

Architektura słoneczna jako element zrównoważonego środowiska mieszkaniowego

Solar architecture as an element of a sustainable housing environment

1. Architektura słoneczna na tle idei zrównoważonego rozwoju

Konieczność oszczędzania zasobów naturalnych i przeciwdziałania naruszeniu równowagi w przyrodzie wskutek działalności budowlanej człowieka oraz świadomość zagrożeń związanych z dominacją technologii, zrodziła w ostatnich dekadach próby poszukiwania powrotu do jedności kultury i natury wyrażającej się w ich harmonijnym zespoleniu. Współczesny człowiek żyje w dwu przenikających się światach: w otoczeniu przyrody – świecie organizmów żywych, do których sam należy, oraz w obcym przyrodzie, stworzonym i rozwijanym od kilku tysięcy lat, sztucznym środowisku społecznym i fizycznym zbudowanym. Wzajemne oddziaływanie obydwu wymienionych systemów: przyrodniczego i technicznego, odbywa się na różnych płaszczyznach, nadal w pełni nierozpoznanych. Systemy te powiązane są ze sobą różnorodnymi współzależnościami, które ulegają stałym przemianom. Głównym zagrożeniem obu tych sfer życia człowieka obecnie jest zachwianie wzajemnej ich równowagi, brak integracji, „niezrównoważenie”. Przyczynia się do tego gwałtowny postęp procesów urbanizacji z towarzyszącą mu eksploatacją i zanieczyszczeniem środowiska oraz zmianami klimatycznymi. Działalność budowlana i użytkowanie budynków pochłania około 45% światowej konsumpcji energii, będąc jednocześnie źródłem ok. 35% emisji CO₂.¹ Wzrost populacji i wydłużanie się okresu życia ludzi, oczekiwania związane z jego jakością, a zatem również standardami mieszkania i przestrzeni miejskiej, powodują stały niedosyt w dziedzinie inwestycji budowlanych, a jednocześnie konflikt interesów w relacji z otoczeniem przyrodniczym. Kształtując miejsce naszego życia, kształtujemy wzory naszego zachowania.² W sposobie podejścia do projektowania, szczególnie mieszkania czy domu, odzwierciedla się stosunek do tego otoczenia. Przetrawienie cywilizacji wymaga wdrażania zrównoważonych z naturą form kształtowania środowiska życia człowieka.

Okres industrializacji odcisnął głębokie piętno na świadomości społeczeństw. Wskutek tego utrudnione stało się postrzeganie i pełne otwarcie na nowe idee postulujące powrót człowieka, jako jednego z elementów środowiska przyrodniczego, do zrównoważonej z nim egzystencji. Konieczna jest zmiana wzorców w sferze kultury, a w jej ramach poszukiwanie nowego podejścia do pro-

1. Solar architecture against the background of the idea of sustainable development

A necessity to save natural resources and counteract violating balance in nature as a result of man's building activity and the awareness of menaces related to the domination of technology have given birth to some attempts to search for a return to the unity of culture and nature expressed in a harmonious reunion. Contemporary man lives in two interrelated worlds: surrounded by nature – the world of living organisms he belongs to – and in an artificial social and physical built-in environment, created and developed for thousands of years. The mutual impact of the two systems (natural and technical) takes place at various levels which are not fully recognized. These systems are connected by diverse interrelations that change continuously. The main endangerment for both spheres of man's life is a lack of equilibrium, of integration, "unbalance". It is caused by the violent progress of urbanization processes accompanied by the exploitation and pollution of the environment and climate changes. Construction activities and utilizing buildings absorbs around 45% of the world's consumption of energy being the source of c. 35% of CO₂ emission¹. The growth of the population and the prolongation of life span, expectations related to its quality as well as the standards of residence and an urban space cause constant deficiency in the field of building investments

cesu kształtowania zrównoważonego modelu zamieszkiwania („redesign”). W nowym świetle formułowane są zatem kryteria oceny środowiska zbudowanego, nowoczesności technologii, a także osiągnięć w dziedzinie techniki. Celem staje się uzyskanie wysokiej jakości życia przy jednoczesnym dążeniu do zachowania bogactwa przyrody w stanie możliwie nienaruszonym. Wymaga to odniesienia się z respektem do natury i oparcia systemu wartości na pełnym poszanowaniu jej praw. Wiek XXI postrzegany jest, po zakończeniu w połowie XX wieku „wieku maszyny”, jako „wiek życia”, co oznacza uznanie i szacunek dla różnorodności jego form na Ziemi.³ Zamknięcie „epoki ekonomii” czy też „ery przemysłowej” otwarło zatem możliwość inicjowania nowej kultury, którą można określić jako kulturę ekologiczną, towarzyszącą postindustrialnej epoce i zmierzającą w kierunku realizacji modelu życia opartego na idei trwałego i zrównoważonego rozwoju. Należy przyjąć, iż w nowym świetle powinna być dokonywana ocena osiągnięć w dziedzinie techniki, formułowanie kryteriów oceny nowoczesności technologii oraz całości gospodarczej aktywności człowieka, a także jego stylu życia. Problemy ekologiczne zaczynają być postrzegane jako ekonomiczne i społeczne. Wyzwaniem dla współczesnej architektury i urbanistyki jest odniesienie się przede wszystkim do problemów rosnącego zapotrzebowania zarówno na teren, jak i energię. Oczywista jest odpowiedzialność i rola architekta w kreowaniu koncepcji zrównoważonego środowiska zbudowanego, szczególnie z uwagi na długi, ok. 40-letni, cykl życia budynków. Gospodarce energią służyć powinna nowa polityka w zakresie promowania energooszczędnych technologii i odnawialnych źródeł energii, tradycyjnych, dostosowanych do klimatu rozwiązań, dążenie do przemian w świadomości społecznej oraz kulturze. Przemiany te cechuje obecnie duże zróżnicowanie w zależności od regionu świata. Aby efekty takiej polityki mogły być odczuwane w pełni w 2025 roku, kiedy przewidywana liczba ludności zamieszkującej naszą planetę osiągnie 10 miliardów, już teraz powinny być wdrażane konieczne programy i reformy, aby utrzymać obecne standardy energetycznej konsumpcji. Promieniowanie słońca, energia wiatru, wody (fale morskie, energia cieplna oceanu, śródłądowe układy rzeczne, geotermia) oraz biomasa stanowią najważniejsze źródła energii odnawialnej, których wykorzystanie przewiduje się w okresie najbliższych 50 lat. Światowa Rada Energetyczna prognozuje do 2070 roku zaspokojenie za pomocą tych źródeł 60–70% globalnego zapotrzebowania energetycznego. Badania naukowe wykazują, że zapotrzebowanie to w 2040 r. będzie dwukrotnie przewyższać potrzeby obecne wskutek stałego wzrostu populacji.

