



**Natalia Fidorów-Kaprawy*, Maria Kostka*,
Małgorzata Szulgowska-Zgrzywa*, Krzysztof Piechurski***

Koncepcja energetyczna budynku jako element budownictwa zrównoważonego

The energy concept of the building as a part of sustainable construction

Wstęp

Rozwój cywilizacji najczęściej niesie ze sobą negatywne oddziaływanie na otaczające nas środowisko. W celu przeciwdziałania takiej sytuacji od wielu lat podejmowane są starania, aby rozwój ten przebiegał w sposób zrównoważony. W wielu dziedzinach życia idea ta nabiera coraz większego znaczenia, ponieważ coraz wyraźniej widać, że brak poszanowania zasobów skutkować będzie ich deficytem w przyszłości. Taka sytuacja zobowiązuje do przemyślanego gospodarowania zasobami środowiska, ponieważ zgodnie z definicją zawartą w raporcie Brundtland: *Zrównoważony rozwój to rozwój, który zaspokaja potrzeby współczesnych bez naruszania możliwości zaspokojenia potrzeb przyszłych pokoleń* [1, s. 41]. Idea racjonalnego gospodarowania zasobami jest obecnie związana również z budownictwem. Pojęcie budownictwa zrównoważonego jest bardzo szerokie, a jednym z jego aspektów jest problem energochłonności budynków. Pojęcia budynków energooszczędnych, pasywnych czy blisko zeroenergetycznych są często używane, także przez osoby nieznaące ich precyzyjnych definicji. Profesjonaliści na co dzień zajmujący się projektowaniem zarówno budynków, jak i instalacji umożliwiających ich użytkowanie zdają sobie sprawę, że zaprojektowanie obiektu o niskim zużyciu energii jest skomplikowane. Nie dla każdego jest jednak oczywiste, że o energii, którą pochłonie użytkowanie

Introduction

Development of civilisation most often results in a negative influence on the environment which surrounds us. In order to counteract this situation, for many years efforts have been made for this development to take place in a sustainable way. In many areas of life, this idea is becoming increasingly important because it can be clearly seen that the lack of respect for resources will result in their deficit in the future. This situation obliges us to the considered management of environmental resources because according to the definition in Brundtland report, [...] *sustainable development is a development that meets the needs of contemporary man without violating possibilities to satisfy the needs of future generations* [1, p. 41]. At present, the idea of reasonable management is also associated with the construction industry. The concept of sustainable construction is very broad and one of its aspects is the problem of energy consumption of buildings. The terms of energy efficient buildings, passive or nearly zero-energy are also often used by people who do not know their precise definitions. Professionals who every day deal with designing buildings as well as installations which enable the usage of them are aware of the fact that designing an object with low energy consumption is complicated. However, it is not clear for everybody that the energy which is supposed to be consumed in the building should be taken into account much earlier than at the stage of selecting the construction materials or purchasing a heating device. The existing approach to the process of designing buildings, especially single-family ones, which is

* Wydział Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej/
Faculty of Environmental Engineering, Wrocław University of Science
and Technology.

budynku, należy zacząć myśleć zdecydowanie wcześniej niż na etapie wyboru materiałów budowlanych czy zakupu urządzenia grzewczego. Dotychczasowe podejście do projektowania budynków, szczególnie jednorodzinnych, oparte na następujących po sobie etapach, nie jest w stanie wyjść naprzeciw nowym wyzwaniom stawianym branży budowlanej [2]. Zdaniem autorów, bez koncepcji energetycznej budynku poprzedzającej etap projektowania nie można mówić o budownictwie zrównoważonym.

Wyzwania stawiane współczesnym budynkom

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków [3] zakłada dążenie do stanu, w którym wszystkie nowo powstające budynki będą blisko zeroenergetyczne. Nie definiuje ona w sposób precyzyjny pojęcia zeroenergetyczności. Zasadniczo jest to słuszne podejście ze względu na to, iż kraje Unii Europejskiej (UE) charakteryzują się dużym zróżnicowaniem klimatycznym oraz stanu rozwoju gospodarczego. Skutkiem tego zupełnie inne wyzwania stawiane są przed projektantami budynków w Hiszpanii i w Polsce. Różne są również koszty budowy i eksploatacji budynków, a więc efekty ekonomiczne, które dla wielu stanowią jedno z najistotniejszych kryteriów dotyczących budowy domu. Pojęciem, które integruje cele stawiane przed budownictwem, zarówno energetyczne, ekonomiczne, społeczne, jak i środowiskowe jest budownictwo zrównoważone. Prób zdefiniowania budownictwa zrównoważonego podjęto wiele [2], [4]–[6]. Przykładowo: budownictwo zrównoważone to działalność człowieka związana z projektowaniem i wznoszeniem obiektów budowlanych przy wykorzystaniu cech właściwych dla zrównoważonego rozwoju, w szczególności przejawiająca się dbałością o środowisko naturalne oraz oszczędne gospodarowanie surowcami w całym cyklu budowlanym: począwszy od projektu, poprzez prace konstrukcyjne, użytkowanie budynku (właściwe wykorzystanie, prace remontowe, konserwatorskie i modernizacyjne), aż do jego rozbiórki [7]. Taka definicja obejmuje bardzo szeroki zakres problemów związanych z procesem budowy i eksploatacji. W niniejszym opracowaniu autorzy zajmują się fragmentem tego zagadnienia, czyli koncepcją energetyczną obiektu, w obszarze efektywności energetycznej najważniejsze cechy budownictwa zrównoważonego definiując jako:

- zapewnienie użytkownikowi budynku komfortu zgodnego z jego oczekiwaniami;
- ograniczenie strat ciepła zimą i ochrona przed nadmiernymi zyskami ciepła w okresie lata, co powinno pozwolić na zmniejszenie zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania do wartości nieprzekraczającej 60 kWh/m²rok oraz znaczące ograniczenie lub zniwelowanie potrzeby klimatyzowania obiektów latem (w polskim klimacie);
- maksymalne wykorzystanie światła naturalnego, co pozwoli na zmniejszenie zużycia energii do oświetlenia pomieszczeń;
- dopasowanie źródeł energii odnawialnej tak, aby zapewnić zeroenergetyczność budynków;
- ograniczenie skomplikowania systemów do niezbędnego minimum.

based on successive stages, is not capable of meeting new challenges of the construction industry [2]. In the authors' opinion, without a pre-design energy concept of a building, it is impossible to talk about sustainable construction.

Challenges which must be met by modern buildings

The Directive of the European Parliament and of the European Council 2010/31/EU dated May 19, 2010 on the energy characteristic of buildings [3] aims at achieving a state in which all newly erected buildings will be nearly zero-energy buildings. It does not define precisely the notion of zero-energy. Basically, it is the right approach due to the fact that the EU countries are characterised by a great diversity of climates and economic development states. Consequently, completely different challenges must be met by designers of buildings in Spain and in Poland. Also the costs of construction and operation of buildings are different, i.e. economic effects which for many people constitute one of the most important criteria as regards the house construction. The concept which integrates the goals set for the construction industry, namely energetic, economic, social, and environmental is sustainable construction. There have been many attempts to define sustainable construction [2], [4]–[6]. For example, sustainable construction is a human activity which is connected with designing and constructing buildings by taking advantage of features specific to sustainable development, particularly manifested in care for the environment and economical use of raw materials throughout the construction cycle, i.e. starting from a design, through construction works, operation of a building (proper use, refurbishment, restoration and modernisation works) until its demolition [7]. This definition covers a very wide range of problems connected with the process of construction and operation of buildings. In this study, the authors are dealing with a fragment of this issue, namely the energetic concept of an object. Hence, in the area of energy efficiency the most important features of sustainable construction are defined in the following way:

- providing the users of a building with comfort according to their expectations;
- reduction of heat losses in winter and protection from excessive heat gains in summer, which should enable a reduction in the demand for usable energy for heating up to a value not exceeding 60 kWh/m² per year and a significant reduction or eliminating the need for air conditioning of buildings in summer (in the Polish climate);
- maximum use of natural light, which will reduce energy consumption for lighting rooms;
- adjusting renewable energy sources in order to provide zero-energy usage of buildings;
- limiting the complexity of systems to a minimum.

At the same time, it should be noted that designing such objects requires inter-branch cooperation [2], [8]. Single-family houses, for which a design process in many cases constitutes a complete contradiction to a sustainable design or an energy effects oriented design, are a particular problem in this field. To meet the tastes of

Jednocześnie należy zauważyć, iż zaprojektowanie takiego obiektu wymaga współpracy międzybranżowej [2], [8]. Szczególnym problemem są w tym zakresie domy jednorodzinne, dla których proces projektowania w wielu przypadkach jest całkowitym przeciwieństwem projektowania zrównoważonego czy projektowania nastawionego na efekty energetyczne. Często jedynym celem projektu jest sprostanie gustom inwestora. Nie są podejmowane nawet próby przekonania go do rozwiązań bardziej efektywnych czy rezygnacji z pewnych detali architektonicznych na rzecz np. zwiększenia udziału odnawialnych źródeł energii w budynku. Niestety nie sprzyja temu ekonomia inwestycji stawiana jako główny wyznacznik podczas podejmowania decyzji o źródłach energii dla budynku. Brakuje w społeczeństwie świadomości, że każdy dom z osobna jest elementem składającym się na rozwój zrównoważony, a podejmowane w trakcie projektowania i eksploatacji decyzje są ważne dla dobra społecznego.

Tradycyjne a zintegrowane podejście do projektowania

W ujęciu tradycyjnym pomiędzy koncepcją powstającą w umyśle architekta a gotowym projektem budynku jest droga składająca się z osobnych etapów. Każdy z nich polega na wykonaniu projektu przez specjalistę z innej branży. Najpierw projektowana jest bryła i określone są funkcje, jakie ma pełnić budynek. Następnie wybierane są materiały i projektuje się konstrukcję. Dopiero w kolejnym kroku wylicza się zapotrzebowanie na moc, energię czy ilość powietrza wentylującego oraz szacuje się zużycie wody. Jednym z ostatnich etapów jest zaprojektowanie instalacji elektrycznej, oświetlenia czy rozproszonych pozostałych mediów. Taki sposób projektowania stwarza wiele problemów, jeżeli wynikiem pracy ma być budynek energooszczędny i spełniający założenia idei zrównoważonego rozwoju. Problemy projektowania tradycyjnego mają dwie główne przyczyny. Pierwszą z nich jest etapowość procesu, która powoduje, że część rozwiązań nie może być wykorzystana ze względu na wcześniej podjęte decyzje. Drugim źródłem problemów jest specjalizacja branżystów, czyli posiadanie przez nich szerokiej wiedzy w wąskim zakresie, a więc czasem brak świadomości istnienia rozwiązań możliwych do zastosowania, a bardzo często brak wiedzy na temat warunków wprowadzenia rozwiązania innej branży [8].

