

STANISŁAWA WEHLE-STRZELECKA*

WYKORZYSTANIE WZORÓW PRZYRODY
I DOŚWIADCZEŃ BIONIKI W KSZTAŁTOWANIU
ARCHITEKTURY POZYSKUJĄCEJ ENERGIĘ SŁOŃCA

NATURE AS A MODEL FOR SOLAR ARCHITECTURE

Streszczenie

Artykuł prezentuje idee projektowe poszukujące integracji architektury z otoczeniem przyrody. Integracja ta jest realizowana i rozumiana bardzo różnorodnie. Architektura pozyskująca energię słoneczną bazuje na rozwiązaniach technologicznych i materiałowych, które pozwalają na przekształcenie współczesnego budynku w aktywny organizm reagujący na warunki klimatyczne, absorbujący i filtrujący strumienie energii, magazynujący ją i transformujący na wzór organizmów żywych. Wykorzystanie doświadczeń bioniki w kształtowaniu powłok budynków stanowi całkowicie nowy obszar badań, który zaczyna się rozwijać w ramach poszukiwania energooszczędnych rozwiązań i technologii.

Słowa kluczowe: architektura, urbanistyka, architektura zrównowazona, architektura, słoneczna

Abstract

The paper presents some ideas for design which aim at integrating architecture with its natural surroundings. Such integration is realized and understood in various manners while acting for the sake of introducing concepts of sustainable development. Sustainable architecture, using renewable sources of energy, is based upon technological and material solutions which make it possible to convert a contemporary building into an active organism reacting to the surrounding climatic conditions, absorbing and filtering streams of energy, storing and transforming it on the model of living organisms.

Keywords: architecture, urban design, sustainable architecture, solar architecture

* Dr hab. inż. arch. Stanisława Wehle-Strzelecka, prof. PK, Instytut Projektowania Urbanistycznego, Wydział Architektury, Politechnika Krakowska.

1. Wstęp

Dialog człowieka z przyrodą, jakkolwiek zapoczątkowany już przez naukę klasyczną i starożytne cywilizacje, przyjmuje obecnie całkowicie nowy charakter. Krytyka cywilizacji technicznej, podważenie antropocentryzmu oraz przebijanie się od połowy XX wieku nowej idei środowiskowej, związanej z poszukiwaniem dróg współistnienia człowieka z naturą na zasadzie symbiozy, zapoczątkowały przyjęcie na forum międzynarodowym koncepcji zrównoważonego rozwoju, a także rozwój idei biocentryzmu¹ oraz holistycznego ujmowania procesów zachodzących w przyrodzie. Człowiek nie może żyć bez biosfery, jednak od lat 80. XX wieku zużywa on więcej zasobów, niż planeta może wytworzyć w sposób trwały i eksploatuje je w sposób uniemożliwiający utrzymanie zdolności do regeneracji zgodne z biologicznymi możliwościami ekosystemów².

Pojawiła się świadomość, że prawdziwa wartość naturalnych ekosystemów zostać może doceniona w pełni dopiero w sytuacji ich utraty. Jednocześnie wzrost populacji i wydłużanie się okresu życia człowieka, rosnące oczekiwania odnośnie do jego jakości, a tym samym również związane ze standardami mieszkania i przestrzeni miejskiej powodują stały niedosyt w dziedzinie inwestycji budowlanych oraz konflikt interesów człowieka i jego otoczenia naturalnego.

Antroposfera, jako przestrzeń tworzona przez ludzi, służy realizacji ich podstawowych potrzeb: mieszkania, przemieszczania się, życia społecznego. To obce przyrodzie, tworzone i rozwijane od kilku tysięcy lat, sztuczne środowisko społeczne oraz fizyczne (techniczne, zbudowane, zamieszkałe) powiązane jest z nią różnorodnymi współzależnościami, które ulegają stałym przemianom. Powrót do harmonijnej koegzystencji obu tych sfer życia człowieka, tak oczywistej już dla starożytnych, wymaga obecnie poszukiwania nowych mechanizmów równoważenia rozwoju społeczno-gospodarczego z biosferą, opartych na nowych wzorcach cywilizacyjnych³.

