**Odcinek 9**

**Tytuł: “Wydrukujmy sobie dom w 3D”**

Prowadzący: redaktor Rafał Molenda.

Goście: Mateusz Techman z Katedry Konstrukcji Żelbetowych i Technologii Betonu Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Marcin Hoffmann z Katedry Mechatroniki Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki, Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.

***Rafał Molenda:*** *To jest podcast Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego. Drukowanie domów? Jakie konstrukcje można z tego wznosić? Domki jednorodzinne, bunkry czy wieżowce?*

*Dzień dobry Rafał Molenda spotykamy się dziś na placu budowy, a jesteśmy w doborowym towarzystwie, bo są z nami: Mateusz Techman.*

**Mateusz Techman:** Dzień dobry.

***Rafał Molenda:*** *I Marcin Hoffmann.*

**Marcin Hoffmann:** Dzień dobry.

***Rafał Molenda:*** *To jest zespół, który jest odpowiedzialny za wylewanie z drukarki 3D betonu na plac budowy. Z tego powstają domy w technologii 3D. No brzmi to jak z powieści Stanisława Lema, ale to rzeczywiście już się dzieje na ZUT, a dokładniej to gdzie?*

**Mateusz Techman:** A dokładnie to na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska. Tam można znaleźć nasze dwa prototypy drukarek.

***Rafał Molenda:*** *Skąd pomysł na to, że do betoniarki zdecydowaliście się podłączyć drukarkę 3D. Obudziliście się pewnego dnia i nagle stwierdziliście, że trzeba będzie zrobić coś nowego i że akuratnie będzie to drukowanie domów?*

**Marcin Hoffmann:** Stwierdziliśmy, że (było to dokładnie w 2016 roku na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki został stworzony zalążek tego pomysłu) w Polsce nie ma takiego pomysłu, w związku z tym może warto było wdrożyć taki projekt na naszym uniwersytecie. Jeżeli chodzi  o sam druk 3D, to potrzebujemy do tego maszyny, która nam to zrealizuje, ale bardzo istotnym elementem jest mieszanka, która można w tej technologii zastosować. Dlatego w projekcie udział biorą dwa wydziały: nasz Budownictwa i Inżynierii Środowiska i Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki.

***Rafał Molenda:*** *Co zatem jest ważniejsze i istotniejsze w samym projekcie, czy mieszanka, czy może raczej maszyna, która drukuje i wylewa ten beton?*

**Marcin Hoffmann:** Istotna jest mieszanka, maszynę można w łatwy sposób skonstruować i zmontować. Mieszanka musi mieć bowiem swoje ściśle określone właściwości i parametry.

**Mateusz Techman:** Tak. Mamy do czynienia z mieszanką betonową, aby ją wykonać musimy zakładać, że będzie musiała mieć odpowiednie parametry wytrzymałościowe, by można wybudować dom w takiej technologii. Praca wykonana przez kolegów mechaników znacznie ułatwia nam prace oraz skraca jej czas.

***Rafał Molenda:*** *Jakie konstrukcje można z tego wznosić? Czy domki jednorodzinne, bunkry czy wieżowce?*

**Mateusz Techman:** Do technologii 3D należy podejść na dwa sposoby. Pierwszym z nich jest zdecydowanie wizualny i medialny, z którym stykamy się w mediach, polega to na tym, że spotykamy się z przypadkiem, w którym dom jest w ten sposób stawiany bezpośrednio na placu budowy. Na świecie powstają konstrukcje czteropiętrowe stawiane w tej technologii, ponoć nawet też wyższe. Pamiętajmy, że taki sposób budowy ma swoje obostrzenia.

***Rafał Molenda:*** *Jakie to są obostrzenia?*

**Mateusz Techman:** Nie wszystko da się wydrukować. Nie da się w tej technologii wydrukować stropu bezpośrednio na budowie, nie wydrukujemy dachu, do tego stosujemy elementy prefabrykowane, wykonywane w halach montażowych, oczywiście i tam można zastosować technologię 3D.

