20] "Strategy for Sustainable Construction", HM Government, UK, June 2008.
- [21] P. K. Mehta: "A glimpse into sustainable ternary blended cements of the future", 50th Brazilian Concrete Congress, Salvador, Bahia, September 6, 2008.