

Adaptowalność w architekturze reagującej na czynniki środowiskowe

Adaptability in residential architecture that responds to environmental factors

Streszczenie

Adaptacja jest procesem w trakcie którego obiekt zmienia swoje właściwości aby dostosować się do zmian zachodzących w środowisku zewnętrznym. Organizmy żywe w celu przetrwania adaptują się w procesie ewolucji – zmiany przystosowawcze dotyczą jednak nie tylko organizmów żywych ale również ich środowiska. Budynki adaptowalne mają za zadanie reagować na zmiany czynników zewnętrznych, są one budynkami raczej przekształcalnymi niż statecznymi. Jakkolwiek idea może wydawać się nowoczesna, to taką nie jest. Zdolność adaptacji za pomocą technologii i materiałów jest znana człowiekowi od dawna. Technologia pozwalająca na adaptację ewoluowała wraz ze zmianami technologicznymi, ekonomicznymi oraz socjologicznymi. Niniejszy artykuł skupia się na przedstawieniu współczesnych domów mieszkalnych adaptowalnych w odniesieniu do czynników środowiskowych, przedstawieniu prototypów oraz omówieniu wybranych komponentów wspomagających tę adaptację.

Abstrakt

Adaptation is a process by which an object transform itself to suit the changes in the external environment. Living organisms to survive adapt themselves through evolution – so is the case with residence architecture. Adaptable buildings are intended to respond on changing of external factors, it's rather transformable than static. Although the idea of adaptation may seem innovative, it is not. The ability to adapt by means of building's technology and materials has been known to man for a very long time. It evolved along with technology and changes in economy and sociological fields. This article focuses on explore of the contemporary adaptable houses in relation to external factors, the presentation of prototypes and the discussion of selected building components that supports building's adaptation.

Słowa kluczowe: Architektura adaptowalna, architektura responsywna, dom dynamiczny

Keywords: Adaptable architecture, responsive architecture, dynamic house

1. Architektura w środowisku naturalnym

Otoczenie naturalne nieustannie się zmienia, a zmiany te mogą być zarówno zauważalne w przeciągu krótkiego czasu, jak i długotrwałe, niewidoczne z perspektywy życia jednego człowieka. Jedną z bardziej dynamicznych zauważalnych zmian są warunki pogodowe a także zmiany zachodzące cyklicznie czyli pory roku, dnia i nocy, wpływające na tryb życia każdego organizmu na Ziemi zaczynając od bakterii i innych mikroorganizmów, poprzez florę a skończywszy na organizmach złożonych. Bazując na stwierdzeniu, że środowisko naturalne wpływa na życie między innymi człowieka, można utworzyć schemat wpływów na kształtowanie architektury. Schemat ten jest uporządkowany w oczywisty sposób, obrazuje on wpływ wzajemny środowiska naturalnego na uwarunkowania biologiczne oraz kulturowe, co w konsekwencji oddziałuje na kształtowanie życia człowieka. W efekcie czło-

1. Architecture in the natural environment

The natural environment is constantly changing, and these changes can be noticeable in a short time, as well as long-lasting, invisible from the perspective of one's life. One of the most noticeable changes are weather conditions as well as changes occurring cyclically, ie seasons, day and night, affecting the life style of every organism on Earth, starting from bacteria and other microorganisms, through flora and ending with complex organisms. Based on the statement that the natural environment affects the lives of, among others, human, there is possibility to draw a scheme of influences on the shaping of architecture. This scheme is clearly ordered, it illustrates the mutual influence of the natural environment on biological and cultural conditions, which in turn affects the shaping

wiek poprzez swoje aktywności życiowe oraz w odpowiedzi na oddziaływanie środowisk kształtuje architekturę która ma charakter stały i jest w założeniu dostosowana do całej gamy zmiennych czynników zewnętrznych. Pierwotne przykłady budynków adaptowalnych bazowały na przemyślanej konstrukcji dostosowanej do warunków klimatycznych oraz wykorzystaniu odpowiednich materiałów. Robert Kronenburg¹ jako pierwsze przykłady *architektury elastycznej* (flexible architecture) wskazuje indiańskie tipi o regulowanych otwarciach w szczycie i bokach, a także namioty beduinów i tradycyjne domy japońskie. Uniezależnienie się od pory dnia i nocy nastąpiło wraz z użyciem sztucznego oświetlenia rozpoczynając od ognia, poprzez lampy naftowe a kończąc na stosowanej od początku XX wieku energii elektrycznej. Ubiegły wiek odznaczał się szybkim rozwojem technologii cyfrowej, która w wyniku implementacji do budownictwa dała szansę na tworzenie architektury o nowej jakości i szerszych niż do tej pory możliwościach użytkowych.

