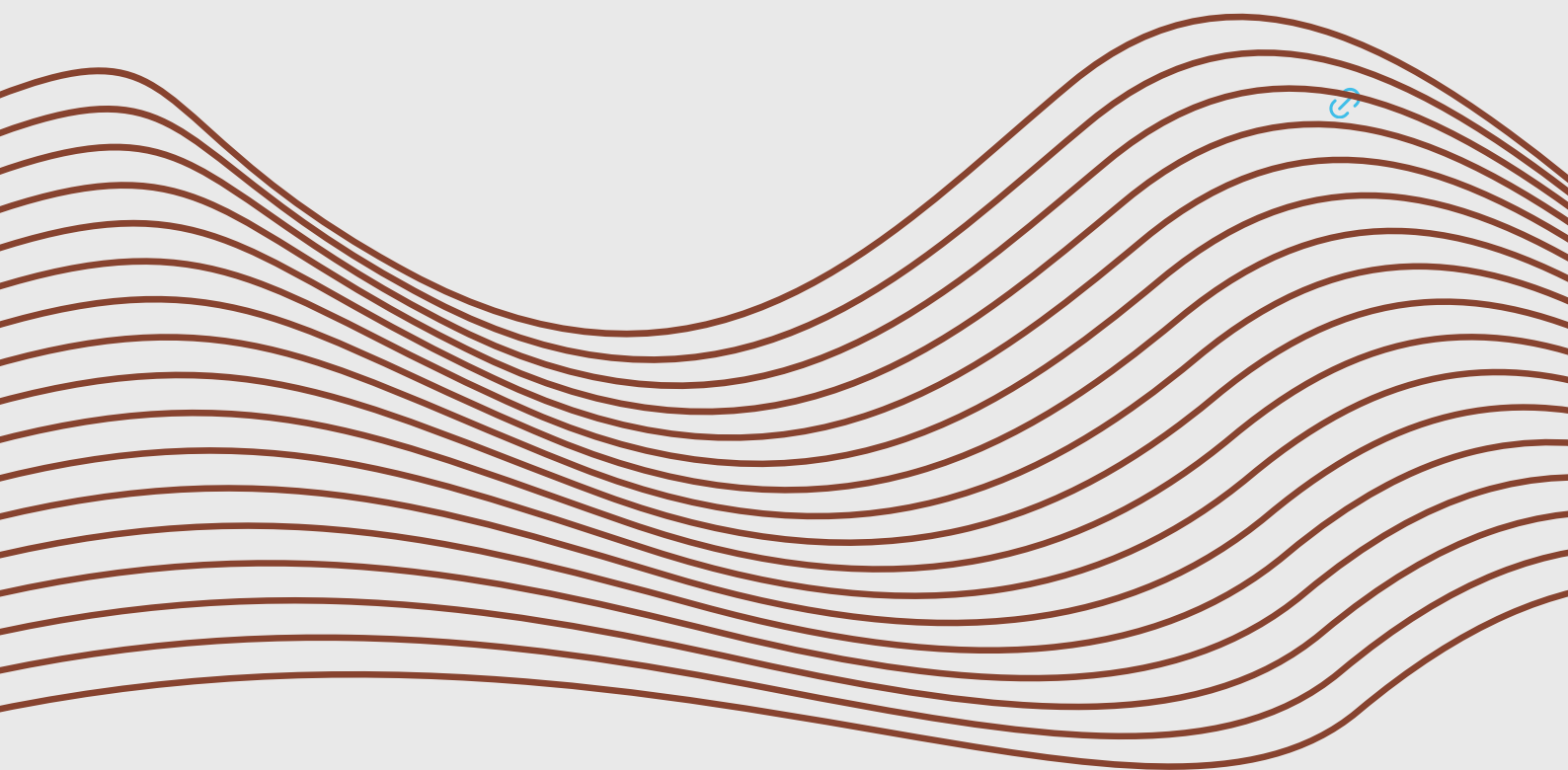




2025-1-PL01-KA210 VET000355378

Przewodnik Dobrych Praktyk



Dofinansowane przez
Unię Europejską



Table of Contents

Fluid-2-Clay	01
ESA Mars Habitat	03
InnovA58 Acoustic Barrier	05
Hope Village Center	07
Lib Earth House Model B	09
To Grow a Building	11
Intrusion Earth AM	13
Living Soil Wall	15
TOVA	17
Skylos	19
Urban Reef Bio-Composites	21
TECLA	23
Muddy Robots	25
Casa Covida	27
Terramia	29
Wall with Staircase	31
Hearth (Mud Frontiers)	33
Clay Rotunda	35
B. Impact Printed Earth	37



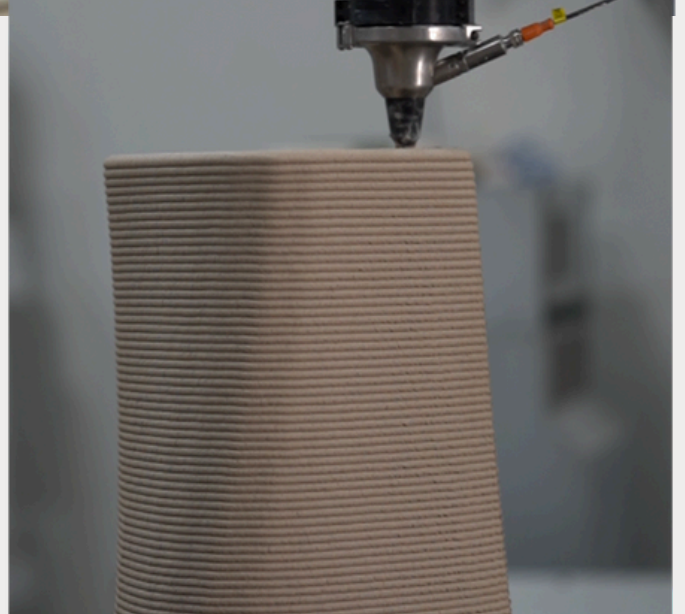
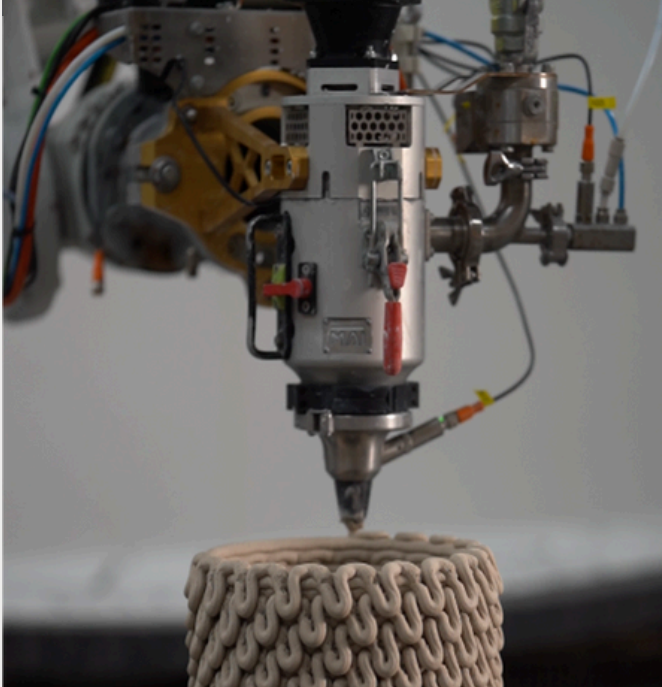
Fluid-2-Clay

Rok:	2025
Partnerzy:	Vertico / EKWC (NL)
Kategoria:	Aspiracje
Technologia:	Typ V (robotyczna) Pompa(aktywna jonowo)
Materiał:	Klasa A (głina niespieczona)
Geometria:	Niepłaska

Projekt Fluid-2-Clay, będący wynikiem współpracy Vertico (ekspertów w dziedzinie druku 3D z betonu) i EKWC (Europejskiego Centrum Ceramiki), stanowi znaczący krok naprzód w dziedzinie nauki o materiałach. Podczas gdy tradycyjne drukowanie z surowej gliny opiera się na wykorzystaniu wysokiej siły mechanicznej do wyciskania gęstej pasty, ten projekt wprowadza podejście chemiczne: jonowo aktywowane osadzanie gliny (Ion Activated Clay Deposition).

