

WACŁAW CELADYN\*

KONCEPCJE ENERGETYCZNE BUDYNKÓW  
– METODY PREZENTACJIENERGY CONCEPTS FOR BUILDINGS  
– METHODS OF PRESENTATION

## Streszczenie

Pozyskiwanie energii ze źródeł odnawialnych oraz ograniczenie w możliwie maksymalnym stopniu strat energii z budynków są obecnie imperatywem działań na etapie projektowania architektonicznego i wykonawstwa. Racjonalne rozwiązania w tym zakresie wymagają już na wstępnym etapie projektowania funkcji, konstrukcji i formy obiektów klarownego sformułowania idei twórczej w odniesieniu do takich aspektów jak dostarczenie powietrza o odpowiednich parametrach, jego ogrzanie, efektywny przepływ przez strukturę budynku oraz wykorzystanie wtórne zawartego w nim ciepła. Wyniki analizy wszystkich wymienionych czynników pozwalają na właściwe pod względem energetycznym rozwiązania funkcjonalne, formalne i techniczne obiektu. Koncepcja energetyczna w takim podstawowym lub poszerzonym zakresie prezentowana jest coraz częściej na wstępnym i dalszych etapach projektowania architektonicznego w celu zobrazowania metod rozwiązań energetycznych. Praktycznym narzędziem analiz są schematy energetyczne budynków.

*Słowa kluczowe: budynki energooszczędne, budynki niskoenergetyczne, budownictwo pasywne, koncepcje energetyczne budynków*

## Abstract

Supply of energy from renewable sources and reduction of energy loss from buildings have become the imperative in design and construction processes. Rational energy-related solutions require comprehensive ideas at early stages of design process concerning the function, form and structure of buildings. Crucial factors in this regard should be air supply of good quality, its heating and effective flow through the building structure as well as the reuse of its embodied heat. The analysis of these factors allows to properly resolve functional, formal and technical problems as far as energy is concerned. Energy concepts are presently more frequently than ever presented as a component of building documents to picture the adopted methods of energy-related decisions. A practical and very useful tool of these appear to be diagrams of energy concepts for buildings.

*Keywords: energy-saving buildings, low-energy buildings, passive buildings, energy concepts for buildings*

\* Prof. dr hab. inż. arch. Wacław Celadyn, Instytut Projektowania Budowlanego, Wydział Architektury, Politechnika Krakowska.

## 1. Wstęp

Dyrektywy europejskie odnośnie do oszczędności energetycznych w budownictwie oraz w ślad za nimi ustanawiane i modyfikowane krajowe przepisy związane z budownictwem odciskają swoje piętno nie tylko na parametrach technicznych rozwiązań architektoniczno-budowlanych, ale również i na samym procesie projektowania. Dostrzec to można wyraźnie w aktualnym piśmiennictwie odnoszącym się do projektowania architektoniczno-budowlanego. Coraz bardziej rozbudowane obrazowe prezentacje idei przestrzennej projektowanych obiektów odnoszą się także, w coraz większym stopniu, do aspektów energetycznych współczesnych budynków. Budownictwo niskoenergetyczne, pasywne czy nawet zeroenergetyczne i plusenergetyczne – to pojęcia, które weszły mocno i na stałe do słownika współczesnej architektury i budownictwa. Redukcja strat energii oraz jednoczesne jej maksymalne pozyskiwanie ze źródeł odnawialnych, przy zachowaniu bądź poprawie warunków mikroklimatycznych we wnętrzach projektowanych budynków, to dzisiaj już powszechnie przyjęte imperatywy projektowe. Sam proces projektowania nie został jednak jeszcze wszędzie i w dostateczny sposób dostosowany do potrzeb i oczekiwań w tym zakresie. Prezentacje projektowe nadal dość rzadko uwzględniają i akcentują aspekty energetyczne obiektu. Należy się spodziewać, że w związku z dyrektywami energetycznymi i wynikającymi z nich zobowiązaniami rządu polskiego i innych krajów europejskich, kwestie energetyczne i parametry budynków z nimi związane staną się w znacznie większym stopniu niż obecnie przedmiotem żywego zainteresowania inwestorów i nabywców budynków. Pojawi się wtedy potrzeba klarownej i sugestywnej prezentacji koncepcji energetycznej obiektu, nazywanej czasem również koncepcją klimatyczną, w oferowanym projekcie. Problemowi temu jest poświęcony niniejszy artykuł.