2. Responsywne komponenty w architekturze adaptowalnej

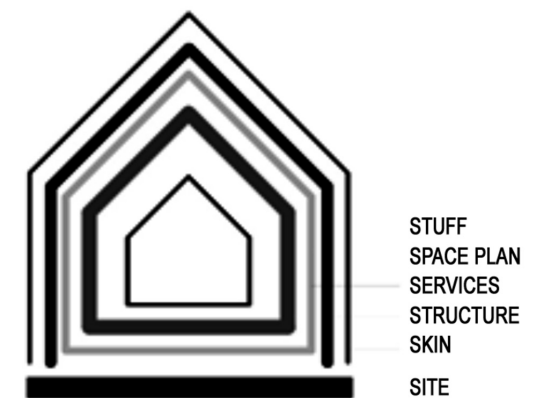
Według podziału proponowanego przed Branda², budynek składa się z pięciu warstw. Kluczowymi warstwami biorącymi udział w mechanizmie budynek – środowisko zewnętrzne są: *skin* (powłoka), *structure* (konstrukcja) oraz *services* (usługi). Pozostałe dwie warstwy – *space plan* (plan funkcjonalny) oraz *stuff* (umeblowanie) odpowiadają za funkcjonalność planu pomieszczeń. Analizując współczesne budownictwo adaptowalne należy zwrócić uwagę na tendencje architektów do uniezależniania funkcjonowania elewacji od warstw konstrukcji (np. Miramar House³, Kiefer Technic Showroom⁴, St Joseph Maternity Clinic⁵, Al Bahar Towers⁶). Elewacja stała się komponentem w szczególności eksplorowanym i doskonalonym technologicznie w ostatnich latach. Systemy żaluzji lub nawet całych fasad aktywnych mają kluczową rolę w regulacji mikroklimatu wnętrza dozując odpowiednio doświetlenie środka budynku. Idea fasady jako bariery energetycznej zaczęła się zmieniać pod koniec XX wieku. Zwrócenie uwagi na zapotrzebowanie energetyczne budynku oraz aspekty środowiskowe nakierkowały architektów i inżynierów na wykorzystywanie elewacji w kierunku zbierania energii z zewnątrz i kierowania jej w miejsca gdzie jest ona potrzebna. W tym kontekście w 1970 roku Profesor Wiliam Zuk w książce *Kinetic Architecture*⁷ opisał budynki oraz ich komponenty zdolne do odwracalnych zmian poprzez kinetykę⁸. W podobnym terminie narodziło się pojęcie architektury responsywnej jako odpowiadającej na potrzeby użytkowników oraz zmiany warunków środowiskowych (Nicolas Negroponte)⁹. W wyniku zmiany postrzegania roli elewacji zaczęły pojawiać się systemy elektronicznego sterowania zacienianiem i wentylacją wewnątrz fasad budynków. Wśród budynków mieszkalnych o aktywnych komponentach, reprezentatywnym przykładem jest Sliding House autorstwa londyńskiego biura dRMM. Zasadniczą część domu jest statyczna, składająca się z trzech mniejszych budynków (dom, dom gościnny oraz garaż). Kluczowym elementem zapewniającym mechaniczno-elektryczną regulację docieplenia i doświetlenia domu jest elektrycznie sterowana elewacja zewnętrzna przemieszczająca się nad

of human life. As a result, human, through his life activities and in response to the influence of environments, shapes architecture that is permanent and is assumed to be adapted to the whole range of changing external factors. The original examples of adaptable buildings were based on a well thought-out design adapted to the climatic conditions and the use of appropriate materials. Robert Kronenburg¹ as the first examples of flexible architecture indicates Indian teepees with regulated openings in the top and sides, as well as Bedouin tents and traditional Japanese houses. The independence from the time of day and night occurred with the use of artificial lighting, starting with the fire, through oil lamps and ending with electricity used from the beginning of the 20th century. The previous century was characterized by the rapid development of digital technology, which as a result of implementation into the building gave an opportunity to create architecture with new quality and wider than ever before the usable capabilities.

