

3D printanje objekata

Kako ubrzati gradnju, povećati njezinu sigurnost, svesti građevinski otpad na minimum, a cijeli proces zaokružiti s osjetno manjom investicijom

Beton je najčešće korišten građevinski materijal na našem planetu. Trenutna industrija gradnje betonom suočena je s nekoliko izazova. Jedan od njih su visoki troškovi. Prema istraživanju koje je provela Boral Innovation Factory (interni centar izvrsnosti odgovoran za razvoj naprednih rješenja za cement i beton za kupce tvrtke Boral Australia kao najvećeg proizvođača integriranih građevinskih materijala i građevinskih proizvoda), oplata su odgovorne za oko 80% ukupnih troškova gradnje betonom u CBD-u u Sydneyu (središnja poslovna četvrt). Zapravo, ovo je tipično za gradnju betonom širom svijeta. Oplate su značajan izvor otpada, jer se sav prije ili kasnije baci, što pridonosi općenito rastućoj količini otpada u građevinskoj industriji. Značajna količina otpada stvorenog u izgradnji još je jedan izazov.



Biciklistički most u Nizozemskoj; Izvor fotografije: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a5/Detail_of_3D_printed_concrete_bicycle_bridge_in_Gemert_%28NL%29.jpg

Nadalje, konvencionalni pristup lijevanja betona u oplatu ograničava geometrijsku slobodu arhitektima da projektiraju različite slobodne geometrijske oblike, osim ako se ne plaćaju vrlo visoki troškovi za oplata po mjeri. Pravocrtni oblici ne samo da ograničavaju kreativnost arhitekata, već su i strukturno slabiji od krivolinijskih oblika zbog koncentracije naprezanja. Drugi izazov je spora brzina gradnje (dugotrajno i teško kontrolirano vrijeme izvođenja). Betonska konstrukcija često sadrži mnogo koraka, uključujući proizvodnju materijala, transport i izradu oplata na licu mjesta, a svaki korak oduzima puno vremena.

Štoviše, trenutna industrija gradnje betonom radno je intenzivna i ima problema sa sigurnošću. Također prema izvještaju Safe Work Australia, u Australiji se dnevno u prosjeku ozlijedi 35 građevinskih djelatnika. Uz to, više od jedne četvrtine građevinskih smrtnih slučajeva uzrokovano je padovima s visine. To je unatoč činjenici da Australija ima jednu od najviših razina sigurnosnih propisa na gradilištima na svijetu. I na kraju, ali ne najmanje važno, trenutna građevinska industrija ima ozbiljnih problema s održivošću. Općenito, trenutni načini gradnje i materijali nisu ekološki prihvatljivi. Čitav postupak gradnje, uključujući

Printani betonski dvorac; Izvor fotografije: https://www.concreteconstruction.net/business/technology/3d-printed-concrete-the-future-is-here_c



Printana betonska kuća; Izvor fotografije: <https://www.fabbaloo.com/news/3d-printing-concrete>



jući proizvodnju izvan gradilišta, transport materijala, ugradnju i montažu te izgradnju na gradilištu, emitira ogromne količine stakleničkih plinova i troši velike količine energije. Uz to, konvencionalni beton izrađen od običnog portlandskog cementa nije održiv. Proizvodnja takvog cementa visoko je energetska i ugljično intenzivna.

Primjena trodimenzionalnih (3D) tehnika tiska u betonskoj konstrukciji mogla bi riješiti gore spomenute izazove. Tehnologija 3D ispisa stječe popularnost u građevinskoj industriji. U posljednjih nekoliko godina istražene su različite tehnologije 3D ispisa betona (3DCP).

3D tisk

Posljednjih godina 3D tisk osvaja tržišta širom svijeta. Ova je tehnologija postala toliko uobičajena i dostupna da sada svi mogu kupiti i koristiti jednostavni 3D printer koji može proizvesti polimerne elemente vlastitog dizajna. Slomljeni preklop s daljinskog upravljača televizora ili izgubljeni element igračke više nisu problem. Na industrijskoj se razini tehnologija razvila u različitim smjerovima - imamo napredne materijale, bolju kvalitetu, veći radni prostor, nove inkrementalne tehnologije, uključujući tehnologije 3D tiska betona.