Przykłady problemów wynikających z takiego podejścia można mnożyć. W koncepcji bryły budynku często nie uwzględnia się jego potrzeb energetycznych, możliwości zastosowania odpowiednich rozwiązań konstrukcyjnych czy prowadzenia instalacji. Jednocześnie instalacje, które mają zapewnić odpowiednie funkcjonowanie budynku, często pogarszają jego estetykę. Dzieje się tak, ponieważ decyzje w procesie projektowania są podejmowane osobno przez specjalistów z różnych dziedzin, stosownie do posiadanej wiedzy, co niejednokrotnie skutkuje nieporozumieniami. Proces tworzenia prowadzony w ten sposób jest czasochłonny i kosztowny, ponieważ dokumentacja często musi być korygowana ze względu na niedostrzeżone w porę potrzeby. Efektem takiego

the investor often constitutes the only goal of the project. No attempts are taken in order to convince the investor to use more effective solutions or to eliminate certain architectural details in favour of, e.g. increasing the share of renewable energy sources in the building. Unfortunately, the investment economy taken into account as the main determinant when making decisions upon energy sources for a building is not conducive to this. There is a lack of awareness in the society that each house individually is an element of sustainable development and the decisions taken during designing and then operation are important for social good.

Traditional and integrated approaches to designing

In traditional terms, between the concept formulated in the architect's mind and a final design of a building there is a way consisting of separate stages. Each of them involves carrying out the project by a specialist from another sector. First, the body is designed and then the functions that a building is supposed to perform. Next, materials are selected and the structure is designed. It is not until the next step that power, energy or the amount of ventilating air are calculated and water consumption is estimated. One of the last stages consists in designing electrical installations, lighting or distribution of other media. This way of designing causes many problems if the result of the work is supposed to be an energy efficient building which will meet the assumptions of sustainable development. Problems of traditional designing stem from two main reasons. The first of them is a stage character process which results in the fact that some of the solutions cannot be used due to the decisions taken previously. The second source of problems is specialization of sector professionals, namely their extensive knowledge in a narrow range, which sometimes results in the lack of awareness of the existence of possible solutions to be used and very often the lack of knowledge about conditions as regards the implementation of another industry solutions [8].

Examples of problems arising from such an approach can be numerous. The concept of the building body rarely takes into account its energy needs, possibilities of using appropriate structure solutions or fixing installations. At the same time, the installations which are supposed to provide the proper functioning of the building often deteriorate its aesthetics. This is due to the fact that during the design process decisions are taken separately by specialists in various fields, according to their acquired knowledge, which often results in misunderstandings. The design process, which is carried out in this manner, is time consuming and expensive because documentation must often be corrected in view of the needs that were not considered in time. The result of this approach is a product which does not satisfy any of the involved parties. In such circumstances, it is impossible to talk about sustainable, environmentally friendly or energy efficient construction.

An alternative to traditional design is integrated design – this idea was launched in Canada, America and Western Europe countries, but it is also present in Polish source

podejścia jest produkt, z którego nie jest zadowolona żadna z zaangażowanych branż. W takich okolicznościach nie sposób mówić o budownictwie zrównoważonym, ekologicznym czy energooszczędnym.

Alternatywą dla projektowania tradycyjnego jest projektowanie zintegrowane – idea zainicjowana w Kanadzie, USA i krajach Europy Zachodniej, ale obecna również w polskiej literaturze przedmiotu [2], [8]. Koncepcja ta zakłada ścisłą współpracę między specjalistami wszystkich branż. W nowym sposobie planowania budynków preferuje się holistyczne podejście do projektowanego obiektu. Decyzje podejmowane są współbieżnie, a ich konsekwencje są omawiane przez cały zespół. Wszyscy uczestnicy tego procesu uczą się wpływu własnych działań na produkt końcowy, wspólnie biorą i ponoszą odpowiedzialność za podejmowane decyzje. Rekonfiguracja procesu powoduje, że staje się on bardziej efektywny. Czas potrzebny na powstanie produktu w postaci gotowej koncepcji lub projektu skraca się, za czym idzie obniżenie kosztów procesu. Sam efekt pracy również jest nieporównywalnie lepszy. Ze względu na to, iż wszystkie cechy i funkcje budynku są brane pod uwagę od samego początku, projekt zbliża się do doskonałości w wielu aspektach. Przy takim podejściu łatwiej o stworzenie budynku energooszczędnego, pasywnego, ekologicznego czy blisko zeroenergetycznego o wysokich walorach estetycznych, a przy tym funkcjonalnego przy relatywnie niewielkich kosztach.

Założenia energetyczne w budynkach jednorodzinnych

Źródła energii

Koncepcja energetyczna budynku jednorodzinnego powinna powstawać jednocześnie z jego architekturą. Część rozwiązań instalacyjnych nie potrzebuje co prawda specjalnej uwagi architekta, jednak są takie, których poprawne funkcjonowanie czy też sprawne wkomponowanie w obiekt jej wymaga.

Wybór źródła energii powinien odbywać się w powiązaniu z otoczeniem budynku, informacjami o dostępnych mediach i potencjale możliwych do wykorzystania odnawialnych źródeł energii oraz w dopasowaniu do rozwiązań systemu ogrzewania czy systemu wentylacji. Jest to zgodne z ideą zrównoważonego rozwoju, na co wskazują branżowe publikacje [2], [4], [9]–[11].

Ogólne założenia koncepcji energetycznej

Budynki stawia się przede wszystkim dla korzystających z nich użytkowników. W pierwszym kroku należy określić, jakie funkcje będzie pełnił projektowany obiekt i jaka będzie docelowa liczba osób z niego korzystających. Kolejnym ważnym założeniem jest przyjęcie jego standardu energetycznego. Odnosząc to zagadnienie do budynków blisko zeroenergetycznych, należy zrozumieć, w jakim ujęciu budynek można za taki uznać. Zasadniczo w budynku należy wyróżnić: zapotrzebowanie na energię użytkową, zapotrzebowanie na energię końcową i zapotrzebowanie na energię pierwotną nieodnawialną [12].

literature [2], [8]. This concept involves close cooperation between specialists in all branches. In the new method of planning buildings a holistic approach to a designed object is preferred. Decisions are taken concurrently and their consequences are discussed by the whole team. All participants in this process learn about the influence of their own actions on the final product, they together take and bear responsibility for the decisions which are made. Reconfiguration of the process makes it more efficient. The time required for the formation of the product in the form of a ready concept or design is reduced, and consequently, the costs of the process are lowered. The final effect of the work is also incomparably better. Due to the fact that all features and functions of the building are taken into account from the very beginning, the design reaches perfection in many aspects. Following this approach, it is easier to create an energy efficient, passive, environmentally friendly or nearly zero-energy building of high aesthetic values, yet functional at relatively low costs.

Energy assumptions in single-family buildings

Sources of energy

The energy concept of a single-family building should be formed simultaneously with its architecture. A part of installation solutions in fact does not require special attention of the architect, however, there are some parts whose correct functioning or efficient integration into the object requires the architect's attention.

The choice of the energy source should take place in connection with the building surroundings, information about available media and the potential of renewable energy sources possible to be used as well as with adapting the heating system or ventilation system to the solutions. It is consistent with sustainable development, which is indicated by professional publications [2], [4], [9]–[11].

General assumptions of the energy concept

Buildings are primarily erected for people who use them. The first step is to determine the functions a designed object will perform and the target number of people who will use it. Another important objective is the adoption of the energy standard. Referring this issue to nearly zero-energy buildings, it should be understood in what terms the building can be considered as such. Basically, the following aspects should be distinguished in a building: a demand for usable energy, for final energy and for non-renewable primary energy [12].

A zero-energy property of a building can be demonstrated at the level of a non-renewable primary energy demand because every building needs usable energy and final energy for heating (for example, through heating from internal gains and from the sun as it occurs in the case of passive buildings) as well as for preparing domestic hot water. However, a demand for usable energy should be definitely minimised and aimed at reaching a low-energy

Zeroenergetyczność budynku może zostać wykazana na poziomie zapotrzebowania na energię pierwotną nieodnawialną, ponieważ każdy budynek potrzebuje energii użytkowej i końcowej do ogrzewania (choćby poprzez ogrzewanie od zysków wewnętrznych i od słońca, jak ma to miejsce w przypadku budynków pasywnych) oraz do przygotowania ciepłej wody użytkowej. Zdecydowanie należy jednak minimalizować zapotrzebowanie na energię użytkową, osiągając standard niskoenergetyczny czy pasywny, oraz minimalizować zapotrzebowanie na energię końcową poprzez stosowanie wysokoefektywnych systemów grzewczych. Aby osiągnąć standard zeroenergetyczny, powinniśmy dążyć do wytwarzania tej energii w całości lub w jak największej części z zastosowaniem systemów wykorzystujących odnawialne źródła energii.

Różne mogą być klasyfikacje zeroenergetyczności budynku. Najistotniejsza to: budynki zeroenergetyczne w cyklu rocznym i budynki autonomiczne [13]. Pierwsze z nich to takie, które wykorzystują energię pierwotną nieodnawialną, jednak w pewnych sprzyjających okresach roku pozyskują energię odnawialną w ilości umożliwiającej zbilansowanie jej niedoborów w okresach niekorzystnych. Budynki autonomiczne z kolei wyposażone są w systemy umożliwiające ich poprawne funkcjonowanie w każdym momencie wyłącznie w oparciu o pozyskaną i zmagazynowaną energię odnawialną. W polskich warunkach klimatycznych wykonanie budynków autonomicznych jest dosyć skomplikowane i kosztowne ze względu na długie okresy znacznego zużycia energii, a co za tym idzie konieczność jej długotrwałego magazynowania.

Tworząc koncepcje energetyczne zaprezentowane w dalszej części artykułu, podjęto próbę opisanie dwóch systemów spełniających kryterium blisko zeroenergetyczności w cyklu rocznym. Jest to rozwiązanie dużo bardziej dostępne finansowo. Jeden z proponowanych systemów ma postawione zadania spełniania kryterium dostępności finansowej dla szerokiego grona odbiorców. Drugi system, rozbudowany o dodatkowe elementy, jest droższy, ale zapewni docelowo niższe koszty eksploatacji i korzystniejszy bilans energii pierwotnej nieodnawialnej. Możliwych źródeł ciepła jest wiele. Do dalszych rozważań wybrano przede wszystkim powietrze i energię słoneczną jako właściwie nieskończone, powszechnie dostępne oraz atrakcyjne finansowo.