Wykorzystując system artkulacyjny Typ V (robot 6-osiowy), układ korzysta ze specjalistycznego podawania dwuskładnikowego (2K). Zamiast sztywnej pasty, maszyna pompuje płynną zawiesinę glinianą. Kluczową innowacją jest dysza, w której zawieszina mieszana jest na bieżąco z elektrolitami. Ta interakcja wykorzystuje teorię podwójnej warstwy elektrycznej (EDL), wywołując szybką reakcję tiksotropową, która natychmiast przekształca płynny materiał w strukturalnie stabilny żel w momencie jego osadzania.

Co istotne, ta innowacja koncentruje się na możliwości druku, a nie wypalaniu. Dzięki chemicznemu (zamiast termicznemu) kontrolowaniu zmiany fazy, projekt potwierdza standardy Klasy A (surowej). Umożliwia to uzyskanie wymaganej wytrzymałości dla złożonych, niepłaskich form geometrycznych bez utraty możliwości ponownego przetworzenia materiału. Chociaż proces drukowania zachowuje pełną cyrkularność (bez wypalania), zastosowania zewnętrzne w warunkach rzeczywistych będą wymagały dodatkowego zabezpieczenia przed warunkami atmosferycznymi lub stabilizacji powierzchni.





ESA Mars Habitat

Rok:	2024
Partnerzy:	Vertico / TU Delft (NL)
Kategoria:	Aspiracje
Technologia:	Typ V (robotyczna) Pompa + Śruba
Materiał:	Class B (Regolith)
Geometria:	3D (Voronoid)

TProjekt ESA Mars Habitat, będący wynikiem współpracy Vertico, TU Delft oraz Europejskiej Agencji Kosmicznej, bada możliwości druku 3D z surowej marsjańskiej gleby bezpośrednio na powierzchni Marsa. Celem projektu jest maksymalizacja wykorzystania lokalnych zasobów (In-Situ Resource Utilisation, ISRU) i minimalizacja potrzeby transportowania materiałów z Ziemi.

W ramach badań zastosowano robota sześćoosiowego (Typ V: system artkulacyjny) połączzonego z pompą ciągłą. Głównym założeniem było ustalenie, w jakim stopniu mieszanka bazowa Vertico (materiał do druku betonu 3D) może zostać zastąpiona marsjańską glebą przy zachowaniu właściwości drukowalnych. Wyniki badań wykazały, że możliwa jest aż 70% substytucja. Sukces ten przypisuje się rozkładowi cząstek: gleba marsjańska zawiera wyjątkowo drobne cząstki oraz charakteryzuje się dużą powierzchnią właściwą (SSA), co zapewnia lepką, spójną mieszankę możliwą do pompowania – pod warunkiem odpowiedniego dostosowania zawartości wody.

Dzięki precyzyjnemu określeniu dawki wody, zespół osiągnął 70% zastąpienie materiału za pomocą symulanta marsjańskiego MGS-1, jednocześnie utrzymując zawartość hydraulicznego spoiwa poniżej progu 8%. Dzięki temu materiał został zakwalifikowany jako Klasa B (stabilizowany). To kluczowa lekcja również dla Ziemi – projekt pokazuje, że rozkład cząstek ma decydujące znaczenie dla wydajności druku 3D i że lokalne gleby mogą osiągnąć odpowiednią wytrzymałość strukturalną przy minimalnym udziale chemicznych środków stabilizujących.



ESA Mars Habitat





InnovA58 Acoustic Barrier

Rok:	2024
Partnerzy:	Terrestrial (Holandia)
Kategoria:	Aspiracje
Technologia:	Typ V (robotyczna) Natrysk (Shot-Earth)
Materiał:	Klasa B (stabilizowany)
Geometria:	3D (Ściana)

TProjekt InnovA58 Acoustic Barrier to efekt współpracy pomiędzy Terrestrial (twórca procesu), Vertico (robotyka) oraz Summum Engineering (projektowanie konstrukcyjne), realizowany na zlecenie ProRail w celu rozwoju zrównoważonej infrastruktury. Projekt stanowi przejście od statycznej prefabrykacji do autonomicznej produkcji bezpośrednio na placu budowy. W tym celu Vertico opracowało mobilnego robota poruszającego się po torach, który drukuje konstrukcję w sposób ciągły, przemieszczając się wzdłuż autostrady.

Do produkcji zastosowano technologię Shot-Earth 3D Printing (SE3DP), czyli metodę osadzania z wysoką prędkością, odmienną od tradycyjnej ekstruzji. Zamiast nakładania gęstej pasty, system pneumatycznie wyrzuca mieszankę ziemi, żwiru i włókien roślinnych (konopie lub miskant). Energia kinetyczna procesu zapewnia natychmiastowe zagęszczenie i dużą gęstość materiału, umożliwiając uzyskanie stabilności strukturalnej bez użycia szalunków czy cementowych spoiw.

Summum Engineering zoptymalizowało projekt do podwójnie zakrzywionej geometrii typu crinkle-crinkle. Ta falista forma pozostaje całkowicie w stanie ściskania, co pozwala konstrukcji wytrzymać ekstremalne obciążenia wiatrowe i drgania wywołane ruchem pociągów – bez stalowego zbrojenia. Poprzez dostosowanie rozkładu cząstek lokalnych gruntów i wykorzystanie mobilnego układu kinematycznego, projekt potwierdza skalowalność budownictwa ziemnego, oferując 90% redukcję emisji CO₂ w porównaniu do tradycyjnych betonowych barier dźwiękochłonnych.



InnovA58 Acoustic Barrier





Hope Village Center

Rok:	2025
Partnerzy:	Hassell / IAAC (Tanzania)
Kategoria:	Zastosowanie praktyczne
Technologia:	Type IV (SCARA) Pompa + Śruba
Materiał:	Klasa A (Lokalna glina)
Geometria:	3D (Centrum / Hub)

Projekt Hope Village Community Building został opracowany przez biuro Hassell we współpracy z organizacją charytatywną One Heart. Budynek, zaprojektowany przez ClarkeHopkinsClarke jako część szerszego planu zagospodarowania, ma na celu zapewnienie mieszkań, edukacji, opieki nad dziećmi oraz szkoleń zawodowych, aby pomóc młodym, zagrożonym wykluczeniem osobom w Tanzanii wyjść z ubóstwa.

Budynek charakteryzuje się półprzepuszczalnymi ścianami, wydrukowanymi w 3D z lokalnie pozyskiwanej gliny, oraz dachem z blachy falistej zaprojektowanym przez inżynierów z Eckersley O'Callaghan. Ściany powstały przy użyciu systemu drukującego WASP Crane, a glinę pozyskano z obszaru w promieniu 25 mil od placu budowy. Technologia druku 3D została wybrana ze względu na złożoną geometrię ścian, która umożliwia kontrolowany dopływ światła słonecznego i powietrza, wspierając pasywną regulację klimatu wewnętrznego.

Przy wyborze materiałów zespół projektowy zastosował holistyczne podejście do zrównoważonego rozwoju, uwzględniając zarówno wpływ środowiskowy, jak i społeczny – zarówno na etapie budowy, jak i po zakończeniu cyklu życia budynku. Zastosowano niskoprzetworzoną, lokalną glinę oraz zaplanowano całkowitą możliwość recyklingu materiału. Efektem jest wysoce zrównoważony budynek, który harmonijnie wpisuje się w otoczenie, odpowiada na potrzeby lokalnej społeczności i wyznacza nowe granice dla wielkoskalowego druku 3D z surowej ziemi na świecie.



Hope Village Center





Lib Earth House Model B

Rok:	2025
Partnerzy:	Lib Work / WASP (Japonia)
Kategoria:	Zastosowanie praktyczne
Technologia:	Typ IV (SCARA) Pompa + Śruba
Materiał:	Klasa B (Ziemia + Wapno)
Geometria:	2.5D (Płaska)

Lib Earth House to eksperymentalny projekt budowlany firmy Lib Work, który łączy wielkoskalowy druk 3D z konstrukcją drewnianą w celu stworzenia domu zbudowanego na bazie ziemi. Proces rozpoczyna się od wykonania tradycyjnych fundamentów. Na nich montowany jest bramowy drukarka 3D, która warstwa po warstwie drukuje zewnętrzną powłokę ścian. Dzięki zaprogramowanej ścieżce, drukarka może tworzyć zarówno proste, jak i zakrzywione formy o jednolitej grubości.

Po zakończeniu druku maszyna zostaje usunięta, a wewnątrz wydrukowanej powłoki montowana jest drewniana rama nośna. To hybrydowe podejście jest kluczowe: drewniana konstrukcja przejmuje główne obciążenia statyczne, podczas gdy wydrukowane ściany z ziemi pełnią funkcję przegrody zewnętrznej oraz nadają bryle budynku ostateczny kształt.