Architektura słoneczna należy do grupy energooszczędnych koncepcji w budownictwie.⁴ Wpisujące się w klimat pasywne systemy pozyskiwania energii słońca dla ogrzewania oraz chłodzenia domów znane są od zarania ludzkości, stanowiąc część długiej historii budownictwa. Rozwój tej architektury miał miejsce już ponad 2500 lat temu w starożytnych miastach greckich (model-dom Sokratesa), a później rzymskich (wykorzystanie szkła i efektu cieplarnianego, teoria Witruwiusza), a współczesne koncep-

and a conflict of interests in relation to the natural surroundings. Shaping our dwelling place, we shape the patterns of our behaviour². Our approach to design, especially a flat or a house, reflects our attitude to our surroundings. The survival of the civilization requires the introduction of some sustainable forms of shaping man's living environment in accordance with nature.

The period of industrialization left a deep mark in the societies' consciousness. Therefore, it is more difficult to perceive and open fully to some new ideas postulating the return of man, as one of the elements of the natural environment, to sustainable coexistence. It is necessary to change patterns in the sphere of culture and search for a new approach to the process of shaping a sustainable model of residence (redesign). In the new light, the criteria of assessing a built-in environment, modern technologies and achievements in the field of technology are formulated. The objective is to reach a high quality of life and aim at retaining the richness of nature in the purest condition. It requires respecting nature and basing the system of values on full observance of its laws. After finishing the "age of machine" in the mid-20th century, the 21st century is perceived as the "age of life" which means respect for the diversity of its forms on Earth³. Thus, closing the "epoch of economy" or the "industrial era" opened a possibility of initiating a new culture which could be described as an ecological culture, accompanying the postindustrial epoch and going towards the realization of a model of life based on the idea of stable and sustainable development. We should assume that in the new light achievements in the field of technology ought to be assessed, some criteria of assessing modern technologies, the economic activity of man and his lifestyle should be formulated. Ecological problems begin to be perceived as economic and social. A challenge for contemporary architecture and urbanism is a reference to the problems of rising demand both for land and energy. The responsibility and role of an architect in creating conceptions of a sustainable built-in environment is obvious, especially on account of a long, about forty-year life cycle of buildings. Energy management should be supported by a new policy in the promotion of energy-saving technologies and renewable sources of energy, traditional solutions adjusted to the climate, aiming to change social consciousness and culture. These changes are characterized by diversity depending on a region of the world. If the effects of such a policy are to be experienced fully in 2025, when the predicted world population reaches 10 billion, some necessary programmes and reforms should be introduced right now in order to retain the present standards of energy consumption. Solar radiation, wind energy, water energy (sea waves, the thermal energy of the ocean, inland river layouts, geothermics) and the biomass make the most important sources of renewable energy whose use is predicted for the next 50 years. The World Energy Council predicts satisfying 60–70% of the global energy demand by means of these sources till 2070. Scientific research shows that in 2040 this demand will exceed the present needs twice on account of the constant growth of the population.

Solar architecture belongs to a group of energy-saving conceptions in construction⁴. Passive systems of gaining solar energy for heating or cooling houses, adjusted to the climate, have been known since the very beginnings of mankind, making a part of the long history of construction. This architecture was developing over 2,500 years ago in ancient Greek (Socrates' house) and Roman cities (the use of glass and the greenhouse effect, Vitruvius' theory). Contemporary design conceptions are often based on some well-known, proven solutions, rooted in the local tradition and climate for ages. We must not forget relationships with the tradition of modern bioclimatic architecture inspired by

cje projektowe opierają się niejednokrotnie na znanych, sprawdzonych i zakorzenionych od wieków w lokalnej tradycji i klimacie, rozwiązaniach. Nie można nie wspomnieć tu o związkach z tradycją nowoczesnej architektury bioklimatycznej inspirowanej zasadami budowy indiańskiego pueblo w południowo-zachodnich rejonach Ameryki Północnej.

Stosowane obecnie pasywne metody pozyskiwania energii słońca oraz rozwiązania łączące systemy pasywne i aktywne, zaliczane mogą być, z uwagi na możliwości technologiczne, do nowej, drugiej generacji architektury słonecznej. Rozwija się ona w ostatnich latach w ramach trzeciej z fal architektury słonecznej, jakie pojawiły się w XX wieku. Słoneczne systemy, dostępne na rynku i wdrażane w rozwiązaniach projektowych, podlegają stałemu doskonaleniu. Domy i zespoły mieszkaniowe w pełni autonomiczne (zeroenergetyczne lub produkujące energię) znajdują się nadal w krajach zachodnioeuropejskich w fazie eksperymentalnej w ramach realizacji pilotażowych, na ogół sponsorowanych przez instytucje rządowe i ponadnarodowe, m.in. programy Unii Europejskiej, lokalną administrację i przemysł. Promowane są też przez narodowe kampanie, których celem jest demonstracja korzyści stosowania nowych, energooszczędnych rozwiązań, szczególnie w budownictwie jednorodzinym, a także dla potrzeb sanacji budynków mieszkaniowych⁵ (ryc. 2 a, b). Są one akceptowane przez społeczeństwo, szczególnie w krajach zachodniej i północnej Europy, gdzie świadomość dotycząca ekologii jest bardzo duża. Idealem jest uzyskanie zdolności architektury do produkowania (generowania) większej ilości energii niż wynosi jej zapotrzebowanie. Wymaga to jednak przełomowych rozwiązań technologicznych.⁶

Konstrukcja systemów słonecznych postrzegana jest nie tylko jako wyzwanie dla nowych technik i technologii, ale również dla architektury. Energooszczędne standardy nie gwarantują same w sobie jej jakości i walorów estetycznych, ale stanowią mogą, podobnie jak przyroda, niewyczerpalne źródło inspiracji i wzorców w tym zakresie. Świadczą o tym liczne realizacje powstałe w ostatnich dziesięcioleciach. Wprowadzanie rozwiązań projektowych uwzględniających zyski z promieniowania słonecznego, zarówno w skali pojedynczego obiektu, osiedla, jak i miasta, wzbogaca twórczość architektoniczno-urbanistyczną o nowe wartości. Wiąże się to z przejęciem przez wiele elementów budynku nowych zadań. Obok tradycyjnych, do których zalicza się zadania konstrukcyjne, funkcjonalne i estetyczne, dochodzą nowe – energetyczne, takie jak: absorpcja, gromadzenie, rozprowadzanie, odzyskiwanie ciepła i wydzielanie energii, ochrona przed okresowym przegrzewaniem. Współczesną architekturę słoneczną charakteryzuje różnicowanie rozwiązań od prostych form domów, wpisanych w krajobraz, form bioorganicznych opartych na wzorach przyrody, po skomplikowaną pod względem technologicznym architekturę high-tech i propozycje w stylu science fiction. Projekty mieszczące się pomiędzy skrajnymi, wymienionymi koncepcjami, a także ich interpretacje globalne oraz lokalne, są tak różnorodne, jak indywidualne są cechy miejscowego klimatu i kultury.