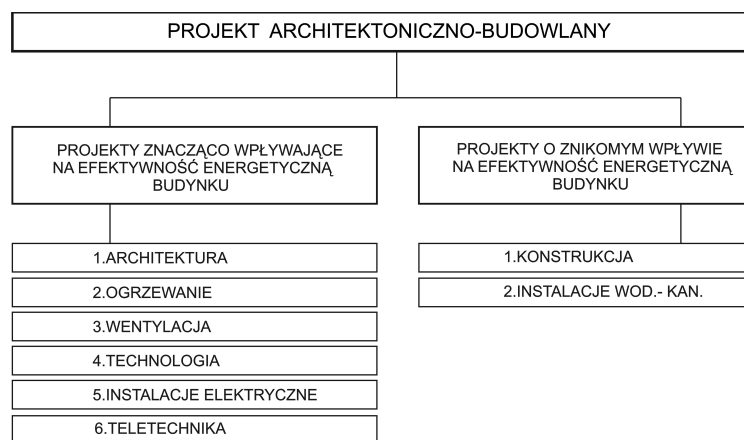
## 2. Aspekt energetyczny w praktyce projektowania architektoniczno-budowlanego

Kwestia energii w architekturze jest zagadnieniem bardzo szerokim. Obejmuje ona kilka różnych grup zagadnień. Niektóre z nich sięgają głęboko w inne dziedziny nauki oddalone pozornie od budownictwa. Obecnie głównym obszarem zainteresowań i budowlanych regulacji prawnych jest problematyka zapotrzebowania na energię w celach grzewczych i innych eksploatacyjnych (urządzenia). Druga grupa zagadnień energetycznych skupiająca się na energochłonności materiałów i technologii budowlanych pozostaje zasadniczo nadal w sferze badań i dyskusji teoretycznych. Energia w budownictwie na poziomie praktycznym może być obecnie rozważana w zakresie dość ograniczonym. Tak też traktuje to prawodawstwo budowlane.

O jakości architektury i jej techniczno-budowlanych aspektach decyduje w głównej mierze projekt budowlany obiektu. To w nim są określone najważniejsze rozwiązania przestrzenno-techniczne decydujące o parametrach energetycznych obiektu. Na etapie wykonawczym wprowadzanie wszelkich zmian w stosunku do niego jest już zazwyczaj mało efektywne i może zaburzać spójność i destrukcyjnie wpływać na konsekwencje przyjętych rozwiązań przestrzenno-technicznych. Etap projektowy jest decydujący w zakresie ostatecznego kształtu budynku, ale również dla rozwiązań ściśle energetycznych oraz mających wpływ na parametry energetyczne.

Dokumentacja budowlana obiektu na etapie projektu architektoniczno-budowlanego składa się z wielu części. Reprezentowane w niej branże budowlane można ze względów energetycznych ująć w dwóch grupach. Grupa pierwsza obejmuje te części branżowe dokumentacji, które mają istotny wpływ na efektywność energetyczną budynku. w grupie drugiej można umieścić pozostałe części projektu, które mają znacznie mniejszy bądź znikomy związek z wynikową efektywnością energetyczną obiektu.

Jak wynika z tabeli poniżej (il. 1), najważniejsze decyzje projektowe w odniesieniu do problematyki energetycznej budynku są podejmowane w projekcie architektury, instalacji grzewczej (również chłodniczej), wentylacji, instalacji elektrycznej i teletechnicznej oraz technologii w odniesieniu do urządzeń wyposażenia budynku. Te części dokumentacji obiektu można uznać za najistotniejsze z rozpatrywanego punktu widzenia. Najwięcej najważniejszych elementów proenergetycznych w projekcie zawiera z reguły część architektoniczna. Ich charakter jest najbardziej zróżnicowany w porównaniu z rozwiązaniami w innych branżach związanych z energią, uzupełniających dokumentację. Mimo to, że dla profesjonalistów koncepcja energetyczna projektowanego obiektu w dokumentacji projektowej w zakresie każdej z wymienionych branż bywa zazwyczaj mniej lub bardziej wyraźnie dostrzegalna, to jednak niełatwe jest stworzenie całościowego obrazu obiektu w rozważanym aspekcie. Jeżeli taka wizja się ujawni w naszej wyobraźni, wtedy staje się ona płaszczyzną wspólnego porozumienia wszystkich projektantów, a także inwestora. Decyzje dotyczące rozwiązań energetycznych w takiej sytuacji mogą być lepiej zharmonizowane i ocenione. Łatwiej wtedy również uniknąć ewentualnych niedoskonałości czy błędnych rozwiązań.



Il. 1. Składniki dokumentacji architektoniczno-budowlanej i ich wpływ na efektywność energetyczną budynku

III. 1. Components of building documents and their impact on energy performance

Tymczasem w standardowych dokumentacjach budowlanych zazwyczaj brak opracowania o charakterze syntetycznym w zrozumiałej dla wszystkich uczestników procesu inwestycyjnego konwencji graficznej stwarzającej podstawę do dyskusji na forum interdyscyplinarnym. Odpowiednia efektywność energetyczna powinna być zapewniona przez projektantów w przypadku każdego obiektu ogrzewanego, to jednak szczególnie istotna jest w przypadku budynków użyteczności publicznej oraz mieszkalnych, które dominują na rynku budowlanym.

nym. Dlatego w tych przypadkach stosowna prezentacja koncepcji energetycznej obiektu wydaje się być szczególnie uzasadniona.

