

# Rola SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W BIOMIMIKRZE ARCHITEKTURY



**Benjamin Chemarum**



recenzowany  
material  
konferencyjny

Ten artykuł jest oparty na prezentacji przedstawionej na C-IDEA Design Conference, która odbyła się w dniach 23-26 października 2025 na Shih Chien University, Kaohsiung Campus, Tajwan, Chiny.

**#Sztuczna Inteligencja**  
**#biomimikra**  
**#adaptacja klimatyczna**  
**#miejska wyspa ciepła**  
**#architektura krajobrazu**  
**#Helianthus annuus L.**

## Streszczenie

Przyspieszający wpływ zmian klimatu sprawił, że łagodzenie skutków upałów w miastach stało się kluczowym priorytetem projektowym. Rekordowe fale upałów w Europie, Azji, Afryce Północnej i Ameryce Północnej w 2025 roku potwierdziły pilną potrzebę ponownego przemyślenia systemów zacieniania w gęsto zaludnionych obszarach miejskich. Niniejsze badanie analizuje, w jaki sposób sztuczna inteligencja może wzmocnić myślenie w zakresie bioprojektowania, aby opracować responsywne, zintegrowane ekologicznie systemy zacieniania dla miast adaptujących się do zmian klimatu.

Parasol Słonecznikowy (Sunflower Parasol) to spekulatywna koncepcja projektowa wspomagana sztuczną inteligencją, która przekształca konwencjonalny parasol poliestrowy – zazwyczaj niebiodegradowalny i szkodliwy dla środowiska – w żywe zadaszenie pokryte roślinnością. Czerpiąc inspirację z morfologii i heliotropowego zachowania słonecznika zwyczajnego (*Helianthus annuus* L.), projekt wykorzystuje sterowane sztuczną inteligencją generatywne modelowanie i wizualizację do symulacji form biomime-

tycznych i oddziaływania na środowisko. Poprzez iteracyjne eksperymenty cyfrowe w ArchiCAD i renderowanie za pomocą narzędzia Nano Banana AI, projekt bada, w jaki sposób inteligencja obliczeniowa może replikować naturalne procesy, takie jak ewapotranspiracja, orientacja słoneczna i gromadzenie rosy w celu regulowania mikroklimatu.

Łącząc metody sztucznej inteligencji z zasadami architektury krajobrazu i biomimikry, Parasol Słonecznikowy demonstruje potencjał inteligencji maszynowej do pośredniczenia między systemami naturalnymi a syntetycznymi. Koncepcja ta podważa tradycyjne granice między projektowaniem cyfrowym a żywymi materiałami, pozycjonując sztuczną inteligencję nie tylko jako narzędzie wizualizacji, ale jako partnera we wspólnym projektowaniu innowacji ekologicznych. Ostatecznie niniejsze badanie podkreśla, jak bioprojektowanie wspomagane sztuczną inteligencją może wpływać na nowe formy infrastruktury reagującej na zmiany klimatu, promując regeneracyjne, adaptacyjne i symbiotyczne środowiska miejskie.

## Wprowadzenie

### Tło i motywacja

Szybka urbanizacja i narastające zmiany klimatu nasiliły efekt miejskiej wyspy ciepła, stwarzając poważne zagrożenie dla zdrowia publicznego, równowagi ekologicznej i jakości życia w miastach [1, 2]. Rekordowe fale upałów na wielu kontynentach w 2025 roku podkreśliły pilną potrzebę opracowania adaptacyjnych i zrównoważonych systemów zacieniających w gęsto zaludnionych obszarach miejskich [3]. Tradycyjne konstrukcje zacieniające – często wykonane z materiałów syntetycznych i niebiodegradowalnych – oferują ograniczone korzyści ekologiczne i nie przyczyniają się do regulacji mikroklimatu.

Biomimikra, czyli praktyka naśladowania strategii natury w projektowaniu, oferuje obiecujące ścieżki prowadzące

do zrównoważonych i adaptacyjnych rozwiązań w architekturze krajobrazu. Badania pokazują, że podejście biometryczne może zwiększyć odporność i wydajność środowiskową. Na przykład, systemy kinetyczne reagujące na światło, inspirowane kwiatem gazanii, ilustrują, jak naturalne formy mogą wpływać na funkcjonalne innowacje projektowe [4]. Takie zasady podkreślają potencjał żywych i dynamicznych struktur, które inteligentnie reagują na bodźce klimatyczne.

Równocześnie ostatnie postępy w dziedzinie sztucznej inteligencji (AI) poszerzyły możliwości projektowania obliczeniowego. Narzędzia AI ułatwiają szybkie prototypowanie, symulują warunki środowiskowe i optymalizują

konfiguracje przestrzenne, umożliwiając projektantom generowanie fotorealistycznych wizualizacji i ocenę wydajności w czasie rzeczywistym [5]. Ta zmiana technologiczna pozwala na efektywne badanie alternatywnych rozwiązań projektowych przy jednoczesnym usprawnieniu komunikacji z interesariuszami. Modelowanie i wizualizacja oparte na AI umożliwiają również generowanie form biomimetycznych, zgodnych z procesami naturalnymi [6, 7], choć ich zastosowanie w infrastrukturze miejskiej reagującej na zmiany klimatu pozostaje niedostatecznie zbadane [8].

Nowe platformy, takie jak Nano Banana – narzędzie do generowania i edycji obrazów oparte na sztucznej inteligencji, opracowane przez Google – na nowo definiują cyfrowe procesy projektowania [9]. Przekształcając tekst lub obrazy w wysokiej jakości modele 3D, Nano Banana obsługuje różnorodne tryby wizualizacji, w tym plany i modele drukowane w 3D. Badania porównawcze wykazały jego precyzję w interpretowaniu wypowiedzi i generowaniu atrakcyjnych wizualnie rezultatów, co czyni z niego cenne narzędzie dla projektantów krajobrazu i architektury [10].

Motywacją do niniejszych badań jest potrzeba połączenia narzędzi projektowych opartych na sztucznej inteligencji z zasadami ekologii w celu stworzenia responsywnych, regeneracyjnych i żywych systemów miejskich. Projekt Parasol Słonecznikowy (Sunflower Parasol) stanowi przykład tej syntezy, demonstrując, jak sztuczna inteligencja może pełnić rolę partnera projektowego w tworzeniu inspirowanych naturą, adaptujących się do zmian klimatu konstrukcji zacieniających.