Povijest 3D tiska s betonom, koji se danas često naziva 3DCP (od 3D građevinskog tiska ili 3D betonskog tiska), datira oko 2010. godine, kada je predstavljen postupak nazvan Contour Crafting pomoću kartezijskog stroja s ekstruderom za beton. Ideju je razvio dr. Behrokh Khoshnevis sa Sveučilišta Južne Kalifornije. Unatoč pokušajima daljnjeg razvoja tehnologije, mnogih patenata i pokretanja istoimene tvrtke, ta tehnologija nije usvojena u SAD-u i ostala je prilično atrakcija.

Tek u posljednjih nekoliko godina nakon eksplozije interesa za 3D ispisom, u vrijeme kada su cijene građevina porasle, tema 3D ispisa u građevinarstvu ponovno je postala aktualna. Prema različitim izvorima, trenutno cijelo građevinsko tržište vrijedi više od 10 milijuna dolara, a samo tržište 3DCP vrijedi gotovo 250 milijuna dolara s tendencijama brzog rasta. Zajedno s tim trendovima pojavili su se i novi startupe zainteresirani za tu temu. Trenutno na globalnom tržištu postoji nekoliko desetaka subjekata koji djeluju u 3DCP industriji, od kojih desetak djeluje u hardverskom sektoru - izgradnji i implementaciji pisača za 3DCP. Trendove rasta za tržište 3DCP potvrđuje i sve veći interes čelnika klasične građevinske industrije poput Strabaga, Skanske ili Vincija koji ulažu u rastuće nove 3DCP startupe.

Unatoč brzom razvoju graditeljstva, građevinskih materijala i 3DCP tehnologije, industrija 3D tiska betona još uvijek ima mnogo izazova. Trenutno je većina tvrtki koje djeluju u 3DCP industriji svladala istiskivanje betonskih smjesa do stupnja koji omogućuje tisk manjih predmeta. Međutim, to još uvijek nije dovoljno za potrebe veće građevinske industrije. Prvo, ne po-



Akustički zid; Izvor fotografije: <https://3dconcreteprinting.info/>

stoje jednoobrazno definirani materijali koji se koriste u 3DCP-u, a oni koje startupe koriste su njihovi vlastiti recepti, koji su najčešće tajna tvrtke. Nije tajna, međutim, da je istiskivanje samog materijala već zahtjevan postupak - receptura smjese mora biti prikladna za ispis i za pumpanje, a njena postojanost i parametri tijekom ispisa i nakon ispisa ne smiju odstupati. Ova tri osnovna parametra sami su po sebi izazov i zahtijevaju kontrolu kvalitete, poput agregatnih granulata ili udjela sastojaka kako bi se osigurala prava konzistencija i parametri koji omogućuju polaganje sljedećih slojeva.

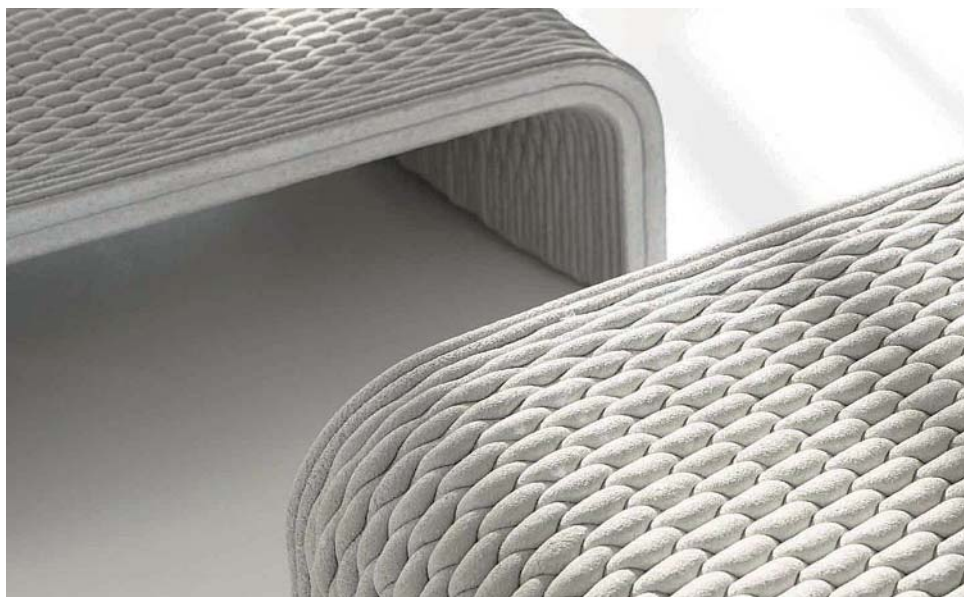
Međutim, čak i savršeni mort i izvrstan tiskarski stroj neće dopustiti 3DCP-u ulazak u fazu izgradnje velikih zgrada. Ovdje je drugi izazov - armatura i nosači, koji su bitni elementi poznati iz klasične gradnje. Potrebno je kvalitetno rješenje tiska nadvrtnika, greda i stropova. To je nesumnjivo najveći tehnološki izazov u 3DCP industriji. Preostale prepreke u tranziciji povezane su sa zakonskim i zakonodavnim