Zalety i wady poszczególnych systemów instalacyjnych mających zastosowanie w budynku

Pompa ciepła powietrze–woda

Sprężarkowe pompy ciepła to urządzenia, które pobierają energię ze źródła o niskiej temperaturze i oddają do odbiornika o wyższej temperaturze. Transfer ciepła jest możliwy dzięki szeregowi przemian termodynamicznych czynnika zachodzących w zamkniętym obiegu i wymagających dostarczenia energii elektrycznej do sprężarki. Efektywność pompy ciepła opisuje współczynnik COP (ang. *Coefficient of Performance*), który jest stosunkiem uzyskanego ciepła do włożonej energii elektrycznej.

or passive standard as well as a demand for final energy through the application of high-efficiency heating systems should be minimised. To achieve a zero-energy standard, we should strive to produce this energy in whole or as much as possible with the application of systems which use renewable energy sources.

There might be different classifications of a zero-energy standard of a building. The most important are zero-energy buildings on a yearly cycle and autonomous buildings [13]. The former are those which use non-renewable primary energy, however, in certain favourable periods of the year they collect renewable energy in the amount which makes it possible to balance its shortages during unfavourable periods. Autonomous buildings, in turn, are equipped with systems which enable their correct functioning at any time exclusively on the basis of the collected and stored renewable energy. In the Polish climate conditions, construction of autonomous buildings is rather complicated and expensive due to long periods of considerable energy consumption and thus the need for its long-term storage.

Formulating energy concepts, which are presented in further parts of the article, the authors made an attempt to describe two systems that meet the criterion of the close zero-energy standard on a yearly cycle. This solution is much more accessible financially. One of the proposed systems is supposed to meet the criterion of financial accessibility for a wide range of recipients. The second system, developed with additional elements, is more expensive, but it will eventually provide lower operating costs and a more favourable balance of non-renewable primary energy. There are many possible sources of heat. For further considerations, primarily air and solar energy have been selected, which are virtually infinite, widely available and financially attractive.

Advantages and disadvantages of individual installation systems to be applied in a building

Air-to-water heat pump

Compression type heat pumps are devices that collect energy from a source with a low temperature and transfer it to the receiver with a higher temperature. The heat transfer is possible due to a series of thermodynamic changes of the agent, which take place in a closed loop and require the supply of electrical energy to the compressor. The efficiency of the heat pump is described by the Coefficient of Performance (COP), which is a ratio of the obtained heat to the electrical energy input. The value of this parameter depends on many factors. One of them includes temperatures of the source and the heat collector – the closer they are to each other, the higher the coefficient [14]. In air-to-water heat pumps, where energy is collected from the outside air and transferred to the central heating installation or a tube coil in the domestic hot water tank, the temperature difference between the source and the receiver can be significant, which adversely affects the efficiency of the solution. The temperature difference

Wartość tego parametru zależy od wielu czynników. Jednym z nich są temperatury źródła i odbiornika ciepła – im bliższe sobie, tym współczynnik jest wyższy [14]. W pompach ciepła powietrze–woda, gdzie energia czerpana jest z powietrza zewnętrznego i przekazywana do instalacji centralnego ogrzewania lub węzownicy w zasobniku wody użytkowej, różnica temperatury między źródłem a odbiornikiem potrafi być znaczna, co niekorzystnie wpływa na efektywność rozwiązania. Różnicę temperatury można ograniczać poprzez zastosowanie wielu rozwiązań polegających na obniżeniu parametrów w punkcie odbioru energii oraz ich podwyższeniu w punkcie jej poboru. Przede wszystkim instalacja odbiorcza powinna być w miarę możliwości niskotemperaturowa. Przy centralnym ogrzewaniu najprościej jest zastosować instalację płaszczynową, np. podłogową lub ścienną. Należy jednak pamiętać, że łatwość obniżenia parametrów pracy na cele centralnego ogrzewania nie dotyczy instalacji przygotowania ciepłej wody użytkowej, dla której minimalne temperatury zasilania wahają się w granicach 55–65°C. Inną możliwością poprawy efektywności systemu jest podwyższenie temperatury powietrza zasilającego pompę ciepła, np. przez zastosowanie gruntowego wymiennika ciepła, podmieszanie powietrza z wywiewu wentylacji bądź pobranie energii do podgrzania powietrza z innego źródła – np. magazynu energii. Podobnie jak ze spadkiem temperatury powietrza zasilającego pompę ciepła spada jej efektywność, spada również jej moc. Prawdopodobnie urządzenie powietrze–woda wykazuje niedobór mocy przy bardzo niskich temperaturach zewnętrznych. Najczęściej kompensuje się go grzałką elektryczną. Dobór pompy ciepła na pełną moc powodowałby duży jej nadmiar przez większość roku, a koszt zakupu przewymiarowanej jednostki byłby większy. Tak dobrane pompy ciepła źle pracują – ze względu na dużą liczbę włączeń i wyłączeń spada efektywność urządzenia i żywotność sprężarki [14]–[16]. Grzałka jest potrzebna również dlatego, że pompy ciepła powietrze–woda można uruchamiać tylko do pewnej określonej temperatury zewnętrznej (zależnie od typu między –15 a –25°C), poniżej tej temperatury możemy użyć tylko grzałki. Te problemy również można rozwiązać poprzez podniesienie temperatury powietrza zasilającego urządzenie tak, aby jego moc była wystarczająca dla budynku nawet w skrajnych warunkach atmosferycznych. Nadwyżki mocy pompy ciepła można wykorzystać, kierując część ciepła do długoterminowego magazynu, w celu jej wykorzystania podczas niskich temperatur zewnętrznych. Niemniej prawidłowo dobrana pompa ciepła powietrze–woda będzie pracować z wysoką średnioroczną efektywnością, m.in. ze względu na małą częstotliwość występowania ekstremalnie niskich temperatur zewnętrznych w polskich warunkach klimatycznych [16]. Zastosowanie pompy ciepła korzystającej z powietrza zewnętrznego nie wymaga budowy kosztownej instalacji dolnego źródła ciepła w postaci wymiennika gruntowego (poziomego lub pionowego), co poza niższym kosztem inwestycyjnym skutkuje również możliwością zastosowania w większej liczbie budynków niż w przypadku np. pomp ciepła gruntowych. Z perspektywy zrównoważonego rozwoju zaletą pomp ciepła powietrze–woda

can be reduced by using a number of solutions such as reducing parameters at the energy intake place and increasing them at the place of its consumption. First of all, the intake installation should be possibly low temperature type. In the case of the central heating a radiant installation is the easiest to apply, e.g. in the floor or wall. However, it should be noted that the easiness of reducing work parameters for the purposes of central heating does not refer to the installations of preparing domestic hot water for which the minimum supply temperatures range between 55–65°C. Another possibility to improve the efficiency of the system is to increase the temperature of the heat pump supply air, for example, by the application of a ground heat exchanger, mixing exhaust air from the ventilation system or the energy intake to heat the air from another source, for example, from the energy storage. Similarly to the decline of efficiency of the heat pump that occurs along with the decrease in the supply air temperature, its power also decreases. A correctly selected air-water device indicates deficiency of power at very low outside temperatures. It is most often compensated by an electric heater. Selecting a full power heat pump would cause a large surplus for most of the year and the cost of buying oversized unit would be higher. The heat pumps which are selected in this way work badly, i.e. due to a large number of turns on and turns off the efficiency of the device and the compressor life decreases [14]–[16]. An electrical heater is also necessary because air-water heat pumps can work only up to certain specified outside temperature (depending on the type between –15 and –25°C), below this temperature we can use an electrical heater only. These problems can also be solved by raising the temperature of the air which supplies a device so that its power would be sufficient for a building, even in extreme weather conditions. Power surpluses of the heat pump can be used by means of directing part of the heat to a long-term storage in order to take advantage of it during low outdoor temperatures. Nevertheless, a properly selected air-water heat pump will work with high average annual efficiency, inter alia, due to a low frequency of extremely low outside temperatures in the Polish climate conditions [16]. Applying a heat pump, which uses outside air, does not require the construction of an expensive installation of the low heat source in the form of a ground exchanger (horizontal or vertical), which apart from a lower investment cost also results in the possibility of applying it in a larger number of buildings than, for example, in the case of ground heat pumps. From the perspective of sustainable development, the advantage of air-to-water heat pumps is also the lack of ground exchanger installation, the construction of which means additional consumption of materials and energy, interference in the environment (soil) and the application of the additional heat exchange factor (water glycol solution).

Thermal energy storage

Storage of thermal energy is used to eliminate negative effects of incoherence between temporary performance or efficiency of the heat source and energetic needs of

jest również brak instalacji wymiennika gruntowego, którego budowa oznacza zużycie dodatkowych materiałów i energii, ingerencję w środowisko (grunt) i zastosowanie dodatkowego nieobojętnego dla środowiska czynnika wymiany ciepła (wodny roztwór glikolu).

