

otr.  
26.08.2021

Prof. dr hab. inż. arch. Aleksander Böhm  
Instytut Nauk Technicznych  
Podhalańska Państwowa Uczelnia Zawodowa

**Recenzja pracy doktorskiej**  
**pt. „Technologia surowej ziemi w projektowaniu urbanistyczno-architektonicznym”**  
**autorstwa mgr inż. arch. Krzysztofa Barnasia**

Podstawa opracowania:

Pismo Dziekana WAPK prof. dr hab. inż. arch. Magdaleny Koziń-Woźniak z dnia 15.07.2021 i umowa o dzieło

Informacje formalne:

Do recenzji przekazano oprawny egzemplarz pracy liczący 200 stron tekstu zawierającego 49 ilustracji.

Uwagi ogólne i redakcyjne:

Budowle z surowej ziemi należą do najstarszych dzieł naszego dziedzictwa architektonicznego a obecnie – z różnych powodów wraca zainteresowanie tą technologią. Autor podjął ten temat – dotąd pojawiający się w polskich opracowaniach jedynie fragmentarycznie - z pobudek poznawczych oraz dla korzyści aplikacyjnych. Praca składa się z ośmiu części, z których pierwsza zawiera uzasadnienie tematu i celu badań, przyjętych metod badawczych i definicji oraz tezę pracy. Druga, przedstawia stan badań, trzecia współcześnie stosowane technologie, czwarta aspekty konstrukcyjne, piąta zagadnienia komfortu użytkowania, szósta sprawy formy architektonicznej i urbanistycznej oraz podsumowanie. W częściach siódmej i ósmej umieszczone zostały streszczenia i bibliografia. Jest to układ czytelny i przekonujący co do kolejności poszczególnych sekwencji pracy.

Uwagi szczegółowe:

Biorąc pod uwagę to, że ziemia jako budulec przybierała i nadal przybiera bardzo zróżnicowaną postać, Autor w **pierwszej części** dysertacji (str.9) definiuje przedmiot swojej dysertacji jako ziemię surową, która nie została przetworzona w materiał ceramiczny, co nie wyklucza z rozważań ziemi wprowadzanej do konstrukcji budowli w połączeniu z innymi technologiami - np. jako materiał wypełniający szkielet drewniany. Jest to zapowiedź prezentacji wykorzystania cegły suszonej, ziemi ubijanej w szalunkach, prasowanych bloczków, ziemi modelowanej, stabilizowanej, jak również schronów ziemnych. W konsekwencji rozszerza to zakres przykładów i pozwala Autorowi postawić tezę, która brzmi: *„wykorzystanie wybranych technologii budownictwa z surowej ziemi nie musi równać się wprowadzaniu ograniczeń w kształtowaniu formy i funkcji budynków oraz zrównoważonej formy architektonicznej i urbanistycznej”*. W sformułowaniu tym można domyślać się – nie wyrażonej *explicite* – chęci przełamania stereotypów i zachęty do szerszego zastosowania ziemi surowej w budownictwie współczesnym.

W **części drugiej** Autor zaczyna od zastosowań tytułowego budulca, łącząc w naturalny sposób jego historię z zarysem stanu badań przedmiotu. Jest to zwięźle zredagowana informacja o konkretnych budowlach, sięgających swoimi początkami

dwu tysiącleci p.n.e., i zarazem informacja o badaniach prowadzonych od wieku XIX. do dziś - głównie na rozległym terytorium wokół basenu Morza Śródziemnego, a także w Ameryce i Azji. Szczególnie interesujące w kontekście postawionej tezy są tu prezentacje budowli wielokondygnacyjnych i złożań urbanistycznych jak również kompleksów obronnych. Prezentacja obejmuje także przykłady europejskie, w tym z terenów Polski. W tym przypadku nasuwa się uwaga, iż poza wymienionymi pojedynczymi obiektami zachowanymi do naszych czasów, potwierdzenie wykorzystywania mieszaniny gliny ze słomą do wypełniania ścian obiektów szkieletowych znajdujemy w bogatej ikonografii niezachowanych miast średniowiecznych.