Należy tu zaznaczyć, że obok funkcjonalności i estetyki od architektury słonecznej oczekuje się spełniania wymogów, jakie narzucają kryteria oceny zrównoważenia środowiskowego, stosowane w ocenie zrównoważonych budynków i ich jakości, opracowane w ostatnich latach w ramach badań nurtu energetyczno-ekologicznego (idee „Green Building”, „Eco-Building”, metody ocen na bazie POE, narzędzia ocen jakości: m.in. BREEAM, BEPAC, LEED, ECO Quantum, ECO-PRO, program cyklicznie doskonalonych, porównywalnych metod Green Building Challenge – GBC).⁷ Badania na temat zrównoważonych budynków, a także wymogi certyfikatów energetycznych, obowiązujące w Unii Europejskiej i wielu innych krajach, dowodzą, że współczesne środowisko mieszkaniowe zaczyna być kształtowane na bazie interdyscyplinarnych poszukiwań i nowoczesnej, stale rozwijanej wiedzy o przestrzeni życia człowieka i jej związkach z naturą.

the principles of constructing an Indian pueblo in the south-western regions of North America.

Considering the technological possibilities, the applied passive methods of gaining solar energy and solutions combining passive and active systems belong to the new, second generation of solar architecture. It has been developing in the third wave of solar architecture which appeared in the 20th century. Solar systems, accessible on the market and applied in designs, are constantly improved. Fully autonomous (zero-energy or energy-producing) houses and residential complexes are still in the experimental phase as pilot implementations in Western Europe, usually sponsored by governmental and supranational institutions, e.g. programmes of the European Union, the local administration and industry. They are also promoted by some national campaigns whose objective is to demonstrate the profits of using new, energy-saving solutions, especially in single-family construction as well as for the needs of the cleansing of residential buildings⁵ (ill. 3 a, b). They are accepted by the society, especially in the countries of Western and Northern Europe where ecological awareness is very high. An ideal is to make architecture able to produce (generate) more energy than is needed. However, it requires some breakthrough technological solutions⁶.

The construction of solar systems is perceived as a challenge for new techniques and technologies but also for architecture. Energy-saving standards themselves do not guarantee its quality and aesthetic values but can make, just like nature, an inexhaustible source of inspirations and patterns in this field. It is exemplified by numerous implementations from the last decades. The introduction of designs allowing for gains from solar radiation, both in the scale of a single object, an estate and a city, enriches architectural and urban creation with some new values. It is related to some new tasks of many elements of buildings. Besides the traditional ones (constructional, functional and aesthetic tasks), there are some new ones, such as the absorption, collection, distribution, regain of heat and energy producing, protection against periodical overheating. Contemporary solar architecture is characterized by the diversity of solutions from simple forms of houses, adjusted to the landscape, bioorganic forms based on natural patterns, to high-tech architecture and science fiction propositions. Designs between extreme conceptions and their global and local interpretations are as diverse as the individual features of a local climate and culture.

2. Technologia i estetyka architektury słonecznej

Podstawą koncepcji architektury słonecznej najnowszej generacji jest właściwe wpisanie obiektu i zespołu urbanistycznego w środowisko na zasadzie dopasowania bryły ogrzewanej części budynku do otoczenia i klimatu, doboru konstrukcji, materiałów i izolacji oraz systemów słonecznych w celu intensyfikowania zysków ciepła. Współczesne systemy słoneczne wykorzystują konwersję fototermiczną (przetwarzanie energii promieniowania słonecznego na ciepło) oraz konwersję fotowoltaiczną (fotoelektryczną – przetwarzanie energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną). W Europie, gdzie działania na rzecz kształtowania architektury przyjaznej człowiekowi i środowisku przyrodniczemu są bardzo zaawansowane, powstało wiele proekologicznych, energooszczędnych osiedli i zespołów mieszkaniowych, w których zastosowano wymienione systemy. Dowodzą one, że kontynuacja tradycyjnych rozwiązań oraz wprowadzanie nowych technologii nie stanowią w projektowaniu architektoniczno-urbanistycznym ograniczenia dla twórczej aktywności, ale poszerzają jej pole o nowe możliwości. Lata 60. XX wieku charakteryzowały się przewyższaniem problemów technicznych i materiałowych związanych z poszukiwaniem integracji architektury z klimatem (słońcem). Ostatnie trzydziestolecie można uznać za okres decydujący dla rozwoju różnorodnych technologii słonecznych i energooszczędnych rozwiązań. W okres ten wpisują się dwa kierunki poszukiwań i realizacji: rozwiązania projektowe kontynuujące koncepcje biernego pozyskiwania energii słonecznej (rozwijane od starożytności po dzień dzisiejszy), a od końca lat 70. XX w. – rozwiązania wprowadzające słoneczne systemy aktywne. Architektura słoneczna powstaje w wyniku całościowego podejścia do projektowania, uzyskania maksymalnej spójności wszystkich tworzących budynek i zespół urbanistyczny elementów przy zachowaniu spójności z otoczeniem przyrodniczym. Celem stało się projektowanie budynku jako systemu złożonego ze zintegrowanych wzajemnie podsystemów w miejsce konwencjonalnego modelu statycznego, w którym poszczególne elementy są wydzielone zarówno od siebie, jak i od otoczenia.