uvjetima i društvenim raspoloženjima. **Trenutno ne postoje norme, pravni akti, certifikati, dozvole ili standardi koji omogućuju izgradnju zgrada primjenom 3DCP metode ili uporabu materijala ili montažnih elemenata u gradnji. U tom se smjeru moraju poduzeti odgovarajući koraci kako bi se omogućila automatizacija građevinske industrije. Isto vrijedi i za uvjerenje društva, poduzetnika i programera.** Tiskanje zgrada neizbježna je budućnost. Procjenjuje se da će s 3DCP tehnologijom biti moguće smanjiti vrijeme gradnje i troškove do 50-70%, a cijeli će postupak biti mnogo sigurniji i ekološki prihvatljiviji. Također će omogućiti veću slobodu dizajna i slobodne oblike.

Primjena 3D tiska u gradnji betonom

Za razliku od konvencionalnog pristupa lijevanja betona u oplatu, 3DCP kombinira digitalnu tehnologiju i nove uvide iz tehnologije materijala kako bi omo-

Printane betonske klupe; Izvor fotografije: <https://www.heatonsinteriors.net/2018/10/02/benches-woven-in-3d-printed-concrete/>



gućio slobodnu konstrukciju bez upotrebe skupih oplata. Konstrukcija slobodnog oblika poboljšala bi arhitektonski izraz, gdje će troškovi izrade strukturne komponente biti neovisni o obliku, pružajući prijeko potrebnu slobodu u odnosu na pravocrtni dizajn.

U usporedbi s uobičajenim građevinskim postupcima, primjena tehnika 3D ispisa u betonskoj konstrukciji može pružiti izvrsne prednosti, uključujući:

- Smanjenje troškova gradnje uklanjanjem oplata;
- Smanjenje stope ozljeda uklanjanjem opasnih poslova (npr. rad na visini), što bi rezultiralo povećanom razinom sigurnosti u gradnji;
- Stvaranje poslova temeljenih na vrhunskoj tehnologiji;
- Skraćivanje vremena gradnje na mjestu rada konstantnom brzinom;
- Smanjenje šanse za pogreške vrlo preciznim taloženjem materijala;
- Povećavanje održivosti u gradnji smanjenjem rasipanja oplata,
- Povećavanje arhitektonske slobode, što bi omogućilo sofisticiranije dizajne za konstrukcije i estetske svrhe;
- Omogućavanje potencijala multifunkcionalnosti za strukturne / arhitektonske elemente iskorištavanjem prednosti složene geometrije

Tehnologija 3D ispisa ima veliki potencijal za konkretno tržište, s masovnim prilagođavanjem i povećanom arhitektonskom fleksibilnošću koja se očekuje u sljedećim godinama.

Španjolska tvrtka Acciona tvrdi da je lider u tehnologiji 3D tiska betona velikih razmjera, a 2016. je bila prva tvrtka koja je 3D ispisala betonski most. Dvije godine kasnije, tvrtka se udružila sa softverskim stručnjakom Autodeskom, olakšavajući proizvodnju velikih, složenih oblika od betona, koristeći Autodeskov softver za generativni dizajn.