Istotnym elementem tej części dysertacji są informacje o literaturze fachowej na temat budownictwa ziemnego, która pojawia się od XVIII wieku. Wśród pozycji współczesnych ciekawostką jest informacja o poradniku autorstwa Le Corbusiera. Na tle zdominowanym poszukiwaniami tanich technologii w warunkach deficytu mieszkań, Autor zwraca uwagę na najnowszy nurt badań związanych ideą zrównoważonego rozwoju. Przytoczone pozycje zawierają szczegółowe informacje na temat składu chemicznego różnych rodzajów glin i domieszek podnoszących ich wytrzymałość, odporność na absorpcję wody i izolacyjność termiczną. Rezultaty tych badań są podstawą pierwszych opracowań normatywów branżowych dla budownictwa ziemnego.

**Część trzecia** dotyczy współczesnych zastosowań surowej ziemi w budownictwie. Autor zaczyna od „ziemi modelowanej” – prawdopodobnie najstarszej technologii „lepienia z błota”. Mimo negatywnych konotacji spotykana jest ona jeszcze dziś, wszędzie tam gdzie zmusza do tego ubóstwo. Kolejne modyfikacje tego sposobu budowania - wyodrębnione w pracy - to „ziemia układana warstwami” o grubości ok. 50 cm, „ziemia wilgotna” często zbrojona elementami wzmacniającymi, „ziemia tłoczona” w postaci wałków ciętych następnie na krótsze odcinki, „ziemia wylewana” z domieszką substancji stabilizujących oraz „ziemia nakładana” czyli najczęściej mieszanina stanowiąca wypełnienie konstrukcji szkieletowych. Do tych odmian technologicznych o podobnym rodowodzie Autor dodaje „ziemię sypaną”, czyli konstrukcje z worków wypełnianych ziemią oraz tzw. „ziemię kryjącą” czyli schrony ziemne. Szczególne ich formy weszły do asortymentu współczesnej architektury pod nazwą „Earthship”, co zwłaszcza w przypadku twórczości Michaela Reynoldsa interpretowane jest jako manifest na rzecz życia autonomicznego, niezależnego od współczesnej cywilizacji. Na przekór takiemu uzasadnieniu staje bodaj najnowszy sposób wykorzystania ziemi w budownictwie - przy zastosowaniu druku 3D. Wielkoformatowe drukarki formują ciekłą mieszaninę ziemi z domieszką materiałów szybkowiązujących, co otwiera nowe perspektywy dla projektowania swobodnych form architektonicznych. Należy jednak zauważyć, że technologia ta równocześnie ożywia dyskusję na temat kryteriów na podstawie których, wieloskładnikowe tworzywo stosowane w drukarkach 3D można nazwać „ziemią” – zwłaszcza „surową”. Przy tej okazji należałoby wyjaśnić określenie „architektura bimorficzna” (str. 73) – czy aby Autorowi nie chodzi tu o „architekturę biomorficzną”, a więc nie kojarzącą się z dekonstrukcją a nawiązującą do wykorzystywania procesów przyrodniczych w projektowaniu.

W końcowych akapitach części trzeciej, Autor skupia się na dwu wybranych technologiach - cegle suszonej i ziemi ubijanej w szalunkach – nazywając je głównymi przedmiotami dysertacji. Nie znajduje to odzwierciedlenia w poszerzonym zakresie treści tych akapitów, ale znajdujemy w części czwartej.

**Część czwarta** dysertacji prezentuje ograniczenia i możliwości konstrukcyjne technologii „surowej ziemi”. Autor na wstępie zastrzega, iż wyniki testów w tym zakresie cechuje duża rozpiętość parametrów, wynikająca z różnorodności składu ziemi i rodzajów włókien stabilizatorów (organicznych, cementowych, z tworzyw sztucznych) w ceglach suszonych i ziemi ubijanej w szalunkach. Dotyczy to zwłaszcza sklepień, łuków i nadproży. Można jednak stwierdzić, iż problemy wytrzymałościowe nie stanowią obecnie nieprzekraczalnej przeszkody w uzyskaniu pożądanych efektów estetycznych jakie uzyskiwane są obecnie w realizacjach wykorzystujących tworzywo ziemi, co Autor potwierdza licznymi ilustracjami.