***Rafał Molenda:*** *Czyli musi tam być jakieś rusztowanie po to by beton sobie tam spłyną i już został.*

**Mateusz Techman:** W budownictwie tradycyjnym stosujemy szalunki, aby beton płynący i napierający zatrzymać. W technologii 3D nie stosujemy szalunków. W przypadku mieszanki ona nie może się rozpływać, musi być w miarę stabilna i odpowiednio jakościowo wykonana. Dlatego nie możemy właśnie wydrukować stropu bez dodatkowej pomocy i zastosowania innych systemów.

***Rafał Molenda:*** *Każdy może sobie mniej więcej wyobrazić, że po wylaniu betonu on się po prostu rozpływa na płasko, tworzy się coś w rodzaju płaszczyzny, no tak się zachowuje. Beton to chyba najprostsza mieszanka świata stosowana od pra, pra wieków. To przecież woda, piasek i…*

**Mateusz Techman:** Woda, piasek i jakieś spoiwo na przykład cement i to dla 99% ludzi na świecie jest w zupełności wystarczającym sposobem do budowy domów, czy wznoszenia konstrukcji budowlanych.

***Rafał Molenda:*** *A wy macie ten problem, że wylatujący z dyszy drukarki beton musi się zatrzymać dokładnie tam, gdzie został wylany.*

**Mateusz Techman:** Tak beton musi pozostać w miejscu. Nie może się odkształcić pod wpływem obciążeń od następnych warstw. Technologia betonu jest bardzo skomplikowana. To już nie jest ten trzyskładnikowy beton znany od czasów rzymskich. Teraz to są już kompozyty chemiczne, dodaje się mnóstwo składników chemicznych, mineralnych i dzięki temu zmieniamy parametry w tym najważniejszy dla nas, czyli jego lepkość. Innymi słowy jego konsystencja jest dla nas bardzo ważna. Możemy zrobić beton bardzo płynny lub gęsty, to wszystko zależy od naszych oczekiwań. Przez odpowiednie projektowanie takiej mieszanki, co jest procesem długotrwałym, możemy uzyskać potrzebne właściwości. Niektóre mieszanki możemy odszukać w literaturze przedmiotu, to stosunkowo łatwo znaleźć. Ale za to nie każdy ma dostęp do wszystkich składników i sprzętu.

***Rafał Molenda:*** *Wy na szczęście macie i działacie. Wyjaśnijmy jednak jak to działa, bo rozumiem, że na początku musicie mieć pewien plan, budynek musi mieć jakiś obrys. I co? Wjeżdżacie na teren budowy stawiacie wielkie rusztowanie i co dalej? Stawiacie suwnice, po której jeździ dysza z betonem i pluje betonem. Muszę to sobie jakoś zwizualizować.*

**Marcin Hoffmann:** Gdybyśmy podzielili sobie budynek to wyróżniamy: fundamenty, ściany nośne i działowe, one mają otwory drzwiowe czy okienne, później są stropy, dachy oraz schody. I tu pojawia się pytanie, które z tych elementów możemy wydrukować? Na pewno możemy wydrukować ściany, liczne firmy pojawiające się na rynku właśnie zajmują się drukowaniem wyłącznie ścian. Jest jedna firma, która pokazuje, że można wydrukować też fundament, takie rozwiązanie jest niezbyt często stosowane. Natomiast stropy, dachy czy schody to elementy, których nie możemy wydrukować w miejscu budowy. Z reguły to są prefabrykaty, które możemy wydrukować ale z dala od miejsca budowy.

Jeżeli chodzi o maszyny drukujące to niektóre z rozwiązań proponują postawienie maszyny, która swoją kubaturą obejmuje całą przestrzeń, na której ma powstać budynek. Są też maszyny, które wyglądem przypominają małe żurawie  budowlane, które stawia się w środku miejsca, w którym ma być wybudowany budynek. Ta maszyna ma wysuwane ramię, które swoim obrysem jest  w stanie obłożyć wszystkie ścieżki po konturze tego budynku.