Materiał do druku to mieszanka ziemi, wapna i włókien roślinnych, pozbawiona cementu – zaprojektowana z myślą o redukcji śladu węglowego w porównaniu z betonem zbrojonym. Firma Lib Work prezentuje projekt jako odpowiedź na niedobory siły roboczej oraz jako potencjalną drogę do szybszej i bardziej znormalizowanej produkcji mieszkań bezpośrednio na placu budowy.



Lib Earth House Model B





To Grow a Building

Rok:	2025
Partnerzy:	MIT / WASP (Włochy)
Kategoria:	Aspiracje
Technologia:	Typ IV (SCARA) Pompa + Śruba
Materiał:	Klasa A (Żywa gleba)
Geometria:	Niepłaska

W ramach programu rezydencyjnego WASP związanego z Biennale w Wenecji, firma WASP oraz architektka Nof Nathasohn wspólnie stworzyli projekt To Grow a Building – nowy punkt styku między mechaniczną precyzją a nieprzewidywalnością natury. Projekt ten bada koncepcję żywej architektury.

Wykorzystując nowy materiał do druku 3D, w 100% wykonany z lokalnej ziemi z Massa Lombarda i zawierający nasiona 14 różnych gatunków roślin, projekt przekracza granice tradycyjnego, sterylnego budownictwa. Z czasem nasiona zaczynają kiełkować, a ich korzenie i pędy przenikają strukturę, tworząc naturalny system zbrojenia, który wzmacnia konstrukcję od środka.

Projekt został opracowany na podstawie danych botanicznych, tak aby każda część konstrukcji zapewniała odpowiednie warunki wilgotności i nasłonecznienia niezbędne do wzrostu konkretnych gatunków roślin. Po zakończeniu budowy obiekt staje się żyjącym, oddychającym ekosystemem – przyciąga owady, oferując im pożywienie i schronienie, jednocześnie wspierając lokalną bioróżnorodność.

Poprzez współpracę z naturą – zamiast prób jej dominowania – projekt akceptuje upływ czasu, pozwalając architekturze rozwijać się i adaptować wraz ze zmianami pór roku.



To Grow a Building





Intrusion Earth AM

Rok:	2024
Partnerzy:	TU Monachium (Niemcy)
Kategoria:	Dostępność
Technologia:	Typ V (robotyczna) Seria (Intruzja)
Materiał:	Klasa A (Pasta z ziemi)
Geometria:	3D (Objętościowa)

Projekt Intrusion Earth AM (IEAM), realizowany w ramach programu badawczego A10 na TU Monachium, definiuje nową logikę produkcji w obszarze druku addytywnego. Badając interakcje między materiałem a procesem, projekt wprowadza strategię łóżka cząsteczkowego jako alternatywę dla standardowych metod nakładania warstw, łącząc ją z technikami ekstruzyjnymi.

Wykorzystując sześćoosiowe ramię robotyczne (Typ V: System artykulacyjny), system wytłacza materiał klasy A (pasta z gliny), składający się z gliny, piasku i włókien słomy. Proces wytwarzania przebiega w pięciu cyklicznych etapach: najpierw drukowana jest warstwa gliny (Earth printing), natychmiast po której następuje osadzanie kruszywa z recyklingowanej cegły. Kolejnym krokiem jest zagęszczanie – mechaniczne wtłaczanie pasty w puste przestrzenie między ziarnami kruszywa. Po wyrównaniu powierzchni cykl się powtarza.

Kluczowym celem tej strategii mechanicznej intruzji jest oddzielenie pompowalności materiału od jego zdolności budowlanej. Dzięki zastosowaniu zagęszczania zamiast płynięcia, proces pozwala na znaczne ograniczenie ilości wody w mieszanke. Skutkuje to redukcją skurczu i czasu schnięcia oraz zwiększa tzw. zieloną wytrzymałość (green strength). Potwierdzone poprzez demonstratory w skali 1:4, badania pokazują, że odpowiednie zarządzanie wzajemnymi zależnościami pomiędzy reologią pasty a rozkładem ziaren kruszywa umożliwia uzyskanie wysokiej dokładności strukturalnej bez konieczności stosowania stabilizacji chemicznej.



Intrusion Earth AM

1:20 Model

(a)



(b)



(c)



1:4 Prototype





Living Soil Wall

Rok:	2022
Partnerzy:	University of Virginia (USA)
Kategoria:	Aspiracje
Technologia:	Typ V (robotyczna) Pompa (Pasta)
Materiał:	Klasa A (Gleba + Nasiona)
Geometria:	3D (Pojemnik)

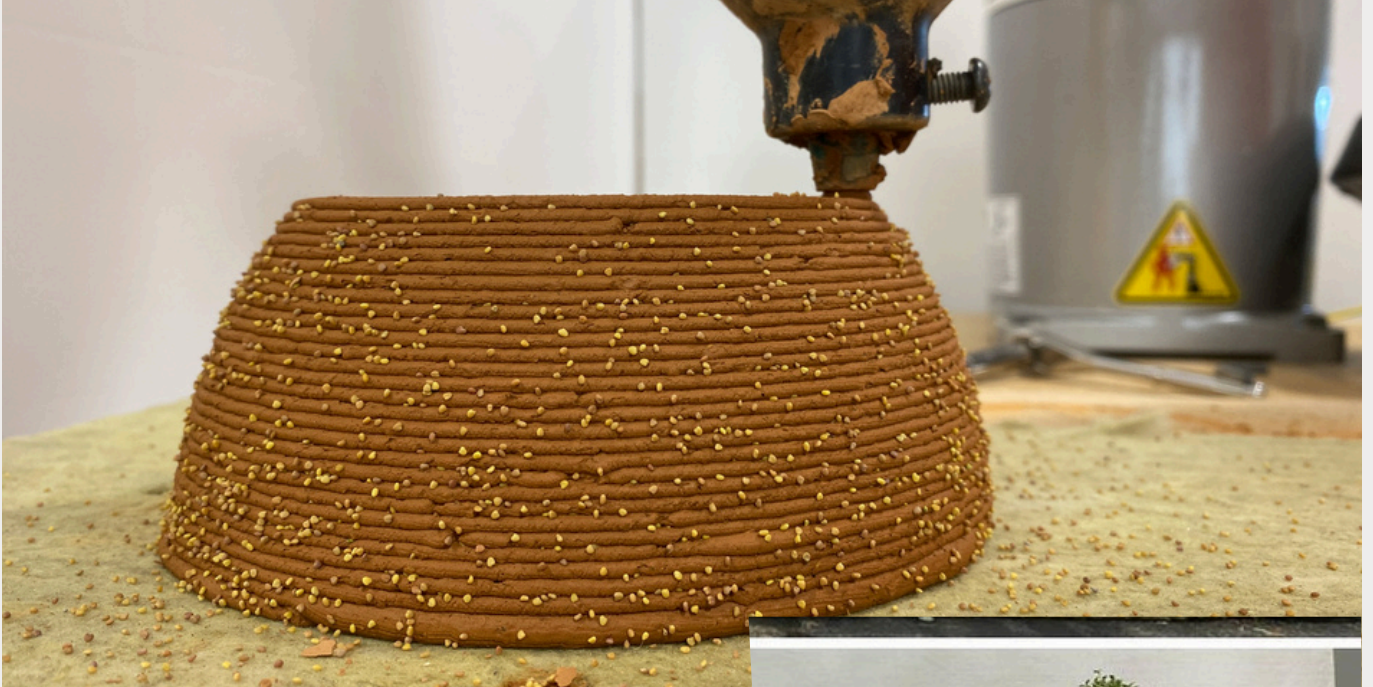
UNaukowcy z University of Virginia (UVA) badają nowatorski pomysł: drukowanie 3D struktur z gleby, które jednocześnie pełnią funkcję żywych systemów uprawnych. Zamiast dodawać zieleni po zakończeniu budowy (np. donice czy zielone dachy), ich podejście polega na budowaniu razem z krajobrazem – poprzez druk form opartych na glebie, które od początku wspierają wzrost roślin.