2. Responsive components in adaptable architecture

According to the division proposed by Brand², the building consists of five layers. The main layers involved in the building - external environment mechanism are skin (shell), structure (construction) and services (HVAC devices, electricity and other). The other two layers - space plan (functional plan) and stuff (furniture) are responsible for the functionality of the floor plan. Analyzing contemporary adaptive construction, attention should be paid to architects' tendencies to make the elevation function independent of the structure layers (for example Miramar House³, Kiefer Technic Showroom⁴, St Joseph Maternity Clinic⁵, Al Bahar Towers⁶). Elevation has become a component in particular explored and technologically improved in recent years. Shutter systems or even entire active facades have a crucial role in regulating the interior microclimate by dispensing the interior of the building properly. The idea of a façade as an energy barrier began to change at the end of the 20th century. Paying attention to the energy demand of the building and environmental aspects have directed architects and engineers to use the façade in the direction of collecting energy from the outside and directing it to the place where it is needed. In this context, in 1970 Prof. Wiliam Zuk⁷ in his book *Kinetic Architecture* described buildings and their components capable of reversible changes through kinetics⁸. In the same time, the concept of responsive architecture was born as responding to users' needs and changes in environmental conditions (Nicolas Negroponte)⁹. As a result of changes in the perception of the façade's role, electronic control systems for shading and ventilation inside building facades began to appear. Among the residential buildings with active components, Sliding House stands out by the London dRMM office. The main part of the house is static, consisting of three

Il. 1. Warstwy budynku według: Brand [1] rysunek autora / Layers of the building by Brand [1], source: author



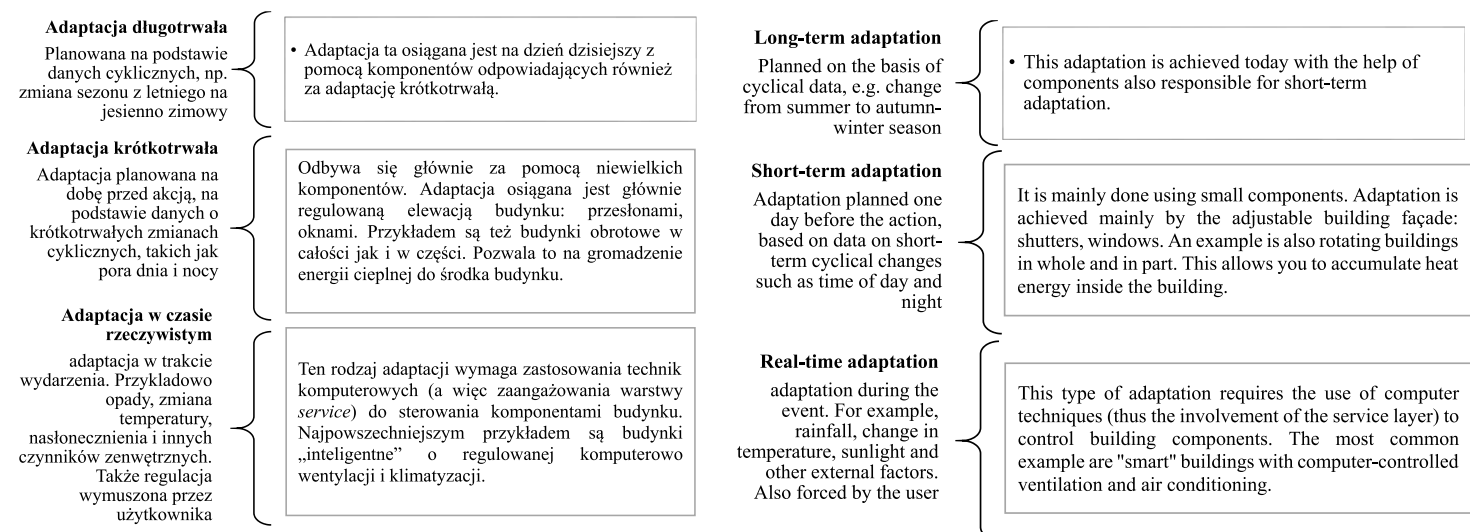
stałymi częściami domu. Ponadto dodatkowa, ruchoma elewacja umożliwia zadaszenie odkrytych części rekreacyjnych budynku: wewnętrznego podwórka oraz tarasu na piętrze. Ruch konstrukcji umożliwiają szyny kolejowe umieszczone w tarasowej podstawie całego kompleksu mieszkalnego. Innym przykładem domu adaptowalnego o samonośnej elewacji jest George House¹⁰ w Nowej Zelandii. Dozowanie światła dziennego możliwe jest za pomocą wymiennych paneli elewacyjnych.

Innym, rzadziej stosowanym sposobem adaptacji jest zespolenie konstrukcji z fasadą w jedną, ruchomą część budynku. Zabieg ten niewątpliwie wymaga bardziej zaawansowanych mechanizmów w warstwie Service odpowiadającej za komputerowe wspomaganie zachodzących procesów adaptacyjnych. Sposób ten zastosowali architekci z Irańskiego biura Nextoffice w projekcie Sharifi-ha house¹¹. Budynek posiada trzy pomieszczenia funkcjonujące samodzielnie w budynku jako obrotowe komponenty regulujące doświetlenie obiektu. Mechanizm adaptacyjny stanowią obrotowe platformy stosowane zazwyczaj w salonach samochodowych. Inną koncep-

parts. The key element ensuring the mechanical and electrical regulation of insulation and illumination of the house is the electrically controlled external façade moving over solid parts of the house. Another example of an adaptable house with a self-supporting façade is George House¹⁰ in New Zealand. Daylight dosing is possible with the help of interchangeable facade panels.