Pasywne ogrzewanie budynków i wody do celów użytkowych stanowi najbardziej przyjazną środowisku zasadę wykorzystania energii słonecznej przy użyciu jedynie środków w zakresie techniki budowlanej. Charakteryzuje je wykorzystanie całej struktury budynku lub jej elementów jako kolektora. Energia słoneczna wspomaga działania na rzecz minimalizacji potrzeb cieplnych, jaką dają energooszczędne standardy. Do integralnych składników tej architektury należą m.in. takie helioaktywne elementy jak: różnego typu ściany kolektorowo-akumulacyjne, okna słoneczne, klimatyczne strefy buforowe (szklarnie, cieplarnie, ogrody zimowe, hole energetyczne), izolacje transparentne, a także elementy zacieniające: osłony, zadaszenia, okapy. Spełnienie wymogów energooszczędności wyraża się w zwartej bryle budynku i zespołu urbanistycznego, konstrukcji jego powłok, doborze materiałów, szczelności złączy, zasadach strefowania i grupowania pomieszczeń. Optymalnie zaprojektowany system pasywny daje zyski słoneczne i redukcję zużycia energii od 30–50%.

We must emphasize that, besides functionality and aesthetics, solar architecture is expected to fulfill the requirements imposed by the criteria of assessing environmental sustainability, used in the evaluation of sustainable buildings and their quality, prepared in the last years within research on the energy-and-ecology trend (ideas of “Green Building”, “Eco-Building”, POE-based assessment methods, tools of quality assessment, e.g. BREEAM, BEPAC, LEED, ECO Quantum, ECO-PRO, a programme of cyclically improved, comparable methods of Green Building Challenge – GBC)⁷. Research on sustainable buildings as well as the requirements of energy certificates, binding in the European Union and many other countries, prove that the contemporary housing environment starts to be shaped on the basis of interdisciplinary search and the modern, developed knowledge of man’s living space and its relationships with nature.

2. The technology and aesthetics of solar architecture

The basis of the conception of solar architecture of the latest generation is the introduction of an urban object and complex to the environment by adjusting the form of the heated part of a building to the surroundings and the climate, choosing construction, materials, insulation and solar systems in order to intensify heat gain. Contemporary solar systems use photothermal conversion (conversion of the energy of solar radiation into heat) and photovoltaic (photoelectric) conversion (conversion of the energy of solar radiation into electric energy). In Europe, where actions for shaping architecture friendly towards man and the natural environment are very advanced, there are lots of ecological, energy-saving estates and residential complexes where such systems have been used. They prove that the continuation of traditional solutions and the introduction of new technologies do not limit creativity in architectural and urban design but broaden its field with some new opportunities. The 1960s were characterized by overcoming technical and material problems related to a search for integration of architecture and the climate (sunshine). The last thirty years could be described as a period decisive for the development of diverse technologies of solar and energy-saving solutions. This period included two directions of search and implementation: designs continuing the conceptions of the passive gain of solar energy (developed from ancient times till today) and – since the late 1970s – solutions introducing active solar systems. Solar architecture comes into existence as a result of approaching design as a whole, reaching maximum unity of all the elements forming a building and an urban complex in accordance with the natural surroundings. The objective is to design a building as a system consisting of integrated subsystems instead of a conventional static model where individual elements are separated from each other and from the surroundings.

Passive heating of buildings and water for usable purposes makes the most environment-friendly principle of using solar energy in a building technique. It is characterized by the use of the whole structure of a building or its elements as a collector. Solar energy supports activities for the minimization of thermal needs given by energy-saving standards. The integral ingredients of this architecture include such helioactive elements as collector- and accumulative walls, solar windows, climatic buffer zones (greenhouses, hothouses, winter gardens, energy halls), transparent insulations, shading elements (protections, roofs, eaves). The fulfillment of the requirements of energy saving is expressed in: the compact form of a building and an urban complex, the construction of its covers, the choice of materials, the tightness of the links, the principles of zoning and grouping the rooms. An optimally designed passive system gives solar gain and the reduction of energy consumption by 30–50%.

Od końca lat 70. XX w. datuje się szybki rozwój technologii aktywnego pozyskiwania energii słonecznej i przemysłowa produkcja kolektorów, a od lat 80. rozwijane są różnorodne formy integracji z architekturą fotowoltaiki. Systemy słoneczne aktywne, w powiązaniu z systemami pasywnymi w ramach rozwijającej się obecnie drugiej generacji architektury słonecznej, zaczynają być traktowane jako energooszczędny i ekologiczny standard. (ryc. 1 b, e)

Wymóg oszczędnej gospodarki energią oraz tworzenia przyjaznego klimatu wewnątrz budynku, wraz z rozwojem technologii solarnych, wywierają wpływ na koncepcję architektoniczno-urbanistyczną. Jednak nie zawsze jest to jednoznacznie artykułowane w formie i wystroju budynków. Pierwsze przykłady z lat 40. i 50. oraz 60. XX w. charakteryzowała prosta, podporządkowana technologii forma lub też dostosowanie do tradycji budownictwa rodzimego oraz poszukiwanie walorów estetycznych (m.in. domy „solar adobe” w pld.-zach. stanach USA, a w Europie projekty R. Erskina, B. Warne, L. Krolla oraz Studio Vandkusten z Kopenhagi).

Współczesna architektura włącza w nurt proekologiczny różne kierunki twórcze, style i tendencje. Ogólnie przyporządkować je można niżej wymienionym poszukiwaniom estetycznym oraz w zakresie strategii projektowania:

- architektura stosująca systemy pasywne jako kontynuację tradycyjnych, znanych od starożytności rozwiązań, charakterystycznych dla określonych regionów i stref klimatycznych. Zaliczyć ją można do trzeciej fali tego typu rozwiązań, jakie pojawiły się na przestrzeni XX wieku. Promuje niezależne od technologii, bioklimatyczne, naturalne metody pozyskiwania i oszczędzania energii do celów ogrzewania, naturalną wentylację oraz materiały budowlane (koncepcje low-tech, no-tech). Takie podejście od lat promowali: T. Ando, R. Erskine, E. Greene, R. Grimshaw, R. Gabetti i A. Isola, A. Isozaki, L. Kroll, K. Kurosawa, J.Nouvel, F. Otto, R. Piano, P. Soleri. Otwarta na środowisko

The late 1970s started the fast development of the technology of the active gain of solar energy and the industrial production of collectors. Since the 1980s, diverse forms of integrated photovoltaic architecture have been developed. Active solar systems, in relation to passive systems of the developing second generation of solar architecture, begin to be treated as an energy-saving and ecological standard (ill. 1 b, e).

The requirement of saving energy management and the creation of a friendly climate inside a building, together with the development of solar technologies, influence an architectural and urban conception. However, it is not always explicitly articulated in the form and interior of buildings. The first examples from the 1940s, 1950s and 1960s were characterized by a simple form subordinate to technology or the adjustment to the traditions of native construction and a quest for some aesthetic values (e.g. solar adobe houses in the south-western states of the USA and European designs by R. Erskin, B. Warne, L. Kroll and Studio Vandkusten in Copenhagen).