Aspekty budownictwa zrównoważonego i komfort użytkowania są tematem kolejnej, **piątej części** doktoratu. Połączono w niej dość odległe od siebie zagadnienia, co raczej powinno skłaniać raczej do ich odrębnego potraktowania.

Wrażliwość na środowiskowe konsekwencje różnych technologii budowlanych, wyraża się najczęściej w ocenach wieloaspektowych skutków dla środowiska, poczynając od procesów pozyskiwania surowców poprzez wytwarzanie i montaż poszczególnych elementów budowlanych, ich wieloletnią eksploatację, po ewentualną - najczęściej mocno oddaloną w czasie – utylizację z recyklingiem włącznie. Są to zatem kryteria w dużym stopniu zobiektywizowane i poparte stosownymi analizami. Natomiast komfort użytkowania, oceniany jest dość wybiórczo i subiektywnie przez poszczególnych użytkowników w okresie użytkowania przez nich danego obiektu. Ponadto na ocenę komfortu wpływa często kryterium kosztów, jakie ponosi określony nabywca lub najemca danego obiektu w kontekście określonego środowiska. Jeśli zatem rozpatrywane są przykłady z regionów Afryki subsaharyjskiej i z krajów środkowej Europy, to wnioski z analiz formułować należałoby z odpowiednim komentarzem – którego tu brak. Ta sama uwaga dotyczy szczegółowych skąd inąd parametrów określonych w polskich normach dotyczących między innymi wilgotności i odporności na działanie mrozu, jak również – w ramach technologiczności – danych na temat mechanizacji, ceny robocizny czy warunków atmosferycznych. Uwarunkowania są o tyle istotne, że mają bezpośredni wpływ na popularność budownictwa ziemnego w regionach o bardziej sprzyjających okolicznościach klimatycznych i kulturowych.

Wpływ na formę architektoniczną i urbanistyczną budownictwa ziemnego omówiony został w **części szóstej**, która również zawiera **podsumowanie**. Podobnie jak w przypadku części piątej nasuwa się tu sugestia odrębnego zredagowania wyżej wymienionych treści – czyli przeniesienia podsumowania do samodzielnego rozdziału.

W drugim akapicie (6.1.1) tej części Autor zakłada maksymalną jednorodność materiałową, co oznacza wykluczenie konstrukcji mieszanych, w połączeniu np. z żelbetem. Natomiast w kolejnym zdaniu czytamy: „*stabilizacja mieszanki ziemnej przy wykorzystaniu domieszki cementu.... nie jest naruszeniem założenia jednorodności materiałowej, gdyż specyfika materiału oraz sposób jego wykorzystania nie ulegają znaczącej zmianie*”. Ewentualna akceptacja takiego sformułowania byłaby możliwa

jedynie po doprecyzowaniu proporcji składników owej „domieszki” oraz określeniu zakresu „znaczącej zmiany”. Jest to kluczowe dla jednoznacznego zdefiniowania „surowej ziemi” – np. w kontekście betonu jako takiego, w którego składzie ok. 75 procent objętości stanowi naturalne kruszywo żwiru i piasku. Wspomniane doprecyzowanie, może także skutkować korektą tekstu na str. 66, gdzie Autor do budownictwa ziemnego zaliczył konstrukcje z worków wypełnianych piaskiem, oraz tekstu na str. 66, prezentującego konstrukcje kompozytowe w rozumieniu konstrukcji, w których elementy ziemne nie przenoszą głównych obciążeń. To z kolei pociąga za sobą potrzebę odrębnego potraktowania technologii „surowej ziemi” w przypadkach – coraz częściej spotykanych – wykorzystywania jej jedynie w elewacjach budynków, w celach dekoracyjnych, o czym Autor jedynie wspomina na str. 114.