Magazyn energii cieplnej

Magazynowanie energii cieplnej służy niwelowaniu negatywnych skutków niekoherencji pomiędzy chwilową wydajnością czy efektywnością źródła ciepła a potrzebami energetycznymi odbiorców ciepła (w naszym przypadku budynków). Szczególnie często magazynowanie energii wiąże się z korzystaniem ze źródeł odnawialnych, ponieważ ich dostępność niejednokrotnie nie pokrywa się czasowo z zapotrzebowaniem budynku na energię. Bardzo ważnym aspektem, który należy uwzględnić, jeżeli chce się korzystać z magazynowania ciepła, jest określenie odpowiedniej wielkości magazynu oraz ograniczenie jego strat ciepła. Magazyn niedopasowany do potrzeb czy wykazujący straty ciepła na wysokim poziomie może bardziej zaszkodzić efektywnej pracy instalacji niż jej pomóc. W zależności od potrzeby magazyny mogą być krótko- lub długoterminowe. Krótki okres magazynowania mieści się w granicach od kilku godzin do maksymalnie kilku dni, natomiast magazynowanie długoterminowe w technice instalacyjnej najczęściej jest równoważne magazynowaniu sezonowemu, co oznacza, że energię należy zmagazynować na okres niemalże roku. W budynkach standardowych, energooszczędnych czy nawet pasywnych magazyny długoterminowe, z pewnymi wyjątkami, zwykle nie mają zastosowania. Krótkoterminowe magazyny stosuje się bardzo często, a najprostszym ich przykładem są wszelkie zasobniki i pojemnościowe podgrzewacze wody użytkowej, a także bufory w instalacjach centralnego ogrzewania. Do krótkoterminowego magazynowania energii cieplnej powszechnie używa się wody ze względu na łatwy do niej dostęp, jej nietoksyczność oraz relatywnie wysokie ciepło właściwe i gęstość pozwalające na zgromadzenie odpowiedniej ilości energii w niewielkiej objętości. Nie bez znaczenia jest również fakt, iż woda jest najczęściej używanym czynnikiem obiegowym w instalacjach. Długoterminowe czy sezonowe magazyny ciepła mają zastosowanie w budynkach zero-energetycznych. Zasadniczo można zastosować instalację przeznaczoną do ładowania magazynu przy wysokich temperaturach zewnętrznych i dużym natężeniu promieniowania słonecznego i wykorzystać ją, gdy budynek ma wysokie zapotrzebowanie na energię. Można również gromadzić nadwyżki energii produkowane przez instalacje budynkowe w lecie do uzupełnienia bilansu w zimie. W budynkach mieszkalnych, ze względu na specyfikę obiektów i względy bezpieczeństwa, stosować należy magazynowanie niskotemperaturowe i pod niskim ciśnieniem roboczym [17]–[19]. Do magazynowania energii można zastosować magazyn wodny, jednak ze względu na jego wielkość (około 150 m³ dla budynku opisanego poniżej) i związane z nią trudności konstrukcyjne jest to rozwiązanie rzadziej stosowane. Wygodniejszym rozwiązaniem jest zwirowy magazyn energii, w tym przypadku

heat receivers (in our case, buildings). Storage of energy is particularly often connected with the use of renewable sources because their availability rarely coincides in time with a building's demand for energy. A very important aspect that should be taken into consideration in the case of heat storage is to specify an appropriate size of a storage and to reduce its heat losses. A storage which is not adapted to the needs or shows heat losses at a high level can be more harmful than helpful for the efficient work of the installation. Depending on the needs storages can be short-term or long-term. A short period storage is in the range from a few hours up to several days maximum, whereas in the installation technology a long-term storage is usually equivalent to seasonal storage, which means that energy should be stored for a period of nearly one year. Long-term storages are not usually applied, with some exceptions, in standard, energy efficient or even passive buildings. Short-term storages are used very often and the simplest examples are various types of storage tanks and capacity domestic hot water heaters as well as buffers in central heating systems. Generally water is used for short-term storage of thermal energy due to its easy availability, its non-toxicity and relatively high specific heat capacity as well as density, which allows for storing a sufficient amount of energy in a small volume. It is worth noticing the fact that water is the most common circulation factor in installations. Long-term and seasonal storages of heat can be applied in zero-energy buildings. Basically, it is possible to apply the installation for charging a storage at high outside temperatures and a high intensity of solar radiation and use it when a building has a high demand for energy. It is also possible to collect surpluses of energy, which are produced by building installations in summer in order to make up the balance in winter. In residential buildings, due to the specificity of objects and safety reasons, it is advisable to apply low-temperature storage and under a low working pressure [17]–[19]. A water storage can be applied for storing energy, however, due to its size (approximately 150 m³ for the building described below) and related structural difficulties, this solution is used less frequently. A more convenient solution is a gravel energy storage, in this case hidden under the building, which collects heat from the air passing through free spaces among the aggregate and gives back heat in the same way. A gravel storage will need a definitely greater volume than a water storage, but due to the available space it is not a problem. Also for economic reasons, the application of such a solution is preferred, since the additional expenditure for its preparation (excavation, filling material, insulation, etc.) will not be high (part of the materials and works is included in erecting the building foundations). A gravel storage can also be located outside the outline of the building and in some cases this solution is more favourable, however, it requires some additional place on the plot of land. A gravel storage can be used by installations which are powered by air (heat pumps, ventilation systems), whereas for charging, installations where waste heat is collected by air or another medium can be applied. In the latter case the factor which collects heat should supply the air heater. It should also be kept in mind that the air

ukryty pod budynkiem, pobierający ciepło z powietrza przepływającego przez wolne przestrzenie pomiędzy krużywem i oddającego ciepło w ten sam sposób. Magazyn żwirowy będzie potrzebował zdecydowanie większej objętości niż magazyn wodny, ale ze względu na dostępną przestrzeń nie stanowi to problemu. Także ze względów ekonomicznych zastosowanie takiego rozwiązania jest korzystne, ponieważ dodatkowe nakłady na jego przygotowanie (wykop, materiał wypełniający, izolacja itp.) nie będą wysokie (część materiałów i prac wchodzi w skład wykonania fundamentu pod budynek). Magazyn żwirowy można także zrobić poza obrysem budynku i w niektórych sytuacjach rozwiązanie to jest korzystniejsze, wymaga jednak wygospodarowania dodatkowego miejsca na działce. Z magazynu żwirowego mogą korzystać instalacje, które zasilane są powietrzem (pompy ciepła, instalacja wentylacyjna), natomiast do ładowania można wykorzystać zarówno instalacje, w których ciepło odpadowe jest odbierane za pomocą powietrza, jak i innego medium. W tym drugim przypadku czynnik odbierający ciepło powinien zasilać nagrzewnicę powietrza. Należy także pamiętać, że przepływ powietrza przez złożę generuje straty ciśnienia, które wpływają na wielkość wentylatora i ilość pobieranej przez niego energii elektrycznej. Wielkość magazynu i wymaganą izolację, a także spręż wentylatora należy określić podczas analiz energetycznych budynku, uwzględniając charakterystykę instalacji z nim współpracujących.

Fotowoltaika

Zasada działania ogniw fotowoltaicznych wykorzystuje zjawisko fizyczne odkryte w XIX w. przez Alexandra Edmonda Becquerela. W 1839 r., przeprowadzając badania opisujące zachowania ciał stałych w elektrolicie, zauważył on, że jeśli jedną z elektrod się naświetli, to powstaje napięcie pomiędzy elektrodami. Odkrycie efektu fotowoltaicznego zostało wówczas przez badaczy przyjęte bardzo sceptycznie i dopiero mechanika kwantowa wyjaśniła mechanizm działania tego zjawiska. Mimo że pierwsze ogniwo słoneczne zostało stworzone ponad 170 lat temu, w roku 1844 przez Charlesa Frittsa, rozwiązanie to nie weszło do komercyjnego użycia aż do połowy XX w.

Panel fotowoltaiczny (PV) składa się z baterii połączonych ze sobą ogniw słonecznych. Systemy zasilane z paneli PV można podzielić na autonomiczne („off-grid”) oraz podłączone do sieci („on-grid”). Instalacja autonomiczna pozwala na pracę podłączonych do niej urządzeń elektrycznych bez dodatkowego zasilania z zewnętrznej sieci elektrycznej i składa się z paneli PV, akumulatorów, regulatorów ładowania i napięcia. Instalacja typu „on-grid” pełni natomiast funkcję wspomagającą instalację elektryczną podłączoną do budynku. Wytworzona energia może być w tym przypadku dostarczana bezpośrednio do instalacji wewnętrznej i urządzeń, a jej nadmiar sprzedawany jest do sieci zewnętrznej. W przypadku niedoboru energii system pobiera (kupi) energię z sieci. Instalacja ta pozbawiona jest akumulatorów, które stanowią najdroższą jej część, jednak może być stosowana wyłącznie tam, gdzie mamy dostęp do zewnętrznych źródeł energii elektrycznej.

flow through the bed generates pressure losses which have an influence on the size of the fan and the amount of its electrical energy consumption. The size of the storage and the required insulation as well as compression of the fan must be specified during the energy analysis of a building, taking into account the characteristics of cooperating installations.

Photovoltaics

The principle of photovoltaic cells operation uses a physical phenomenon which was discovered in the 19th century by Alexander Edmond Becquerel. In 1839 when carrying out the research on the behaviour of solids in the electrolyte, he noted that if one of the electrodes is exposed to light, then voltage occurs between the electrodes. At that time the discovery of the photovoltaic effect was received very sceptically by researchers and it was only quantum mechanics that explained the mechanism of this phenomenon. Although the first solar cell was created over 170 years ago by Charles Fritts in 1844, this solution did not find its commercial application until the mid-20th century.

A photovoltaic panel (PV) consists of a battery of interconnected solar cells. Systems which are powered by PV panels can be divided into autonomous (“off-grid”) and connected to the network (“on-grid”). The autonomous installation enables the operation of electrical devices connected to it without any additional power supply from the external electrical grid and consists of PV panels, batteries, charge and voltage controllers. However, the installation of “on-grid” type performs a supporting function to the electrical installation which is connected to a building. The generated energy can be in this case supplied directly to the internal installation and devices, whereas its excess is sold to the external grid. In the case of the energy shortage, the system consumes (buys) energy from the grid. This installation is devoid of batteries which constitute the most expensive part of it, however, it can be applied only where we have access to the external electrical energy source.