### 3. Schemat energetyczny jako obraz koncepcji energetycznej obiektu

Bardzo sugestywną metodą prezentacji koncepcji energetycznej budynków są sporządzone dla nich odpowiednie schematy energetyczne. Można zauważyć coraz częstsze dołączanie ich do projektów, chociaż w Polsce występują jeszcze bardzo rzadko. Ich sporządzenie uzasadnione jest w szczególności na etapie koncepcji programowo-przestrzennej. Często również wykonuje się je na etapie pierwszych szkiców koncepcyjnych. w takich przypadkach mamy zazwyczaj do czynienia z energią jako świadomie przyjętą ideą kształtującą projektowany obiekt w sposób najbardziej dobitny.

Schematy mogą prezentować tylko niektóre aspekty energetyczne budynku, bądź też w przypadkach bardziej kompleksowych, uwzględniane są wszystkie najistotniejsze czynniki poddające się graficznemu odwzorowaniu. Schematy energetyczne w odniesieniu do projektowanych budynków najczęściej opracowywane są w formie graficznej na bazie:

- aksonometrii budynku lub jego części (również w formie rozstrzelonej),
- przekroju podstawowego lub kilku przekrojów całościowych,
- przekrojów fragmentarycznych przez elementy budynku (ścian, stropów, dachów),
- rzutu budynku lub jego fragmentu.

Pod względem merytorycznym w zależności od sytuacji i potrzeb prezentują:

- formę budynku zgodną z uwarunkowaniami energetycznymi i eksponującą elementy rozwiązań proenergetycznych,
- podział funkcjonalny budynku na strefy termiczne (buforowe),
- rozkład temperatur w pomieszczeniach,
- stratyfikację termiczną powietrza w pomieszczeniach,
- najistotniejsze z punktu widzenia energetycznego elementy budynku lub jego wyposażenia technicznego,
- przepływ energii cieplnej przez przegrody,
- transmisję, refleksję i absorpcję promieniowania słonecznego na przegrodach przeszklonych budynku,
- promieniowanie energii cieplnej z poszczególnych elementów budynku,
- promieniowanie powierzchni chłodzących,
- sposób insolacji budynku i jego wnętrza,
- drogę przepływu powietrza od miejsca jego poboru aż do wylotu na zewnątrz budynku,
- zmianę parametrów termicznych powietrza wentylacyjnego na drodze jego przepływu,
- drogę przepływu ciekłego czynnika grzewczego lub chłodzącego,
- sposób funkcjonowania urządzeń technicznych w celu uzyskania w odpowiednim okresie efektów energetycznie korzystnych.

Kwestie energetyczne bywają rozpatrywane nie tylko w skali pojedynczego budynku, ale również ich zespołów czy całych osiedli. w takich przypadkach używa się także schematów energetycznych w celu analizy efektów energetycznych w skali większych fragmentów przestrzeni.

Bardzo często schematy energetyczne występują parami i odnoszą się do okresu letniego i zimowego, co naturalnie jest związane z odmiennym funkcjonowaniem systemu ener-

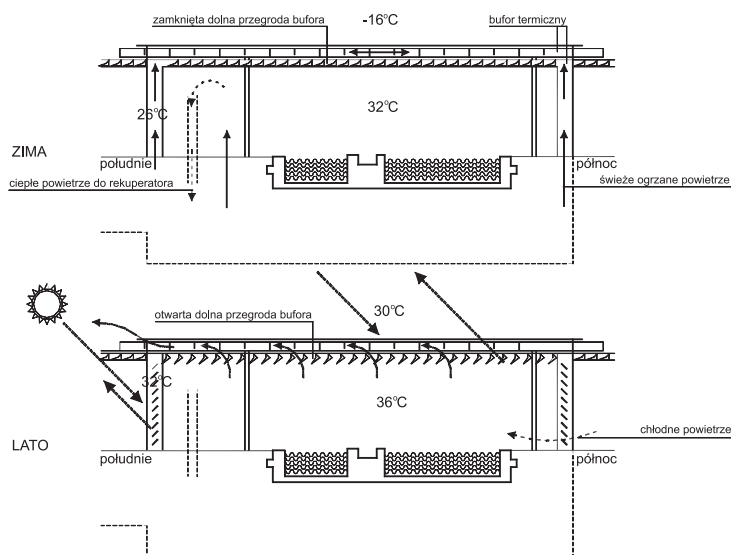
tycznego budynku (il. 2, 3). Niejednokrotnie też uwzględnia się w zestawie schematów metodę funkcjonowania budynku w okresach przejściowych (wiosna i jesień).

Schematy funkcjonowania systemów instalacji technicznych budynków – głównie grzewczych i chłodzących dołączane bywają standardowo do informacji technicznej ich dotyczącej.

Mają jednak charakter teoretyczny i nie są związane z konkretnymi obiektami. Jeżeli nawet ich dotyczą, to występują w oderwaniu od kontekstu przestrzennego budynków. Przedstawiają funkcjonowanie systemu w ramach konkretnej branży, lecz nie wyjaśniają dostatecznie koncepcji energetycznej budynku i powiązania z innymi systemami działającymi autonomicznie lub synergicznie.