Tecla projekt; Izvor fotografije: [https://www.3d natives.com/en/tecla-3d-printed-house-301020195/](https://www.3dnatives.com/en/tecla-3d-printed-house-301020195/)



Printani betonski most u Madridu; Izvor fotografija: <https://www.middleeastarchitect.com/42037-madrid-completes-worlds-first-3d-printed-bridge>



Dubai, najveća printana kuća; Izvor fotografije: <https://www.esquireme.com/content/40309-dubai-creates-worlds-largest-3d-printed-building>

Prvi tiskani pješački most

Prvi pješački most tiskan u 3D tehnici na svijetu otvoren je 14. prosinca 2016. u urbanom parku Castilla-La Mancha u Alcobendasu u Madridu. Institut za naprednu arhitekturu Katalonije (IAAC) bio je zadužen za arhitektonski dizajn mosta, koji ima ukupnu duljinu od 12 metara i širinu od 1,75 metara, a tiskan je u mikroarmiranom betonu.

Dizajnom mosta tiskanom u 3D-u, Institut za naprednu arhitekturu Katalonije (IAAC) ostao je predan inovacijama i postao je globalni pionir u korištenju 3D ispisa velikih razmjera. 3D tiskani most Alcobendas predstavlja prekretnicu za građevinski sektor na međunarodnoj razini, budući da se do tada ova tehnologija nije primjenjivala na polju niskogradnje.

3D tiskani most, koji odražava složenost oblika prirode, razvijen je parametarskim dizajnom, koji omogućuje optimizaciju raspodjele materijala i minimiziranje količine otpada recikliranjem sirovine tijekom proizvodnje. Računski dizajn također omogućuje maksimaliziranje strukturnih performansi, uz potpunu slobodu oblika, zadržavajući poroznost zahvaljujući primjeni generativnih algoritama i izazivajući tradicionalne tehnike gradnje.

Uz to, dizajn odgovara izazovima koje donosi zakonodavstvo, a provodi se u javnom prostoru: sada svi mogu prelaziti most koji je postavljen u Alcobendasu kao urbana infrastruktura integrirana u park.

Izvršni projekt, koji je vodila ACCIONA, razvio je multidisciplinarni tim arhitekata, inženjera strojarstva i građevinskih inženjera.

Kod 3d printera je zadnjih godina došlo do velikog razvoja. Njihova primjena je sve šira te se koriste u mnogim industrijama kao pomoćni, ali i kao proizvodni alati. Korištenje različitih sirovina za izradu modela i gotovih proizvoda omogućuju sve širu upotrebu printera. Nedavno je u Dubai-u otvorena potpuno funkcionalna zgrada sa uredima izrađena tehnologijom 3D printa betona.



Tecla projekt

Proizvođač 3D printera WASP udružio se s tvrtkom Mario Cucinella Architects kako bi krenuo u inovativni model 3D tiskane kuće, nazvan TECLA. TECLA je novi model kružnog objekta, stvoren korištenjem potpuno obnovljivih materijala koji se mogu reciklirati, a koji su uzeti s lokalnog terena. Lansirat će prvi prototip ovog stanovanja u Bologni u Italiji, a bit će

izgrađen pomoću WASP 3D printer Crane.

Cilj ovog projekta je odgovoriti na pitanja poput eksponencijalnog povećanja stanovništva. Zapravo, izvješće Ujedinjenih naroda objavljeno 2017. godine pokazalo je da se očekuje da će trenutna globalna populacija od 7,6 milijardi ljudi doseći 11,2 milijarde u 2100. Do 2030. očekuje se da će gotovo 5 milijardi ljudi živjeti u gradovima. Nije iznenađenje da su vlade suočene sa značajnim izazovima vezanim uz pronalaženje pristupačnih stambenih rješenja.

WASP radi na principima kružne ekonomije od 2012. godine kako bi u što kraćem vremenskom razdoblju i na što održiviji način izgradio 3D tiskane kuće. Više suradničkih 3D printera radić će zajedno na prototipu TECLA - projekt može postati osnova za potpuno nove autonomne eko-gradove. Štoviše, 3D pisači WASP-a koristit će lokalno dobivenu glinu. To znači dvije stvari, ubrzanje postupka gradnje jer 3D printer može odjednom izraditi cijelu strukturu objekata, a drugo, ovaj će pristup znatno ograničiti industrijski otpad.

I gdje je tu Hrvatska?