### Opis problemu

Pomimo rosnącej świadomości istniejących strategii adaptacji do zmian klimatu, współczesne miejskie systemy zacieniania pozostają w dużej mierze statyczne, materiałochłonne i niezrównoważone ekologicznie [11, 12]. Systemy te zazwyczaj opierają się na materiałach syntetycznych, które przyczyniają się do akumulacji odpadów i nie angażują procesów ekologicznych, takich jak ewapotranspiracja czy podążanie za ruchem słońca. Chociaż postęp w dziedzinie sztucznej inteligencji (AI) zrewolucjonizował wizualizację projektów i symulację wydajności, ich zastosowanie w rozwoju biomimetycznych i żywych systemów zacieniania pozostaje niedostatecznie zbadane [7, 8].

W architekturze krajobrazu integracja sztucznej inteligencji (AI) i biomimikry stwarza szansę na wyjście poza konwencjonalne, statyczne struktury w kierunku adaptacyjnych, opartych na danych i ekologicznych rozwiązań projektowych. Istnieje jednak luka badawcza w zrozumieniu, jak sztuczna inteligencja może być systematycznie wykorzystywana do symulacji, testowania i generowania koncepcji bioprojektowania, które naśladują naturalne zachowania – takie jak heliotropizm czy regulacja wilgotności – w mikroklimatach miejskich [6, 12]. Co więcej, brak dostępnych, wysokiej jakości narzędzi wizualizacyjnych AI ogranicza eksperymenty na wczesnych etapach projektowania, hamując tym samym innowacje w projektowaniu architektonicznym dostosowanym do zmian klimatu [14, 15].

Niniejsze badanie podejmuje te wyzwania, analizując, w jaki sposób narzędzia projektowe wspomagane sztuczną inteligencją, w szczególności platforma Nano Banana, mogą wzbogacić myślenie bioprojektowe w zakresie tworzenia responsywnych, zintegrowanych ekologicznie systemów zacieniających. Poprzez koncepcję Parasola Słonecznikowego, badania mają na celu zademonstrowanie potencjału sztucznej inteligencji jako partnera we współpracy projektowej, który wypełnia lukę między modelowaniem cyfrowym a efektywnością ekologiczną w życiu codziennym, przyczyniając się do dyskusji na temat regeneracyjnego i odpornego na zmiany klimatu projektowania miast.

### Cele badawcze

Głównym celem niniejszego opracowania jest zbadanie, w jaki sposób sztuczna inteligencja (AI) może usprawnić myślenie w kategoriach bioprojektowania, aby tworzyć responsywne i zintegrowane ekologicznie systemy zacieniające w środowiskach miejskich. Opierając się na koncepcyjnym fundamencie Parasola Słonecznikowego, badanie ma na celu zademonstrowanie potencjału AI jako narzędzia wspomagającego projektowanie, łączącego modelowanie cyfrowe z systemami życia w celu adaptacji do zmian klimatu.

Szczegółowe cele badania to:

1. Zbadanie, w jaki sposób narzędzia do generatywnego modelowania i wizualizacji oparte na sztucznej inteligencji mogą symulować formy biomimetyczne i zachowania środowiskowe inspirowane

- Helianthus annuus L. (morfologia i heliotropizm słonecznika)
2. Zbadanie roli narzędzi sztucznej inteligencji, takich jak Nano Banana, w ułatwianiu szybkiego prototypowania, symulacji środowiskowej i wizualizacji o wysokiej dokładności w projektowaniu miast dostosowanym do zmian klimatu. that integrates principles of landscape architecture, biomimicry, and computational intelligence to guide the creation of living, regenerative shading systems.
  3. Opracowanie spekulatywnego modelu projektowego, który integruje zasady architektury krajobrazu, biomimikry i inteligencji obliczeniowej, aby kierować tworzeniem żywych, regeneracyjnych systemów zacieniających.
  4. Dokonanie oceny wpływu bioprojektowania wspomaganego sztuczną inteligencją na promowanie zrównoważonych, adaptacyjnych i symbiotycznych środowisk miejskich w kontekście przyspieszającej zmiany klimatu.

Dzięki tym celom badanie wnosi przyczynek do rosnącej dyskusji na temat projektowania ekologicznego wspomaganego przez sztuczną inteligencję, wskazując ścieżki prowadzące do regeneracyjnej i odpornej na zmiany klimatu przyszłości miast.

### Metodologia badania

W niniejszym badaniu zastosowano jakościową metodologię badawczą opartą na projektowaniu, łącząc eksplorację teoretyczną, eksperymenty cyfrowe i analizę wizualną, aby zbadać integrację sztucznej inteligencji (AI) w architekturze krajobrazu zorientowanej na biodesign. Podejście to składa się z trzech powiązanych ze sobą faz: rozwoju koncepcyjnego, symulacji obliczeniowej i syntezy wizualnej.

W fazie rozwoju koncepcyjnego dokonano przeglądu literatury dotyczącej biomimikry, projektowania wspomaganego sztuczną inteligencją oraz architektury reagującej na zmiany klimatu, aby ustalić teoretyczne podstawy koncepcji Parasola Słonecznikowego [6, 7, 8]. Przeanalizowano kluczowe strategie ekologiczne Helianthus annuus L. – w tym heliotropizm, ewapotranspirację i morfologię powierzchni – w celu zidentyfikowania potencjalnych analogów do translacji projektu.

Faza symulacji obliczeniowej obejmowała wykorzystanie narzędzi do modelowania generatywnego i wizualizacji parametrycznej opartych na sztucznej inteligencji. ArchiCAD stanowił główną platformę modelowania do projektowania konstrukcji, natomiast narzędzie AI Nano Banana [9] służyło do generowania fotorealistycznych wizualizacji, symulacji oddziaływania na środowisko oraz wizualizacji zadaszeń roślinnych w zmieniających warunkach klimatycznych. Iteracyjne eksperymenty cyfrowe umożliwiły udoskonalenie formy, materialności i reakcji na środowisko.

Na koniec, w fazie syntezy wizualnej, wyniki zostały poddane ocenie jakościowej w celu oszacowania ich zdolności do reagowania na zmiany klimatu, integracji ekologicznej i spójności estetycznej. Proces ten podkreśla rolę sztucznej inteligencji nie tylko jako pomocy wizualnej, ale także jako partnera we współpracy projektowej, zdolnego do symulowania procesów naturalnych i wspierania innowacji ekologicznych. Wyniki tych etapów łącznie tworzą ramy spekulatywne dla integracji bioprojektowania wspomaganego sztuczną inteligencją z infrastrukturą miejską dostosowaną do zmian klimatu.