Opracowali drukowalny „atrament glebowy” poprzez zmieszanie lokalnej gleby z wodą, a następnie wytłaczają go warstwowo przez dyszę – podobnie jak w przypadku druku betonu 3D, lecz z użyciem ziemi jako głównego materiału. Metoda ta posiada również wymiar edukacyjny i potencjał do niskoenergetycznego, cyrkularnego podejścia: drukarka potrzebuje energii głównie do ruchu i pompowania, a nieudane wydruki można rozłożyć, wymieszać na nowo i ponownie wydrukować.

Aby uczynić struktury biologicznie aktywnymi, zespół przetestował dwie strategię: drukowanie warstw gleby i nasion osobno oraz mieszanie nasion bezpośrednio z glebą przed drukiem. Obie metody dały prototypy, które wykiełkowały. Głównym wyzwaniem technicznym okazało się zarządzanie wodą: proces ekstruzji zagęszcza glebę i zmniejsza przestrzeń powietrzną, co powoduje szybsze wysychanie i ogranicza dobór roślin do gatunków odpornych na suszę.



Living Soil Wall





TOVA

Rok:	2022
Partnerzy:	IAAC (Hiszpania)
Kategoria:	Zastosowanie praktyczne
Technologia:	Typ IV (SCARA) Pompa + Śruba
Materiał:	Klasa A (Ziemia + Aloes)
Geometria:	3D (Dom)

TOVA to projekt realizowany we współpracy między Instytutem Zaawansowanej Architektury Katalonii (IAAC), firmą WASP oraz UN-Habitat, badający możliwości wielkoskalowego druku addytywnego z surowej ziemi jako odwracalnego systemu budowlanego. Jako pierwszy budynek wydrukowany w 3D w Hiszpanii, TOVA dąży do osiągnięcia niemal zerowego śladu węglowego i całkowitej eliminacji odpadów.

Projekt został zrealizowany przy użyciu systemu Typ IV: Systemu Polarnego (Crane WASP), który umożliwia pracę w dużym obszarze roboczym oraz ciągłe nanoszenie materiału przy zachowaniu precyzyjnej kontroli nad geometrią ścieżki narzędzia. Pod względem materiałowym, TOVA spełnia standardy Klasy A: Surowy / Odwracalny. Mieszanka drukarska powstała z lokalnie wydobywanej ziemi, przetwarzanej i kalibrowanej na miejscu z dodatkami naturalnych stabilizatorów, takich jak celuloza i aloes. Ponieważ budynek jest narażony na deszcz, zastosowano drewniany dach oraz naturalną powłokę ochronną na bazie białek jaj.

Geometria architektoniczna została celowo uformowana z użyciem krzywizn, pogrubień ścian i pustek wewnętrznych, aby zapewnić stabilność konstrukcyjną poprzez formę, a nie zbrojenie. Kluczowym aspektem TOVA jest demonstracja budownictwa bezodpadowego: po zakończeniu cyklu życia struktura może zostać zmielona, nawodniona i przywrócona naturze, pozycjonując technologię druku z ziemi jako realną alternatywę cyrkularną dla tradycyjnych systemów budowlanych.



TOVA



www.earth3d.eu



Skylos

Rok:	2022
Partnerzy:	Emerging Objects (USA)
Kategoria:	Zastosowanie praktyczne
Technologia:	Typ IV (SCARA) Pompa + Śruba
Materiał:	Klasa A (Adobe)
Geometria:	3D (Powłoka)

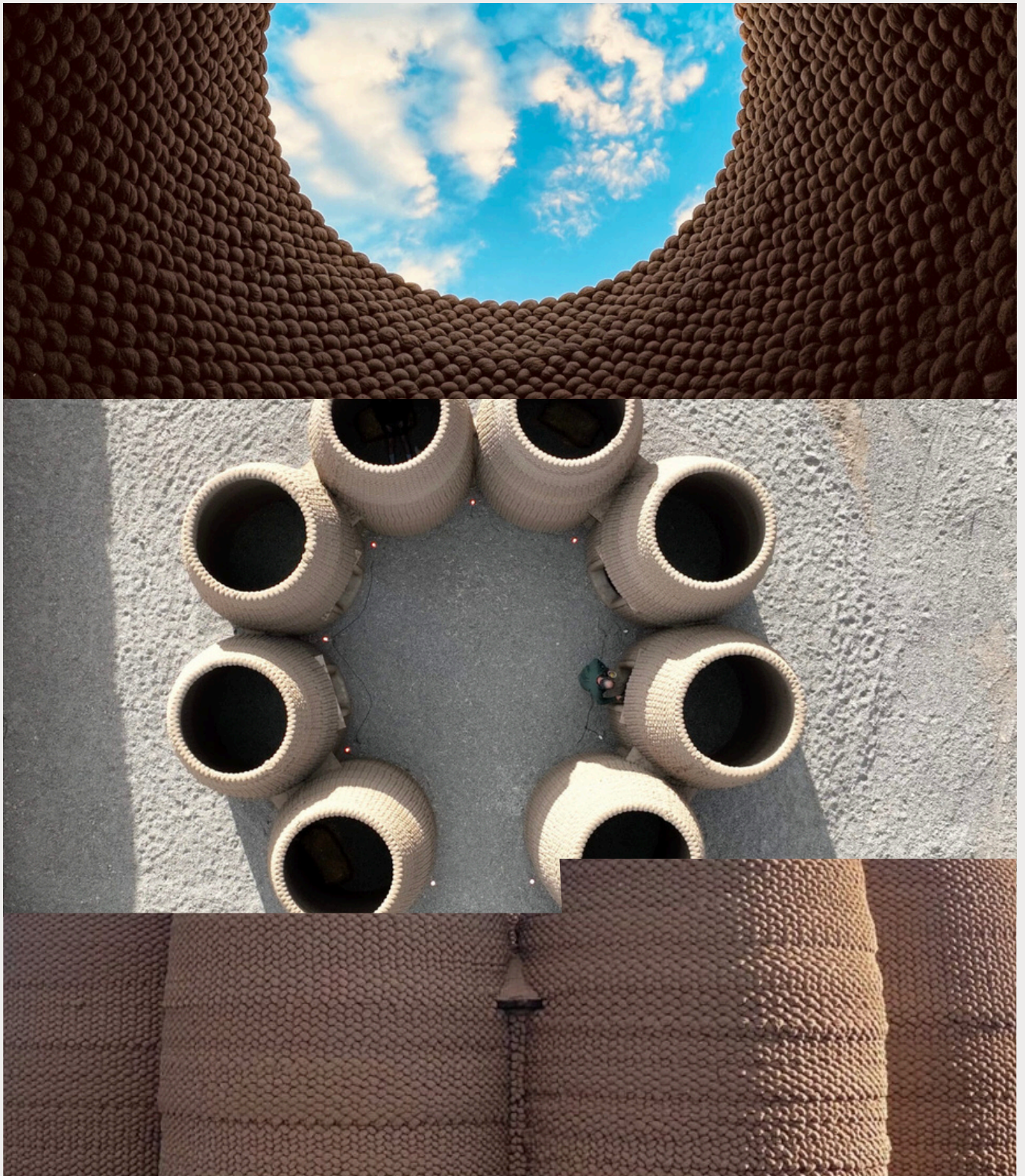
Projekt Skylos, realizowany we współpracy pomiędzy Emerging Objects a Frontier Drive-Inn, bada możliwości druku addytywnego w kontekście zrównoważonych i lokalnych form schronienia. Wychodząc poza zależność od ciężkiej infrastruktury przemysłowej, projekt koncentruje się na mobilności i szybkim wdrażaniu, umożliwiając produkcję bezpośrednio na miejscu – nawet w trudno dostępnych lokalizacjach.

Badania wykorzystują system SCARA Typ IV w połączeniu z mechanizmem pompy i śruby. Ten lekki, kinematyczny układ został zaprojektowany do wytłaczania tradycyjnej mieszanki adobe (Klasa A), opartej na lokalnie pozyskiwanym błocie, mule i słomie – bez dodatku cementowych stabilizatorów. Dzięki właściwościom tiksotropowym wilgotnej ziemi, materiał zachowuje kształt natychmiast po osadzeniu, co eliminuje konieczność stosowania chemicznych przyspieszaczy.

Pod względem konstrukcyjnym Skylos opiera się na geometrii powłokowej 3D. Projekt integruje sinusoidalne karbowania i tekstury powierzchniowe w celu zwiększenia stabilności. To geometryczne usztywnienie kompensuje brak wytrzymałości na rozciąganie, umożliwiając pionową budowę cienkościennych struktur. Łącząc starożytną wiedzę o materiałach z nowoczesną robotyką, Skylos pokazuje potencjał surowej ziemi jako surowca do automatyzowanej, odpornej i nowoczesnej produkcji mieszkaniowej.