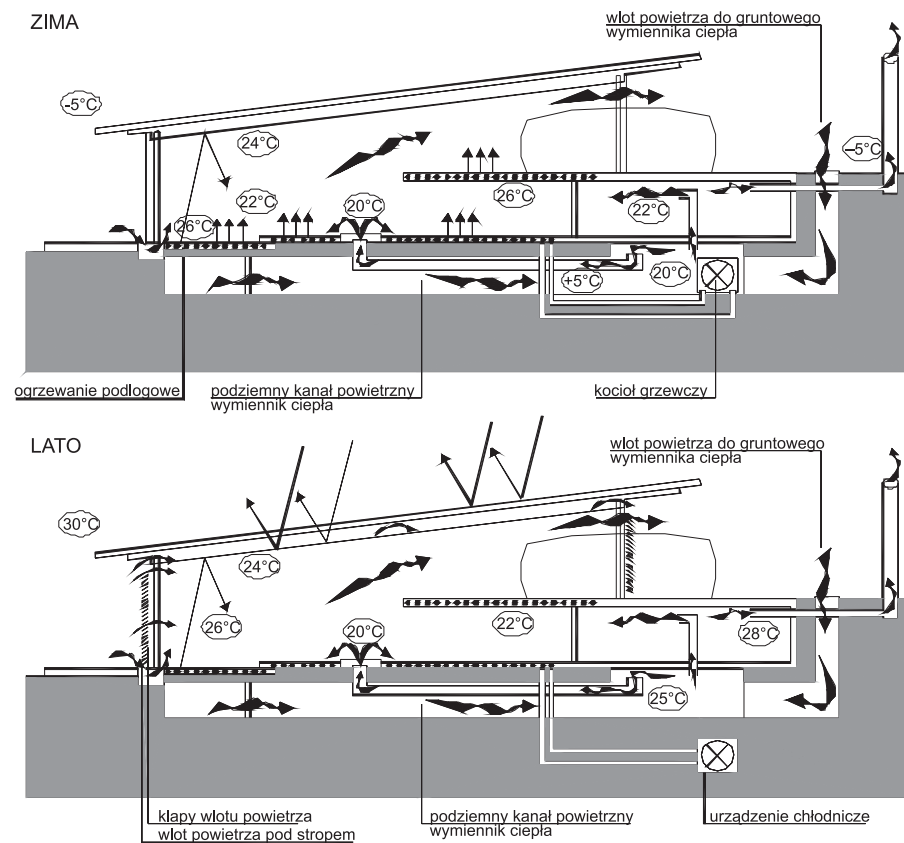
Analizując prezentowane w literaturze schematy energetyczne, można dostrzec, że często zacierza się różnica pomiędzy elementami ściśle instalacyjnymi a budowlanymi. Media stosowane w instalacjach wprowadzane są do struktury przestrzennej i budowlanej obiektów. Dotyczy to w szczególności przepływu powietrza w systemach wentylacji czy też wody w instalacjach grzewczych i chłodzących wprowadzanych bezpośrednio do elementów budowlanych, a nie w przewody instalacyjne lokalizowane w przestrzeniach instalacyjnych.

Przepływ powietrza wentylacyjnego przez budynek i wizualizacja tego procesu jest najczęściej spotykanym przedmiotem prezentacji na schematach energetycznych. Nie dziwi to wobec faktu, że od początku projektowania budynków energooszczędnych, w miarę ograniczania strat ciepła przez przegrody zewnętrzne budynków, straty termiczne związane z przepływem powietrza wentylacyjnego zaczęły dominować w ogólnym bilansie strat ciepła w budynkach osiągając najwyższy udział w tych stratach ok. 30%, a nawet więcej. Prawidłowa dystrybucja powietrza wentylacyjnego w budynku nie jest jednak zadaniem łatwym. w skomplikowanym przestrzennie budynku dla uzyskania odpowiednich efektów pomocne są analizy przepływu sporządzane z zastosowaniem modeli przestrzennych obiektu.



II. 2. Schematy energetyczne pływalni z buforami termicznymi dla okresu letniego i zimowego [1]

III. 2. Diagram of energy concept for a swimming – pool in summer- and winter-time



Il. 3. Zaawansowane schematy energetyczne budynku użyteczności publicznej dla okresu letniego i zimowego [2]