Apart from an obvious electrical energy gain resulting from the use of the photovoltaic installation, it is also possible to collect additional thermal energy. During operation of PV panels a temperature growth occurs in their environment. The highest cell efficiency is obtained at their temperature below 25°C, whereas in a summer period when the sun directly affects their surface, they heat up even to 70–80°C, becoming overheated up even to several tens of degrees in relation to the surrounding temperature [20]. The most optimal location for them should be taken into consideration during designing. The smallest heat-up will be achieved in the devices fixed on the frame situated on the ground, where a free flow of air is provided in their surroundings [21]. A typical location on the roof may result in a temperature growth of over 40°C [22]. Taking into consideration the decrease in the device efficiency and its power along with a growth of temperature [23], [24], it is preferable to prepare a solution that will make it possible to cool the panels and thereby increase their

Poza oczywistym zyskiem energii elektrycznej związanym ze stosowaniem instalacji fotowoltaicznej możliwe jest także pozyskanie dodatkowej energii cieplnej. Podczas działania paneli PV w ich otoczeniu następuje wzrost temperatury. Najwyższą sprawność ogniw uzyskuje się przy ich temperaturze poniżej 25°C, tymczasem w okresie letnim, kiedy słońce oddziałuje bezpośrednio na ich powierzchnię, nagrzewają się one nawet do 70–80°C, podgrzewając nawet o kilkadziesiąt stopni w stosunku do temperatury otoczenia [20]. Podczas projektowania należy rozważyć najbardziej optymalną ich lokalizację. Najmniejszy podgrzew uzyskany zostanie w urządzeniach zamontowanych na stelażu na gruncie, gdzie zapewniony zostanie swobodny przepływ powietrza w ich otoczeniu [21]. Typowa lokalizacja na dachu skutkować może wzrostem temperatury o ponad 40°C [22]. Biorąc pod uwagę spadek sprawności urządzenia i jego mocy ze wzrostem temperatury [23], [24], korzystne jest przygotowanie rozwiązania, które pozwoli schłodzić panele i tym samym zwiększyć ich efektywność, a pobraną energię odpadową wykorzystać na inne cele [25]. W okresie letnim wysoka temperatura PV może zostać wykorzystana np. do podgrzewania wody użytkowej. Najprostszym rozwiązaniem byłaby wówczas instalacja, która za pośrednictwem czynnika glikolowego przenosiłaby energię z otoczenia paneli do wężownicy w zasobniku wody. Innym przykładem jest wykorzystanie energii odpadowej do ogrzewania i wentylacji budynku. Znaczny wzrost temperatury ogniw w stosunku do otoczenia następuje także w chłodnych okresach roku, w tym zimą. W okresie wiosennym i jesiennym, kiedy instalacje grzewcze już/jeszcze pracują, temperatura może również wzrastać okresowo o kilkanaście–kilkadziesiąt stopni w stosunku do temperatury otoczenia. W przypadku wspomagania ogrzewania i wentylacji możliwe jest także wykorzystanie instalacji z czynnikiem glikolowym, który przenosi energię ciepłą z paneli np. do magazynu energii, skąd pobierana jest na cele pracy instalacji c.o. i nagrzewnic wentylacyjnych. Innym przykładem jest wykonanie kolektora powietrznego pozwalającego na podgrzanie powietrza omywającego panele i przekazanie tych nadwyżek ciepła do długoterminowego magazynu energii.

Wentylacja

Systemy wentylacyjne można podzielić na systemy naturalne (grawitacyjne) oraz mechaniczne. Kombinacje tych dwóch systemów nazywa się hybrydowymi. W obiektach mieszkaniowych najczęściej wykorzystywana jest obecnie wentylacja naturalna, jednak w miarę zaostrzania przepisów dotyczących energochłonności budynków i wzrostu świadomości społeczeństwa coraz częściej spotyka się pozostałe systemy, pozwalające na zmniejszenie potrzeb energetycznych związanych z wymianą powietrza.

„Silnikiem” dla wentylacji naturalnej jest różnica temperatury w budynku i w jego otoczeniu oraz różnica ciśnienia na przegrodach. Wykorzystywane jest tu proste zjawisko unoszenia się powietrza o wyższej temperaturze i opadania powietrza o temperaturze niższej. Z tego powodu w górnej części pomieszczeń, w których

effectiveness and use the collected waste energy for other purposes [25]. In summer a high temperature of PV can be used, e.g. for heating usable water. The simplest solution would be the installation which would carry energy from the panel environment to the tube coil in a water tank by means of a glycol agent. Another example is the application of waste energy for heating and ventilating a building. A significant increase in the temperature of cells in relation to the environment also occurs in cold periods of the year, including winter. In spring and autumn, when heating systems already/still work, the temperature may also increase periodically by several tens of degrees or more when compared with the surrounding temperature. In the case of the central heating and ventilation support, it is also possible to use systems with a glycol agent which transfers thermal energy from panels to, e.g. the energy storage from where it is collected for the purposes of the central heating installation and ventilation air heaters operation. Another example is the construction of an air collector which allows for heating the air that surrounds panels and then for transferring surpluses of heat to a long-term energy storage.

Ventilation

Ventilation systems can be divided into natural (gravitational) and mechanical systems. Combinations of these two systems are called hybrid ones. At present, natural ventilation is most commonly applied in residential buildings, however, as the rules concerning energy consumption of buildings are becoming stricter and the public awareness increases, other systems are more often applied, which makes it possible to reduce energy demands connected with the exchange of air.

A “motor” for natural ventilation is a difference between a temperature in a building and in its environment as well as a pressure difference on the partitions. A simple phenomenon is used here, namely floating of air of a higher temperature and falling of air of a lower temperature. For this reason, in upper part of rooms where emission of contamination occurs (e.g. moisture, odours) exhaust openings are designed through which the used and the warmest air flows out. In order to make a fresh air inflow possible, it is necessary to provide openings, e.g. in windows in the form of small diffusers fixed in their frames. Moreover, due to the temperature difference and the wind impact on both sides of construction partitions, a difference in pressure appears. It causes a flow of air from the excess pressure zone (e.g. the wind pressure side) to the negative pressure zone. This phenomenon also results in an air outflow through prepared ventilation ducts and its movement between such openings as windows in external walls [26]–[28]. Location of openings in one pressure zone only (on one side of a building) causes a more difficult exchange of air in internal rooms. Functioning of natural ventilation seems to be cheap in its operation – it does not require the application of any electrical equipment, does not require any maintenance, nevertheless, it should be remembered that in winter the warmest air flows out from a building to the outside and in its place

występuje emisja zanieczyszczeń (np. wilgoć, zapachy), projektowane są otwory, przez które zużyte i najcieplejsze powietrze wypływa na zewnątrz. Aby możliwy był napływ powietrza świeżego, niezbędne jest zapewnienie otworów np. w oknach w postaci niewielkich nawiewników montowanych w ich ramach. Ponadto na skutek różnicy temperatury oraz działania wiatru po dwóch stronach przegród budowlanych powstaje różnica ciśnienia. Powoduje ona przepływ powietrza ze strefy nadciśnienia (np. strona naporu wiatru) do strefy podciśnienia. To zjawisko również powoduje wypływ powietrza przez przygotowane kominy wentylacyjne, a także jego ruch pomiędzy otworami w ścianach zewnętrznych, np. oknami [26]–[28]. Lokalizacja otworów tylko w jednej strefie ciśnienia (po jednej stronie budynku) skutkuje utrudnioną wymianą powietrza we wnętrzach. Działanie wentylacji naturalnej wydaje się tanie w eksploatacji – nie wymaga zastosowania urządzeń elektrycznych, nie wymaga serwisu, pamiętać jednak należy o tym, że zimą najcieplejsze powietrze wypływa z budynku na zewnątrz, a na jego miejsce wpływa zimne, które musi zostać ogrzane przez instalację c.o. Wadą tego rozwiązania jest także niepewność jej działania – im większa różnica temperatury w budynku i na zewnątrz, tym działa ona z większą wydajnością, a więc wymaga więcej energii grzewczej. W okresach, kiedy różnica temperatury zanika lub odwraca się, wentylacja przestaje działać albo pojawiają się tzw. ciągi wsteczne, kiedy powietrze napływa do budynku otworami wywiewnymi i przenosi zanieczyszczenia do pozostałych pomieszczeń.

Aby wyeliminować problemy związane z napływem zimnego powietrza z zewnątrz w okresie grzewczym oraz zapewnić ciągłą wymianę powietrza w budynku, w obiektach mieszkaniowych na popularności zyskują systemy mechaniczne. Ich działanie opiera się na pracy wentylatorów – dostarczającego oraz usuwającego powietrze z budynku. Zapewnia to stałą wydajność wentylacji niezależnie od warunków zewnętrznych i pozwala na wykorzystanie urządzeń pobierających energię odpadową z powietrza wywiewanego i przekazujących ją do powietrza nawiewanego. Urządzenia te nazywane są wymiennikami do odzysku ciepła i są decydujące w kwestii zasadności stosowania systemów mechanicznych. W obiektach mieszkalnych wykorzystuje się głównie wymienniki krzyżowo-przeciwprądowe, przeciwprądowe i obrotowe, a ich sprawność odzysku ciepła waha się zazwyczaj w granicach 75–85%. Zasadą projektowania systemów wentylacji mechanicznej dla budynków mieszkaniowych jest doprowadzanie powietrza do pomieszczeń przebywania ludzi i usuwanie go z pomieszczeń zanieczyszczonych [29].

W powszechnym rozumieniu wentylacja hybrydowa to taka, która w momentach sprzyjających warunków atmosferycznych działa jako system naturalny, natomiast w momentach niesprzyjających włącza się wentylator usuwający powietrze i tym samym zapewniający stałą wymianę powietrza w budynku. Rozwiązanie takie nie ogranicza jednak zużycia energii, ponieważ zimą do pomieszczeń nadal napływa powietrze zewnętrzne. Mniej popularnym podejściem do systemów hybrydowych, znajdujących zastosowanie w budownictwie energooszczędnym, jest przełącza-

nie the cold air which must be heated by the central heating installation flows in. A disadvantage of this solution is also its operation uncertainty – the bigger the temperature difference in a building and outside, the greater the efficiency of its functioning, therefore it requires more heat energy. In the periods when a temperature difference disappears or turns round, ventilation ceases to operate or the so called reverse flows appear when the air flows into a building through exhaust openings and transfers contamination to other rooms.

In order to eliminate the problems connected with the inflow of cold air from the outside during a heating season and to provide a continuous exchange of air in a building, mechanical systems are becoming increasingly popular in residential buildings. Their functioning is based on ventilator work – supplying and removing air from a building. This ensures a constant ventilation performance regardless of external conditions and enables the use of devices which collect waste energy from the exhaust air and transfer it to the supply air. These devices are called exchangers for heat recovery and are decisive in terms of legitimacy of applying mechanical systems. In residential buildings mainly cross and counter-flow, counter-flow and rotating exchangers are applied, and their heat recovery efficiency usually oscillates within the range of 75–85%. The principle of designing of mechanical ventilation systems for residential buildings is to supply air to the rooms for people and remove it from contaminated rooms [29].

In a general sense hybrid ventilation is the one that functions as a natural system in favourable weather conditions, whereas in unfavourable conditions a ventilator which removes air and thus provides a constant exchange of air in a building is turned on. This solution, however, does not limit energy consumption because in winter outside air still flows into the rooms. A less popular approach to hybrid systems which are applied in energy efficient buildings is to switch ventilation between two systems, i.e. natural and mechanical which are equipped with heat recovery. In this solution, which is defined as *mixed-mode ventilation* (MMV) [26], [30], [31], natural processes are connected with energy savings, nevertheless, at the design stage of a building a possibility to use forces of nature by means of preparing gravitational ventilation ducts or deliberate building body formation and locating openings in its partitions should be also predicted.