### Oczekiwane wyniki i wkład

Zgodnie z oczekiwaniami badania powinny wykazać, że integracja sztucznej inteligencji (AI) z procesami bioprojektowania może znacząco zwiększyć potencjał architektury krajobrazu w zakresie sprostania wyzwaniom adaptacji do zmian klimatu. W ramach projektu Parasol Słonecznikowy badanie zakłada stworzenie spekulatywnego prototypu, który zilustruje, w jaki sposób wspomagane przez AI modelowanie generatywne i wizualizacja mogą replikować naturalne mechanizmy – takie jak heliotropizm, ewapotranspiracja i regulacja słoneczna – w celu tworzenia responsywnych i ekologicznie aktywnych systemów zacieniających.

Oczekiwane rezultaty obejmują:

1. Model koncepcyjny i wizualny żywej, wspomagananej przez sztuczną inteligencję konstrukcji zacieniającej, która wchodzi w dynamiczną interakcję ze swoim otoczeniem.
2. Ramy metodologiczne umożliwiające integrację projektowania biomimetycznego opartego na sztucznej inteligencji

z architekturą krajobrazu dostosowaną do zmian klimatu.

3. Wgląd w rolę sztucznej inteligencji jako współtwórczego partnera projektowego, zdolnego do pośredniczenia między materiałami syntetycznymi a systemami żywymi.

Nowe perspektywy dotyczące tego, w jaki sposób narzędzia projektowania obliczeniowego, takie jak Nano Banana, mogą wspierać praktyki regeneracyjnego i zrównoważonego projektowania miast.

Szerszy wkład tych badań polega na rozwijaniu dyskursu na temat projektowania ekologicznego wspomaganego przez sztuczną inteligencję poprzez wypełnienie luki między inteligencją cyfrową a reaktywnością środowiskową. Proponują one odejście od statycznych rozwiązań materialnych na rzecz adaptacyjnych, symbiotycznych infrastruktur, które promują odporność i regenerację tkanki miejskiej. Ostatecznie badanie pozycjonuje sztuczną inteligencję nie jako substytut ludzkiej kreatywności, lecz jako katalizator ewolucyjnego myślenia projektowego, zgodnego z systemami naturalnymi.

### Przegląd wcześniejszych badań

#### Miejskie upały i granice konwencjonalnego zacierania

Zjawisko miejskiej wyspy ciepła (UHI) jest dobrze udokumentowane jako krytyczne wyzwanie dla klimatu miejskiego: miasta notorycznie odnotowują wyższe temperatury niż otaczające je obszary wiejskie, co ma wpływ na zdrowie, zużycie energii i jakość powietrza (Oke i in., 2017). Dowody i analizy wskazują, że rosnące temperatury w miastach zwiększają zapotrzebowanie na chłodzenie i zaostrzają zapadalność na choroby związane z upałami, co podkreśla potrzebę wieloskalarnych strategii łagodzenia skutków. Konwencjonalne zacieranie – markizy, stałe daszki i parasole poliesterowe – zapewnia natychmiastowy lokalny komfort, ale często jest wykonane z niebiodegradowalnych, zasobochłonnych materiałów i nie reaguje dynamicznie na zmieniające się warunki mikroklimatyczne [1, 2].

#### Zielona infrastruktura, ewapotranspiracja i adaptacyjne mikroklimaty

Zielona infrastruktura (roślinność, zielone dachy i żywe fasady) obniża temperaturę otoczenia poprzez zacieranie i ewapotranspirację; analizy

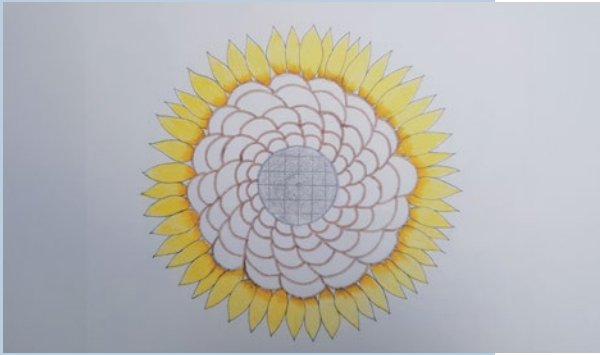
wskazują na znaczny potencjał chłodzenia, ale podkreślają również znaczenie doboru gatunków, potrzeb nawadniania i reżimów konserwacyjnych dla utrzymania wydajności [2]. Badania pokazują, że integracja roślinności z elementami zabudowanymi może łagodzić temperatury powierzchni i poprawiać komfort cieplny człowieka, ale jej wykorzystanie jest ograniczone przez koszty konserwacji, ograniczenia konstrukcyjne i niewystarczającą integrację z responsywnymi systemami sterowania. Ograniczenia te sugerują wartość podejść hybrydowych, które łączą systemy żywe z inteligentnym sterowaniem i adaptacyjną formą.

#### Biomimikra i naturalna logika dla projektowania responsywnego

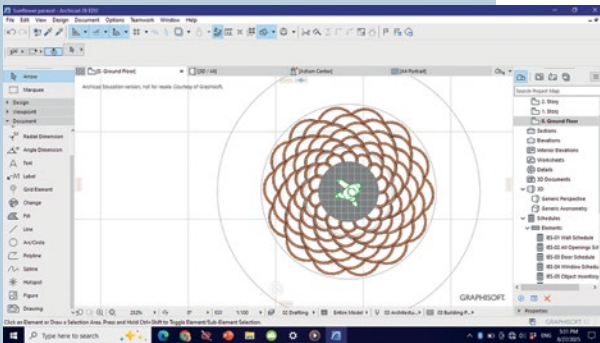
Biomimikra odegrała znaczącą rolę w opracowywaniu strategii projektowych, które naśladują zasady funkcjonalne występujące w naturze – wykorzystując naturę jako model, miarę i mentora [16]. Badania architektoniczne i krajobrazowe pozwoliły na przełożenie zjawisk biologicznych (np. ruchu reagującego na światło, efektywności strukturalnej, wychwytywania wilgoci) na fasady kinetyczne, urządzenia zacierające i innowacje materiałowe [6, 4]. Prace nad heliotropizmem roślin (śledzeniem słońca) i reakcjami zależnymi od wzrostu, zwłaszcza u *Helianthus annuus* L., stanowią empiryczną podstawę do projektowania konstrukcji śledzących położenie słońca lub modulujących orientację w celu optymalizacji zacierania i światła dziennego [17, 18]. Strategie biomimetyczne oferują zatem koncepcyjnie odpowiednie szablony dla systemów zacierających, które aktywnie zarządzają natężeniem promieniowania i mikroklimatem.

