

Fot. 1. Wydrukowany budynek techniczny przy restauracji McDonald's w Wyszkanie



Pierwsze przemysłowe zastosowanie w Polsce technologii druku 3D z betonu

Pierwszy budynek wydrukowany z betonu bezpośrednio na placu budowy powstał w kwietniu 2022 r. w Wyszkanie. Inwestor – sieć McDonald's w Polsce, w ramach globalnej strategii ochrony planety, zdecydował się na druk 3d z betonu budynku technicznego o wymiarach 3 x 3 x 7m, by zredukować ślad węglowy inwestycji. Realizację budynku powierzono firmie REbuild Sp z o.o., zaś materiały niezbędne do wybudowania obiektu, a właściwie jego „wydrukowania”, dostarczyła firma ATLAS Sp. z o.o.

Fot. 2. Drukarka produkcji firmy REbuild na placu budowy



Wprowadzenie

Technologia druku 3D wydaje się być czymś nowym, niemniej jednak ma już ponad 30 lat! Za człowieka, który wymyślił druk 3D, powszechnie uważa się Charles'a Hulla, który złożył wniosek patentowy na swoją drukarkę 8 sierpnia 1984 r. Sam druk 3D to zbiór niezwykle zaawansowanych technik fabrykacyjnych, które w oparciu o przygotowany wcześniej trójwymiarowy model pozwalają odzwierciedlać niemal dowolny kształt, nakładając warstwa po warstwie materiał budulcowy. Dziś druk przestrzenny przestaje być technologią przyszłości, ponieważ znalazł na stałe zastosowanie praktycznie w każdej gałęzi przemysłu, w tym motoryzacji, medycynie, lotnictwie, jubilerstwie, stomatologii, odlewnictwie i wielu innych. W budownictwie technologia druku 3D znana jest od 2015 r., kiedy to chińska firma Winsun wydrukowała z betonu dwupiętrową willę. Od tego czasu obserwujemy na całym świecie coraz odważniejsze projekty, np. drukowany betonowy most rowerowy w Holandii czy wpisany do Księgi rekordów Guinnessa największy na świecie budynek z drukarki 3D w okolicach Dubaju o całkowitej powierzchni 640 m.kw. W Polsce pierwszy budynek wydrukowany bezpośrednio na placu budowy powstał w kwietniu 2022 roku w Wyszkanie (fot. 1). W poniższym artykule przedstawiono szczegóły opisujące tę niezwykle ciekawą realizację.

Inwestor, wykonawca

Z okazji 30 lat działalności sieci McDonald's w Polsce, 13 maja 2022 roku została otwarta 500. restauracja przy ul. Piłsudskiego 46 w Wyszkanie. Jubileuszowa restauracja została wyposażona w innowacyjne rozwiązania pozwalające znacząco zredukować zużycie energii elektrycznej. Między innymi w instalację fotowoltaiczną oraz turbinę wiatrową, które pozyskują odnawialne źródła energii w całości pokrywające zapotrzebowanie na oświetlenie ze-

wewnętrzne lokalu. Jest to element globalnej strategii McDonald's, realizowanej od 2018 roku, która zakłada działania na rzecz ochrony planety w wielu kluczowych obszarach zrównoważonego rozwoju. Jednym z celów jest właśnie zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych z biur i restauracji o 36% do 2030 roku, a do 2050 roku osiągnięcie neutralności klimatycznej [1]. Dodatkowo sieć McDonald's zdecydowała się wybudować przyległy do restauracji budynek techniczny (fot. 1) o wymiarach 3x3x7 m w technologii druku 3D z betonu, co pozwoliło zredukować ślad węglowy inwestycji. To absolutnie pierwszy w naszym kraju przypadek drukowania budynku bezpośrednio na placu budowy. Realizację powierzono firmie REbuild Sp z o.o., zaś materiały niezbędne do wybudowania obiektu, a właściwie jego „wydrukowania”, dostarczyła firma ATLAS Sp. z o.o.

Materiały

Po wielu testach laboratoryjnych wykonawca-firma REbuild zdecydowała się na wybór i zastosowanie w trakcie realizacji najwyższej jakości materiałów zaproponowanych przez firmę Atlas Sp. z o.o., w tym: zaprawę cementową ATLAS Print 3D, pigment nieorganiczny ATLAS COLOR SB-008 oraz impregnat ATProtector LTX-300. Właściwości świeżej oraz stwardniałej zaprawy cementowej przedstawiono w tabeli nr 1. Zaprawa została zaprojektowana przez zespół Centralnego Laboratorium Badawczo-Rozwojowego w Łodzi. Do realizacji całego budynku zużyto 15 ton zaprawy. Ze względu na wymagania estetyczne inwestora zaprawa była dodatkowo barwiona w masie na budowie na kolor brązowy płynnym pigmentem ATLAS COLOR SB-008. W celu pielęgnacji świeżej zaprawy i zabezpieczenia jej przed odparowaniem wody oraz wyeksponowania nadanej kolorystyki aplikowano metodą natrysku impregnat ATProtector LTX-300 w ilości 100 g/m² powierzchni wydruku.