Another, less frequently used method of adaptation is to combine the structure with the façade into a whole, movable part of the building. This treatment undoubtedly requires more advanced mechanisms in the service layer responsible for computer aided adaptation processes. This method was used by architects from the Nextoffice Iranian office in the Sharifi-ha house project. The building has three rooms that function independently in the building as rotating components regulating the lighting of the building. The adaptive mechanism consists of rotary platforms usually used in car dealerships. Another concept of moving rooms is characterized by Devon House¹¹. Like

Il. 2. Schemat ilustrujący podział procesów adaptacyjnych ze względu na czas trwania, źródło: rysunek autora / Diagram: illustration of adaptation process division due to the duration, source: author



cją ruchomych pomieszczeń charakteryzuje się Devon House¹². Budynek podobnie jak Sharifi-ha house będzie posiadał statyczną główną część domu, a część sypialniana i jadalnia znajdująca się na piętrze są pomieszczeniami reagującymi ruchem obrotowym na zmianę pory dnia i strony nasłonecznienia elewacji. Dziś domy o kinetycznych komponentach są rzadkością. Chociaż obecnie wśród budynków eko przeważają systemy biernego pozyskiwania energii, to rozwijanie oraz zastosowanie fasad responsywnych stanowi niezbędny krok w kierunku poprawy wydajności energetycznej budynków (Loonen, Tr ka, Cóstola, & Hensen, 2013)¹³. Analizując przykłady domów adaptowalnych, na podstawie czasu trwania procesu adaptacji można utworzyć podział grupujący typ adaptacji i odpowiadające za nie najczęściej stosowane rodzaje komponentów. Schemat ten ilustruje wyraźne oddzielenie technologii pomiędzy tymi odpowiadającymi za akcję w czasie rzeczywistym (technologia cyfrowa), a elementami kinetycznymi używanymi w adaptacji długo i krótkotrwalej.

3. Domy adaptowalne, reagujące na czynniki środowiskowe

Przykład 1¹⁴: Sharifi-ha house, Nextoffice

Budynek o stosunkowo krótkiej fasadzie wybudowany w Teheranie (Iran). Obiekt zaprojektowany na wąskiej, długiej działce miał za zadanie dostosowywać się do dużej amplitudy temperatur występujących w okresie zimowym i letnim. Budynek posiada 3 kondygnacje naziemne i dwie podziemne. Frontowa fasada obiektu posiada trzy umieszczone kolejno nad sobą pomieszczenia zamknięte w formie kubików. Mechanizm adaptowalny pozwala na obrót pomieszczeń o 90 stopni zmieniając sposób doświetlenia wnętrza. Iran charakteryzuje się wysokimi temperaturami w ciągu lata i łagodnymi zimami. Funkcjonowanie budynku pozwala na osłonięcie wnętrza przed gorącym powietrzem, lub zwiększenie powierzchni okiennych wychodzących na stronę zewnętrzną budynku.

Przykład 2: Lumenhouse¹⁵

Zadaniem twórców projektu była budowa prototypu domu z prefabrykatów, zasilanego energią słoneczną. Oprócz zastosowania technologii solarnych twórcy poszli o krok dalej tworząc dom przystosowujący się do warunków atmosferycznych. Przeszklone elewacje posiadają dodatkową, ruchomą przesłonę perforowaną. W momencie zbyt wysokiej temperatury na zewnątrz budynku, lub gwałtownego jej obniżenia, przesłony zasuwają się przestaniając maksymalnie szklaną elewację. Perforacja przesłon ma za zadanie utrzymanie stałego doświetlenia domu. Ruch przesłon może być zapoczątkowany zarówno automatycznie, jak i przez użytkownika za pomocą telefonu. Systemami wspomagającymi pozyskiwanie energii są kolektory słoneczne zasilające pompę grzewczą.

Przykład 3: Dynamic D*House¹⁶

Główną ideą domu jest przystosowanie do ekstremalnego klimatu panującego przykładowo w Laponii. Twórca projektu David Grunberg opierając się na matematycznej formule Haberdashera zaprojektował dom posiadający 8 konfiguracji

Sharifi-ha house¹², the building will have a static main part of the house, while the bedroom and dining room located on the first floor are revolving rooms that react to changing the time of day and the side of the sun. Today, houses with kinetic walls are rare. Although currently, among eco-buildings, passive energy generation systems predominate, the development and use of responsive façades is a necessary step towards improving the energy efficiency of buildings (Loonen, Tr ka, Cóstola, & Hensen, 2013)¹³. Analyzing examples of adaptable houses, based on the duration of the adaptation process, a division can be created that groups the type of adaptation and the correspondingly used types of components. This diagram illustrates the clear separation of technologies between those responsible for the action in real time (digital technology) and the kinetic elements used in long-term and short-term adaptation.