Kierunki działania ludzi u progu ery kultury ekologicznej w celu ochrony świata przyrody, w którą wpisuje się również przynależna do świata kultury twórczość architektoniczna, są i będą bardzo różne w poszczególnych krajach i cywilizacjach. Współczesnym nurtom architektury otwartej na środowisko przypisuje się zatem odegranie ważnej roli. Dzięki bogactwu proponowanych proekologicznych rozwiązań, powstających w różnych strefach klimatycznych, mogą się one włączać w różnorodny sposób w realizację zrównoważonych relacji działalności budowlanej człowieka z przyrodą. Nurty te są jednak nadal w fazie rozwoju, badań eksperymentów i poszukiwania modeli. Architektura zrównoważona z zasady traktuje budynek, zespół urbanistyczny, a także miasto jak organizm, który współżyje w symbiozie z otoczeniem naturalnym. Podejście takie zakłada, że w ramach przygotowania do każdego projektu stawiane powinno być pytanie: czy chroni i wzmacnia on struktury przyrodnicze, czy też powoduje ich degradację.

¹ Idee ekorozwoju i rozwoju zrównoważonego nie są równoznaczne z pojęciem biocentryzmu, który przyznaje równorzędne wartości wszystkim ekosystemom i istotom żywym na równi z człowiekiem. Rozwój zrównoważony, jako szersze pojęcie od ekorozwoju, obejmuje ekorozwój oraz aspekty rozwoju społeczno-gospodarczego.

² Według raportu Narodowej Akademii Nauk USA, [w:] Patrice de Plunkett [3], s. 149.

³ Ludy Arktyki mogą być dzisiaj wzorcem pozostawiania w takiej równowadze.

2. Współczesne kierunki poszukiwań modelu architektury w odwołaniu do wzorów przyrody

Artykuł niniejszy prezentuje wybrane współczesne idee projektowe poszukujące integracji architektury z otoczeniem przyrody poprzez czerpanie z jej wzorów w celu dostosowania struktury budynku do pozyskiwania odnawialnej energii słonecznej. Bazują one na rozwiązaniach technologicznych i materiałowych, które pozwalają na przekształcenie współczesnego budynku w aktywny organizm reagujący na warunki klimatyczne w otoczeniu, absorbujący i filtrujący strumienie energii, magazynujący ją i transformujący na wzór organizmów żywych, pozostając z nimi w stanie trwałej, dynamicznej równowagi. P. Portoghesi, formułując zadania i kierunek rozwoju architektury najbliższej przyszłości, wyraził je w słowach: „Najważniejszą treść nowego stulecia można zawrzeć w generalnym imperatywie: **uczyć się od przyrody** (*learning from nature*). Od natury wywodzą się wszystkie archetypy architektoniczne powstałe w wyniku jej obserwacji”. Postrzegana jest ona jako źródło i macecznik, z którego czerpie się inspirację i świadomość tożsamości⁴.