Skylos



www.earth3d.eu



Urban Reef Bio-Composites

Rok:	2022
Partnerzy:	Urban Reef (Holandia)
Kategoria:	Aspiracje
Technologia:	Typ III (Delta) Ciągła (Śruba)
Materiał:	Klasa A (Surowy / Bio)
Geometria:	3D (Złożona)

Urban Reef to inicjatywa badawcza, której celem jest przekształcenie miast w bioinkluzywne środowiska wspierające różnorodne formy życia. W odpowiedzi na utratę bioróżnorodności charakterystyczną dla gęsto zabudowanych obszarów miejskich, projekt kwestionuje antropocentryczne podejście do projektowania przestrzeni, proponując żywe i adaptacyjne struktury.

Wykorzystując wielkoskalowy druk 3D w technologii LDM za pomocą systemu Delta WASP 40100 Clay, Urban Reef wytwarza tzw. "rafy" – mikrohabitaty zaprojektowane algorytmicznie. Ich geometrie są wysoce złożone i porowate, zoptymalizowane pod kątem zatrzymywania wody, regulacji wilgotności oraz tworzenia różnorodnych mikroklimatów. Struktury te pełnią funkcję miejskich mikrorefugium, oferując korzystne warunki dla rozwoju roślin, grzybów i mikroorganizmów.

Skład materiałowy spełnia rygory Klasy A (Surowy/Bio) i obejmuje kompozyty gliniane, grzybię, nasiona oraz przetworzoną materię organiczną. Dzięki wykluczeniu cementowych spoiw, struktury pozostają chemicznie zgodne z rozwojem organizmów żywych. Łącząc cyfrową fabrykację z badaniami nad ekologicznymi materiałami, Urban Reef proponuje skalowalny model miast odpornych na zmiany klimatu. Projekt pokazuje, że druk addytywny może wykraczać poza funkcję statycznego schronienia, tworząc regeneracyjną infrastrukturę służącą wszystkim formom życia – nie tylko ludziom.



Urban Reef Bio-Composites





TECLA

Rok:	2021
Partnerzy:	WASP / MCA (Włochy)
Kategoria:	Zastosowanie praktyczne
Technologia:	Typ III (Delta) Pompa + Śruba
Materiał:	Klasa B (Ziemia + Wapno)
Geometria:	3D (Kopuła)

TECLA to eksperymentalny projekt mieszkaniowy, który pokazuje, jak cyfrowa fabrykacja i naturalne materiały mogą zrewolucjonizować współczesne budownictwo. Opracowany przez firmę WASP i zaprojektowany przez Mario Cucinella Architects (MCA), projekt odpowiada na globalne zapotrzebowanie na dostępne cenowo i niskoemisyjne mieszkania poprzez model budownictwa cyrkularnego.

Zrealizowany w Massa Lombarda we Włoszech, TECLA to pierwszy w pełni wydrukowany w 3D habitat, skonstruowany równocześnie przez kilka współpracujących drukarek (system Crane WASP). Głównym celem projektu było przekształcenie surowej ziemi w wysokowydajny system architektoniczny. Projekt opiera się na geometrii podwójnej kopuły, która integruje strukturę, dach i przegrodę zewnętrzną w jedną ciągłą formę. Takie podejście morfologiczne zapewnia optymalną stabilność konstrukcyjną oraz właściwości izolacyjne i naturalną wentylację.

Strategia materiałowa wykorzystuje glebę lokalną (Klasa B: Ziemia + Wapno), wzbogaconą o niewielką ilość wapna hydraulicznego w celu zwiększenia odporności na warunki atmosferyczne przy zachowaniu niskiego śladu węglowego. TECLA stanowi przełomowy punkt w rozwoju cyfrowej budowy na miejscu, udowadniając, że modułowa technologia oparta na wielu drukarkach może wytwarzać wielkoskalowe struktury z lokalnych, odnawialnych i nadających się do recyklingu materiałów. Projekt oferuje możliwy do powielenia model zrównoważonego budownictwa, dostosowującego się do różnych klimatów i kontekstów społecznych.



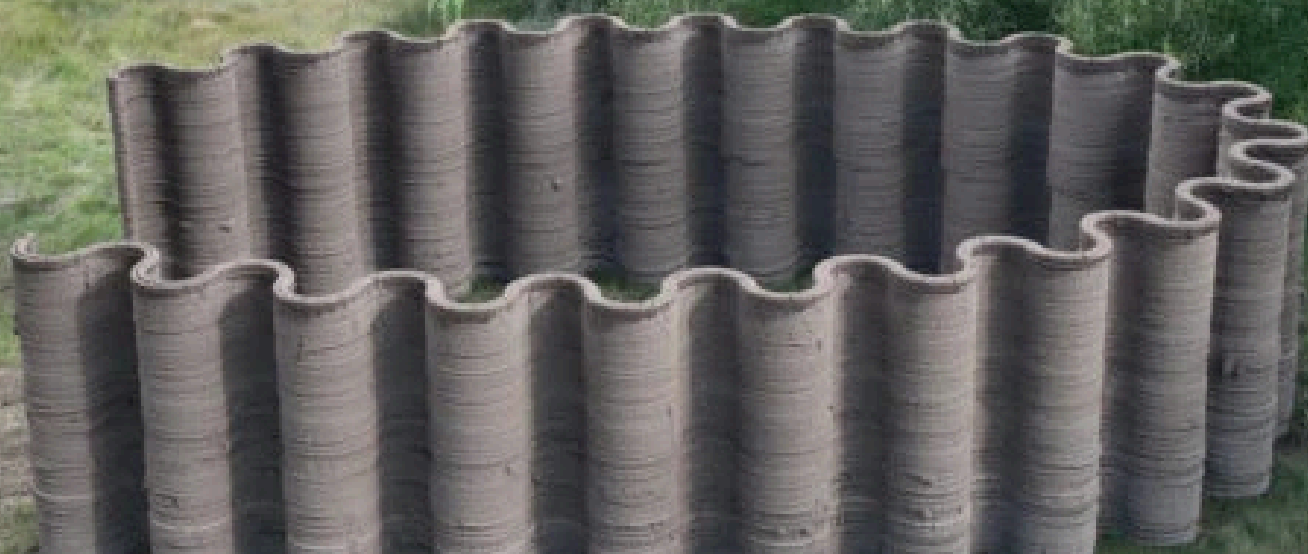
TECLA



www.earth3d.eu



Muddy Robots



Rok:	2021
Partnerzy:	UC Berkeley (Ronald Rael)
Kategoria:	Zastosowanie praktyczne
Technologia:	Typ V (robotyczna) Pompa + Śruba
Materiał:	Klasa A (Adobe)
Geometria:	3D (Kopuła)

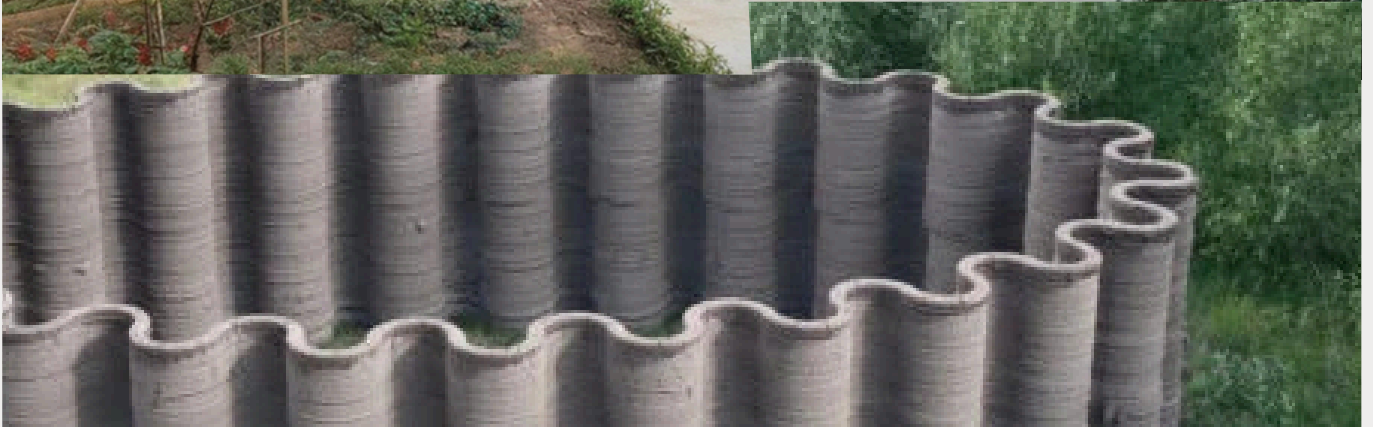
Muddy Robots to architektoniczny projekt badawczy prowadzony przez Ronalda Raela z UC Berkeley, badający, w jaki sposób robotyczna fabrykacja addytywna może ożywić budownictwo ziemne jako odpowiedź na współczesny kryzys mieszkaniowy. Bazując na dorobku Raela w obszarze technologii i kultury, projekt stanowi krytykę uprzemysłowionych praktyk budowlanych, sięgając do wiedzy przodków związanej z budownictwem glinianym.