***Rafał Molenda:*** *Nad którym wariantem wy pracujecie?*

**Marcin Hoffmann:** My opracowujemy maszynę, która swoją kubatura obejmuje cały budynek. To maszyna, którą zdecydowanie trudniej się rozstawia. To zdecydowanie jej minus. Za to można użyć jej w czasie późniejszym jako dźwigu, którego możemy użyć do podnoszenia i przenoszenia prefabrykatów przywiezionych konstrukcji dachowych. Ta druga technika z kolei ma swoje wady i zalety. Zaletą jest jej mobilność, można ją łatwo przewieźć i szybko rozstawić. Ale jeżeli budujemy większy budynek, to musimy ją przestawiać w kilka miejsc, żeby mogła wydrukować całą strukturę.

***Rafał Molenda:*** *Ile trwa wydruk domu?*

**Marcin Hoffmann:** Jeśli chodzi o terminologię w ogóle, to fachowo mówimy na to - wytwarzanie przyrostowe, ale stosowane popularnego terminu 3D przyjęło się. Co jakiś czas nakładamy nową warstwę, żeby powstała nam struktura trójwymiarowa.

***Rafał Molenda:*** *To dość tradycyjnie, warstwa po warstwie, tylko, że kiedyś były kamienie, później cegły teraz jest to specjalnie do tego celu przygotowany beton.*

**Marcin Hoffmann:** Tak jest.

***Rafał Molenda:*** *Załóżmy teraz, że do was przychodzę i mówię: Dzień dobry, chciałem dom o powierzchni 100 metrów, proszę mi powiedzieć, kiedy będę mógł się do niego wprowadzić?*

**Marcin Hoffmann:** A my drukujemy Panu fundament, ściany i na tym etapie się zatrzymujemy, to jesteśmy w stanie zrobić. Natomiast, żeby wykończyć dom pod klucz, potrzebujemy innych elementów. I to możemy zrobić. Szacunkowo, wiemy, mamy takie dane ze Stanów Zjednoczonych, gdzie jedna z firm budynek o powierzchni 130 metrów kwadratowych i wysokości trzech metrów drukowała sto godzin, czyli z przerwami cztery dni.

**Mateusz Techman:** Trzeba pamiętać, że ta technologia przyspiesza proces budowy dlatego, że nie stosujemy szalowania. Płytę stropową  - jako prefabrykat, po dostarczeniu na plac budowy montujemy w ciągu jednego dnia.  Zamykamy tym samym, dzięki niej zabudowę. Natomiast w przypadku stropu lanego musimy odczekać nawet miesiąc na uzyskanie odpowiednich parametrów betonu. I teraz jeżeli stawiamy ściany w ciągu stu godzin i możemy je obciążyć już na następny dzień, to skraca nam to czas budowy bryły domu do pięciu może siedmiu dni.

***Rafał Molenda:*** *Jak rozumiem ten beton zatem szybciej schnie i szybciej wiąże.*

**Mateusz Techman:** Ten beton trochę szybciej wiąże. Jego przyrost wytrzymałości jest zdecydowanie wyższy, dlatego można szybciej go obciążyć, a to daje pewną przewagę czasową.

***Rafał Molenda:*** *Ale jeżeli coś jest robione na szybko, to czy jest też robione pewnie. Jak jest z tym betonem, jaka jest jego wytrzymałość? Jaka jest trwałość tych konstrukcji?*

**Mateusz Techman:** Trwałość tych konstrukcji jest bardzo duża. Na wydziale robiliśmy testy wytrzymałościowe elementów ściennych, przygotowaliśmy ścieżki, wydrukowaliśmy ścianę, uzupełniwszy ją uprzednio izolacją. Testowaliśmy ten element pod kątem parametrów cieplnych i wilgotnościowych i muszę powiedzieć, że dwie ścieżki takiego betonu w przekroju mające po cztery centymetry, wytrzymują więcej niż tradycyjna dwudziesto- czy nawet trzydziestocentymetrowa ściana. Podsumowując jest to bardziej wytrzymałe, ma lepsze właściwości, ta technologia ma swoje zastosowanie i będzie miała.