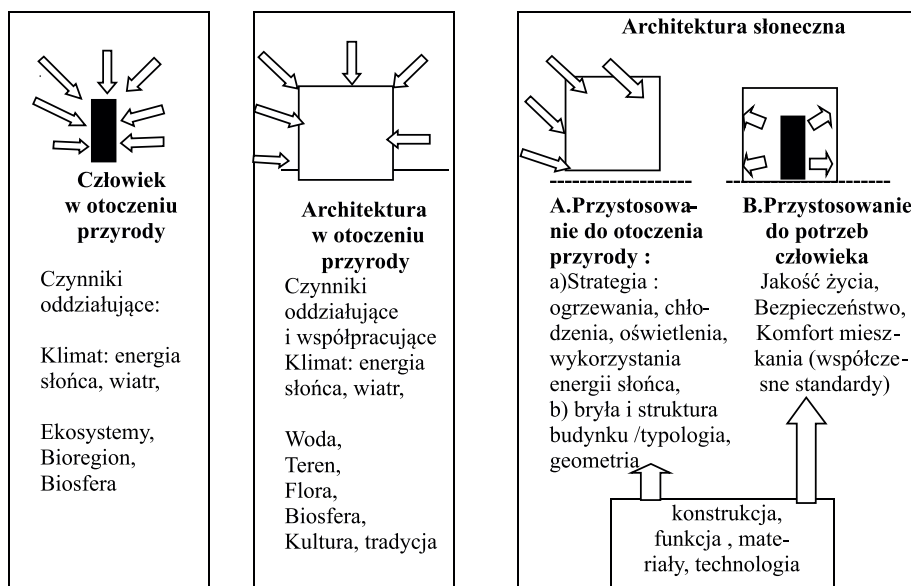
Zarówno w historii, jak i w czasach współczesnych wyróżnić można przeciwstawne nurty kształtowania architektury w powiązaniu z wzorami przyrody: wpisywanie się w jej prawa i ich odzwierciedlanie oraz tworzenie środowiska życia człowieka będącego ich zaprzeczeniem. Odniesienie do przyrody zdobywa coraz więcej zwolenników. Takie podejście promowali w ostatnich dekadach znani architekci, m.in.: P. Soleri, F. Otto⁵, T. Ando, R. Erskine, N. Foster, E. Greene, N. Grimshaw, A. Isozaki, L. Kroll, K. Kurosawa, J. Nouvel, R. Piano, R. Rogers, T. Herzog. Zarówno w USA, jak i w Europie poszukuje się możliwości przystosowania architektury do środowiska, m.in. na bazie „bioekologii”. Studia nad żywymi organizmami wnoszą wiedzę, która ma zastosowanie w wielu dziedzinach nauk, a zatem i w energooszczędnej, wykorzystującej energię słońca architekturze. Przyroda jest modelem nie tylko symbiozy świata ożywionego i nieożywionego, ale przede wszystkim modelem dla rozwiązań technicznych i architektoniczno-urbanistycznych. Służy przykładem funkcjonalności konstrukcji oraz formy, gospodarowania materiałami i energią, fleksybilności oraz zdolności dopasowywania się do otoczenia. Nadawanie architekturze form i konstrukcji spotykanych w przyrodzie, kształtowanie jej na zasadach analogicznych do występujących w świecie flory i fauny stanowi nie tylko dokonania ostatnich lat. Uwidoczniły się już one w organicznych, bionicznych ideach F. Otto, P. Candeli, P.L. Nerviego. Podobnie twórczość B. Fullera nie może być zrozumiała bez uwzględnienia studiów przyrody. Znaczący wkład w poszukiwanie relacji z otoczeniem przyrodniczym i klimatem wniosły dzieła R. Erskina (orientacja na słońce i czerpanie jego energii, wpisanie w teren, kierunek wiatrów, analiza strat cieplnych). Zasadą „forma wynika z klimatu” zastąpił on z końcem lat 50. XX w. regułę „forma wynika z funkcji”. Uważał, że „domy i osady powinny się otwierać jak kwiaty na słońce wiosny czy lata, ale również jak kwiaty obracać tyłem do cienia i do zimnych, północnych wiatrów”⁶. Doświadczenia związane z formami architektury arktycznej architekt przeniósł na projekty słonecznych domów pasywnych⁷.

⁴ Źródło: P. Portoghesi [8] 1999, s. 16.

⁵ „Jeżeli technicy chcą traktować żywą przyrodę jako model muszą najpierw odpowiedzieć sobie na pytanie: co faktycznie jest optymalne w tym żywym obiekcie-modelu?”, Źródło: F. Otto [6], s. 48.

⁶ Źródło: R. Erskine, [w:] T. Barucki, [2], s. 28.

⁷ Należą tu: dom Stróma (1961), dom Gadeliusa (1961), dom własny (1963) w Sztokholmie.