W kolejnym akapicie (6.2) określone zostały ograniczenia w kształtowaniu formy architektonicznej budynku – wynikające z technologii „surowej ziemi”. Wraca tu problem wcześniej poruszanej jednorodności materiałowej, co nasuwa konkluzję iż odstępstwa od tej jednorodności owocują większą swobodą w kształtowaniu formy – zwłaszcza wysokości budowli - co samo w sobie jest logiczne, ale w pewnym sensie staje w sprzeczności z tezą sformułowaną na początku dysertacji - czego Autor jest świadomy (str. 158-159).

Wpływ przedmiotowej technologii na kształtowanie zrównoważonej formy urbanistycznej – został przedstawiony w akapicie 6.4 na tyle pobieżnie i skrótowo iż wartość dysertacji nie ucierpiałyby, gdyby te aspekty zostały w niej pominięte.

W akapicie zawierającym **podsumowanie i wnioski** Autor wyjaśnia powody dla których nie ograniczał zakresu czasowego i terytorialnego swoich badań. O ile jednak „ponadczasowe” cechy przedmiotowej technologii można uznać za przekonywujący argument to trudno zgodzić się z analogicznym podejściem do zakresu terytorialnego. Podniesione już w niniejszej recenzji aspekty różnic środowiskowych – w tym środowiska kulturowego z konsekwencjami ekonomicznymi włącznie - skutkują daleko idącym zróżnicowaniem regionalnych uwarunkowań dla rozwoju budownictwa ziemnego – co wymagałoby szerszego potraktowania w dysertacji. Podobne uwagi nasuwają się co do zauważalnego dysonansu tezy z niepodważalną konstatacją, iż dzięki wprowadzaniu współczesnych „domieszek” do tradycyjnej technologii budownictwa ziemnego, uzyskujemy większe możliwości w jej stosowaniu.

#### Uwagi końcowe

Podjęcie tematu technologii surowej ziemi w projektowaniu urbanistyczno-architektonicznym zmierza do uzupełnienia stosunkowo skromnej literatury na ten temat w języku polskim. Jest to dodatkowo motywowane rosnącą popularnością tej technologii zarówno z pobudek ekologicznych jak i jej walorów estetycznych – zwłaszcza w konstrukcjach kompozytowych. W środowisku polskim ten rodzaj budownictwa – jakkolwiek znany już w średniowieczu – opornie zyskuje na popularności, głównie za sprawą powierzchownych stereotypów i skąpego zaplecza wykonawczego. Zatem praca autorstwa mgr inż. arch. Krzysztofa Barnasia ma szansę spełnić bardzo pożyteczną rolę zarówno w zakresie dydaktyki, jak i w konsekwencji w projektowaniu i realizacjach obiektów w tej technologii.

Merytoryczny poziom dysertacji jest nierówny. Rozdziały – w części drugiej – poświęcone historii technologii surowej ziemi raz zarysowi stanu badań na ten temat uznać należy na najbardziej wartościowe. Natomiast klasyfikacja przedstawiona w części trzeciej wymagałaby w niektórych punktach dodatkowych komentarzy uściślających, gdyż ich brak rzutuje na jednoznaczność przekazu zawartego w częściach czwartej i piątej. Bardzo pożyteczna jest treść części ósmej, zawierającej informacje bibliograficzne oraz dotyczące aktów prawnych.

Reasumując, wymienione wyżej zalety pracy górują nad jej mankamentami, które wszakże powinny być usunięte przed ewentualną publikacją pracy – do czego zachęcam Autora. Praca mgr inż. arch. Krzysztofa Barnasia pt. „Technologia surowej ziemi w projektowaniu urbanistyczno-architektonicznym” spełnia wymagania stawiane kandydatom w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2016 r. poz. 882) i może być dopuszczona do publicznej obrony.

Kraków, 06.08. 2021.

*Andrzej Bólu*