**Marcin Hoffmann:** Cztery lata temu w ramach testów wydrukowaliśmy donice, wystawiliśmy ja na dziedziniec Wydziału Budownictwa, od tego czasu nie zauważyliśmy na niej żadnych ubytków, żadnych pęknięć, jest trwała i zachowuje się doskonale.

***Rafał Molenda:*** *No dobrze, ale ktoś może powiedzieć, ja chcę mieć taki dom, który będzie przecież poddawany o wiele większym obciążeniom, naprężeniom, zmiennym warunkom atmosferycznym, czynnikom temperaturowym, wilgotnościowym. Jeżeli taka donica się rozsypie to nikt się tym nie przejmie, ale jeżeli coś stanie się z domem, to mamy gotową katastrofę.*

**Mateusz Techman:** Jako  były kierownik  Laboratorium Konstrukcji Żelbetowych i Technologii Betonu mam i zajmuje się wieloma maszynami, które pozwalają nam badać takie parametry wytrzymałościowe i trwałościowe. Badamy np. wpływ mrozu na takie elementy, jego wytrzymałość, wytrzymałość na zmiany termiczne. Przygotowywane przez nas mieszanki betonu są bardzo wytrzymałe, mają w stosunku do tradycyjnych mieszanek o wiele lepsze parametry. Mogę zatem zapewnić, że takie mieszanki są i będą trwałe, wytrzymałe i domy w tej technologii będą nam długo służyć.

***Rafał Molenda:*** *Właśnie i dobrze, że o tym mówimy, bo interesuje mnie tu przyszłość. Kiedy dojdzie do sytuacji, że przychodzi do was pan Kowalski albo ja z zamówieniem i mówi: Dzień dobry, chcę zamówić domek  i za tydzień się wprowadzić z żoną, dziećmi i psem?*

**Marcin Hoffmann:** Obecnie na świecie są firmy w USA, Holandii, Francji, w  Niemczech, które komercyjnie oferują takie usługi. Przedstawiają też tą technologię w artykułach, gdzie dokonywany jest dokładny i szczegółowy opis powstawania takiego obiektu. Ale jak obserwujemy ich i ich prace, to odnosimy wrażenie, że to jest jeszcze na poziomie testów. Dlatego, jeżeli ktoś teraz by do nas przyszedł i poprosił o dom wykonany w tej technologii, to na razie jeszcze nie jesteśmy w stanie tego zrobić. Ile lat szacujemy?

**Mateusz Techman:** Dwa lata temu uczestniczyliśmy w konferencji w Zurychu dotyczącej zagadnieniom druku przyrostowego w budownictwie i tam jedna z firm analitycznych wskazywała na czas od ośmiu do dziesięciu lat do pełnego, komercyjnego wdrożenia tej technologii. W rozmowach kuluarowych miałem okazję porozmawiać z przedstawicielem jednej z większych chemicznych firm i on potwierdził te przewidywania co do czasu wdrożenia tej technologii budowy. Innymi słowy w teorii zostało nam sześć lat.

Ta technologia w samym opracowaniu ma pewną wadę – podatność na warunki atmosferyczne. Ale w sytuacji wykorzystania jej na budowie. Typowy beton po wylaniu, jest pozostawiony w szalunku i wiatr, deszcz czy śnieg mu nie przeszkadza. A w tym przypadku drukujemy cienką betonową ścieżkę, i jeżeli przyjdzie silniejszy wiatr to może zwyczajnie stracić stateczność i się przewrócić. Taki problem jest do rozwiązania przez zastosowanie osłon wiatrowych, czy namiotów.  Dodatkowo mamy jeszcze sprawy administracyjne każdy materiał budowlany musi być certyfikowany, przebadany przez odpowiednie instytucje więc i w tym przypadku proces wdrożenia się wydłuża.