III. 3. Diagram of the enhanced energy concept for a public building in summer- and winter-time

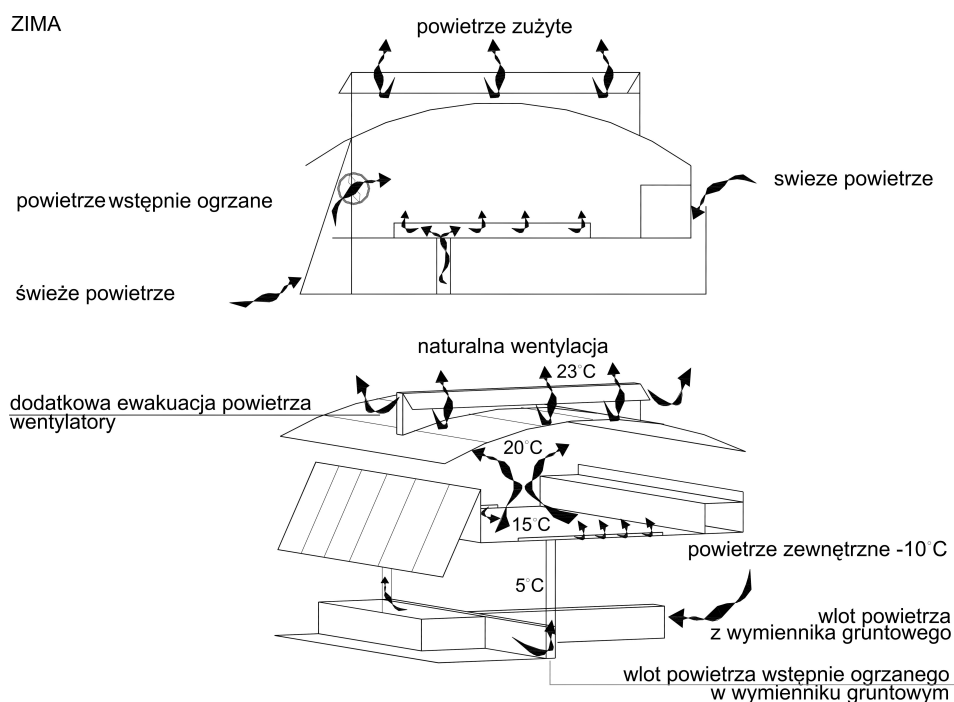
#### 4. Relacje między schematem energetycznym a koncepcją przestrzenną budynku

Schemat energetyczny budynku w rozwiniętej formie uwzględniającej jego strukturę przestrzenną w postaci pełnego przekroju lub aksonometrii (il. 4) zazwyczaj służy m.in. do prezentacji przepływu powietrza wentylacyjnego przez budynek. To jeden z najważniejszych powodów tworzenia schematów energetycznych najbardziej pomocnych w analizach energetycznych. Pomaga to ocenić prawidłowość przepływu powietrza. Ocenia się długość drogi przepływu, stopień jej komplikacji, liczba i jakość przeszkód na tej drodze, komfortową szybkość przepływu oraz potencjalną wielkość oporu przepływu i spadek ciśnienia. Może się ujawnić potrzeba korekty jego przebiegu oraz konieczność uwzględnienia w odpowiednich miejscach urządzeń korygujących. Łatwiejsza też wydaje się być, dzięki temu, analiza warunków pożarowych w budynku i jego poszczególnych strefach. Czasem może się okazać, że układ przestrzenny budynku, aranżacja pomieszczeń i ich lokalizacja w strukturze budynku czy nawet charakter ich funkcji nie są kompatybilne z prawidłowym – z punktu widzenia

wentylacyjnego i energetycznego – przepływem strumienia powietrza. w takich przypadkach wskazana może być pewna korekta układu przestrzennego obiektu lub czy nawet jego reorganizacja z modyfikacją funkcji niektórych jego fragmentów. z analizy przekroju budynku na schemacie energetycznym mogą również wynikać wskazówki dotyczące zmiany struktury, konstrukcji i wymiarów niektórych przegród wewnętrznych i zewnętrznych zapewniające korzystniejszy przepływ i lepszą dystrybucję powietrza wentylacyjnego. Założony wstępnie system ogrzewania, drogą nawiewu ciepłego powietrza, może zostać w związku z istniejącymi w strukturze budynku i jego układzie funkcjonalnym przeszkodami lub innymi uwarunkowaniami zmieniony na system hybrydowy.

Jak wynika z powyższych uwag, wydaje się, że w przypadku uwzględnienia w projekcie analizy drogi przepływu i dystrybucji powietrza wentylacyjnego kształtującego w zasadniczy sposób warunki mikroklimatyczne w pomieszczeniach budynku i decydującego w znacznej mierze o efektywności energetycznej obiektu, istnieje tutaj sprzężenie zwrotne. Istniejąca struktura przestrzenna budynku decyduje o drodze przepływu powietrza. Natomiast na etapie projektowania

może zaistnieć sytuacja odwrotna – optymalna trasa przemieszczania się powietrza może determinować bądź korygować w różnym stopniu, przyjęty wcześniej układ przestrzenny budynku. Wynika z tego istotna i wzrastająca rola analiz energetycznych i tym samym schematów energetycznych, szczególnie na wstępnym, ale i na bardziej zaawansowanych etapach procesu projektowego budynków efektywnych energetycznie.