Klasična izrada betonske ploče ili print betona; Izvor fotografije: <https://www.3dprintingtoday.com/introduction-to-3d-printed-concrete/>



Da li smo u cijeloj ovoj priči mi samo promatrači, ili kao i u mnogim drugim segmentima gospodarstva i u maloj Hrvatskoj uz puno upornosti, truda i znanja, možemo i u svjetskim razmjerima iznenaditi inovativnim tehnološkim rješenjima na kojima bi mogli pozavidjeti i oni "najveći".

U Lučkom nadomak Zagreba, još od 2003. godine djeluje tvrtka koja se uhvatila u koštac s ovom tehnologijom te neumoljivo kroči prema novim rješenjima te je već pred printanjem prve obiteljske kuće.



DIATEH d.o.o. 3D printer betona

Tvrtka DIATEH d.o.o. osnovana je 2003. Stalnim obrazovanjima i neprekidnim usavršavanjem u sektorima inovacija izrade specijalnih strojeva i alata za obradu betona, asfalta i kamena omogućilo im je razinu na kojoj su u mogućnosti sami proizvoditi strojeve za svoje potrebe i potrebe klijenata.

Uspješno posluju od svog osnutka, a uz standardne poslove imali su priliku raditi i na inovacijama i proizvodima prilagođenima pojedinačnom kupcu.

S obzirom na razvoj tržišta i sve veći broj konkurenata došli su do potrebe uvođenja promjena u svom poslovanju, zadržavanja područja kojim se bave, iskorištavanja znanja i iskustva, ali osmišljavanja nečeg novog što će ih izdvojiti od konkurencije, poboljšati ponudu i stvoriti novo tržište na kojem imaju priliku biti na samom vrhu. Njihov inovacijski Diateh-sys odjel radi na novim tehnologijama vezanim uz robotiku, specijalnu elektroniku, automatiku, hidraulične uređaje i slično. Proizvode i dizajniraju specijalne alate i strojeve po narudžbi klijenta koji zahtijevaju specifične zahtjeve. Svoje alate i strojeve su izlagali na sajmu kamena u Veroni.

Rade projekte uglavnom vezane uz građevinske strojeve i alate koji se izrađuju po specifičnim zahtjevima klijenata. Proizvode strojeve i alate za obradu betona, asfalta i kamena. S njihovim alatima realizirani su mnogi od najzahtjevnijih poslova u Hrvatskoj kao na primjer:

- Aerodrom u Zagrebu - 40 km rezano alatima Diateh-a
- Istarski ipsilon – napravljeno 120 km mikro rovova za provlačenje optičkih kablova
- Zagrebačka katedrala – restauracijski radovi prve kategorije
- Trg J.B.Jelačića u Zagrebu i Riječki trg – rezanje i obrada alatima Diateh-a

- Arena centar u Zagrebu – brušenje okomitih površina

Njihovi alati se koriste u svim granama građevine i zbog velike kvalitete se koriste i u restauracijama. Mnoge priznate tvrtke koriste spomenute alate i strojeve za izvođenje građevinskih radova rezanja asfalta i obradu kamena u Hrvatskoj i regiji kao što npr. tvrtka Strabag koristi alate za obnovu mostova te je s njima izbušila 12 000 rupa u moru.

Zahvaljujući višegodišnjem iskustvu na spomenutim područjima nastala je ideja za izradu koncepta 3D printera betona s više inovativnih robotskih glava za ugradnju i obradu betona i betona proizvedenog od recikliranog građevinskog materijala. Svrha je ušteda materijala, smanjenje pogreške i do 90%, skraćeno vrijeme rada, ušteda novca, a rezultat bi bio povećanje produktivnosti i konkurentnosti.

Projekt 3D printer betona

Prije dvije godine je u svrhu razvoja (realizacije) te poslovne ideje prijavljen projekt kod Hrvatske agencije za malo gospodarstvo, inovacije i investicije (Hamag Bicro) u okviru Programa provjere inovativnog koncepta (POC7) putem Centra za istraživanje, razvoj i transfer tehnologije Sveučilišta u Zagrebu za što je Vladi Republike Hrvatske odobren zajam Međunarodne banke za obnovu i razvoj gdje su tvrtki Diateh odobrena bespovratna sredstva za razvoj 3D printera za beton koji je u mogućnosti izraditi (isprintati) kut građevinskog zida. U okviru tog programa stručnjaci Diateh-a su razvijali sam printer (dijelove, automatiku), recepture betona, mogućnosti printanja, ... što je vidljivo na priloženim fotografijama.