Contemporary architecture incorporates various creative styles and tendencies into the eco-

przyrodnicze wywiera pozytywny wpływ na odrodzenie zasad wpisywania się w lokalne uwarunkowania i wartości, tradycję projektowania i budownictwa.⁸ Rozwojowi idei tej architektury sprzyjają współczesne możliwości techniczne i technologiczne. (ryc. 1 c, d)

- architektura reprezentująca odejście od tradycyjnych technologii i form historycznych oraz regionalnych, poszukująca nowej estetyki i materiałów budowlanych na bazie inspiracji przyrodą (przykład: m.in. „Heliotrop” proj. R. Discha we Fryburgu, Villa Vision w Kopenhadze). (ryc. 1 a)
- architektura związana z filozofią high-tech, która problemy wpisania w środowisko rozwiązuje za pomocą zaawansowanych technologii (grupa Read). Ewoluuje w kierunku ograniczania ich nadmiaru na rzecz naturalnych rozwiązań. Eco-tech promuje rozwiązania o skutecznej i sprawnej powłoce budynku, optymalnie dostosowanej do warunków klimatycznych (m.in. N. Foster, N. Grimshaw, M. Hopkins, R. Rogers).⁹
- architektura reprezentująca kierunek pośredni pomiędzy dwoma wyżej wymienionymi, blisko filozofii P. Soleri – humanistyczne podejście do środowiska (environmental humanism, „social and democratic environmentalism”, a także zorientowany na środowisko minimalizm (environmental minimalism)).

Standardy energooszczędne narzucają: zwartą bryłę zabudowy i ograniczoną powierzchnię ścian, brak lub niewielkie otwory okienne w północnych fasadach. Ściana południowa jest najważniejszym elementem budynku słonecznego. Jej wystrój odzwierciedla zadanie pozyskiwania energii słońca, jakkolwiek nie zawsze jest to jednoznacznie odczytywane, zwłaszcza w przypadku przyjęcia tradycyjnej i nie zdominowanej techniką estetyki architektonicznej. Nowe technologie szkła pozwalają na łączenie wnętrza budynku w sposób nieograniczony z jego otoczeniem. Służąc pozyskiwaniu energii słońca, wzbogacają architekturę o wartości humanistyczne. Pasywna architektura eksponuje takie elementy budynku, jak: okna, oszklone hole, balkony oraz ciepłarnie, ogrody zimowe, oranżerie, werandy słoneczne, zielone izby, wykusze, okna kwiatowe, szklane przekrycia dachów i przestrzeni atrialnych. (ryc. 1 b, c, d,

logical trend. Generally, they could be characterized by the following descriptions in the field of the aesthetic strategy of design:

- architecture using passive systems as the continuation of traditional, ancient solutions, characteristic for given regions and climatic zones. They belong to the third wave of such solutions which appeared in the 20th century. It promotes technologically independent, bioclimatic, natural methods of gaining and saving energy for heating, natural ventilation and building materials (low-tech, no-tech conceptions). Such an approach has been promoted by: T. Ando, R. Erskine, E. Greene, R. Grimshaw, R. Gabetti, A. Isola, A. Isozaki, L. Kroll, K. Kurokawa, J. Nouvel, F. Otto, R. Piano, P. Soleri. Open to the natural environment, it positively influences the rebirth of the principles of adjusting oneself to the local conditions and values, the tradition of design and construction.⁸ The development of the idea of this architecture is supported by the contemporary technical and technological possibilities (ill. 1 c, d)
- architecture representing a breakaway from traditional technologies, historical and regional forms, searching for new aesthetics and building materials based on an inspiration in nature (e.g. “Heliotrope” designed by R. Disch in Friburg, Villa Vision in Copenhagen) (ill. 1 a)
- architecture related to the high-tech philosophy which solves the problems of environmental adjustment by means of advanced technologies (group Read). It evolves towards limiting their excess for the sake of natural solutions. Eco-tech promotes solutions of an effective cover of a building, optimally adjusted to the climatic conditions (e.g. N. Foster, N. Grimshaw, M. Hopkins, R. Rogers)⁹
- architecture representing a direction between the two abovementioned ones, close to P. Soleri’s philosophy – humanistic approach to the environment (environmental humanism, social and democratic environmentalism, environmental minimalism)

Energy-saving standards impose: a compact form of construction and a limited area of the walls, small (if any) window openings in the northern facades. The southern wall is the most important element of a solar building. Its decor reflects the task of gaining solar energy, even though it is not always explicit, especially with traditional architectural aesthetics not dominated by technology. New glass technologies make it possible to join the interior of a building with its surroundings in an unlimited manner. Serving the gain of solar energy, they enrich architecture with some humanistic values. Passive architecture exposes such elements of a building as windows, glassed-in halls, balconies,



Ryc. 1. a – „Heliotrop” proj. R. Discha we Fryburgu, b, c – architektura eksponująca ogrody zimowe – osiedle Egebjerggård, Ballerup, Kopenhaga, Dania, d – pasywny dom słoneczny w zespole mieszkaniowym Bo01 „City of Tomorrow”, Malmö, e – architektura eksponująca systemy aktywne: kolektory słoneczne – zespół Bo01 Malmö, Szwecja. Fot. autorka. Ill. 1 a – “Heliotrope” designed by R. Disch in Friburg, b, c – architecture exposing winter gardens – estate Egebjerggård, Ballerup, Copenhagen, Denmark, d – passive solar house in residential complex Bo01 “City of Tomorrow”, Malmö, e – architecture



Ryc. 2. Przykłady sanacji historycznej zabudowy mieszkaniowej z wprowadzeniem przeszklonych werand słonecznych w śródmieściu Kopenhagi: a – budynek przy Helgesvej o szklanej słonecznej fasadzie wykonanej w ramach działań rewaloryzacyjnych, b – zespół mieszkaniowy przy Godthåbsvej. Fot. autorka. Ill. 2 Examples of the historical cleansing of residential buildings with glazed solar verandas in the centre of Copenhagen: a – building at Helgesvej with a restored glass, solar façade, b – residential complex at Godthåbsvej. Photos by author.

ryc. 2) Oranżerie przeżywają obecnie renesans, łącząc walory użytkowe z estetycznymi jako atrakcyjny sposób ocieplenia budynku słonecznego. Sprzyjają też kontaktowi człowieka z przyrodą i krajobrazem. Uzupełnienie rozwiązań pasywnych elementami kolektorowymi lub fotowoltaiką może mieć miejsce na zasadzie całkowitego wtopienia tych systemów w architekturę lub też stanowić inspirację dla kształtowania bryły i detalu. (ryc. 1 e)