II. 4. Schematy energetyczne obiektu w układzie płaskim (przekrój) i przestrzennym (aksonometria) [3]

III. 4. Diagram of energy concept as a flat two-dimensional- (cross section) and spatial- (axonometry) presentation



## 5. Studium przypadku – budynek WRiTV

Jednym z przykładów wykorzystania schematów energetycznych, jako narzędzia analizy energetycznej w architekturze, może być projekt konkursowy zespołu autora dla nowego budynku Wydziału Radia i Telewizji Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach. Projekt ten był pewnym wyzwaniem w związku z ograniczeniami wynikającymi z lokalizacji obiektu w gęstej zabudowie miejskiej.

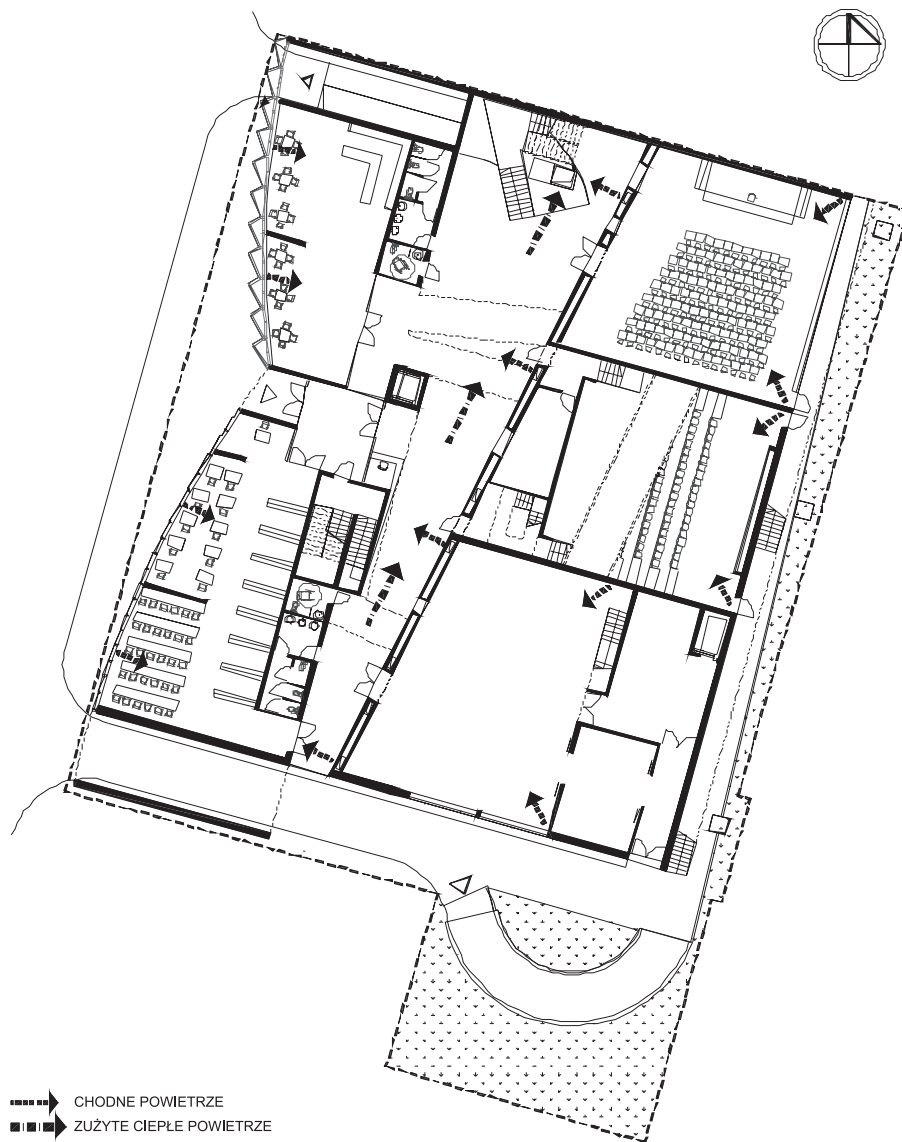
Charakter funkcji budynku wskazał na potrzebę stworzenia przestrzeni recepcyjno-ekspozycyjnej będącej strefą dystrybucji ruchu użytkowników. Rolę tę dobrze spełnia atrium dzielące obiekt na dwie części pełniące odmienne funkcje (il. 5, 6). Koncepcja energetyczna budynku w swej najistotniejszej części związanej z jego strukturą przestrzenną zakłada system centralnego ogrzewania powietrza w centrali wentylacyjnej zasilanej zewnętrznym powietrzem czerpanym z tyłu budynku w poziomie terenu.