II. 1. Człowiek i architektura słoneczna w otoczeniu przyrody (opracowanie autorki)

III. 1. Man and solar architecture in a nature environment

Omawiając nurty nowego, organicznego języka architektury awangardowej należy wspomnieć o pojawiających się w latach 90. XX wieku różnych kierunkach poszukiwania jej związku z biologią i technologią oraz korzystaniu z osiągnięć bioniki. Studia ontogenezy architektury podkreślają istnienie analogii między ewolucją organizmów żywych a procesami zachodzącymi w urbanistyce i architekturze. Różnicowanie i rozwój ich form i funkcji, aż do powstania złożonych układów przestrzennych, z systemami komunikacyjnymi włącznie, porównuje się z powolnym procesem ewolucji biologicznej, polegającym na zachodzeniu stałych sprzężeń zwrotnych między organizmem żywym a środowiskiem, wyłanianiem się form złożonych z układów prostych, przechodzeniem od porządku do chaosu. Również idea fałdowania uważana jest za bardziej bliską przyrodzie niż tradycyjna architektura organiczna, ponieważ stara się naśladować mechanizm rozwoju żywego organizmu. Płynne włączanie budynku w otoczenie jako rozwinięcie istniejącej struktury urbanistycznej i naturalnego ukształtowania terenu, przezroczystość architektury, pozbawionej tradycyjnych ścian zewnętrznych, i jej otwarcie na środowisko cechuje też pokrewne koncepcji fałdowania projekty⁸ Należy tu wspomnieć jeszcze o próbach odchodzenia od przestrzeni karczańskiej⁹, doświadczeniach geometrii fraktalnej, nurcie hiperarchitektury, ideach cyberprzestrzennych¹⁰ i poszukiwaniach bezszwowego kształtowania relacji wnętrze – powłoka budynku¹¹.

⁸ Z. Hadid, R. Koolhaas, J. Nouvel, grupa Berkel & Bos, MVRDV i inni.

⁹ S. Parelli (projekt Mobius House).

¹⁰ M.in. idee L. Spuybroeka: architektura jako system o dynamice i inteligencji organizmów żywych.

¹¹ Idee te promują holenderscy architekci Ben van Berkel i Caroline Bos.

3. Poszukiwanie związku architektury słonecznej¹² z przyrodą – doświadczenia bioniki

Jako istotne dla kształtowania powłok współczesnego budynku rysują się doświadczenia bioniki. Nauka ta stanowi rozwijający się obecnie nowy obszar badań, który pozwala na czerpanie wzorów ze świata przyrody poprzez zrozumienie zasad budowy i funkcjonowania organizmów żywych. Dorobek bioniki rozwija nowe spojrzenie na architekturę w aspekcie realizacji idei zrównoważonego rozwoju, wspierając działania na rzecz poszukiwania energooszczędnych rozwiązań, technologii i systemów, m.in. służących pozyskiwaniu energii słońca. Przydatne do rozwoju koncepcji zrównoważonej architektury badania omawianej dziedziny nauki, obejmują studia w zakresie strategii przepływu i gospodarki energią w organizmach żywych, a także nad konstrukcjami ich powłok (np. kory drzew, skóry zwierząt m.in. budowy pióra, futra, chitynowego pancerza, kokonu), a także siedzib (np. termitiera)¹³. Można tu przytoczyć porównanie S. van der Ryna i S. Cowana: „tak jak struś czy wielbłąd poprzez budowę swojego organizmu dopasowuje się do przetrwania na pustyni, tak dobrze zaprojektowana architektura słoneczna dopasowana powinna być do charakterystycznego wyłącznie dla danego miejsca, klimatu”¹⁴. O powodzeniu bioniki w dialogu ze światem przyrody świadczą doświadczenia architektury bionicznej (*bionic architecture*)¹⁵. Architektura bioniczna prowadzi badania nad wykorzystaniem do potrzeb budownictwa procesów, materiałów i konstrukcji charakterystycznych dla przyrody. Obejmuje m.in. studia związane z systemami mechanicznymi, których funkcjonowanie jest zbliżone do organizmów żywych. S. Calatrava, dla którego przyroda jest źródłem twórczego impulsu, pisze: „Są zasady w przyrodzie, które są odpowiednie dla budynków: optymalne wykorzystanie materiałów i zdolność organizmu do zmiany kształtu, do rośnięcia i poruszania się”¹⁶. Takie procesy naśladują m.in. pasywne metody wykorzystania energii słonecznej oraz zasady naturalnej wentylacji, zacieniania, ogrzewania oraz chłodzenia (przykłady: R. Piano – Centrum Kultury Kanaków, N. Foster-Glass House w Walii, Commerzbank we Frankfurcie)¹⁷.