3. Podsumowanie

Wymagania dotyczące wykorzystania energii słonecznej i związku z przyrodą prowadzą w ostatnich latach do kształtowania się zupełnie nowego języka architektury. Widoczna jest ewolucja konwencjonalnych metod projektowania, całościowe podejście w celu uzyskania maksymalnej spójności wszystkich tworzących budynek i zespół urbanistyczny elementów przy zachowaniu spójności z otoczeniem przyrodniczym, poszukiwanie pełnej integracji wszystkich elementów w ramach budynku, osiedla w połączeniu z otoczeniem. Kształtowanie zespołów i większych kompleksów mieszkaniowych pozwala na tworzenie wspólnych słonecznych koncepcji energetycznych i łączenie różnorodnych rozwiązań technologicznych w ich obrębie oraz w powiązaniu z miejskimi sieciami energetycznymi lub innymi zespołami mieszkaniowymi.

Analiza ewolucji zewnętrznych przegród budynku oraz ich współczesnych konstrukcji wykazuje, że nastąpiła zmiana ich charakteru w związku z nowym zadaniem architektury, jakim jest pozyskiwanie energii słonecznej. Wraz z zastosowaniem systemu pasywnego i systemów aktywnych przestaje być ona statyczna, a przekształca się w aktywny organizm. Reaguje na warunki zewnętrzne, które ulegają stałym wahaniom i zmianom, w celu spełnienia wymogów związanych z komfortem mieszkańców w zakresie mikroklimatu. Powłoki budynku pośredniczą zatem pomiędzy zmiennym otoczeniem a wymagającymi stabilności warunkami wewnętrznymi. Dom, dzięki współczesnym technologiom i rozwiązaniom materiałowym może odbijać, absorbować, filtrować strumienie energii, magazynować je i transformować, podobnie jak ma to miejsce w organizmach żywych. Środkiem tym towarzyszy optymalna orientacja budynku i zespołu urbanistycznego, a także strefowanie funkcji i grupowanie pomieszczeń, otwartość wnętrza dla cyrkulacji ciepła, umiejętność pozyskiwania energii słońca i zacielenia przed jego działaniem, izolacja ścian i okien, projektowanie wnętrza w sposób łagodzący ekstremalne zmiany termiczne i kształtowanie otoczenia budynku w sposób kreujący optymalne warunki wewnętrzne.

Współczesna architektura słoneczna wykorzystuje wszystkie możliwości techniki i technologii w zakresie konstrukcji i materiałów, ale nie oznacza to bezwzględnego im podporządkowania. Doskonała ich znajomość powinna łączyć się z poszukiwaniami w sferze estetyki jako istotnego elementu kształtowania środowiska mieszkaniowego – przestrzeni życia człowieka. Technologia powinna być podporządkowana humanistycznym treściom, nie dominując formy architektonicznej. Tradycyjne witruwiańskie cechy architektury: trwałość, użyteczność i piękno uzupełniają współcześnie

hothouses, winter gardens, orangeries, solar verandas, green chambers, bay windows, flower windows, glass covers of roofs and atriums (ill. 2 b, c, d, ill. 3). There is a revival of orangeries, combining usable and aesthetic values, as an attractive way of heating a solar building. They are also conducive to man's contact with nature and the landscape. Complementing passive solutions with collectors or photovoltaic elements may consist in the total adjustment of these systems to architecture or become an inspiration for shaping a form and a detail (ill. 1 e).

3. Summary

The requirements referring to the use of solar energy and a relationship with nature have led to the shaping of a completely new language of architecture. We can observe the evolution of conventional methods of design, a holistic approach which aims at gaining maximum unity of all the elements making a building and an urban complex as well as unity with the natural surroundings, a search for full integration of all the elements of a building and an estate in combination with the surroundings. The shaping of large residential complexes makes it possible to create shared solar energy conceptions and combine diverse technological solutions within and in relation with urban energy networks or other residential complexes.

An analysis of the evolution of the external divisions of a building and their contemporary constructions shows that there has been a change in their character in relation to a new assignment of architecture, namely the gain of solar energy. With the use of the passive system and active systems, it is not static anymore but changes into an active organism. It reacts to the external conditions, which vary and change constantly, in order to fulfill the requirements related to the residents' comfort as far as the microclimate is concerned. Thus, the covers of a building mediate between the changeable surroundings and the potentially stable internal conditions. A house, owing to the contemporary technologies and material solutions, may reflect, absorb, filter streams of energy, store and transform them, just like it happens in living organisms. It is strengthened by an optimal orientation of a building and an urban complex as well as zoning functions and grouping rooms, an open interior for the circulation of heat, an ability to gain solar energy and shade, the insulation of the walls and the windows, the design of an interior soothing extreme thermal changes and shaping the surroundings to create optimal internal conditions.

Contemporary solar architecture uses all the possibilities of technology in construction and materials but it does not mean total submission. Perfect knowledge ought to be combined with a search in the sphere of aesthetics as a significant element of shaping a housing environment – man's living space. Technology should be subordinate to humanistic meanings, not dominating an architectural form. Traditional Vitruvian features of architecture: durability, usefulness and beauty are complemented with some new values related to full unity with nature. Architecture, although does not make an element of nature, is subordinate to the same external factors as all its components: the sunshine, water, wind. Thus, it should continue and complement the work of nature as well as compensate the loss caused by man's investments in the environment. Integration with the environment reflects the humanistic ideology of solar architecture in the context of sustainable development and is expressed in a quest for balance between: a place (the context of nature), technological possibilities, living standards with the creation of an individual character of a work. The key to designing such architecture is:

nowe wartości związane z pełnym zespoleniem jej z przyrodą. 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 natury, a także rekompensować środowisku straty spowodowane inwestycyjną działalnością człowieka. Integracja z tym środowiskiem odzwierciedla humanistyczne założenia ideowe architektury słonecznej w kontekście rozwoju zrównoważonego i wyraża się w poszukiwaniu równowagi pomiędzy: miejscem (kontekst przyrody), możliwościami technologicznymi, standardami jakości mieszkania przy jednoczesnym kreowaniu indywidualnego charakteru dzieła. Kluczem do projektowania tej architektury jest:

- poszukiwanie związku koncepcji architektoniczno-urbanistycznej z miejscem, w jakim powstaje oparte na znajomości klimatu lokalnego (niepowtarzalność warunków miejscowych), a tym samym niepowtarzalność każdej koncepcji,
- eksponowanie przyrody i harmonizowanie z nią koncepcji architektoniczno-urbanistycznej na zasadzie partnerstwa, a nie dominacji.