3. Adaptable houses that responds to environmental factors

Example 1: Sharifi-ha house, Nextoffice¹⁴

A building with a relatively short facade located in Tehran (Iran). The object designed on a narrow, long plot was designed to adapt to the high temperature amplitude occurring in winter and summer. The building has three floors above ground and two underground. The front facade of the building has three consecutively closed spaces in the form of cubes. The adaptable mechanism allows the rooms to be rotated by 90 degrees, changing the way the interior is illuminated. Iran is characterized by high temperatures during the summer and mild winters. The functioning of the building allows you to cover the interior against hot air, or to increase the window area that exits the outside of the building.

Example 2: Lumenhouse¹⁵

The task of the creators of the project was to build a prototype of a prefabricated house, powered by solar energy. In addition to the use of solar technologies, the developers went a step further by creating a house adapting to weather conditions. Glazed façades have an additional movable perforated shutter. When the temperature outside the building is too high, or if it is rapidly lowered, the iris is closed, obscuring the maximum glass elevation. Perforation of the diaphragm is to keep the house permanently lit. The movement of the blinds can be initiated both automatically and by the user using the telephone. The solar collectors supplying the heating pump are systems that support energy production.

Example 3: Dynamic D * House¹⁶

The main idea of the house is to adapt to the extreme climate prevailing in Lapland, for example. The creator of the project, David Grunberg, based on the mathematical Haberdasher's formula, designed a house with 8 configuration configurations of the solid relative to the environment. Each configuration is dedicated to specific outdoor condi-

cji ustawień bryły względem otoczenia. Każda z konfiguracji dedykowana jest do konkretnych warunków panujących na zewnątrz. Zróżnicowana ilość przeszkleń oraz powierzchni ścian zewnętrznych pozwala na całoroczną kontrolę nad efektywnością energetyczną domu. W porach zimowych dom przyjmuje formację kubika o zminimalizowanej ilości okien i dużą masą termiczną. Wraz ze zbliżającą się porą letnią, budynek „otwiera się” stopniowo zwiększając dostęp światła do wnętrza.

Przykład 4: Garden House¹⁷, Caspar Schols

Dom Garden House pełni funkcję domu ogrodowego. Ideą projektu było utworzenie budynku do każdych warunków pogodowych, nastroju lub okazyjnych wydarzeń. Dom posiada podwójną powłokę. Powłoka wewnętrzna składa się z podwójnej warstwy szkła mocowanego w drewnianym kratownicowym szkielecie. Powłoka zewnętrzna posiada pełne deskowanie oraz dach z aluminium. Obie elewacje są dzielone na połowę w poprzek osi, z których każda połowa jest przesuwana. Dzięki takiemu rozwiązaniu konstrukcyjnemu dom posiada cztery konfiguracje o odmiennych właściwościach. Dom w trybie całkowitego zamknięcia zapewnia ciepłe schronienie. Warstwę izolacyjną stanowią wówczas dwie nasunięte na siebie powłoki. W przypadku zmiennej deszczowej pogody lub wczesnych chłodnych godzin, rozsuwana na boki jest warstwa o pełnych ścianach zostawiając na środku szklaną warstwę. Dzięki temu widok na ogród jest dostępny z każdego zakątka domu. Kiedy pogoda jest słoneczna, rozsuwana jest na zewnątrz szklana warstwa powiększając przestrzeń domu. Ostatnią konfiguracją jest całkowite rozsuniecie obu warstw elewacji na boki tworząc powierzchnię tarasową w środkowej części domu. Budynek ogrzewany jest centralnie ustawionym kominkiem.

Przykład 5: Dom bezpieczny, KWK Promes

Głównym założeniem projektu było spełnienie wymagań inwestora dotyczących maksymalnego poczucia bezpieczeństwa w budynku. Bryła budynku jest prostopadłościenna i posiada częściowo ruchomą elewację. Dom w swoim założeniu funkcjonowania „otwiera się” na część ogrodową poprzez przesunięcie pełnych ścian do części wejściowej budynku odsłaniając przeszklony parter budynku. Dom wykonany jest w technologii żelbetowej, natomiast przesuwne części elewacyjne wykonane są jako stalowe kratownice wypełnione wełną mineralną. Zastosowanie dużych powierzchni przeszkleń w elewacji pomaga pozyskiwać energię słoneczną w ciągu dnia, co w szczególności jest porządane zimą. W porach letnich dom może być osłonięty od promieni słonecznych unikając tym samym przegrzania pomieszczeń. W budynku zastosowano dodatkowo hybrydowy system grzewczy oraz rekuperację co sprawiło, że budynek stał się domem pasywnym.