Wiedza z zakresu bioniki jest obecnie w bardzo nieznacznym stopniu wykorzystywana w projektowaniu urbanistyczno-architektonicznym, jakkolwiek jest ona bardzo przydatna szczególnie w realizacji energooszczędnych idei i rozwiązań. Architektura słoneczna, dzięki możliwości technologicznym, materiałowym, jak również przy zastosowaniu bioklimatycznych koncepcji energetycznych, może odzwierciedlać

¹² Pod pojęciem architektury słonecznej autorka rozumie architekturę energooszczędną, której struktura, sposób ukształtowania przestrzeni zewnętrznej i wewnętrznej umożliwiają, adekwatne do klimatu, czerpanie maksymalnych zysków ciepła z energii słonecznej, przy zapewnieniu minimalnych strat cieplnych. Tworzy ona integralną całość z elementami, które służą pozyskiwaniu energii słonecznej w sposób pasywny lub pasywny i aktywny.

¹³ Już w 1869 roku E. Haeckel poszerzył rozumienie ekologii o problemy ekonomii natury, czyli procesy energetyczne, naturalnej równowagi i adaptacji organizmu do otoczenia.

¹⁴ Źródło: S. van der Ryn, S. Cowan [11], s. 74-75.

¹⁵ Szerzej problematykę tę przedstawia C. Di Bartolo [4], s. 49-53.

¹⁶ Źródło: R. Barreneche [1], s. 136.

¹⁷ Poza przedmiotem bioniki ważny obszar przyszłości dostrzega się w ekonice (ekologicznym systemie bioniki).

takie cechy organizmów żywych, jak: energooszczędność, zdolność do adaptacji, homeostazy, symbiozy, bogactwo i złożoność form. Spojrzenie z technologicznego punktu widzenia na naturę pozwala zauważyć wiele oszczędnych zasad jej funkcjonowania.



II. 2. Heliotrop (fot. S. Wehle-Strzelecka)

III 2. Heliotrope

Do zrealizowanych na bazie obserwacji przyrody wykorzystujących energię słońca obiektów, zaliczyć można budynek „Heliotrop” projektu R. Discha we Fryburgu. Powstał on na bazie obserwacji zjawiska heliotropizmu – zwracania się roślin w kierunku słońca. Ruchome dachowe panele słoneczne oraz ruchoma elewacja, o przeszklonej i pełnej płaszczyźnie, wyposażona w próżniowe kolektory – balustardy, niezależnie od siebie zwracają się w kierunku słońca, dostosowując się do wewnętrznych i zewnętrznych warunków klimatycznych. Kolejnym przykładem realizacji w architekturze zasady „Form follows energy” i naśladowania zasad konstrukcji oraz efektywnego gospodarowania energią w przyrodzie jest dom „Gemini” zbudowany w gminie Weiz w Austrii. Stanowi on eksperymentalną realizację, powstałą w celu sprawdzenia zysków energetycznych wskutek zastosowania fotowoltaicznej elewacji. Cylindrycznie uformowany budynek dokonuje co godzinę obrotu o kilka centymetrów wokół osi pionowej, aby doprowadzać słońce do fotowoltaicznych paneli zamocowanych na elewacji. Wzorcem tej koncepcji architektonicznej i energetycznej stał się arktyczny mak, którego kwiat zwraca się za słońcem. Konstrukcja płatków kwiatu pozwala na odbicie promieni słońca do jego wnętrza, gdzie formuje się owoc, podnosząc temperaturę i przyspieszając jego dojrzewanie w okresie krótkiego lata arktycznego¹⁸.

Kierunek badań bioniki obejmujący zagadnienia związane z systemami słonecznymi jest bardzo młody i rokuje duże możliwości wykorzystania ich w architekturze i urbanistyce. Energia słoneczna jest od wieków najważniejszym źródłem energii dla życia na ziemi. Niezbędna do życia żywych istot jako jedyna wykorzystywana jest przez nie we wszystkich strefach klimatycznych. Korzystanie z mechanizmów

¹⁸ Według S. Rexroth [9], s. 73.