***Rafał Molenda:*** *To poczekam te sześć lat, a teraz najciekawsze i chyba najważniejsze, proszę mi powiedzieć ile to kosztuje?*

**Mateusz Techman:** Postaram się odpowiedzieć ale wymijająco, obecnie ta technologia jeszcze jest droższa, ale znacznie skraca przecież cały proces budowy. Zanim udostępni się jakąś technologię na rynku komercyjnym, sam proces badawczy pochłania dużo sił i środków przede wszystkim finansowych. Sama mieszanka betonowa jest około dwukrotnie droższa od tradycyjnej. Za to zużywamy jej mniej i wykorzystujemy w krótszym czasie, uzyskujemy mniejsze nakłady roboczogodzinne. W kalkulacji ogólnej ta technologia suma summarum będzie tańsza od tradycyjnej.  Ja zakładam, że około trzydziestu procent. Niedawno sprzedano pierwszy dom w USA właśnie wykonany w tej technologii druku przyrostowego ale same ściany i fundamenty, resztę prac wykonano w technologii tradycyjnej. I uwaga tak wykonany budynek kosztował około 300 tyś dolarów ale był o połowę tańszy od domów o podobnych gabarytach, mieszczących się w okolicy.

***Rafał Molenda:*** *Umawiamy się zatem za pięć, sześć lat tak?*

**Mateusz Techman:** Myślę, że tak.

***Rafał Molenda:*** *To o czym mówimy jest na razie w fazie i przygotowań i badań i testów, gdzie to się dzieje?*

*Gdzie miałby udać się ktoś zainteresowany współpracą albo wsparciem tego przedsięwzięcia, gdzie musi się w tym celu udać?*

**Marcin Hoffmann:** To projekt Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska oraz Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki natomiast sprzęt, drukarki i produkcja betonu są zgromadzone w laboratorium na Wydziale Budownictwa. Tam jest taka drukarka, która pozwala nam testować różne mieszanki, strategię wydruku, i sprzęt przeznaczony do tego wydruku. Instalujemy kolejną drukarkę o większych gabarytach jej przestrzeń robocza to trzy na cztery metry, wysokość około trzech metrów wydruku. Także będziemy mogli już wydrukować elementy o większych gabarytach.

***Rafał Molenda:*** *No dobrze do tej pory co już zrobiliście? Co zostało wydrukowane?*

**Mateusz Techman:** Pierwszy prototyp drukarki o mniejszym zakresie wydruku pozwala na wydrukowanie małej architektury, zajęliśmy się tym dlatego, że jest to ładne i przydatne. Stosowaliśmy to do druku: krzeseł, stołów, donic. Testowaliśmy elementy budowlane, które można wdrażać w technologii prefabrykatów.

Dzięki tej większej drukarce będziemy mogli wydrukować większe elementy. Na razie celujemy w kwestie prefabrykacji. Możemy tu wydrukować wiaty, duże elementy i gotowe łazienki, które są później obrabiane. Odbiorcami takich elementów są Szwedzi i Duńczycy z powodzeniem wstawiają je w hotelach.

***Rafał Molenda:***Rozumiem, że na tych krzesłach można usiąść bez obaw?

**Mateusz Techman:** Bez problemu można usiąść, a na stołach można postawić kubek kawy.

***Rafał Molenda:*** Dziękuję bardzo za wizytę. Niebawem do was wpadnę po dom, a czy macie już upatrzone swoje miejsce na takie konstrukcję?

**Marcin Hoffmann:** Nie mamy upatrzonego miejsca. Celujemy z naszą technologia w warunki atmosferyczne, które są w Polsce.

***Rafał Molenda:*** *Dostosowujecie parametry do tego co mamy tu. Bo rozumiem, że w innym klimacie ten beton będzie się inaczej zachowywał.*

**Marcin Hoffmann:** Tak temperatura i wilgotność to kluczowe parametry dla doboru takiej mieszanki, jeżeli zaś chodzi o miejsce to nie ma znaczenia. Wystarczy zwykła działka budowlana, na której rozstawimy drukarkę.

***Rafał Molenda:*** *No i potrzebni jesteście wy: Mateusz Techman i Marcin Hofman twórcy projektu, który jest przyszłością. Dziękuję*.

**Mateusz Techman:** Dziękuję.

**Marcin Hoffmann:** Dziękuje bardzo.

***Rafał Molenda:*** *To jest podcast Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego.*