Dalsze badania, istotne dla rozwoju architektury słonecznej, a także zrównoważonej, powinny być prowadzone w kierunku kształtowania zewnętrznych osłon na wzór powłok organizmów żywych. Należy wspomnieć tu o pojawiających się w latach 90. XX wieku awangardowych tendencjach w poszukiwaniu nowego, organicznego języka, a także związku architektury z biologią i technologią. Wydają się tu cenne m.in. osiągnięcia architektury bionicznej. Ważny obszar przyszłości dostrzega się też w ekonice (ekologicznym systemie bioniki). Wymienić można również doświadczenia w zakresie systemów dynamicznych (m.in. G. Lynn – zginanie oraz fałdowanie), nieliniową architekturę dynamiczną i organiczne wizje (F. Gehry, P. Eisenman, D. Libeskind), a także idee cyberprzestrzenne (L. Spuybroek), nurt hiperarchitektury, idee bezszwowe i całościowego łączenia obiektu w jeden organizm (B. van Berkel i C. Bos) kształtujące nowe relacje między wnętrzem a powłoką („skórą”). Zanikanie rozróżnienia między biologią i tym co mechaniczne, transformacja ciała pod wpływem współczesnych technologii stanowią podstawę założenia przez autorów omówionych koncepcji, że takie same zmiany dotyczyć mogą również architektury. Biologiczny jej model rozwijać się będzie na bazie nowych materiałów i technologii, sztucznej, analogicznej do biologicznej, inteligencji, form powstających na styku technologii cyfrowych i biologii.

¹ Charakterystyczne jest, że kraje uprzemysłowione Wschodu i Zachodu, zamieszkiwane przez 25% populacji światowej, konsumują ok. 75% energii, podczas gdy pozostałe, rozwijające się, jedynie 25% przy populacji liczącej 75% całej ludności świata, a działalność inwestycyjna związana z budownictwem pochłania w Europie więcej niż połowę jej konsumpcji. Dołączają się do tego koszty eksploatacji budynków, głównie związane z ich ogrzewaniem.

² Zrównoważenie postulowane było po raz pierwszy w 1713 roku przez Carla von Carlowitz w kontekście gwałtownego zmniejszania się zasobów lasów. Szerzej: D. Schwarz, Detail, s. 603. Należy tu wspomnieć, że już Ra-

- searching for a relationship between an architectural and urban conception with its place, based on the knowledge of the local climate (uniqueness of local conditions, of every conception),
- exposing nature and harmonizing an architectural and urban conception with it on the principle of partnership, not domination.

Further research, important for the development of solar and sustainable architecture, ought to be done towards the shaping of external covers patterned on the skins of living organisms. We should mention the 1990s when some avant-garde tendencies in the search for a new, organic language as well as a relationship between architecture, biology and technology appeared. The achievements of bionic architecture seem valuable here. An important future area can also be seen in econics (ecological system of bionics). We may also mention some experiences in the range of dynamic systems (e.g. G. Lynn – bending and folding), non-linear dynamic architecture and organic visions (F. Gehry, P. Eisenman, D. Libeskind), cyberspace ideas (L. Spuybroek), hyperarchitecture, ideas of seamless and holistic combination of an object into one organism (B. van Berkel and C. Bos) shaping new relations between the inside and the outside (“skin”). Disappearing differences between biology and mechanics, transformation of the body under the influence of contemporary technologies make the authors of the abovementioned conceptions claim that identical changes may also concern architecture. The development of its biological model will be based on some new materials and technologies, artificial intelligence, some forms at the meeting point of digital technologies and biology.

¹ It is symptomatic that the industrialized Eastern and Western countries, inhabited by 25% of the world's population, consume c. 75% of energy, while the remaining, developing states – just 25% with inhabitants making 75% of the total population of the world. Investing activities related to construction absorb more than half of Europe's consumption. The costs of operating buildings, mainly heating, add to this.

² Sustainability was first postulated in 1713 by Carl von Carlowitz in the context of a violent decline of forests. More: D. Schwarz, Detail, p. 603. Even the Report of the Roman Club including the issue of constant balance was based on a change in the system of valuing and objectives at the individual, national and world level.

³ K. Kurokawa From the Age of Machine, 1992, p. 104, 109

⁴ Solar architecture is understood as architecture whose structure, manner of shaping the external and internal spaces make it possible, adequately to the climate, to get maximum heat gain from solar energy, with minimum thermal loss. It makes an integral whole with the elements which serve to gain solar energy in a passive or passive and active way. This architecture is related to energy-saving manners of constructing and adjusted, through architectural, structural and material solutions, to using heat gained by photothermal conversion of solar radiation (helioreactivity).

⁵ More: W. Tiefensee “Energy efficiency begins with the individual”, Detail No. 6, 2007, p. 606

⁶ Cf. S. Behling, A. Fuchs, T. Volz “Solare Architektur – Forschung und Entwicklung”, Detail, No. 6, 2007, p. 666–669

⁷ Detailed descriptions in: E. Niezabitowska, D. Masły “Oceny jakości...”, Gliwice, 2007

⁸ Cf. Sigismund Sliwinski “Eine Chronologie der Solararchitektur in den USA”, Detail No. 6, 2005, p. 600

⁹ J. Luther [in:] T. Herzog “Architecture + ...”, p. 14, 15. We may mention the American work of Mc Donough and Partners within a prepared plan for Dearborn, Michigan, and the design group EH- DD (saving constructional systems). More: J. Steele “Ecological architecture”, London, 2005, p. 123

port Klubu Rzymskiego i zawarte w nim pojęcie trwałego stanu równowagi, opierał się na zmianie systemów wartościowania i celów na poziomie indywidualnym, narodowym i światowym.

³ Wg K. Kurokawa From the Age of Machine, 1992, s. 104, 109

⁴ Pod pojęciem architektury słonecznej rozumiana jest architektura, której struktura, sposób ukształtowania przestrzeni zewnętrznej i wewnętrznej umożliwiają, adekwatnie do klimatu, czerpanie maksymalnych zysków ciepła z energii słonecznej, przy jednoczesnym zapewnieniu minimalnych strat cieplnych. Tworzy ona integralną całość z elementami, które służą pozyskiwaniu energii słonecznej w sposób pasywny lub pasywny i aktywny. Architektura ta związana jest z energooszczędnymi sposobami budowania i przystosowana, poprzez rozwiązania architektoniczne i strukturalno-materiałowe, do wykorzystywania ciepła pozyskiwanego wskutek fototermicznej konwersji promieniowania słonecznego (helioaktywność).