#### Zaprojektowane żywe materiały i żywa architektura

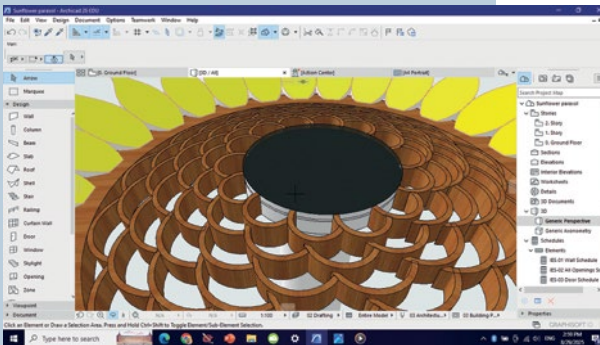
Dziedzina zaprojektowanych żywych materiałów (Engineered Living Materials, ELM) oraz badania nad architekturą żywą badają, w jaki sposób komórki i organizmy biologiczne mogą być integrowane z materiałami i systemami budowlanymi, aby zapewnić samonaprawę, responsywność i usługi środowiskowe [19, 20]. Recenzje dokumentują obiecujące postępy – betony na bazie mikroorganizmów, biokompozyty fotosyntetyczne i systemy zintegrowane z roślinami – ale także identyfikują przeszkody w zakresie trwałości, bezpieczeństwa, ram regulacyjnych i integracji



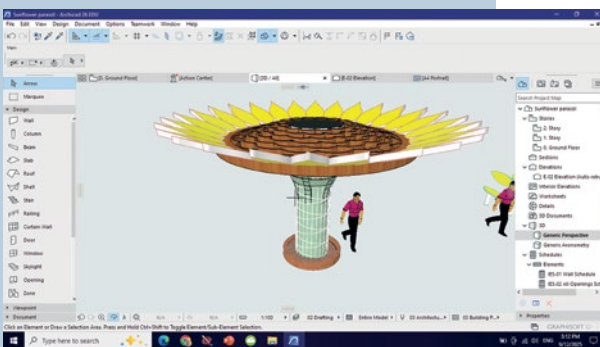
**Ryc. 1** Szkic odręczny projektu Parasola Słonecznikowego.  
Źródło: Opracowanie własne



**Ryc. 2** Opracowanie projektu parasola w ArchiCAD.  
Źródło: Opracowanie własne



**Ryc. 3** Widok 3D projektu parasola w ArchiCAD.  
Źródło: Opracowanie własne



**Ryc. 4** Widok 3D projektu parasola w ArchiCAD.  
Źródło: Opracowanie własne

z cyfrowymi procesami projektowania. ELM wskazują na przyszłość, w której urządzenia zaciennające nie będą jedynie porośniętymi roślinnością dodatkami, ale hybrydowymi systemami wykazującymi regulowane zachowania emergentne.

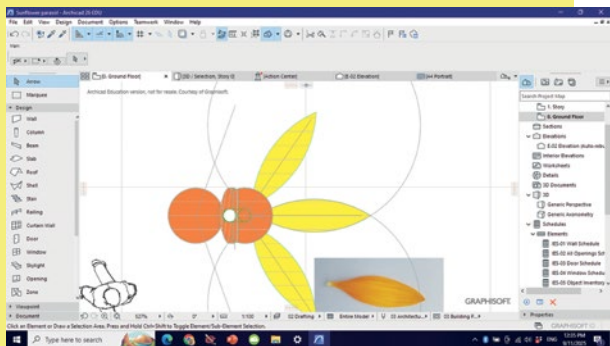
### Projektowanie obliczeniowe, sztuczna inteligencja i wizualizacja generatywna

Obliczeniowe metody projektowania (parametryczne i generatywne) umożliwiły architektom i projektantom krajobrazu eksplorację rozległych przestrzeni projektowych, optymalizację pod kątem wskaźników wydajności oraz prototypowanie złożonych geometrii biomimetycznych [8] [7]. Ostatnio narzędzia oparte na sztucznej inteligencji – od symulacji opartych na fizyce po generatywne modele obrazów – przyspieszyły iterację wizualną i umożliwiły nowe formy współpracy projektanta z maszyną. Współczesne systemy generowania obrazów i modeli (np. Nano Banana firmy Google zintegrowany z ekosystemem Gemini) demonstrują szybkie, wierne procesy wizualizacji, które wspierają rozwój koncepcji i komunikację z interesariuszami [10]. Choć wyglądają obiecująco, jeśli chodzi o wizualizację i wczesny etap tworzenia pomysłów, wiele narzędzi sztucznej inteligencji pozostaje niedostatecznie wykorzystywanych w zintegrowanej symulacji wydajności oraz w przekształcaniu wizualizacji w możliwe do zbudowania, żywe prototypy.

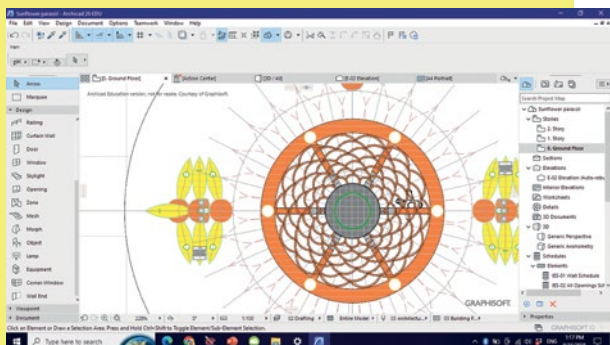
### Luki i syntezy istotne dla Parasola Słonecznikowego

Interdyscyplinarne analizy wskazują na kilka zbieżnych luk:

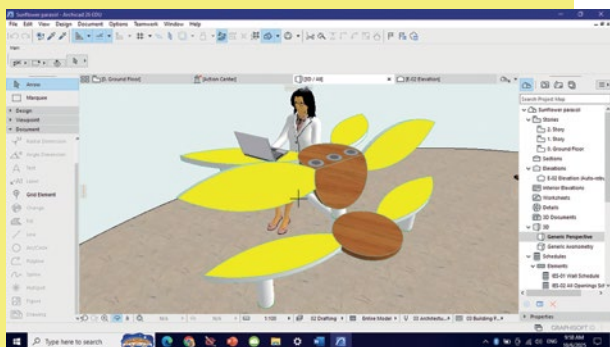
1. niedobór badań, które operacjonalizują zachowania biologiczne (np. heliotropizm, ewapotranspirację) w cyfrowo symulowanych, możliwych do zbudowania systemach zaciennających;
2. ograniczoną integrację między narzędziami wizualizacji AI a modelami wydajności inżynierskiej/biologicznej;
3. skąpe badania empiryczne nad hybrydowymi, żywymi/syntetycznymi osłonami, które są jednocześnie



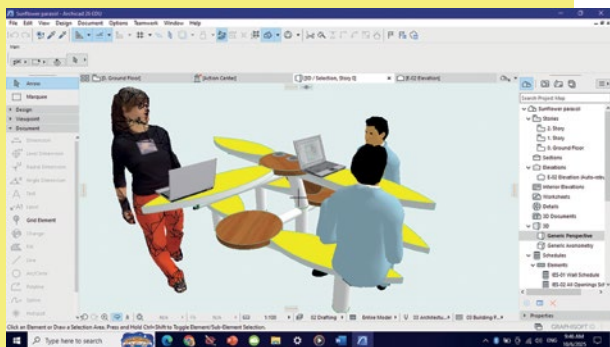
**Ryc. 5** Projekt ławki oparty na geometrii kwiatów języczkowych *Helianthus annuus* L. Źródło: Opracowanie własne.