Projekt wykorzystuje system Typ V (robotyczny), łączący zaawansowaną cyfrową fabrykację z tradycyjną techniką adobe. Czerpiąc z dziedzictwa kulturowego Raela, projekt redefiniuje ziemię jako zdrowy, znaczący kulturowo materiał nadający się do produkcji wielkoskalowej. Kluczową innowacją jest opracowanie mobilnych i dostępnych systemów budowlanych, które umożliwiają druk 3D bezpośrednio na miejscu – nawet w trudnych warunkach terenowych. Do osiągnięć projektu należy m.in. stworzenie pierwszego na świecie drukowanego na miejscu dachowego sklepienia z błota, inspirowanego techniką Nubijską.

Zamiast skupiać się wyłącznie na samodzielnym budowaniu, Muddy Robots proponuje skalowalne i zgodne z przepisami rozwiązanie dla budownictwa masowego. Poprzez powrót do naturalnych, biodegradowalnych materiałów (Klasa A), projekt oferuje zrównoważoną alternatywę wobec wysokoemisyjnych i zasobochłonnych metod budowlanych. Pokazuje, że zaawansowaną robotykę można wykorzystać nie po to, by wymazać tradycyjne rzemiosło, lecz by je skalować i wspierać zdrowsze środowisko zabudowane.



Muddy Robots





Casa Covida



Rok:	2020
Partnerzy:	Emerging Objects (USA)
Kategoria:	Zastosowanie praktyczne
Technologia:	Typ IV (SCARA) Pompa + Śruba
Materiał:	Klasa A (Adobe / Słoma)
Geometria:	3D (Spiralna)

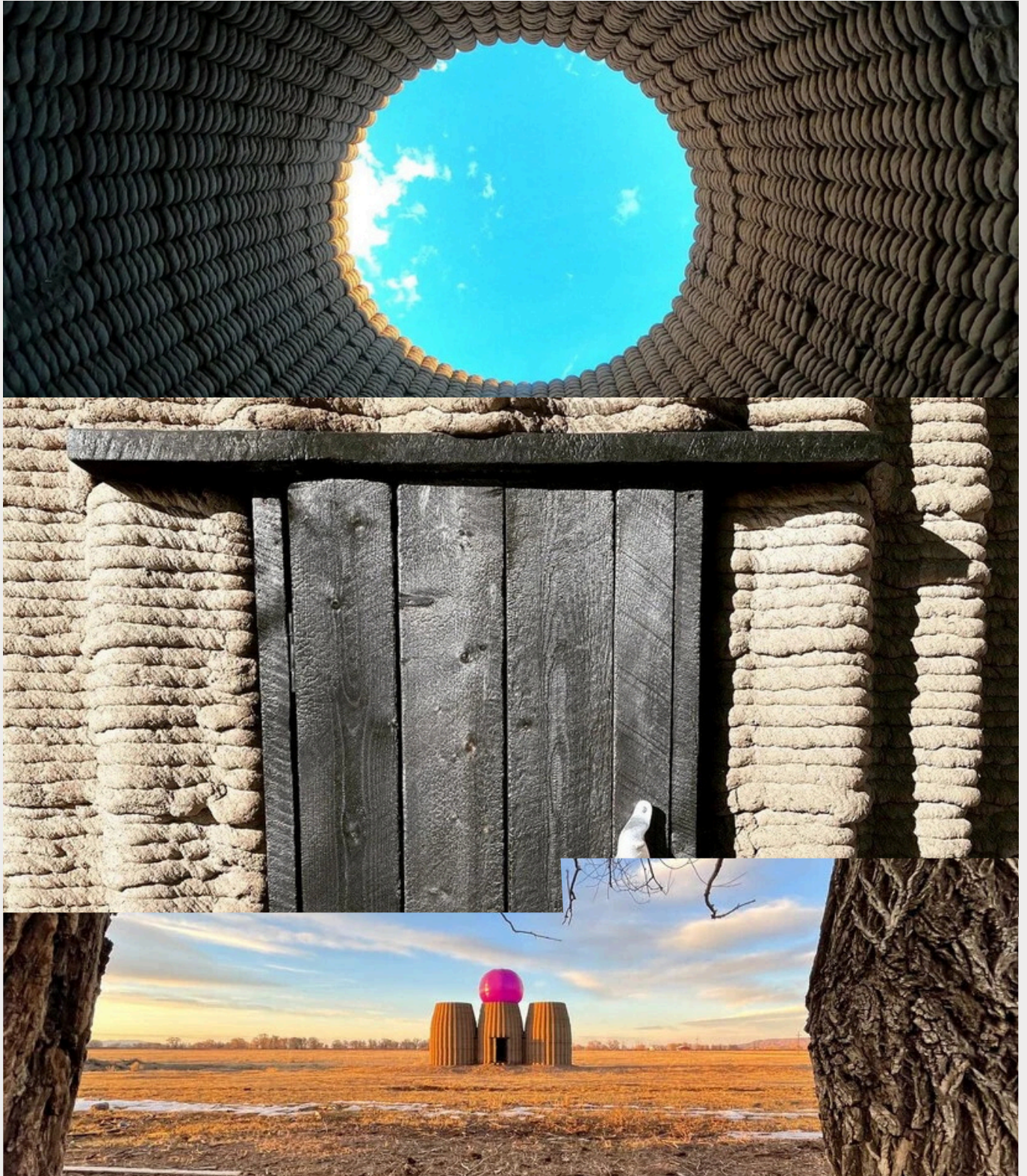
Casa Covida to eksperymentalny projekt mieszkaniowy zlokalizowany w wysokogórskiej pustyni Doliny San Luis w Kolorado. Opracowany przez Emerging Objects w odpowiedzi na społeczne i przestrzenne potrzeby, które pojawiły się podczas pandemii, projekt na nowo definiuje architekturę mieszkalną przez pryzmat wspólnotowego życia, odporności oraz silnej relacji z miejscem.

Struktura została zbudowana przy użyciu mobilnego systemu druku 3D na miejscu, wyposażonego w lekkie ramie robotyczne SCARA (Typ IV). Taki układ umożliwia ciągłe podawanie materiału, co pozwala na tworzenie struktur znacznie większych niż sama drukarka. Budynek składa się z trzech połączonych jednostek mieszkalnych — przeznaczonych do spania, kąpeli i wspólnego spędzania czasu — i wykonany jest z tradycyjnego adobe (mieszanka piasku, mułu, gliny, wody i słomy).

Projekt łączy proste techniki manualne z zaawansowaną cyfrową fabrykacją. Zastosowanie materiału Klasy A (Adobe/Słoma) zapewnia silną więź przestrzenną z krajobrazem i podłożem, a jednocześnie gwarantuje pełną biodegradowalność. Poprzez połączenie wiedzy przodków z nowoczesnymi technologiami budowlanymi, Casa Covida prezentuje elastyczny, dostępny i zakorzeniony lokalnie model zrównoważonego mieszkalnictwa, który można wdrożyć przy minimalnej infrastrukturze.