Gruntowy wymiennik ciepła w systemie dwugałęziowym doprowadza wstępnie ogrzane powietrze do centrali, gdzie następuje jego dalsze ogrzanie w okresie zimowym. Ze względu na dużą powierzchnię zabudowy działki czerpnie powietrza wymiennika gruntowego usytuowane zostały w wąskim pasie działki ograniczonym budynkiem i sąsiednimi domami mieszkalnymi. Rury wymiennika poprowadzone zostały w zalecanej ze względu na opory przepływu powietrza linii prostej do centrali w podziemiach budynku. z konieczności ograniczono ich długości, co niewątpliwie przyczynić się może do zmniejszenia skuteczności działania. w drugim wariantcie poprowadzono rury odmiennie, wydłużając ich długość poprzez załamanie. Poprawia się przez to parametry termiczne powietrza, ale zwiększa równocześnie opór przepływu. Ponadto rury muszą się znaleźć, w tym przypadku, pod powierzchnią posadzki podziemia, schodząc na znacznie większą głębokość niż w pierwszym wariantcie. w okresie zimowym następuje w gruncie wstępne ogrzanie powietrza, a w okresie letnim jego schłodzenie.

**Dystrybucja powietrza wentylacyjnego.** z centrali wentylacyjnej powietrze ciepłe zimą i chłodne latem jest dostarczane kanałami w kierunku ścian zewnętrznych obydwu części budynku i dalej do poszczególnych pomieszczeń. Ewakuacja zużytego powietrza odbywa się pod sufitem do przestrzeni atrium pośrednio poprzez korytarze komunikacyjne. z przestrzeni atrium u góry powietrze jest zbierane zimą i kanałami umieszczonymi w przestrzeni pochyłej ściany sprowadzane do rekuperatora ciepła przy centrali wentylacyjnej, gdzie wykorzystywane jest do ogrzania świeżego powietrza z wymiennika gruntowego. w okresie letnim ewakuacja zużytego powietrza odbywa się poprzez otwory w dachu atrium oraz poprzez komin słoneczny usytuowany w części północnej atrium.

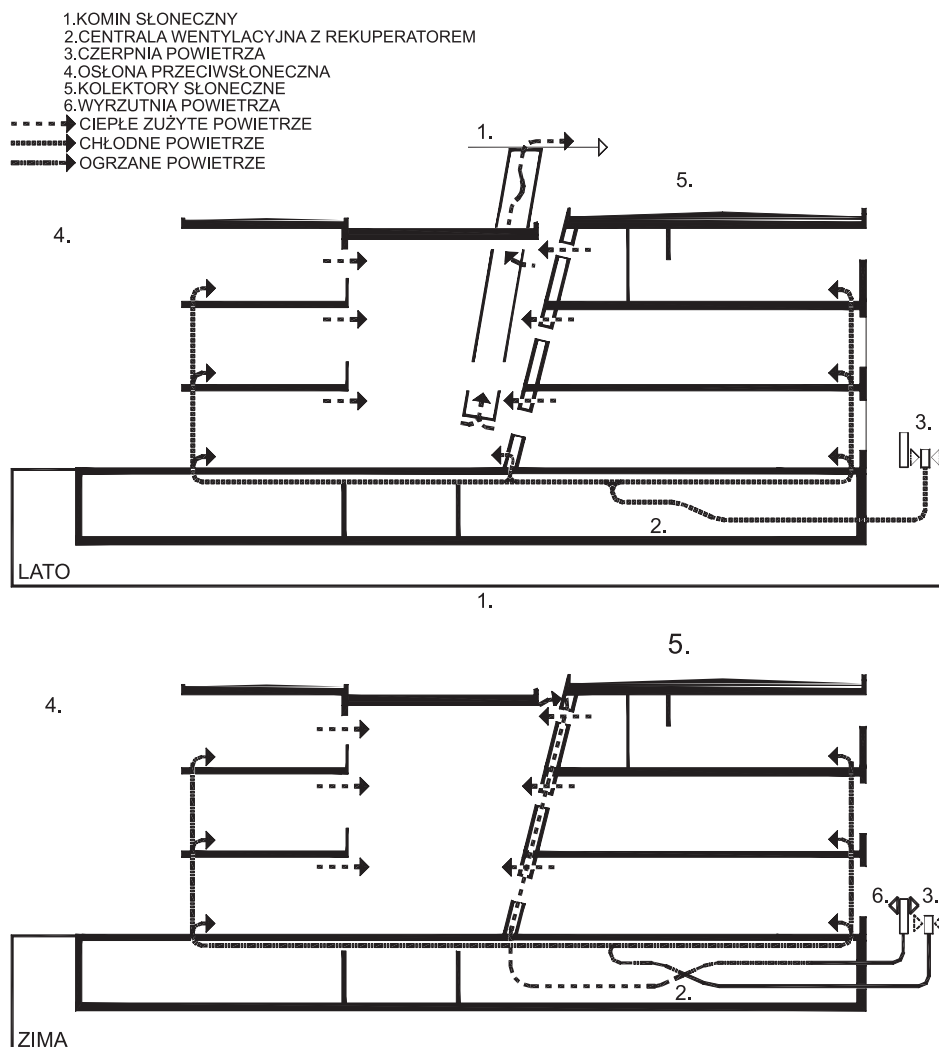
Wysoka sprawność efektywnego i niedrogiego systemu chłodzenia jako jednego z najważniejszych elementów koncepcji energetycznej budynku wydawała się być w tym przypadku nieodzowna. Zaproponowano wykorzystanie w tym celu komina słonecznego. Posiada on na swym zakończeniu poziomy profilowany deflektor zwiększający ciąg i usprawniający usuwanie ciepłego powietrza z wnętrza atrium i większości pomieszczeń. Jednocześnie jego przeszklona obudowa w części ponaddachowej posiada wewnątrz czarne pasma z blachy absorbujące promieniowanie słoneczne i dodatkowo ogrzewające powietrze w kominie. Służy to dalszemu zwiększeniu ciągu powietrza. w okresie zimowym komin zostaje zamknięty. Wykorzystanie komina słonecznego jako metody chłodzenia związane jest z możliwym przegrzaniem przestrzeni atrium latem w wyniku przeszklenia jego ściany południowej.