**Ryc. 6** Ułożenie ławek wokół Parasola Słonecznikowego. Źródło: Opracowanie własne.



**Ryc. 7** Projekt ławki z trzema siedzeniami, dwoma oparciami pod plecy i dwoma blatami do pracy. Źródło: Opracowanie własne.



**Ryc. 8** Projekt ławki z czterema siedzeniami i trzema blatami do pracy. Źródło: Opracowanie własne

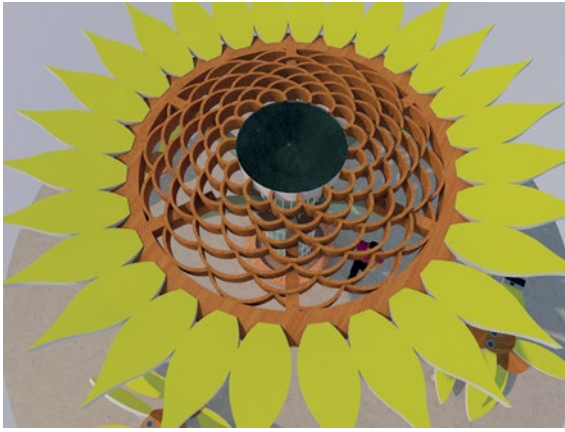
funkcjonalne ekologicznie i projektowane cyfrowo.

Łącznie te luki motywują do badań eksploracyjnych, opartych na projektowaniu, łączących teorię biomimetyczną, koncepcje ELM i wspomagane przez AI generatywne procesy pracy – dokładnie tę niszę, którą chce zająć Parasol Słonecznikowy, wykorzystując AI jako narzędzie współtwórcze do prototypowania żywych, reagujących na klimat systemów zacieniających.

## Metodologia

Początkowa faza procesu projektowania obejmowała szczegółowe badanie wzorów geometrycznych i morfologicznych *Helianthus annuus* L. (słonecznika zwyczajnego). Wykonano szkice ręczne, aby zbadać symetrię promienistą kwiatu, układ płatków i geometrię centralnego dysku – cechy, które posłużyły za podstawę koncepcyjną projektu zadaszenia przy użyciu Parasola Słonecznikowego. W kolejnej fazie projekt został opracowany cyfrowo i dopracowany z wykorzystaniem oprogramowania do modelowania informacji o budynku (BIM) ArchiCAD. Platforma ta umożliwiła precyzyjne modelowanie 3D, wizualizację strukturalną i iteracyjne korekty w celu optymalizacji zarówno kompozycji estetycznej, jak i funkcjonalności.

Rycina 1 ilustruje odręczny szkic słonecznika zwyczajnego (*Helianthus annuus* L.), uwydatniając spiralny wzór Fibonacciego widoczny w centralnej główce nasiennej. Ten naturalny układ geometryczny stał się główną inspiracją dla projektu porowatej, drewnianej czaszy parasola słonecznego, pomyślanej jako struktura wspierająca wzrost roślin pnących. Pierwotny szkic został następnie dopracowany i cyfrowo wymodelowany w programie ArchiCAD. Możliwości wizualizacji 3D oprogramowania umożliwiły dokładniejsze zbadanie formy, proporcji i ekspresji materiałowej. Przeprowadzono obliczenia wymiarowe, aby zapewnić odpowiednią skalę zadaszenia, równoważąc względy estetyczne z wymogami konstrukcyjnymi i funkcjonalnymi. W projekcie uwzględniono również czynniki praktyczne, takie jak oszacowanie liczby użytkowników, któ-



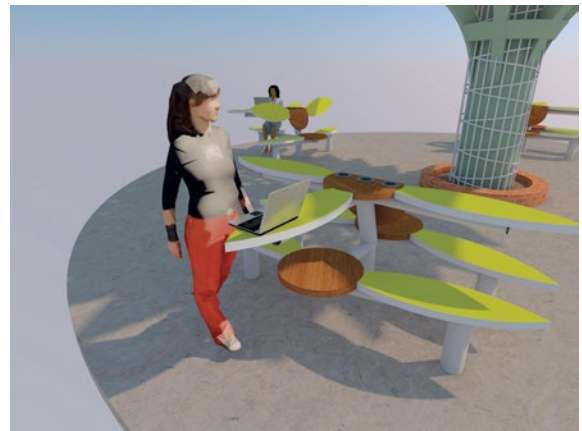
**Ryc. 9** Render czaszy parasola przy użyciu CineRender.  
Źródło: Opracowanie własne.