Exemplary energy concepts of a zero-energy single-family house

The main assumption of a nearly zero-energy house is the design of architecture, structure and installation so that a building should consume as much energy as it is able to produce from renewable sources by means of devices which are installed within this building and its surroundings. At the same time, the appropriate comfort of using the rooms should be maintained. Moreover, a system of automatic control should provide adequate energy balancing in a building without limiting the freedom of users. This approach is strongly focused on efficient operation,

nie wentylacji między systemem naturalnym i mechanicznym wyposażonym w odzysk ciepła. W takim rozwiązaniu, określanym nazwą *mixed-mode ventilation* (MMV) [26], [30], [31], łączy się procesy naturalne z oszczędnością energii, jednak na etapie projektowania budynku należy przewidzieć możliwość wykorzystania sił przyrody poprzez przygotowanie kanałów wentylacji grawitacyjnej lub przemyślane ukształtowanie bryły budynku i lokalizację otworów w jego przegrodach.

Przykładowe koncepcje energetyczne zeroenergetycznego domu jednorodzinnego

Głównym założeniem domu blisko zeroenergetycznego jest zaprojektowanie architektury, konstrukcji i instalacji tak, aby obiekt zużywał tyle energii, ile jest w stanie wyprodukować ze źródeł odnawialnych za pomocą urządzeń zainstalowanych w obrębie budynku i jego otoczenia. Równocześnie zachowany powinien być odpowiedni komfort użytkownika pomieszczeń. Ponadto system automatycznej regulacji powinien zapewniać odpowiednie bilansowanie energii w budynku, nie ograniczając przy tym swobody użytkowników. Takie podejście jest mocno nastawione na efektywną eksploatację, natomiast w mniejszym stopniu uwzględnia wpływ samego procesu budowania i użytych materiałów na środowisko. Kryterium optymalizacji projektu w tym przypadku jest energia eksploatacyjna, a celem jej bilans wynoszący zero lub nieco na plus w ciągu roku. Jak już wspomniano, jedną z ważnych cech koncepcji była dostępna cena rozwiązania. Dla wielu inwestorów jest to kluczowe kryterium. To skłoniło autorów opracowania do przedstawienia dwóch koncepcji realizujących cel zeroenergetyczności zasadniczo różnymi nakładami inwestycyjnymi i kosztami eksploatacji.

Zaproponowane koncepcje energetyczne opierają się na szacunkowych wartościach zapotrzebowania na energię użytkową, końcową i pierwotną nieodnawialną. Obliczenia te wykonano w oparciu o metodę zgodną z *Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury dotyczącym metodologii obliczania świadectw charakterystyki energetycznej* [12]. Ceny energii elektrycznej przyjęto według średniej wartości kosztów energii elektrycznej dla Polski. Sprawność fotoogniwn przyjęto na poziomie 14%. Przedstawione obliczenia nie mają na celu zaprezentować finalnych efektów projektu. Są raczej przykładem, jak powinien zostać zdefiniowany jego początek. Na podobnej koncepcji powinien opierać się projekt każdego budynku, a specjaliści poszczególnych branż powinni dążyć do realizacji postawionych celów w zakresie efektywności energetycznej.

Konceptja 1 – „Dom naturalny”

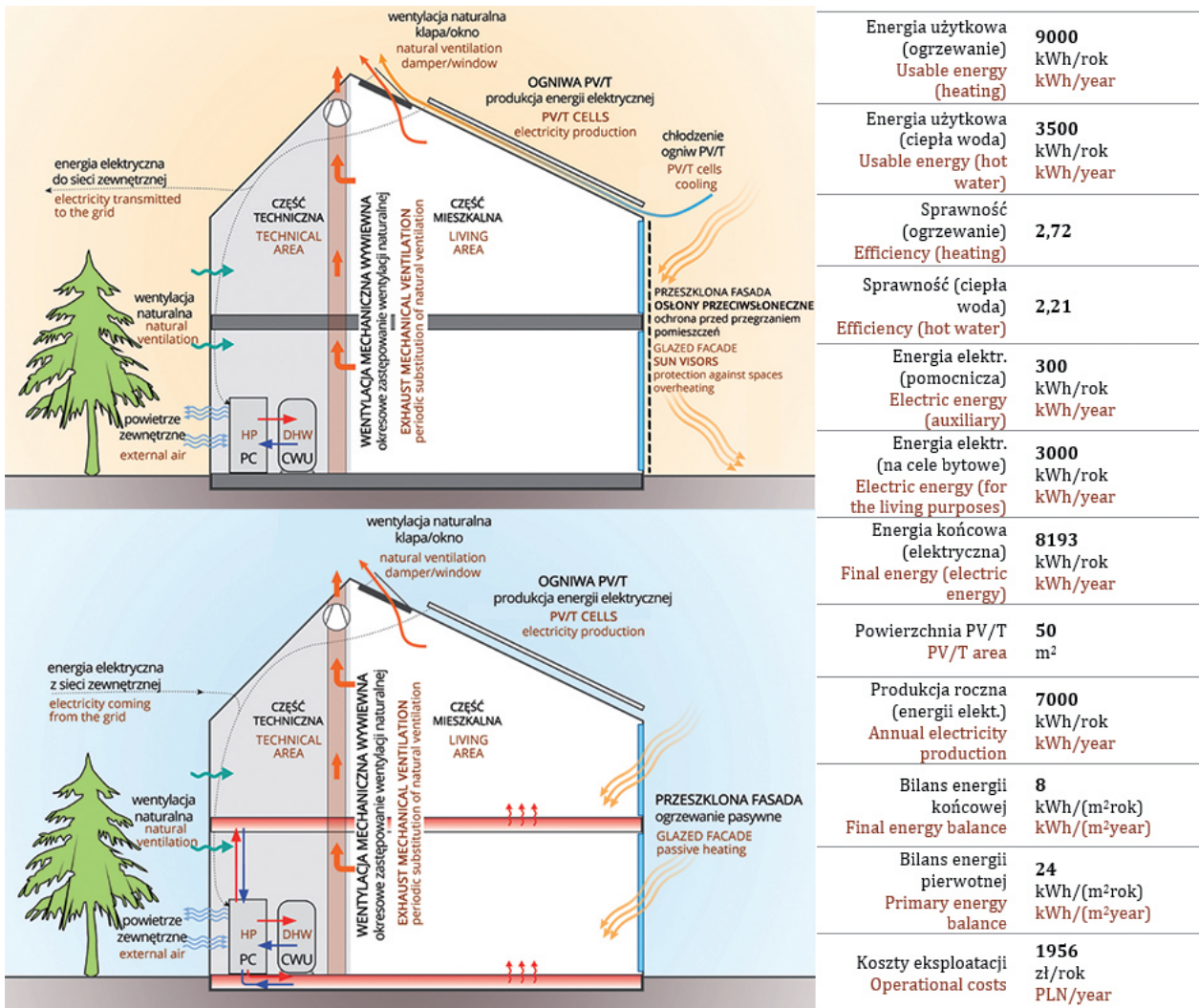
Zaopatrzenie domu w energię oparte jest na pracy pompy ciepła powietrze–woda, mającej za zadanie dostarczyć ciepło do ogrzewania pomieszczeń oraz do przygotowania ciepłej wody użytkowej na potrzeby mieszkańców. Schemat opisujący pracę systemu w lecie i w zimie zaprezentowano na ilustracji 1. Ciepła woda użytkowa

whereas the influence of the process of construction and materials on the environment is taken into account only to a smaller extent. In this case, a criterion for optimizing is the design operation energy and the purpose is its balance of zero or slightly plus during the year. As it was already mentioned, one of the important features of the concept was an available price of the solution. For many investors, this is a key criterion. This made the authors of the study present two concepts pursuing a zero-energy goal basically by means of various investment costs and operating costs.

The proposed energy concepts are based on estimated values of a demand for usable, final and non-renewable primary energy. These calculations were made on the basis of the method which is in accordance with the *Regulation of the Minister of Infrastructure on the methodology of calculating certificates of energy characteristics* [12]. Electrical energy prices were adapted according to the average costs of electrical energy for Poland. Efficiency of photovoltaic cells was assumed at a level of 14%. The presented calculations do not aim to show the final results of the project. They are rather an example of the way its beginning should be defined. A design of each building should be based on a similar concept and specialists of particular sectors ought to pursue its goals in the scope of energy efficiency.

Concept 1 – “Natural House”

Energy supply to the house is based on the work of an air-to-water heat pump which is supposed to supply heat for the rooms and prepare domestic hot water for the needs of residents. A diagram which describes the system operation in summer and in winter is presented in Figure 1. Domestic hot water is stored in a capacitive heater. A heating system constitutes the underfloor heating which is installed in high storage capacity ceilings. In the building ventilation will be natural and periodically supported mechanically. Due to the fact that the heat pump requires electrical energy supply, the building will be equipped with photovoltaic cells in “on-grid” system. An air collector, which provides photovoltaic cells with cooling which in turn supply electrical energy to the building, is also supposed to support a natural ventilation air flow through the building. In the periods when natural ventilation does not fulfill its task, it is possible to start exhaust mechanical ventilation. The presented system has a minimum of components. It is very important to provide the building with high insulation to minimize static losses. On the one hand, natural ventilation is preferable because it does not require electrical energy supply and does not generate high investment costs, yet it results in the necessity to install a heat pump with adequately big power and increases the building demand for usable energy to be used for heating. A necessity to apply an electrical heater should also be taken into consideration in colder periods of the year. Electrical energy intake will therefore be quite high. In order to compensate this, it will be necessary to install a large area of PV cells. Most probably, for the



PC – pompa ciepła powietrze-woda/HP – air-to-water heat pump, CWU – ciepła woda użytkowa/DHW – domestic hot water, PV/T – fotowoltaiczny/ciepłny/PV/T – photovoltaic/thermal

II. 1. Roczny bilans energii i kosztów eksploatacji w domu naturalnym; praca systemu w lecie (górny schemat) i w zimie (dolny schemat)