Tab. 1. Właściwości zaprawy cementowej ATLAS Print 3D

Właściwości fizyczne zaprawy				
Postać	proszek			
Kolor	szary			
Uziarnienie	0-2 mm			
Właściwości świeżej zaprawy*				
Zapotrzebowanie na wodę	22-24%			-
Czas wiązania:				PN-EN 196-3
- początek	240			
- koniec	270			
Konsystencja	135 ±10			PN-EN 1015-3
Właściwości stwardniałej zaprawy**				
Gęstość objętościowa [kg/m ³]	1970 ±10			PN-EN 1015-10
Badanie wytrzymałości po czasie:	1d	2d	7d	28d
na ściskanie [MPa]	6,1	17,0	26,8	45,5
na zginanie [MPa]	-	4,6	-	5,1
Podciąganie kapilarnie po 24h [%]	0,24			PN-85/B-04500
Skurcz liniowy metodą Grauf-Kaufmana po 28d [mm/m.b. zaprawy]	0,5			PN-85/B-04500
Ocena mrozoodporności stopień F50:				PN-85/B-04500
Ocena wizualna	Brak rys, odprysków			
Ubytek masy [%]	0,16			
Spadek wytrzymałości na ściskanie [%]	3,0			
Przyczepność między warstwami gotowej ściany	Warstwy stworzyły jednolitą masę (zdj. 4)			

*Właściwości uzyskane w warunkach laboratoryjnych

**Wyniki uzyskane na próbkach o wymiarach 4x4x16mm

Urządzenie drukujące/ Drukarka 3D

Drukarka została opracowana od podstaw przez inżynierów z firmy REbuild (fot. 2 i 3). Wieńczy blisko dwuletni proces badań, jakie prowadzono przy współfinansowaniu z NCBiR w projekcie „Ścieżka dla Mazowsza”. Wykonana drukarka jest modułowa, przez co można dostosować jej rozmiar do placu budowy. Zastosowanie kratownic aluminiowych pozwoliło na uzyskanie masy całości konstrukcji mniejszej niż 2 tony. Obecnie możliwe jest uzyskanie pola roboczego 15 x 15 metrów i drukowanie do 4 metrów wysokości. Drukarka, mimo swoich



Fot. 3. Drukarka REbuild podczas pracy w Wyszkowie



Fot. 4. Przekrój poprzeczny poszczególnych warstw – fragment ściany



Fot. 5. Trójwarstwowa budowa ściany drukowanego budynku



gabarytów, może poruszać się z prędkościami nawet do 0,8 m/s z zachowaniem dokładności pozycjonowania do 2 mm. Firma posiada także opracowaną wcześniej mniejszą konstrukcję o wymiarach kontenera, lecz w tym zastosowaniu powierzchnia robocza musiała być dużo większa.

Opis procesu/wydruku

Biorąc pod uwagę parametry zastosowanej zaprawy oraz panujące zmienne warunki atmosferyczne (deszcz, słońce, temperatura otoczenia ok. 10-15°C w dzień, ok. 3-5°C w nocy, wiatr 10-20 km/h), postanowiono całość wydruku podzielić na trzy etapy. W każdym dniu drukowano 40 warstw o grubości 25 mm i szerokości 55 mm. Zagęszczanie poszczególnych warstw odbywało się poprzez docisk dyszy wylotowej drukarki oraz ciężar własny kolejnych ścieżek. To pozwalało na drukowanie bez żadnych problemów technologicznych (deformacja, pęknięcie, przesychnienie i brak przyczepności kolejnych warstw) ok. 1 m wysokości ścian budynku na dzień. W przekroju poprzecznym gotowej ściany widać doskonałe połączenie poszczególnych warstw, które ostatecznie stworzyły monolit (fot. 4). Na koniec dnia wydrukowane fragmenty zabezpieczano preparatem pielęgnacyjnym ATProtector LTX-300. Zgodnie z projektem budynku

ściany składały się z trzech „warstw”: zewnętrznej, wewnętrznej i łącznika (fot. 5). Dodatkowo zastosowano zbrojenie stalowe w postaci krótkich prętów fi 6 w okolicach słupów podpierających dach. Pokrycie budynku stanowiła tradycyjna konstrukcja stalowa.

Podsumowanie

Niewątpliwie technologia druku 3D w budownictwie będzie wykorzystywana w coraz większym zakresie. Wpływ ma na to wiele czynników decydujących o zaletach tego typu rozwiązania, w tym: obniżenie kosztów budowy (brak konieczności wykonywania szalunków, zmniejszenie ilości potrzebnych pracowników), skrócenie czasu inwestycji, zmniejszenie ilości powstających odpadów, redukcja śladu węglowego i hałasu. Technologia ta jest też atrakcyjna dla projektantów i architektów. Brak konieczności stosowania deskowania oraz różnorodność kształtu dyszy drukarki daje im dużą swobodę i elastyczność w uzyskiwaniu dowolnych form i tekstury wydruku. Dla przykładu o rozwoju tej technologii mogą świadczyć decyzje władz Dubaju, które ogłosiły plany dotyczące nowoczesnej strategii druku 3D, w ramach której do 2030 r. aż 25% wszystkich budynków w mieście będzie tworzonych za pomocą drukowania 3D [2]. Według zajmującej się technologią firmy consultingowej Smithers rynek druku 3D ma być wart w 2027 roku nawet ponad 55 mld USD. [3] Tym bardziej cieszy fakt wykonania pierwszej w Polsce realizacji na tak dużą skalę.

mgr inż. Arkadiusz Igenerowicz

ATLAS Sp. z o.o.

dr inż. Witold Rządkowski

REbuild

PS. Wszystkich zainteresowanych opisany przedsięwzięciem zapraszamy do obejrzenia filmu z jego realizacji: <https://www.facebook.com/rebuild3dcp/videos/459009202354125>

Literatura:

- <https://retailnet.pl/2022/05/16/500-restauracja-mcdonalds-otwarta-w-wyszkanie/>
- <https://mlodytechnik.pl/technika/29242-budowanie-przez-drukowanie-nie-ma-jak-w-3domu>
- <https://botland.com.pl/blog/meksyk-powstalo-osiedle-domow-z-drukarek-3d/>

Fot. 6. Uczestnicy drukowania 3D z betonu w Wyszkowie z firm Atlas i REbuild