**Ryc. 10** Render widoku bocznego parasola przy użyciu CineRender.  
Źródło: Opracowanie własne



**Ryc. 11** Render widoku parasola z dołu przy użyciu CineRender.  
Źródło: Opracowanie własne.



**Ryc. 12** Render widoku ławki pod parasolem przy użyciu CineRender.  
Źródło: Opracowanie własne.

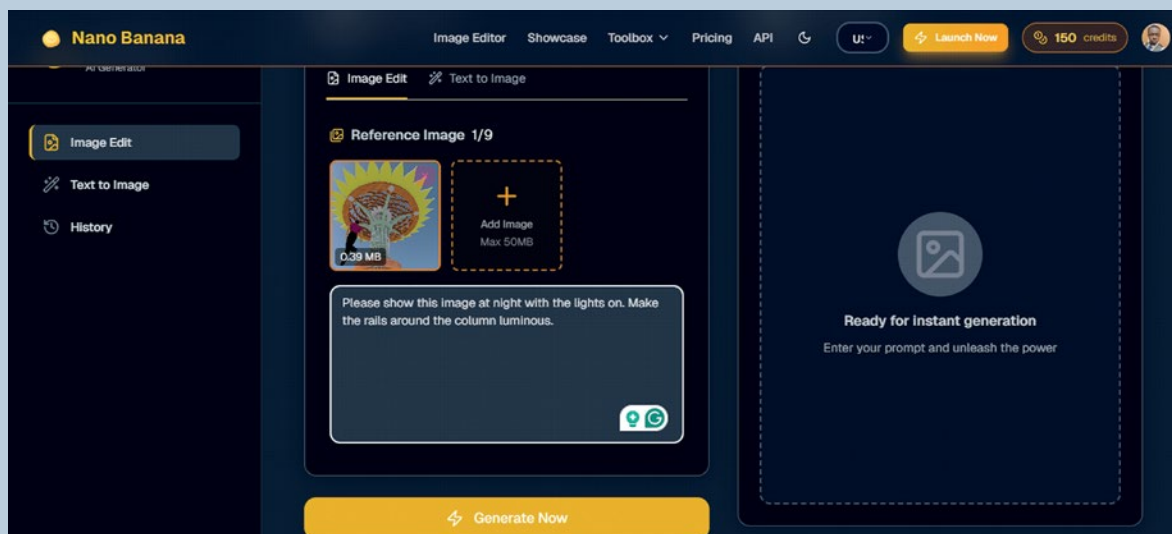
rzy mogą jednocześnie korzystać z zacienienia, aby zwiększyć użyteczność i komfort.

Następnie projekt został dalej dostosowany tak, aby naśladować geometryczną strukturę kwiatu *Helianthus annuus* L. Wysokość konstrukcji obliczono tak, by pozostawała w zgodzie z ustalonymi zasadami bezpieczeństwa i komfortu użytkowników przestrzeni publicznej. Na rysunkach 3 i 4 przedstawiono widoki 3D parasola w oknie widoku 3D programu ArchiCAD. Projekt integruje centralnie umieszczony panel słoneczny, który zasila system oświetlenia parasola, zwiększając efektywność energetyczną konstrukcji oraz jej ogólną zrównowagę. Zainspirowane elegancją krzywizną kwiatu *Helianthus annuus* L., belki wsporcze zadaszenia przekładają geometrię botaniki na formę architektoniczną.

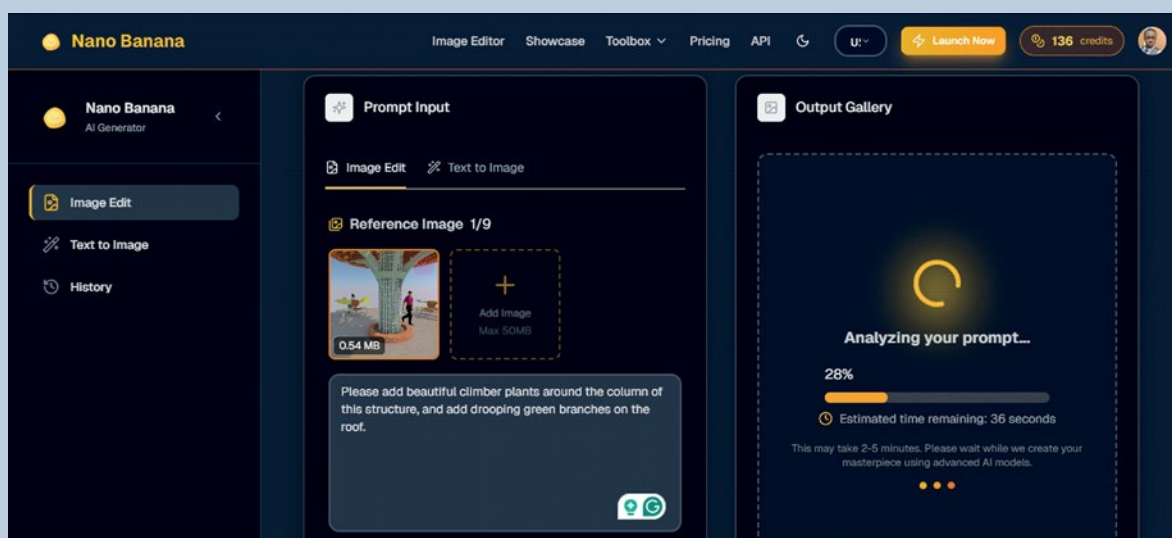
Następnie zaprojektowano ławki inspirowane przypominającym włócznię geometrycznym

kształtem kwiatu językowego słonecznika zwyczajnego (*Helianthus annuus* L.). Ławki można ustawić pod parasolem, jak pokazano na rysunkach 5-8. Niektóre z ławek zaprojektowano w odpowiedzi na współczesne trendy w naukach o zdrowiu, zniechęcające do długotrwałego siedzenia. Każda z tych ławek wyposażona jest w platformę, na której można położyć laptopa lub książkę, co pozwala użytkownikom na wygodną pracę na zewnątrz w pozycji stojącej.

Przedostatnim etapem procesu projektowania było wygenerowanie kilku widoków 3D parasola za pomocą wbudowanego silnika renderującego ArchiCAD, CineRender. Choć uzyskane rendery były atrakcyjne wizualnie, nie w pełni oddawały zamierzony efekt. Autor chciał zilustrować system oświetlenia parasola nocą oraz bujne pnącza rosnące wokół centralnego filaru i spływające kaskadami z zadaszenia. Ze względu na ograniczo-



Ryc. 13 Render widoku ławki parasola wykonany przy użyciu CineRender.  
Źródło: Opracowanie własne.



Ryc. 14 Zrzut ekranu przedstawiający narzędzie Nano Banana AI podczas przetwarzania instrukcji renderowania.  
Źródło: Opracowanie własne.

ny wybór materiałów roślinnych w ArchiCAD, do udoskonalenia tych wizualizacji wykorzystano sztuczną inteligencję. Poniżej znajdują się podstawowe widoki perspektywiczne projektu, uzyskane za pomocą CineRender. Ostatnim krokiem było przesłanie obrazów CineRender na platformę internetową AI Nano Banana. Dla każdego obrazu wprowadzono konkretne prompty, które miały pomóc sztucznej inteligencji w zastosowaniu pożądaných efektów, takich jak oświetlenie nocne i dodanie elementów roślinnych. Zrzu-

ty ekranu z komendami przedstawiono poniżej (Ryc. 13 i 14), a następnie obrazy wynikowe (Ryc. 15 – 18).