Korišteni alati i materijali prilikom izrade kuta zida:

- Dijamantna kruga: fi 60 ,fi 10
- Dijamantni disk : fi 350
- Glodalo fi 75



- Ekstruder : fi 35
- Dijamantni brusevi: grubi, fini, diahardi i polirni brusevi
- Ploča za zaglađivanje betona
- Filc za nanošenje kemije

Model (predmet izrade):

- kut zida s unutarnjim ojačanjem
- AB ploča
- obrada temelja s dijamantnim alatom
- kemijsko ojačanje betona

3D printer:

- Uređaj se sastoji od robotske jedinice , jedinice za mješanje i doziranje materijala i kontrolne jedinice



Izrada :

- tlačna čvrstoća betona :60 MPa
- brzina izrade: 1metar visine- 1 metar duzine i sirine 20 cm zida : 10 minuta
- potrebno ljudi za rukovanje strojem: 2
- vremenski uvjeti na kojem stroj može raditi: -5 do +50°C

Materijal:

- pijesak, portland cement ,staklena vlakna + specijalni dodatci.

Printer je radio u objektu (zatvorenim uvjetima), ali je usavršen u mobilnu verziju koja može graditi objekte na bilo kom građevinskom zemljištu kako u Hrvatskoj, tako i u inozemstvu. Naime, puno je financijski prihvatljivije prevesti printer na konkretnu lokaciju nego printati dijelove objekta u pogonu, pa ih dio po dio transportirati na gradilište, pogotovo ukoliko je ono udaljeno.

Rezultat je bio u skladu s očekivanjima te su omogućene pretpostavke za printanje prve obiteljske kuće na području Republike Hrvatske.

Printana obiteljska kuća u Ježdovcu

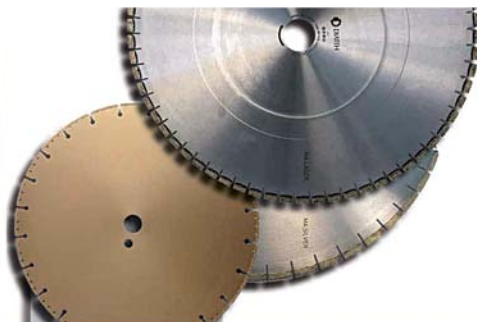
Izvedba Diateh-ovog 3d printera betona u mogućnosti je izvršavati više različitih proizvodno obradnih operacija u građevini, procesuirati ih brže i preciznije

nego što je to izvedivo u klasičnoj gradnji s betonom. Pri tom se koristi robotska ruka s obradnim glavama te kontinuiranom pumpom betona.

Ostvaren je cilj realizacije stroja s izmjenjivim radnim glavama pomoću kojeg je moguće proizvesti betonske proizvode s boljim termičkim te znatno boljim mehaničkim svojstvima, puno bolju završnu obradu kako bi se stvorili uvjeti za korištenje drugih alata za izradu podova od poliranog betona te korištenje dijamantnih alata za rezanje, bušenje i poliranje betona.

S takvim strojem se povećavaju mogućnosti strojne izrade te smanjuju potrebe ručne dorade s povećanjem kvalitete izrade. Procesne glave su uz pomoć robotske ruke i pumpe betona u mogućnosti izraditi sve elemente jedne obiteljske kuće u izvedbi 12m x 2m . Stroj je u mogućnosti osim printanja betona vršiti i funkcije rezanja, brušenja, glodanja (frezanja), poliranja te nanošenja kemijskih premaza na beton.

Sve pripreme za printanje obiteljske kuće su obavljene i čeka se proljeće (pogodnije vrijeme) za prvo printanje, o čemu ćemo vas informirati u narednim brojevima Koraka.



PRINTANJE BETONA - ALATI - STROJEVI

brušenje i poliranje • bušenje • freziranje i profiliranje
klesanje i štokanje • rezanje • sajle za rezanje

10250 Lučko-Zagreb, Hrastovička 33; www.diateh.hr; diateh@diateh.hr