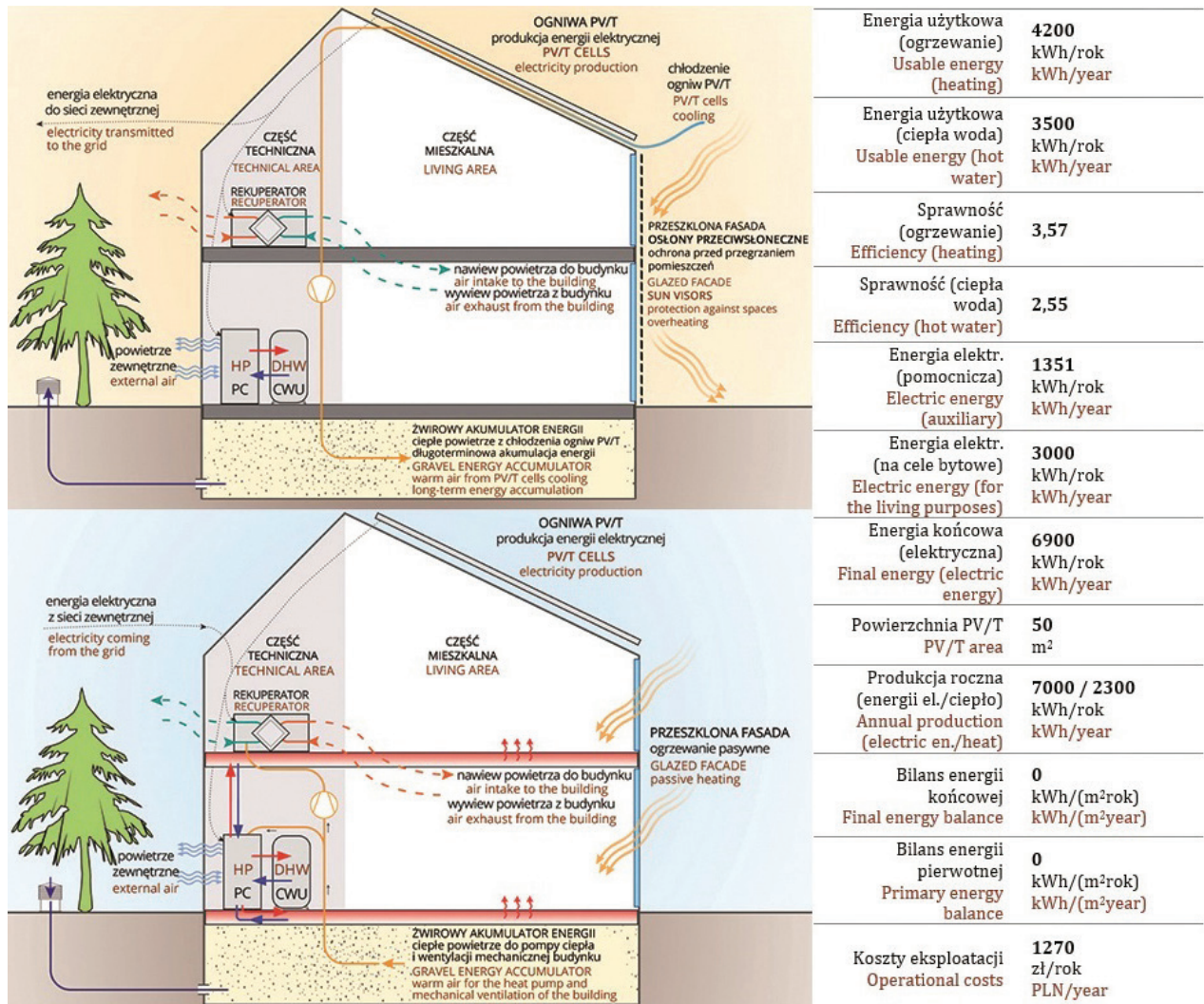
Fig. 1. Annual energy and operational costs balance in the natural house; system performance in summer (top scheme) and winter (bottom scheme)

magazynowana jest w podgrzewaczu pojemnościowym. System grzewczy stanowi ogrzewanie podłogowe zainstalowane w stropach o wysokiej akumulacyjności cieplnej. Wentylacja w budynku będzie naturalna, okresowo wspomagana mechanicznie. Ze względu na to, iż pompa ciepła wymaga zaopatrzenia w energię elektryczną, budynek będzie wyposażony w ogniwa fotowoltaiczne w systemie „on-grid”. Kolektor powietrzny zapewniający chłodzenie ogniw fotowoltaicznych dostarczających energię elektryczną do budynku ma również za zadanie wspomóc naturalny przepływ powietrza wentylacyjnego przez budynek. W okresach, gdy wentylacja naturalna nie spełnia swojego zadania, istnieje możliwość uruchomienia wentylacji mechanicznej wywiewnej. Przedstawiony system zawiera minimum elementów. Bardzo ważne jest zapewnienie wysokiej izolacyjności budynku, aby zminimalizować straty statyczne. Wentylacja naturalna z jednej strony korzystna, bo nie wymaga dostawy energii elektrycznej i nie generuje wysokich kosztów inwesty-

areas of PV/T cells of about 50 m², with good optimization, it will be possible to obtain almost a zero balance of non-renewable primary energy in a yearly cycle.

Concept 2 – “House with a storage”

In this project, energy supply to the house is based on the work of an air-to-water heat pump which is supposed to supply heat to rooms and prepare domestic hot water for the needs of residents. A diagram which describes the system operation in summer and winter is presented in Figure 2. Due to the fact that the heat pump requires electrical energy supply, the building will be equipped with photovoltaic cells in “on-grid” system. When excessive production of energy occurs, it can be sent to the grid but if energy shortage occurs, the system will consume an appropriate amount of electrical energy from the grid. The heat pump work will be optimised by the application of a gravel



PC – pompa ciepła powietrze–woda/HP – air-to-water heat pump, CWU – ciepła woda użytkowa/DHW – domestic hot water, PV/T – fotowoltaiczny/ciepłny/PV/T – photovoltaic/thermal

II. 2. Roczny bilans energii i kosztów eksploatacji w domu z magazynem energii; praca systemu w lecie (górny schemat) i w zimie (dolny schemat)

Fig. 2. Annual energy and operational costs balance in the house with energy storage; system performance in summer (top scheme) and winter (bottom scheme)

cyjnych, skutkuje koniecznością zainstalowania pompy ciepła o odpowiednio dużej mocy oraz zwiększa zapotrzebowanie budynku na energię użytkową do ogrzewania. Należy się również liczyć z koniecznością pracy grzałki elektrycznej w zimniejszych okresach roku. Pobór energii elektrycznej będzie więc dość wysoki. Aby go skompensować, niezbędne będzie zainstalowanie dużej powierzchni ogniw PV. Dla powierzchni ogniw PV/T około 50 m² prawdopodobnie uda się, przy dobrej optymalizacji, uzyskać prawie zerowy bilans energii pierwotnej nieodnawialnej w cyklu rocznym.

Koncepcja 2 – „Dom z magazynem”

W tym projekcie zaopatrzenie domu w energię oparte jest na pracy pompy ciepła powietrze–woda, mającej za zadanie dostarczyć ciepło do ogrzewania pomieszczeń oraz do przygotowania ciepłej wody użytkowej na

energy storage. PV cells air cooling system will perform the role of a device which will charge the storage. In summer, when there are high air temperatures outside, PV cells heat up significantly. This heat will be accumulated in the storage. When the outside air temperature is low, the heat pump power which operates using the outside air is too small to cover the current needs, moreover the device efficiency significantly decreases. In the building these problems are solved by the energy storage which heats up the air flowing into the heat pump evaporator. Warmer air enables achieving higher efficiency and a required power of the device; it also eliminates the need for the electric heater work as an alternative source for the heat pump, as it occurs in standard solutions of this type. It is well known that in buildings with low energy demands, heating up ventilation air plays a big role in energy needs. The intake-exhaust mechanical ventilation with heat recovery is regularly applied to reduce the amount of this energy. This concept involves the application of this type of ventilation

potrzeby mieszkańców. Schemat opisujący pracę systemu w lecie i w zimie zaprezentowano na ilustracji 2. Ze względu na to, iż pompa ciepła wymaga zaopatrzenia w energię elektryczną, budynek będzie wyposażony w ogniwa fotowoltaiczne w systemie „on-grid”. W czasie, kiedy występuje nadmierna produkcja energii, można ją przesłać do sieci, a jeżeli jest jej za mało, system pobierze z sieci odpowiednią ilość energii elektrycznej. Praca pompy ciepła zostanie zoptymalizowana poprzez zastosowanie żyrowego magazynu energii. Rolę urządzenia ładującego magazyn pełnić będzie system powietrznego chłodzenia ogniw PV. W okresie lata, gdy występują wysokie temperatury powietrza zewnętrznego, ogniwa PV znacząco się nagrzewają. Ciepło to zostanie zgromadzone w magazynie. Gdy temperatura powietrza zewnętrznego jest niska, moc pompy ciepła pracującej na powietrzu zewnętrznym jest zbyt mała, by pokryć bieżące potrzeby, ponadto efektywność urządzenia znacząco spada. W budynku problemy te rozwiązuje magazyn energii, za pomocą którego podgrzewa się powietrze trafiające na parownik pompy ciepła. Ciepłe powietrze pozwala na osiągnięcie wyższej efektywności i wymaganej mocy urządzenia; eliminuje również potrzebę pracy grzałki elektrycznej jako alternatywnego źródła dla pompy ciepła, tak jak ma to miejsce w standardowych rozwiązaniach tego typu. Powszechnie wiadomo, że w budynkach o niskim zapotrzebowaniu na energię dużą rolę w potrzebach energetycznych odgrywa podgrzewanie powietrza wentylacyjnego. Do ograniczenia ilości tej energii stosuje się standardowo nawiewno-wywiewną wentylację mechaniczną z odzyskiem ciepła. W niniejszej koncepcji zakłada się zastosowanie tego typu wentylacji z dodatkowym wstępnym podgrzaniem powietrza wentylacyjnego w żyrowym magazynie energii. Takie rozwiązanie pozwala na eliminację nagrzewnicy powietrza z centrali, która w innym przypadku jest niezbędna, ponieważ musi zabezpieczyć wymiennik ciepła przed zamarznięciem. Analizując bilans budynku przedstawiony na ilustracji 2, można zauważyć, że zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania jest mniejsze niż w przypadku koncepcji 1, właśnie ze względu na zastosowanie wentylacji mechanicznej, natomiast ilość energii pomocniczej jest zdecydowanie większa, ponieważ trzeba doprowadzić energię elektryczną do wentylatorów w centrali. Przedstawiony system zawiera rozwiązania, które zwiększą koszty inwestycji, ale zapewniają większą niezależność budynku. Zmagazynowana na okres roku energia cieplna zapewni zmniejszone zapotrzebowanie na energię elektryczną do pracy pompy ciepła w okresie zimowym. Skutkiem tego uda się uzyskać zerowy bilans energii pierwotnej nieodnawialnej w cyklu rocznym. Niestety przy aktualnie obowiązującym w Polsce systemie rozliczeniowym instalacji „on-grid” koszty eksploatacji układu zerowe nie będą.