⁵ Szerzej: W. Tiefensee „Energy efficiency begins with the individual”, Detail nr 6, 2007, s. 606.

⁶ Por: S. Behling, A. Fuchs, T. Volz „Solare Architektur – Forschung und Entwicklung, Detail, nr 6, 2007, s. 666-669.

⁷ Szczegółowo omawiane są w pracy: E. Niezabitowska, Masty D. „Oceny jakości...”, Gliwice, 2007.

⁸ Por. Sigismund Sliwinski „Eine Chronologie der Solararchitectur in den USA”, Detail nr 6, 2005, s. 600.

⁹ Wg J. Luther [w:] T. Herzog „Architecture +...”, s. 14, 15. Wymienić tu można w USA prace zespołu Mc Donough and Partners, w ramach opracowywanego planu dla miejscowości Dearborn w Michigan, a także grupę projektową EH-DD (oszczędne systemy konstrukcyjne). Szerzej: J. Steele „Ecological architecture”, Londyn, 2005, s. 123.

LITERATURA (pozycje wybrane):

Adamczewski P. „Projektowanie budynków na podstawie komputerowej symulacji bilansu cieplnego z uwzględnieniem naturalnych źródeł energii” Polska Energetyka Słoneczna, nr 3, 2003

Behling S., Behling S. „The Evolution of Solar Architecture”, Monachium, 1996

Behling S., Fuchs A., Volz T. „Solare Architektur – Forschung und Entwicklung”, Detail, nr 6, 2007

Booth D. Booth J. Doyles P. „Sun/ Earth Buffering and Superinsulation”, Canterbury, New Hampshire, 1980

Carriere D. „Solar Houses for a cold Climate”, N. York, 1980

Cowan H.J. Solar Energy Application in the Design of Buildings, London, 1980

Feist W. „Dom niskoenergetyczny – budowlany standard przyszłości” Sto Journal, nr 2, 2000

Gauzin-Müller D. Sustainable Architecture and Urbanism, Berlin, 2002

Herzog T. „Architecture + Technologie”, Monachium, 2001

Jones D. L. Architecture and the Environment. Bioclimatic Building Design, London, 1998

K. Kurokawa From the Age of Machine to the Age of Life, Japan Architect, nr 3, 1992

Lewandowski W. „Proekologiczne źródła energii odnawialnej”, Warszawa, 2001

Lyle J.T. „Regenerative Design for Sustainable Development”, New York, 1994

Meier-Wiechert G. „Solarthermie im Wohnungsbau – Energie frei Haus”, DBZ 10, 2001

Niezabitowska E., Masty D., „Oceny jakości środowiska zbudowanego i ich znaczenie dla rozwoju koncepcji budynku zrównoważonego”, Gliwice, 2007

Pearson D. „Przyjazny dom”, Warszawa, 1998

Rehg U., Leithold W. „Structural Glazing Solar-Fassade”, DBZ nr 4, 1994

Schmitz- Günter T. „Living Spaces. Sustainable Building and Design”, Kolonia, 1998

Schwarz D., Nachhaltiges Bauen, Detail nr 6, 2007

Sliwinski S. „Eine Chronologie der Solararchitectur in den USA”, Detail nr 6, 2005

Steele J. „Ecological Architecture. A critical History”, Londyn, 2005

Tiefensee W. „Energy efficiency begins with the individual”, Detail nr 6, 2007

Weber G. – „Solarenergienutzung”, DBZ, nr 4, 1997

Wehle-Strzelecka S. „Architektura słoneczna w zrównoważonym środowisku mieszkaniowym”, Kraków, 2004

Wines J. „Green Architecture”, Kolonia, 2000

LITERATURE (selected positions):

Adamczewski P. „Projektowanie budynków na podstawie komputerowej symulacji bilansu cieplnego z uwzględnieniem naturalnych źródeł energii” Polska Energetyka Słoneczna, No. 3, 2003

Behling S., Behling S. „The Evolution of Solar Architecture”, Munich, 1996

Behling S., Fuchs A., Volz T. “Solare Architektur – Forschung und Entwicklung”, Detail, No. 6, 2007

Booth D., Booth J., Doyles P. “Sun / Earth Buffering and Superinsulation”, Canterbury, New Hampshire, 1980

Carriere D. “Solar Houses for a Cold Climate”, New York, 1980

Cowan H.J. “Solar Energy Application in the Design of Buildings”, London, 1980

Feist W. “Dom niskoenergetyczny – budowlany standard przyszłości”, Sto Journal, No. 2, 2000

Gauzin-Müller D., „Sustainable Architecture and Urbanism”, Berlin, 2002

Herzog T. “Architecture + Technologie”, Munich, 2001

Jones D.L., “Architecture and the Environment. Bioclimatic Building Design”, London, 1998

Kurokawa K., “From the Age of Machine to the Age of Life”, Japan Architect, No. 3, 1992

Lewandowski W., “Proekologiczne źródła energii odnawialnej”, Warsaw, 2001

Lyle J.T., „Regenerative Design for Sustainable Development”, New York, 1994

Meier-Wiechert G., “Solarthermic im Wohnungsbau – Energie frei Haus”, DBZ 10, 2001

Niezabitowska E., Masty D., “Oceny jakości środowiska zbudowanego i ich znaczenie dla rozwoju koncepcji budynku zrównoważonego”, Gliwice, 2007

Pearson D., „Przyjazny dom”, Warszawa, 1998

Rehg U., Leithold W. „Structural Glazing Solar-Fassade”, DBZ No. 4, 1994

Schmitz-Günter T., “Living Spaces. Sustainable Building and Design”, Cologne, 1998

Schwarz D., “Nachhaltiges Bauen”, Detail No. 6, 2007

Sliwinski S., “Eine Chronologie der Solararchitectur in den USA”, Detail No. 6, 2005

Steele J., “Ecological Architecture. A Critical History”, London, 2005

Tiefensee W., “Energy efficiency begins with the individual”, Detail No. 6, 2007

Weber G., “Solarenergienutzung”, DBZ, No. 4, 1997

Wehle-Strzelecka S., “Architektura słoneczna w zrównoważonym środowisku mieszkaniowym”, Kraków, 2004

Wines J., „Green Architecture”, Cologne, 2000