### Wyniki i omówienie

Ekspertyment projektowy pozwolił na stworzenie szczegółowych wizualizacji Parasola Słonecznikowego, ilustrujących zarówno jego potencjał estetyczny, jak i funkcjonalny. Rysunek 15 przedstawia wizualizację systemu oświetlenia parasola, wykonaną przez Nano Banana AI, która podkreśla



**Ryc. 15** Render systemu oświetlenia parasola wygenerowany w Nano Banana AI. Źródło: Opracowanie własne.



**Ryc. 16** Render zieleni parasola wygenerowany w Nano Banana AI. Źródło: Opracowanie własne.



**Ryc. 17** Render parasola w nastroju zachodu słońca wygenerowany w Nano Banana AI. Źródło: Opracowanie własne.



**Ryc. 18** Render oświetlenia ławek wygenerowany w Nano Banana AI. Źródło: Opracowanie własne.

żółte odcienie kwiatów języczkowych słonecznika. Oświetlenie jest zasilane przez panel słoneczny umieszczony na szczycie czaszy. Jego umiejscowienie i orientację zoptymalizowano za pomocą symulacji w programach ArchiCAD i Nano Banana, co pozwoliło czaszy naśladować naturalne heliotropowe zachowanie *Helianthus annuus* L., maksymalizując oświetlenie i przechwytywanie energii słonecznej. Szacuje się, że system solarny zapewni do 6 godzin oświetlenia w nocy w warunkach pełnego nasłonecznienia.

Rycina 16 przedstawia parasol zintegrowany z pnąciami, co sugeruje żywą konstrukcję zdolną do wspierania miejskiej bioróżnorodności. Projekt sprzyja interakcjom z zapyłaczami, takimi jak pszczoły i małe ptaki. Ryciny 17 i 18 ilustrują przydatność baldachimu do aktywności nocnych, zapewniając miejsca siedzące dla 10-12 użytkowników jednocześnie, umożliwiając komfortową naukę, pracę lub interakcje społeczne.

Z funkcjonalnego punktu widzenia porowata, drewniana osłona pozwala na częściową pe-

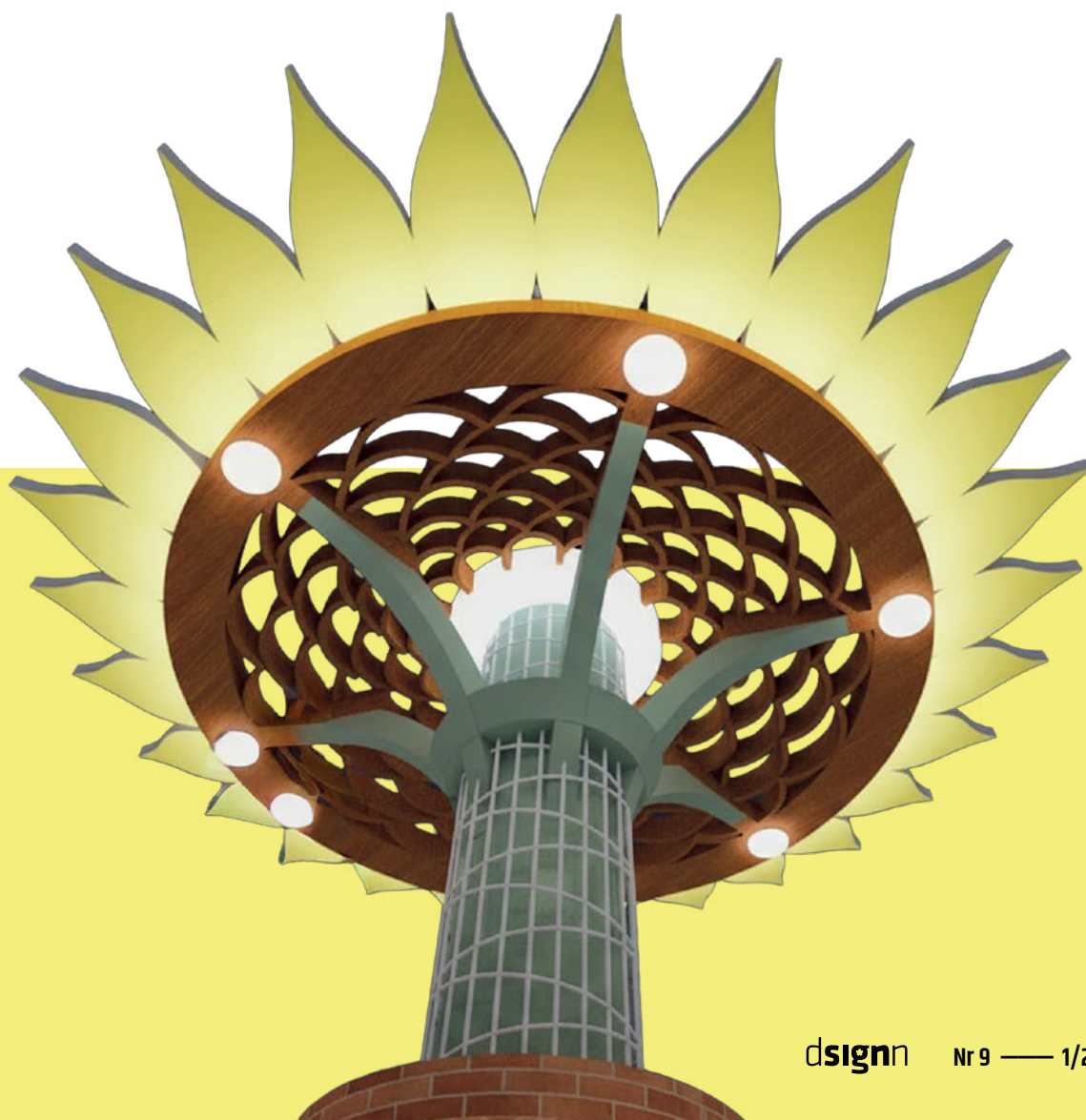
netrację światła, wspierając jednocześnie wzrost roślinności i ułatwiając regulację mikroklimatu poprzez zacielenie, ewapotranspirację i buforowanie termiczne. Wstępne szacunki wskazują, że osłona może obniżyć lokalną temperaturę gruntu o 2-4°C w godzinach szczytowego nasłonecznienia, poprawiając komfort użytkowników w gęsto zaludnionych obszarach miejskich.

Z perspektywy obliczeniowej integracja wizualizacji wspomaganą sztuczną inteligencją z ArchiCAD-em umożliwiła szybkie projektowanie iteracyjne i testowanie wielu konfiguracji w krótkim czasie. Pozwoliło to na zoptymalizowanie rozmieszczenia elementów konstrukcyjnych, podpór roślinności i opraw oświetleniowych. Wyniki sugerują, że sztuczna inteligencja może pełnić rolę partnera we wspólnym projektowaniu, łącząc naturalną inspirację, wymagania funkcjonalne i efektywność środowiskową w ramach jednego procesu roboczego.