4. Podsumowanie

Jak pokazują przykłady realizacji domów adaptowalnych, w budownictwie mieszkalnym systemy adaptacyjne stosowane są przede wszystkim ze względów funkcjonalnych,

diversified number of glazing and external wall surfaces allows for year-round control over the energy efficiency of the house. In the winter seasons, the house adopts a cubic formation with a minimized number of windows and a large thermal mass. With the approaching summer time, the building “opens” gradually increasing the access of light to the interior.

Example 4: Garden House, Caspar Schols¹⁷

The Garden House is a garden house. The idea behind the project was to create a building for all weather conditions, moods or occasional events. The house has a double shell. The inner shell consists of a double layer of glass fixed in a wooden truss framework. The outer shell has full boarding and an aluminum roof. Both elevations are divided in half across the axes, each of which is sliding. Thanks to such a construction solution, the house has four configurations with different properties. The house in a fully closed mode provides a warm shelter. The insulation layer is then two overlapped coatings. In the case of a variable rainy weather or early cold hours, the full-wall layer is slid sideways, leaving a glass layer in the middle. Thanks to this, the view of the garden is accessible from every corner of the house. When the weather is sunny, the glass layer is pulled out, enlarging the space of the house. The last configuration is the total separation of both layers of the facade from side to side creating a terrace surface in the middle part of the house. The building is heated by a centrally set fireplace.

Example 5: A safe house, KWK Promes

The main assumption of the project was to meet the investor's requirements regarding the maximum sense of security in the building. The building's body is rectangular and has a partially movable façade. The house in its assumption of functioning “opens” to the garden part by moving the full walls to the entrance part of the building revealing the glazed ground floor of the building. The house is made of reinforced concrete technology, while the sliding façade parts are made as steel trusses filled with mineral wool. The use of large areas of glazing in the façade helps to generate solar energy during the day, which is particularly important in winter. In the summer seasons, the house can be sheltered from the sun's rays thus avoiding overheating the rooms. The building also uses a hybrid heating system and recuperation, which made the building a passive house.

4. Summary

As the examples of adaptable houses are shown, in residential construction adaptive systems are used primarily for functional reasons, where human needs are met in the first place (Garden House, Safe House, Lumenhouse, Sliding house, George's house). The second goal, but not the main one in the resulting projects, is to optimize

gdzie potrzeby człowieka są spełniane na pierwszym miejscu (Garden House, Dom bezpieczny, Lumenhouse, Sliding house, George's house). Drugim celem, ale nie głównym w powstałych projektach jest optymalizacja wydatków energetycznych budynku. Obiektami o systemach dedykowanych do specyficznych wymagań kontekstowych są Sharifi-ha house oraz D*Haus. Nie sposób nie zauważyć, że te drugie posiadają znacznie bardziej skomplikowane w budowie i konserwacji elementy adaptacyjne, podczas gdy te pierwsze posiadają proste systemy kinetyczne i powszechnie dostępną technologię pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych.

Pomimo możliwości technologicznych, względy ekonomiczne, kulturowe oraz psychologiczne wciąż przeważają na rzecz budowania standardowo przyjętych form domów. Człowiek tworzący standardy w każdym aspekcie życia, podejmujący pracę w stałym miejscu, żyjący w ustandaryzowanych warunkach i dobie masowej produkcji wprowadza zmiany stopniowo z których najprostsze do przyjęcia są te niewielkie, nie powodujące rewolucji w sposobie życia. Nowopowstająca grupa domów adaptowalnych oferuje nieznaną dotąd możliwość osiągnięcia nowych efektów przestrzennych. Można przypuszczać, że inteligentne systemy regulujące funkcjonowanie budynku stanowią podstawę do wprowadzania coraz śmielszych działań adaptacyjnych poszerzających możliwości funkcjonowania domu. Doczesne badania wskazują na stymulujący wpływ obiektów interaktywnych na człowieka i społeczeństwo (Urbanowicz, K., Nyka, L.)¹⁸, jednakże pytanie o przyszłość architektury adaptowalnej pozostaje otwartą dyskusją.