wymiany energii w połączeniu ze sposobami jej magazynowania i ekstremalną oszczędnością materiałów stanowi podstawową zasadę funkcjonowania przyrody. Energia słoneczna stanowi niezbędny element fotosyntezy – kluczowego procesu transformacji energii na Ziemi i podstawy życia. Umożliwia powstanie łańcucha pokarmowego słońce – roślina – człowiek. Liście, pośrednicząc w procesie wykorzystania radiacji słońca, pełnią rolę swego rodzaju kolektorów słonecznych. Działanie słonecznych kolektorów oraz fotowoltaika bliskie są procesowi fotosyntezy i zjawisku symbiotycznego związku między słońcem a rośliną¹⁹. Umiejętność produkcji szkła pozwoliła na wykorzystanie energii słonecznej zarówno w systemach pasywnych, jak i aktywnych.. Inicjatywy badawcze, dotyczące uzyskania bionicznych kolektorów i ogniw fotowoltaicznych a także bionicznych systemów ocieplania budynków, stanowią obecnie największe wyzwanie dla poszukiwań struktur powłok energooszczędnej architektury Natura, tworząc powłoki izolujące, bazuje właściwie na trzech rodzajach podstawowych materiałów: chitynie, celulozie (błonnik) i keratynie, o pełnej zdolności do recyklingu.

Współczesnym materiałom stosowanym w tworzeniu powłok budynków brakuje chemicznej i technicznej perfekcji, jaka cechuje systemy biologiczne. Czerpanie z wiedzy biologii i bioniki może pozwolić na skonstruowanie nowych ich modeli o różnorodnej strukturze na wzór bogactwa rozwiązań chroniących przed utratą ciepła organizmy żywe (m.in. budowa pióra lub futra, roślin w klimacie arktycznym). Jako optymalne wymienić tu należy takie wzorce, jak doskonała powłoka z piór chroniąca ciało pingwina cesarskiego z Antarktydy. Wzorcem rozwiązań energooszczędnych może być też budowa roślin o transparentnych powłokach, występujących w klimacie wysokogórskim oraz arktycznym, o strukturze uniemożliwiającej odpływ ciepła (wierzbowe baze, ocieplająca powłoka tworzona przez wierzbę arktyczną). Przykładem doskonałej konstrukcji naturalnej jest struktura sekwoi, odporna na działanie ognia, insektów i mikroorganizmów. Innym wzorem przyrody, godnym naśladowania w konstrukcji zewnętrznych przegród budynków a także powierzchni kolektorów słonecznych, jest budowa dostosowanej do spływania kropel deszczu, chropowatej powłoki lotosu („efekt lotosu”). Podobnie konstruowane mogą być antyrefleksyjne powłoki bioniczne w architekturze na wzór budowy powłoki ciała meduzy lub niektórych polujących nocą owadów. Architektura korzystać może też z naturalnych wzorów chronienia żywych organizmów przed zagrażającym ich życiu przegrzaniem poprzez optymalne odbijanie promieni słonecznych przez ich powłoki. Przykładem są nie tylko rośliny zielone, ale też np. struktura barwnej powierzchni jaj mewy, umożliwiająca odbijanie ciepła słonecznego i utrzymanie ich temperatury poniżej 30°C. Takim celom służy też m.in. okrywa z wosku na liściach (np. kaktusów) i igłach drzew oraz owocach, ale też i na ciele owadów. Chroni ona również organizmy żywe przed zawilgoceniem, a także uszkodzeniem. Propozycje zastosowania takich powłok pojawiają się jako możliwe do zastosowania w konstruowaniu kolektorów i paneli fotowoltaicznych w miejsce kosztownego szkła i aluminium. W budowie kolektorów termicznych przewiduje się też wykorzystanie zasad pozyskiwania energii do lotu przez motyle żyjące w chłodnych strefach klimatycznych, użytkujące skrzydła na zasadzie

¹⁹ Zob. S. Hagan [5], s. 7.

niezwykle skutecznych kolektorów cieplnych²⁰. Uważa się, że do dzisiaj technologicznie nie zostały wykorzystane mechanizmy związane z wyparowywaniem wody z kapilarnych naczynek wodnych. Jako wzorzec takich procesów przytoczyć można budowę i funkcjonowanie namorzyn (mangrowe), wiecznie zielonych lasów rosnących w morskiej wodzie.