Podsumowując, projekt Parasola Słonecznikowego pokazuje, jak bioprojektowanie wspomaganą sztuczną inteligencją może tworzyć atrakcyjne wizualnie, responsywne ekologicznie i zorientowane na użytkownika systemy zacielenia, stanowiąc model infrastruktury miejskiej adaptującej się do zmian klimatu. Ustalenia te podkreślają potencjał inteligencji obliczeniowej nie tylko jako narzędzia wizualizacji, ale także jako strategicznego partnera w projektowaniu regeneracyjnych i symbiotycznych środowisk miejskich.

### Wnioski

Niniejsze badanie dowodzi potencjału integracji sztucznej inteligencji (AI) z zasadami biomimetyki w celu opracowania miejskich systemów zacielenia reagujących na zmiany klimatu. Projekt Parasola Słonecznikowego (Sunflower Parasol) ilustruje, jak narzędzia obliczeniowe mogą pełnić rolę partnerów w projektowaniu, przekładając



naturalną logikę *Helianthus annuus* L. – taką jak heliotropizm, geometria strukturalna i ewapotranspiracja – na funkcjonalną, ekologicznie zintegrowaną infrastrukturę.

Połączenie oprogramowania ArchiCAD i wizualizacji wspomaganej sztuczną inteligencją (AI) w Nano Banana umożliwiło szybkie projektowanie iteracyjne, precyzyjne skalowanie konstrukcji i symulację oddziaływania na środowisko, czego efektem jest żywe zadaszanie zdolne do podtrzymania roślinności, regulacji mikroklimatu i zapewnienia komfortu użytkownikom. Co więcej, zastosowanie oświetlenia zasilanego energią słoneczną dowodzi wykonalności samowystarczalnych, wielofunkcyjnych struktur miejskich, łączących estetykę, użyteczność i reaktywność ekologiczną.

Podsumowując, wyniki sugerują, że bioprojektowanie wspomagane sztuczną inteligencją może wyjść poza tradycyjną wizualizację, stając

się narzędziem regeneracyjnego, adaptacyjnego i symbiotycznego projektowania miast. Stawiając pomost pomiędzy naturalną inspiracją, wymaganiami funkcjonalnymi i inteligencją obliczeniową, podejście to oferuje skalowalne ramy do tworzenia infrastruktury zacieniającej, która dynamicznie reaguje na wyzwania klimatyczne, jednocześnie zwiększając bioróżnorodność, komfort użytkowników i odporność miast. Przyszłe badania mogą pozwolić na dalszą kwantyfikację wskaźników wydajności i eksplorację innowacji materiałowych, aby rozwijać żywą architekturę wspomaganą sztuczną inteligencją w zróżnicowanych kontekstach miejskich. ■

**Benjamin Chemarum**

## Przypisy

1. Oke, T. R., Mills, G., Christen, A., Voogt, J. A. (2017). *Urban climates*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781139016476>
2. Santamouris, M. (2020a). *Minimizing energy consumption, energy poverty and global and local climate change in the built environment: Innovating to zero*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2018-0-02357-6>
3. World Meteorological Organization (WMO). (2025). *Global climate update: Record-breaking heat events*. Geneva (Szwajcaria). <https://public.wmo.int/en/media>
4. Jović, M., Mitić, D. (2020). Nature-inspired kinetic systems in architecture: Lessons from the Gazania flower. *Architectural Science Review*, t. 63, nr 1, s. 1-4. <https://doi.org/10.1080/00038628.2020.1714435>
5. Fernberg, J. (2023). Artificial intelligence in landscape architecture: Enhancing visualization and workflow efficiency. *Journal of Digital Design Research*, t. 5, nr 2, s. 1-10.
6. Roudavski, S. (2009). Towards morphogenesis in architecture. *International Journal of Architectural Computing*, t. 7, nr 3, s. 345-374. <https://doi.org/10.1260/147807709789621280>
7. Oxman, N. (2016). Age of entanglement: A framework for material ecology. *Journal of Design and Science*, t. 1, nr 1, s. 1-16.
8. Kolarevic, B., Malkawi, A. (red.). (2005). *Performative architecture: Beyond instrumentality*. Spon Press.
9. Landscape Architecture Store. (2025a). *Free AI for architecture and design: Exploring Nano Banana*. <https://landscapearchitecture.store/blogs/news/free-ai-for-architecture-and-design-exploring-nano-banana>
10. Tom's Guide. (2025). *I tested Nano Banana vs. Midjourney with 9 AI image prompts – here's the surprising winner*. <https://www.tomsguide.com/ai/i-tested-nano-banana-vs-midjourney-with-9-ai-image-prompts-heres-the-surprising-winner>
11. Santamouris, M. (2020b). Recent developments on cool and reflective strategies for urban heat mitigation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110275>
12. Emmanuel, R., Krüger, E. (2012). Urban heat island and its impact on climate change resilience in a shrinking city: The case of Glasgow, UK. *Building and Environment*, t. 53, s. 137-149. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.01.020>
13. Jović, M., Mitić, D. (2020). Exploration of nature-based biomimetic approach in designing urban elements. *Visual Computing for Industry, Biomedicine and Art*, t. 3, nr 1, s. 1-2. <https://vciba.springeropen.com/articles/10.1186/s42492-020-00060-y>
14. Fernberg, P. (2023). Artificial intelligence in landscape architecture: A literature review. *Utah State University, Logan*, s. 1-2. [https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1169&context=laep\\_facpub](https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1169&context=laep_facpub)
15. Landscape Architecture Store. (2025b). *Nano Banana AI in design visualization*. <https://landscapearchitecture.store/blog>
16. Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. HarperCollins. <https://www.biomimicry.org/>
17. Van den Brink, A., Bruns, D., Tobi, H., Bell, S. (2016). *Research in landscape architecture: Methods and methodology*. Routledge.
18. Kutschera, U. (2015). Phototropic solar tracking in sunflower plants. *Frontiers in Plant Science*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4701145/>
19. Nguyen, P. Q., Courchesne, N. M., Duraj-Thatte, A., Praveschotinunt, P., Joshi, N. S. (2018). Engineered living materials: Prospects and challenges. *Trends in Biotechnology*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6309613/>
20. Ahamed, M. K., Wang, H., Hazell, P. J. (2022). From biology to biomimicry: Using nature to build better structures – A review. *Biomimetics*, t. 7, nr 1, s. 1-28.