PRZYPISY

- ¹ Kronenburg, Robert. *Flexible: architecture that responds to change*. Laurence King, 2007.
- ² Brand, S., *How Buildings Learn: What Happens After They're Built*, Penguin Group US, 1995
- ³ <https://www.archdaily.com/499607/house-in-miramar-e-348-arquitectura>
- ⁴ <https://www.e-architect.co.uk/austria/kiefer-technic-showroom>
- ⁵ St Joseph Maternity Clinic, Paris | France | AIA Architects Ingenieurs Associés, Paris
- ⁶ Informacje na temat budynku dostępne na <http://www.ahr-global.com/Al-Bahr-Towers>
- ⁷ Zuk, W., & Clark, R. H., *Kinetic architecture*. Van Nostrand Reinhold. (1970).
- ⁸ Kinytyka definiowana jest na różne sposoby. Jedną z definicji podaje Jan Cudzik „określenie architektura kinetyczna odnosi się do architektury, która charakteryzuje się różnego rodzaju ruchem”.
- ⁹ Negroponte N., *The Architecture Machine*. MIT Press, 1970.
- ¹⁰ Opis budynku, zdjęcia dostępne na <http://www.designguide.co.nz/adaptable-house-design/>
- ¹¹ Zdjęcia budynku, plan oraz schemat funkcjonowania dostępne na stronie <http://nextoffice.ir/#!/project/sharifi-ha-house/>
- ¹² Devon House zaprojektowała firma D*Haus której autorstwem jest również zmiennokształtny budynek D*Haus.
- ¹³ Loonen, R. C., Tr ka, M., Cóstola, D., & Hensen, J. L. M. Climate adaptive building shells: State-of-the-art and future challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 483-493, 2013.
- ¹⁴ Budynek zaprojektowany przez biuro Nextoffice, wybudowany w 2013 roku w Teheranie. Rzuty i zdjęcia budynku dostępne na <http://nextoffice.ir/>
- ¹⁵ Budynek był częścią badań trwających od 2002 roku nad innowacyjną architekturą oraz technologią. Dokumentacja dostępna na stronie internetowej <http://lumenhaus.com>
- ¹⁶ Schemat funkcjonowania budynku opisany i zwizualizowany na stronie architektów: <http://thedhaus.com>
- ¹⁷ Zdjęcia oraz plan domu dostępne na <https://www.archdaily.com/797991/garden-house-caspar-schols>
- ¹⁸ Urbanowicz, K., Nyka, L. "Interactive and Media Architecture—From Social Encounters to City Planning Strategies." *Procedia engineering* 161 (2016): 1330-1337.

the energy expenditure of the building. Buildings with systems dedicated to specific contextual requirements are Sharifi-ha house and D * Haus. It is impossible not to notice that the latter have much more complicated in the construction and maintenance of adaptation elements, while the former have simple kinetic systems and a commonly available technology for acquiring energy from renewable sources.

Despite technological possibilities, economic, cultural and psychological considerations still prevail in favor of building standardized forms of houses. A man creating standards in every aspect of life, taking up a job in a permanent place, living in standardized conditions and the age of mass production introduces changes gradually from which the simplest to accept are those small, not causing a revolution in the way of life. The newly-formed group of adaptable houses offers unknown opportunities to achieve new spatial effects. It can be assumed that intelligent systems regulating the functioning of the building are the basis for introducing more and more bold adaptation activities that expand the possibilities of the house's functioning. Temporal research indicates the stimulating influence of interactive objects on human and society (Urbanowicz, K., Nyka, L.¹⁸) However, how will the adaptable architecture look like in the future remains an open discussion.

ENDNOTES

- ¹ Kronenburg, Robert. *Flexible: architecture that responds to change*. Laurence King, 2007.
- ² Brand, S., *How Buildings Learn: What Happens After They're Built*, Penguin Group US, 1995.
- ³ <https://www.archdaily.com/499607/house-in-miramar-e-348-arquitectura>
- ⁴ <https://www.e-architect.co.uk/austria/kiefer-technic-showroom>
- ⁵ St Joseph Maternity Clinic, Paris | France | AIA Architects Ingenieurs Associés, Paris
- ⁶ www.ahr-global.com/Al-Bahr-Towers
- ⁷ Zuk, W., & Clark, R. H., *Kinetic architecture*. Van Nostrand Reinhold. (1970).
- ⁸ There are several definitions of kinetic architecture. One of definitions is formulated by Jan Cudzik: the term kinetic architecture refers to architecture that is characterized by various types of motion
- ⁹ Negroponte N., *The Architecture Machine*. MIT Press, 1970.
- ¹⁰ Building's description at <http://www.designguide.co.nz/adaptable-house-design/>
- ¹¹ More at <http://nextoffice.ir/#!/project/sharifi-ha-house/>
- ¹² Devon house is designed by D*Haus company. This is the same company that designed shape-shifting prototype house named D*Haus
- ¹³ Loonen, R. C., Tr ka, M., Cóstola, D., & Hensen, J. L. M. Climate adaptive building shells: State-of-the-art and future challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 483-493, 2013.
- ¹⁴ Building designed by Nextoffice, builded in 2013 in Teheran. Plans and photos of the building are published on architects' website: <http://nextoffice.ir/>
- ¹⁵ The building has been a part of the research on innovative technology and architecture since 2002. Documentation available on <http://lumenhaus.com>
- ¹⁶ Scheme of the building, plans and photos available on the website: <http://thedhaus.com>
- ¹⁷ Plans and photos of the house available on the website: <https://www.archdaily.com/797991/garden-house-caspar-schols>
- ¹⁸ Urbanowicz, K., Nyka, L. "Interactive and Media Architecture—From Social Encounters to City Planning Strategies." *Procedia engineering* 161 (2016): 1330-1337.