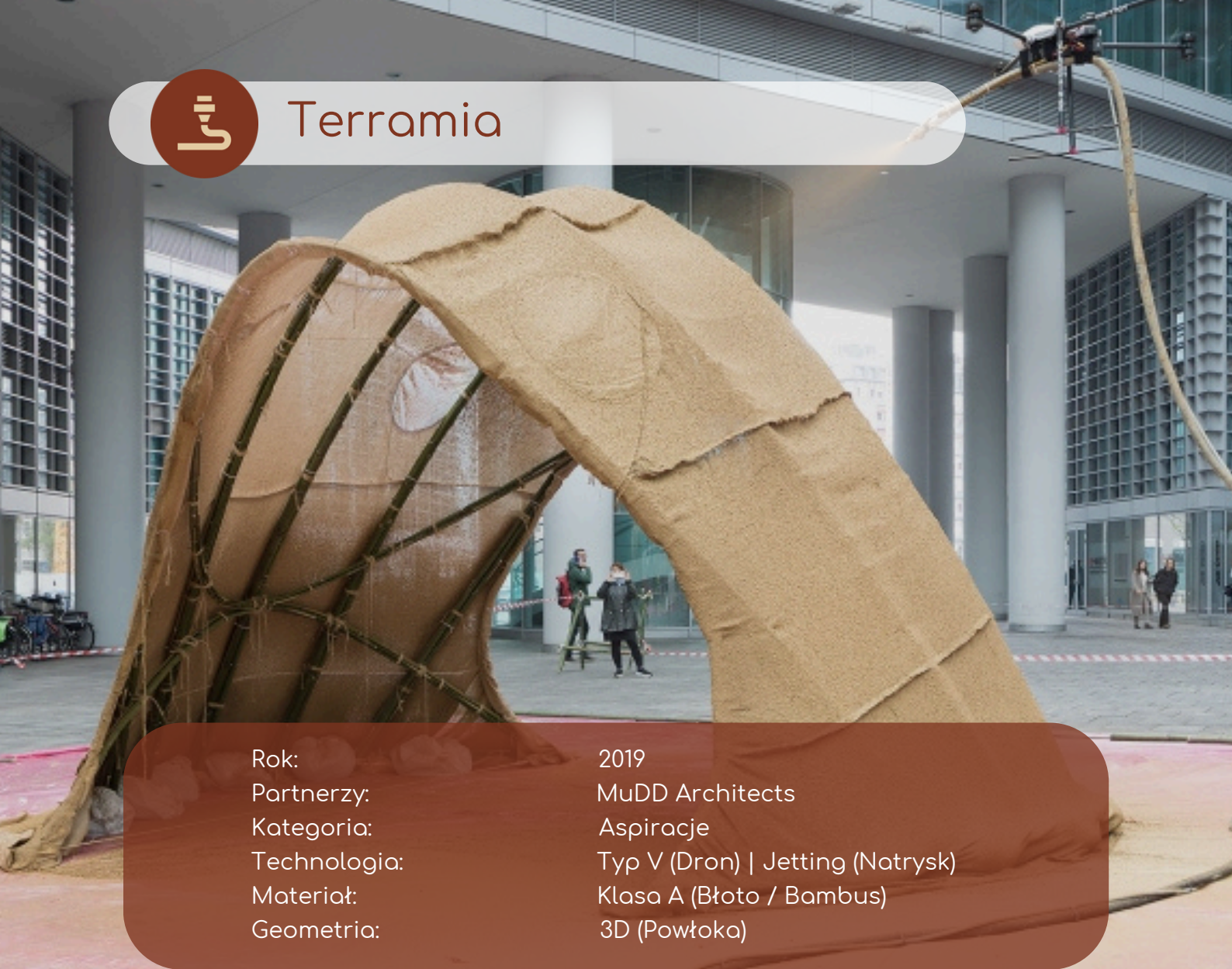
Casa Covida



www.earth3d.eu



Terramia



Rok:	2019
Partnerzy:	MuDD Architects
Kategoria:	Aspiracje
Technologia:	Typ V (Dron) Jetting (Natrysk)
Materiał:	Klasa A (Błoto / Bambus)
Geometria:	3D (Powłoka)

Terramia jest eksperymentalnym pawilonem badającym szybkie, przystępne cenowo i zrównoważone metody budowy schronień awaryjnych. Projekt opracowany przez MuDD Architects w unikalny sposób łączy technologie cyfrowej fabrykacji z naturalnymi materiałami, proponując solidną alternatywę dla konwencjonalnych, lekkich konstrukcji tymczasowych.

Struktura składa się z trzech podwójnie zakrzywionych powłok ziemnych, formowanych przy użyciu systemu bending-active z bambusa oraz tkaniny jutowej wycinanej CNC. Kluczową innowacją jest wykorzystanie dronów powietrznych (Typ V) do unoszenia szalunku z tkaniny i natryskiwania go zaprawą wykonaną z gliny, piasku oraz łusek ryżu. To podejście typu „bioshotcrete” eliminuje potrzebę stosowania ciężkiego sprzętu lub skomplikowanych rusztowań. Natryskiwana mieszanka ziemna tworzy trwałą, biologicznie opartą powłokę konstrukcyjną.

Przy wsparciu Summum Engineering projekt Terramia łączy zasady technologii shotcrete z tradycyjną techniką wattle-and-daub, wspomaganą robotyką. Dzięki wykorzystaniu dronów do transportu materiału oraz pozycjonowania szalunku projekt pokazuje, w jaki sposób cyfrowo wspomagane budownictwo ziemne może dostarczać odporne, zgodne z normami i skalowalne rozwiązania dla budownictwa przejściowego, wykorzystując produkty uboczne rolnictwa i lokalne grunty do tworzenia wysokowydajnych struktur powłokowych.



Terramia



www.earth3d.eu



Wall with Staircase

Rok:	2019
Partnerzy:	IAAC / WASP
Kategoria:	Zastosowanie praktyczne
Technologia:	Typ III (Delta) Pompa + Śruba
Materiał:	Klasa A (Ziemia)
Geometria:	3D (Schody)

Ten eksperymentalny projekt, opracowany przez WASP we współpracy z Instytutem Zaawansowanej Architektury Katalonii (IAAC), bada potencjał konstrukcyjny druku 3D na miejscu w kontekście nośnych konstrukcji ziemnych. Prototyp przedstawia 40-centymetrową ścianę wydrukowaną w 3D, która płynnie integruje funkcjonalne schody, demonstrując, że elementy architektoniczne mogą być bezpośrednio wbudowane w strukturę drukowaną.

Ściana została wykonana przy użyciu drukarki 3D Crane WASP (Typ III), z wykorzystaniem mieszanki gliny i włókien ryżowych pochodzenia roślinnego dostarczonej przez RiceHouse (Klasa A). Proces drukowania trwał około 40 godzin i zużył dwa metry sześciennego materiału. Kluczową strategią projektową była wewnętrzna modulacja powierzchni, która zoptymalizowała wydajność strukturalną i stabilność przy jednoczesnej oszczędności materiału.

Projekt badał również możliwości systemów hybrydowych, które pozwalają na naturalne zakotwiczenie elementów drewnianych w drukowaną ścianę już w trakcie jej tworzenia. Potwierdza to potencjał integracji stolarki z drukiem z ziemi bez użycia mechanicznych łączników. Ta współpraca wpisuje się w szerszą agendę badawczą, koncentrującą się na opracowywaniu przystępnych cenowo, skalowalnych i zrównoważonych rozwiązań druku 3D na miejscu – zarówno dla zastosowań humanitarnych, jak i przyszłych modeli architektonicznych.



Wall with Staircase





Hearth (Mud Frontiers)



Rok:	2019
Partnerzy:	Emerging Objects
Kategoria:	Zastosowanie praktyczne
Technologia:	Typ IV (SCARA) Pompa + Śruba
Materiał:	Klasa A (Adobe / Drewno)
Geometria:	2.5D (Ściana)

Część programu badawczego Mud Frontiers realizowanego przez Emerging Objects, projekt Hearth bada, w jaki sposób tradycyjne techniki budownictwa ziemnego mogą zostać przekształcone przy użyciu zaawansowanej cyfrowej fabrykacji. Opracowany na historycznych terenach pogranicza dorzecza Rio Grande, projekt czerpie silne inspiracje z dziedzictwa architektury ziemnej oraz tradycji garncarskich kultur Ancestral Pueblo i Indo-Hispano.

Wykorzystując przenośny system druku 3D z ramieniem robotycznym typu SCARA (Typ IV), lokalnie pozyskana ziemia została bezpośrednio przekształcona na miejscu w elementy architektoniczne. Hearth jest jednym z czterech eksperymentalnych instalacji — obok Beacon, Lookout i Kiln — badających nośność, zachowanie cieplne oraz wyraz kulturowy w strukturach drukowanych z błota.

Projekt analizuje potencjał wykorzystania błota, gliny, wody i słomy do budowy nowoczesnych konstrukcji w skali 1:1. Poprzez połączenie rzemiosła przodków z robotycznym drukiem addytywnym, Hearth udowadnia, że budownictwo może być dostępne, niskonakładowe i przyjazne dla środowiska. Proponuje skalowalny model przyszłej architektury ziemnej, który jednocześnie szanuje dziedzictwo kulturowe danego miejsca i wykorzystuje lokalnie dostępne, zrównoważone materiały.