Podsumowanie

Projektowanie zrównoważone i proces projektowania zintegrowanego nabierają coraz większego znaczenia. Specjaliści z wszystkich branż związanych z budownictwem zaczynają coraz lepiej rozumieć, że te sposoby

z dodatkowym wstępnym podgrzaniem powietrza wentylacyjnego. This solution makes it possible to eliminate the air heater from the air handling unit, which in another situation is necessary because it must protect a heat exchanger from freezing. Analysing the balance of the building presented in Figure 2, it can be noticed that a demand for usable energy for heating is lower than in the case of concept 1 due to the application of mechanical ventilation, whereas the amount of supportive energy is definitely greater because electrical energy must be delivered to fans in the air handling unit. The discussed system includes solutions which will increase investment costs, however, they ensure the greater independence of a building. Thermal energy, which is stored for the period of one year, will provide a reduced demand for electric energy for the heat pump to operate in winter periods. As a result, it will be possible to achieve a zero balance of non-renewable primary energy in a yearly cycle. Unfortunately, the system's operating costs shall not be zero due to the clearing system of “on-grid” installation that is currently in use in Poland.

Summary

Sustainable design and the integrated design process are becoming increasingly significant. Specialists from all sectors related to the construction industry are slowly beginning to understand that these methods of design constitute actually the only way that ensures energy and economically efficient building engineering or the way to have zero energy buildings which will be affordable to a wider range of recipients. It is known that before specialists start to design a building an interdisciplinary concept should appear first. This is particularly important when trying to achieve a nearly zero-energy standard. In the case of collective residential buildings or commercial or public facilities, some time is devoted for preparing a concept, including energy issues, before starting a design process, however, when it comes to single-family residential buildings no one seems to make an effort of this sort. On the example of the two concepts described in this article we can observe that a favourable energy balance can be achieved with various assumptions on demand for usable energy for heating, various installation solutions and various annual operating costs.

*Translated by
Bogusław Setkiewicz*

projektowania to właściwie jedyna droga do budownictwa efektywnego energetycznie i ekonomicznie czy do budynków zeroenergetycznych dostępnych cenowo dla szerszego grona odbiorców. Wiadomo, że zanim specjaliści zaczną budynek projektować, powinna pojawić się interdyscyplinarna koncepcja. Jest to szczególnie istotne w przypadku próby osiągnięcia blisko zeroenergetyczności. O ile w przypadku budynków zamieszkania zbiorowego, komercyjnych czy publicznych poświęca się

czas na przygotowanie koncepcji, w tym również energetycznej, przed przystąpieniem do projektowania, o tyle w przypadku budynków jednorodzinnych zwykle nikt nie zadaje sobie takiego trudu. Na przykładzie dwóch koncepcji opisanych w artykule widać, że korzystny bilans energetyczny można osiągnąć przy różnych założeniach dotyczących zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania, różnych rozwiązaniach instalacyjnych i różnych rocznych kosztach eksploatacyjnych.

Bibliografia/References

- [1] *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*, 1987, <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf> [accessed: 17.01.2017].
- [2] Majerska-Palubicka B., *Dążenie do optymalizacji metod zrównoważonego projektowania architektonicznego*, „Architectus” 2014, Nr 2(38), 15–27.
- [3] *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków*, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 153/13.
- [4] Bać A., *Idea zrównoważenia i jej wybrane przejawy*, „Architectus” 2014, Nr 2(38), 3–13.
- [5] Mazur R., *Ecological and energy efficient architecture as a new trend in the architectural culture*, „Architectus” 2010, Nr 2(28), 127–131.
- [6] Kamionka L., *The problem of defining standards in the sustainable architecture design*, „Architectus” 2011, Nr 1(29), 69–76.
- [7] *Green Building Basic Information*, United States Environmental Protection Agency, <https://archive.epa.gov/greenbuilding/web/html/about.html> [accessed: 17.01.2017].
- [8] Janota-Bzowski J., *Klasyczne projektowanie a modelowanie budynku*, „Rynek Instalacyjny” 2015, Nr 4, 24–25.
- [9] Gil J., Grudzińska A., Potaczek A., *EKOskrzęt – nowoczesny i komfortowy dom energooszczędny*, „Architectus” 2014, Nr 2(38), 79–90.
- [10] Bać A., *Laboratorium zrównoważenia – modelowy budynek uniwersytecki w Vancouver*, „Architectus” 2013, Nr 2(34), 83–92.
- [11] Widera B., *Budynek Rady Miejskiej w Bolonii jako przykład architektury proekologicznej*, „Architectus” 2014, Nr 2(38), 59–67.
- [12] *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej*, Dz.U. 2015, poz. 376, <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20150000376> [accessed: 17.01.2017].
- [13] Sioshansi F.P., *Energy, Sustainability and the Environment Technology, Incentives, Behavior*, Elsevier, Burlington 2011, 231–271.
- [14] Rubik M., *Pompy ciepła. Poradnik*, Ośrodek Informacji „Technika Informacyjna w Budownictwie”, Warszawa 2006.
- [15] Piechurski K., Szulgowska-Zgrzywa M., *Obliczanie rocznej efektywności pomp ciepła powietrze/woda*, „Rynek Instalacyjny” 2016, Nr 6, 35–40.
- [16] Piechurski K., Szulgowska-Zgrzywa M., *Wpływ warunków klimatycznych i obciążenia cieplnego budynku na efektywność energetyczną pomp ciepła powietrze/woda z płynną regulacją mocy*, „Rynek Instalacyjny” 2016, Nr 10, 21–26.
- [17] Domański R., *Magazynowanie energii cieplnej*, PWN, Warszawa 1990.
- [18] Dincer I., Rosen M.A., *Thermal Energy Storage: Systems and Applications*, John Wiley & Sons, Hoboken 2011.
- [19] Beckman G., Gilli P.V., *Thermal Energy Storage*, Springer Verlag, Wien 1984.
- [20] Jouhara H., Milko J., Danielewicz J., Sayegh M.A., Szulgowska-Zgrzywa M., Ramos J.B., Lester S.P., *The performance of a novel flat heat pipe based thermal and PV/T (photovoltaic and thermal systems) solar collector that can be used as an energy-active building envelope material*, „Energy” 2016, Vol. 108, 148–154.
- [21] Haberlin H., *Photovoltaics. System Design and Practice*, John Wiley & Sons, New York 2012.
- [22] Kulgmann-Radziemska E., *Fotowoltaika w teorii i praktyce*, BCT, Legionowo 2010.
- [23] Radziemska E., *The effect of temperature on the power drop in crystalline silicon solar cells*, „Renewable Energy” 2003, Vol. 28, 1–12.
- [24] Radziemska E., Ostrowski P., Polek-Pasternak K., *Badania rozkładu temperatury na powierzchni oświetlonego i obciążonego modułu fotowoltaicznego*, „Proceedings of ECOpole” 2008, Vol. 2, No. 2, 461–466.
- [25] Jouhara H., Szulgowska-Zgrzywa M., Sayegh M.A., Milko J., Danielewicz J., Nannou T.K., Lester S.P., *The performance of a heat pipe based solar PV/T roof collector and its potential contribution in district heating applications*, „Energy” [in press], <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2016.04.070> [accessed: 12.05.2016].
- [26] Kleiven T., *Natural Ventilation in buildings, Architectural concepts, consequences and possibilities*, Doctoral thesis, Norwegian University of Science and Technology, March 2003.
- [27] Eicker U., *Energy efficient buildings with solar and geothermal resources*, John Wiley & Sons, New York 2014.
- [28] Pelech A., *Wentylacja i klimatyzacja. Podstawy*, Oficyna Wydawnicza PWr, Wrocław 2013.
- [29] Grygier G., Szyperski P., *Wytyczne dla instalacji wentylacyjnej z odzyskiem ciepła (system rekuperacji) w domach jednorodzinnych*, Stowarzyszenie Polska Wentylacja, Warszawa 2011.
- [30] *About Mixed-Mode, CBE*, University of California, Berkeley, <http://www.cbe.berkeley.edu/mixedmode/aboutmm.html> [accessed: 17.01.2017].
- [31] Salcido J.C., Raheem A.A., Issa R.R.A., *From simulation to monitoring: Evaluating the potential of mixed-mode ventilation (MMV) system for integrating natural ventilation in office buildings through a comprehensive literature*, „Energy and Buildings” 2016, Vol. 127, 1008–1018.

Streszczenie

W artykule omówiono zagadnienia związane z przygotowaniem koncepcji energetycznej budynku przed etapem projektowania. Powinna ona stać się elementem procesu realizacji budynków zrównoważonych. Autorzy wykazali potrzebę wykonywania tego typu koncepcji w kontekście idei zrównoważonego rozwoju, a także w kontekście wyzwań stawianych współczesnemu budownictwu, m.in. w zakresie efektywności energetycznej. Pokazano, że koncepcja energetyczna budynku wpisuje się dobrze w proces projektowania zintegrowanego, które zaczyna wypierać tradycyjne etapowe podejście obowiązujące dotychczas. Opisano, jakie założenia należy przyjąć przed przystąpieniem do opracowania koncepcji. Przedstawiono krótką charakterystykę wybranych systemów budynkowych mających zastosowanie w opisanych koncepcjach energetycznych. Zamieszczono dwie

przykładowe koncepcje energetyczne dla budynku jednorodzinnego zeroenergetycznego, na których przykładzie dowiedziono, że korzystny bilans energetyczny można osiągnąć przy różnych założeniach dotyczących zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania, różnych rozwiązaniach instalacyjnych i różnych rocznych kosztach eksploatacyjnych.

Słowa kluczowe: koncepcja energetyczna budynku, budownictwo zrównoważone, efektywność energetyczna, projektowanie zintegrowane, budynki blisko zeroenergetyczne

Abstract

In the paper the issues related to the preparation of the building's energy concept before the design stage have been discussed. It should be a regular part of the of sustainable buildings' implementation process. Authors demonstrated the need to perform this type of concept in the context of sustainable development as well as in the context of the challenges posed for the modern construction among others in terms of energy efficiency. It has been shown that the energy concept of the building fits well into the process of integrated design, which begins to displace the traditional phased approach in force so far. The assumptions that should be made prior to developing the concept have been described. A brief description of selected building systems, applicable in the described energy concepts, have been given. Two examples of energy concepts for zero-energy single-family building, have been described. It has been proven, that a favorable energy balance can be achieved using various assumptions concerning the demand for usable energy for heating, various installation solutions and various annual operational costs.

Key words: building energy concept, sustainable construction, energy efficiency, integrated design, nearly zero-energy buildings