LITERATURA

- [1] Brand, S., *How Buildings Learn: What Happens After They're Built*, Penguin Group US, 1995.
- [2] Cudzik, J. *Kinytyka w architekturze*. Politechnika Gdańska. 2012.
- [3] Kronenburg, Robert. *Flexible: architecture that responds to change*. Laurence King, 2007.
- [4] Loonen, Roel CGM, et al. "Climate adaptive building shells: State-of-the-art and future challenges." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 25 (2013): 483-493.
- [5] Negroponte N., *The Architecture Machine*. MIT Press, 1970.
- [6] Urbanowicz, K., Nyka, L. "Interactive and Media Architecture—From Social Encounters to City Planning Strategies." *Procedia engineering* 161 (2016): 1330-1337.
- [7] Zuk, W., & Clark, R. H. (1970). *Kinetic architecture*. Van Nostrand Reinhold.

STRONY INTERNETOWE

- [1] www.ahr-global.com/Al-Bahr-Towers (odsłona z dnia 02.01.2018)
- [2] <https://www.archdaily.com/797991/garden-house-caspar-schols> (odsłona z dnia 02.01.2018)
- [3] <https://www.archdaily.com/499607/house-in-miramar-e-348-arquitectura> (odsłona z dnia 02.01.2018)
- [4] <http://www.designguide.co.nz/adaptable-house-design/> (odsłona z dnia 20.12.2017)
- [5] <https://www.e-architect.co.uk/austria/kiefer-technic-showroom> (odsłona z dnia 20.12.2017)
- [6] <http://lumenhaus.com/about/index.html> (odsłona z dnia 03.01.2018)
- [7] <http://nextoffice.ir/#!/project/sharifi-ha-house/> (odsłona z dnia 19.12.2017)
- [8] <http://thedhaus.com/portfolio/devon-haus/> (odsłona z dnia 02.01.2018)
- [9] <http://thedhaus.com> (odsłona z dnia 02.01.2018)

REFERENCES

- [1] Brand, S., *How Buildings Learn: What Happens After They're Built*, Penguin Group US, 1995.
- [2] Cudzik, J. *Kinytyka w architekturze*. Politechnika Gdańska. 2012.
- [3] Kronenburg, Robert. *Flexible: architecture that responds to change*. Laurence King, 2007.
- [4] Loonen, Roel CGM, et al. "Climate adaptive building shells: State-of-the-art and future challenges." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 25 (2013): 483-493.
- [5] Negroponte N., *The Architecture Machine*. MIT Press, 1970.
- [6] Urbanowicz, K., Nyka, L. "Interactive and Media Architecture—From Social Encounters to City Planning Strategies." *Procedia engineering* 161 (2016): 1330-1337.
- [7] Zuk, W., & Clark, R. H. (1970). *Kinetic architecture*. Van Nostrand Reinhold.

WEBSITE SOURCE

- [1] www.ahr-global.com/Al-Bahr-Towers (page viewed on 02.01.2018)
- [2] <https://www.archdaily.com/797991/garden-house-caspar-schols> (page viewed on 02.01.2018)
- [3] <https://www.archdaily.com/499607/house-in-miramar-e-348-arquitectura> (page viewed on 02.01.2018)
- [4] <http://www.designguide.co.nz/adaptable-house-design/> (page viewed on 20.12.2017)
- [5] <https://www.e-architect.co.uk/austria/kiefer-technic-showroom> (page viewed on 20.12.2017)
- [6] <http://lumenhaus.com/about/index.html> (page viewed on 03.01.2018)
- [7] <http://nextoffice.ir/#!/project/sharifi-ha-house/> (page viewed on 19.12.2017)
- [8] <http://thedhaus.com/portfolio/devon-haus/> (page viewed on 02.01.2018)
- [9] <http://thedhaus.com> (page viewed on 02.01.2018)