4. Wnioski

Pojęcie „nic ponad miarę” znane jest od czasów Solona. Dialog z przyrodą został zapoczątkowany już przez naukę klasyczną, ale obecnie ma on całkowicie inny charakter. Architektura, choć nie stanowi elementu przyrody, podlega oddziaływaniu takich samych zewnętrznych czynników jak wszystkie jej składniki, m.in. działaniu słońca, wody, wiatru. Powinna zatem kontynuować i uzupełniać dzieło przyrody, a także rekompensować środowisku przyrodniczemu straty spowodowane inwestycyjną działalnością człowieka. Przedstawione wyżej współczesne, awangardowe idee zorientowane są na przyszłość. Oparte zostały na założeniach, że biologiczny model architektury rozwijać się będzie na bazie nowych materiałów i technologii oraz sztucznej, analogicznej do biologicznej, inteligencji, tworzeniu form powstających na styku technologii cyfrowych i biologii.

Kraje Unii Europejskiej promują od początku lat 90. XX w. działania na rzecz poszukiwania modelu zrównoważonej architektury, a także zrównoważonej przestrzeni miejskiej. Prowadzone są akcje pilotażowe, informacyjne, wystawy i prezentacje oraz programy wdrażania rozwiązań innowacyjnych w budownictwie, doboru technologii, materiałów, a także koncepcji energetycznej w powiązaniu z wykorzystaniem energii odnawialnej. Za najbardziej istotne dla krzewienia kultury zrównoważonego rozwoju i biocentryzmu postrzega się osiągnięcia w sferze biotechnologii i nanotechnologii, obserwacji budowy organizmów żywych, nieporównywalnych pod względem doskonałości z wytworami techniki, a także studia ekonomii natury, obiegu materii i energii w naturalnych ekosystemach. Istotne dla przyszłych rozwiązań powłok budynków wydają się poszukiwania związane z architekturą bioniczną. Stały postęp badań, techniki i rozwój możliwości technologicznych zmierza do zrozumienia fenomenu struktur przyrodniczych, traktując je jako największe wyzwanie przy wprowadzaniu innowacyjnych rozwiązań w architekturze. Natura prezentuje ogromne bogactwo, rozwija równolegle i optymalizuje różnorodne technologie służące oszczędności energii i materiałów, a także wykorzystaniu energii słońca. Bogactwo przyrody i zachodzących w niej procesów, m.in. fotosyntezy, struktura komórki, skóry, powłok i osłon (pancerza, muszli, skorupy, kory, łodyg i liści), zdolności i cechy DNA mogą podpowiadać rozwiązania materiałowe i konstrukcyjne dla powłok budynków rozumianych jako płaszczyzna transmisji wnętrze–otoczenie, wraz z systemami pozyskiwania energii słońca. Postulować należy zatem nową, zmienioną politykę badań w celu rozwoju różnorodnych dróg i kierunków poszukiwań bionicznych.

²⁰ Por. H. Tributsch, Bionic solarer Energiesysteme, Forschungs Verbund Sonnenenergie: Publikationen, Themen 2000, www.fv-sonnenenergie.de/publikationen/, 2008.

Literatura

- [1] Barreneche R., *Buildings under Power, Architecture 5*, 2000.
- [2] Barucki T., *Ralf Erskine*, Arkady, 1987.
- [3] De Planket P., *Ekologia – stereotypy i rzeczywistość*, Poznań, 2008.
- [4] Di Bartolo C., *Bionica: lo sviluppo naturale nel progetto*, Domus 9, 1999.
- [5] Hagan S., *Zurück zur Natur*, Baumeister 10, 1996.
- [6] Otto F., *La natura come modello*, Domus 9, 1999.
- [7] Piątek Z., *Ekofilozofia*, Kraków, 2008.
- [8] Portoghesi P., *Imparare dalla natura (Learning from nature)*, Domus 9, 1999.
- [9] Puszkar T., Puszkar L., Pawłowski A., *Ekologia dla inżynierów*, Lublin 1999.
- [10] Rexroth S., *Energetisch optimiertes bauen – vom Experiment zur umfassenden Planung* Baumeister, B6, 2008.
- [11] Vander R.S., Cowan S., *Ecological design*, Washington 1996.
- [12] Wehle-Strzelecka S., *Architektura słoneczna w zrównoważonym środowisku mieszkaniowym*, Kraków 2004.