Hearth (Mud Frontiers)





A. Clay Rotunda



Rok:	2021
Partnerzy:	ETH Zurich
Kategoria:	Aspiracje
Technologia:	Typ V (robotyczna) Seria (Układanie)
Materiał:	Klasa A (Niewypalana glina)
Geometria:	3D (Cylinder)

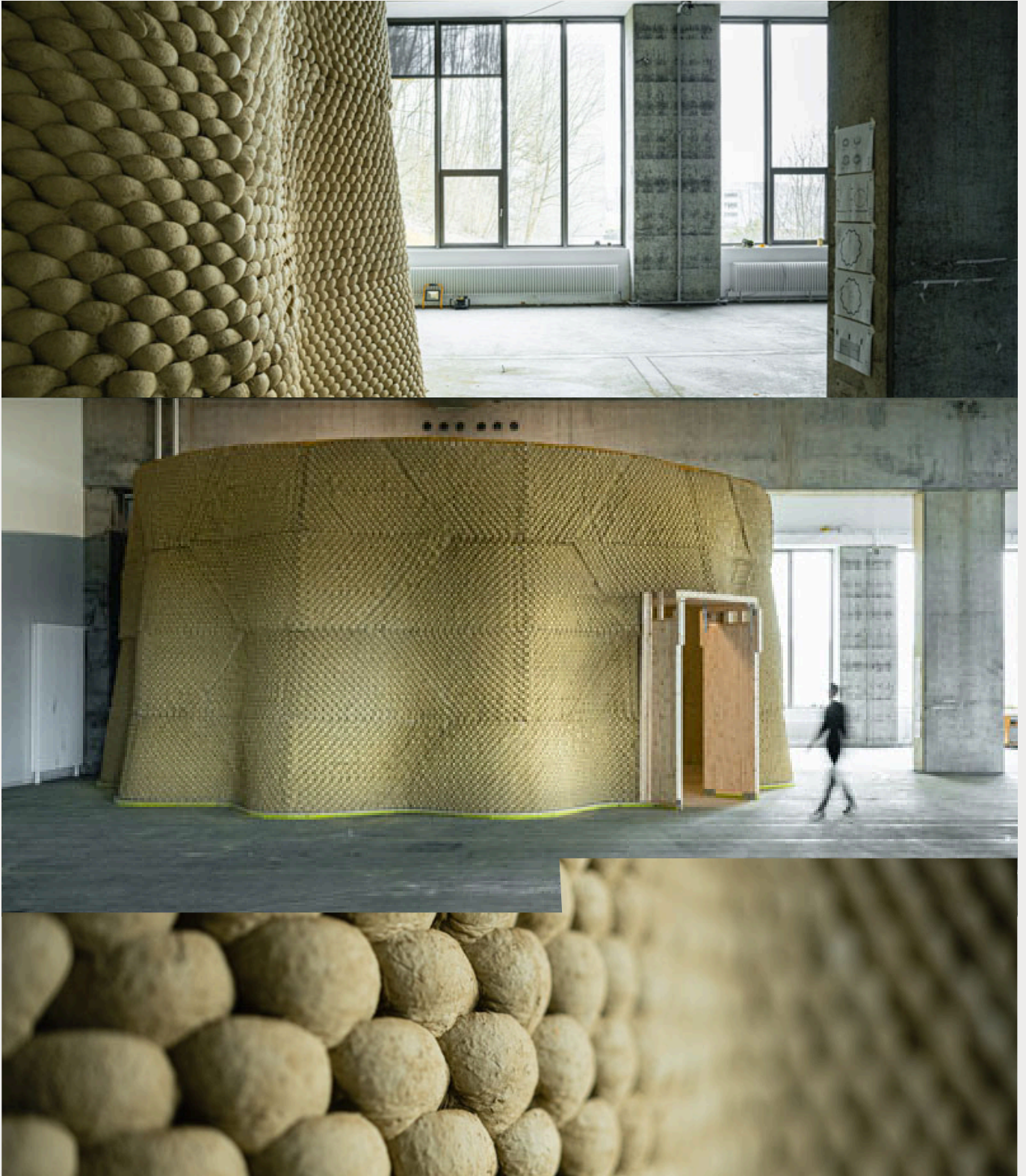
Clay Rotunda to eksperymentalna konstrukcja ziemna stanowiąca dźwiękoszczelną powłokę zewnętrzną SE MusicLab w Bernie. Projekt opracowany przez ETH Zurich odpowiada na pilną potrzebę niskoemisyjnego budownictwa, łącząc tradycyjne rzemiosło związane z gliną z zaawansowanym projektowaniem komputerowym i robotyczną fabrykacją.

W przeciwieństwie do projektów opartych na ekstruzji, ta konstrukcja wykorzystuje metodę Batch (Place). Mobilny system robotyczny (Typ V) precyzyjnie umieścił ponad 30 000 miękkich cegieł glinianych bezpośrednio na miejscu. Proces oparty na danych integrował analizę konstrukcyjną i zachowanie materiału, aby określić dokładne położenie każdej jednostki. Powstała w ten sposób wolnostojąca cylindryczna forma ma 5 metrów wysokości, niemal 11 metrów średnicy i zaledwie 15 cm grubości ściany.

Stabilność zapewniono poprzez falującą geometrię, a nie zbrojenie. Projekt demonstruje właściwości akustyczne i klimatyczne niezbrojonej gliny (Klasa A), a także jej cykl życia wolny od odpadów.



A. Clay Rotunda





B. Impact Printed Earth

Rok:	2024
Partnerzy:	ETH Zurich (Szwajcaria)
Kategoria:	Aspiracje
Technologia:	Typ V (robotyczna) Natrysk (Shooting / Jetting)
Materiał:	Klasa A (Wykopany surowiec)
Geometria:	Niepłaska

Projekt Impact Printed Earth, opracowany przez Gramazio Kohler Research na ETH Zurich, wprowadza nową logikę produkcji opartą na energii kinetycznej zamiast chemicznego wiązania. Projekt wykorzystuje wiele platform robotycznych i został zaklasyfikowany jako system Typ V: System artikulacyjny, ewoluując od laboratoryjnej bramki do autonomicznej, mobilnej koparki, aby umożliwić przejście od prefabrykacji do bezpośredniej konstrukcji na miejscu (in situ).

Główną innowacją jest wysokociśnieniowe nanoszenie zagęszczonego materiału. Specjalnie zaprojektowana głowica końcowa wydziela i wyrzuca ziarnoziarniste pellety ziemi z prędkością do 10 metrów na sekundę. To kinetyczne uderzenie generuje natychmiastową spójność materiału, co pozwala systemowi przetwarzać sztywną mieszankę o wysokim progu płynięcia (zawierającą 75% odpadów z wykopów), bez ograniczeń typowych dla klasycznej ekstruzji, takich jak płynność czy ryzyko upłynięcia.

Proces został zoptymalizowany dla materiałów Klasy A (surowych), niezawierających spoiw cementowych, co umożliwia natychmiastową konsolidację odpowiednią do konstrukcji jedno- i dwupiętrowych. Łącząc ten mechanizm „strzelania” (impact jetting) z potencjalną integracją zbrojenia, projekt demonstruje, jak kinetyczne nanoszenie materiału może otworzyć nowe możliwości geometryczne w ramach cyrkularnych łańcuchów dostaw.

Choć robotyczna architektura umożliwia produkcję na zewnątrz, surowy materiał ziemny pozostaje higroskopijny; dlatego eksponowane struktury wymagają ochronnej obróbki powierzchniowej, aby zapobiec erozji.



B. Impact Printed Earth





2025-1-PL01-KA210 VET000355378

Przewodnik Dobrych Praktyk

Partnerzy



COMMUNE
STUDIO



UNIVERSIDADE
BEIRA INTERIOR

VERTICO



Vidipost



Dofinansowane przez
Unię Europejską

Dofinansowane ze środków UE. Wyrażone poglądy i opinie są jedynie opiniami autora lub autorów i niekoniecznie odzwierciedlają poglądy i opinie Unii Europejskiej lub Fundacja Rozwoju Systemu Edukacji. Unia Europejska ani Fundacja Rozwoju Systemu Edukacji nie ponoszą za nie odpowiedzialności.