Il. 5. Rzut budynku WRiTV z centralnym atrium o podstawowym znaczeniu energetycznym [4]

III. 5. Plan of the WRiTV Building with central atrium – its basic energy-related space



II. 6. Schematy energetyczne budynku WRiTV dla okresu letniego i zimowego [4]

III. 6. Diagram of energy concept for the WRiTV Building in summer- and winter-time

## 6. Wnioski

Wykonanie kompleksowego projektu budynku efektywnego energetycznie, w którym zastosowano aktualny stan wiedzy i najnowsze rozwiązania techniczne w budownictwie służące uzyskaniu oczekiwanych parametrów energetycznych wymaga ze strony projektantów motywacji i dużego zaangażowania. Konieczne są naturalnie stosowne kompetencje autorów projektu. Ze względu na dużą złożoność zagadnienia współpraca interdyscyplinarna jest w tych przypadkach koniecznością. Jednym z najtrudniejszych zagadnień przy opracowywa-

niu projektów budynków jest zapewnienie prawidłowego przepływu powietrza wentylacyjnego i uzyskanie właściwych jego parametrów klimatycznych. Niedawno temu, w związku z tym pojawiła się pilna potrzeba wykształcenia specjalistów w tej dyscyplinie – inżynierów klimatycznych (*climate engineer, Klimaingenieur*) [3]. Byliby oni konsultantami przy rozwiązywaniu wielu zagadnień związanych z budownictwem efektywnym energetycznie, które obecnie nie znajdują się w wystarczającym stopniu w zakresie kompetencji konwencjonalnych zespołów projektowych. Niektóre uczelnie europejskie już przygotowały odpowiednie kadry i programy w tym celu.

Koncepcje energetyczne budynków i ich narzędzie – schematy energetyczne służą głównie:

- tworzeniu płaszczyzny współpracy interdyscyplinarnej,
- kontroli prawidłowości rozwiązań w sferze efektywności energetycznej,
- marketingowi produktu projektowego (zgodność z głównymi tendencjami w dziedzinie budownictwa).

W wyniku obserwacji zmian dokonujących się systematycznie w ostatnich latach w dziedzinie budownictwa i rosnącej dominacji aspektu energetycznego można dostrzec tendencje w kierunku możliwie maksymalnej redukcji zależności systemów grzewczych i wentylacyjnych od urządzeń technicznych. Wiąże się to z dążeniem do poprawy efektywności energetycznej. Analizy i schematy energetyczne w pewien sposób uwidaczniają to zjawisko. Analizy energetyczne w formie schematów energetycznych, szczególnie na wstępnym etapie projektowania budynków, stają się niezbędnym elementem procesu projektowego. Obecnie w Polsce sytuacja pod tym względem ukształtowała się niekorzystnie. Składa się na to kilka powodów, takich jak:

- brak nauczania sporządzania energetycznych schematów i przeprowadzania profesjonalnych analiz energetycznych na uczelniach architektonicznych,
- brak współpracy międzybranżowej w czasie studiów architektonicznych i budowlanych mogącej stanowić forum dyskusji związanych z efektywnością energetyczną budynków,
- brak wymogu prezentacji schematów energetycznych przez inwestorów oraz w ramach warunkach konkursów architektonicznych.

Należy się jednak spodziewać, że wzorce zagraniczne, zwiększająca się świadomość inwestorów, a także systematycznie modyfikowane regulacje prawne związane z efektywnością energetyczną budynków spowodują zmiany w tym zakresie i uzupełnianie dokumentacji projektowej wizualizacją koncepcji energetycznych budynków za pomocą schematów energetycznych stanie się powszechną normą.

## L i t e r a t u r a

- [1] Schittich Ch., *Building Skins. Concepts, Layers, Materials*, Birkhaeuser 2001.
- [2] *Glas. Architektur und Technik* Nr 3/2000.
- [3] *Glas. Architektur und Technik* Nr 3/1996.
- [4] C e l a d y n M., C e l a d y n W., Praca konkursowa (Konkurs architektoniczny SARP na budynek Wydziału Radia i Telewizji Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach), styczeń 2011.