

MARIA JAWORSKA-MICHAŁOWSKA *

OCHRONA HISTORYCZNEJ ELEWACJI W PROCESIE TERMOMODERNIZACJI – WYBRANE ZAGADNIENIA

PROTECTION OF THE HISTORICAL ELEVATION IN THE PROCESS OF THERMO-MODERNIZATION – SELECTED PROBLEMS

Streszczenie

Docieplanie ścian powinno być realizowane zgodnie z odpowiednimi zasadami i prawami fizyki budowli. Efekt prac termo-modernizacyjnych zależy od doboru materiału, prawidłowej jego grubości, systemu docieplenia oraz dokładności wykonania prac. W poszukiwaniu optymalnego rozwiązania należy wziąć pod uwagę względy estetyczne, techniczne, koszty prac i ich wpływ na późniejsze opłaty związane z ogrzewaniem. Wymaganiem efektywności termomodernizacji jest jej kompleksowość, obejmująca nie tylko budynek, ale także wyposażające go instalacje i systemy zaopatrzenia budynku w ciepło.

Słowa kluczowe: fizyka budowli, ściana, docieplanie, prace termomodernizacyjne

Abstract

Warming walls have to be realized according to physical laws connected with buildings. This process depends on the side where lower temperature is found. When it comes to exterior walls (temperate climate) – only exterior warming. There is also an exception to the general rule where interior warming is possible, for example: in monumental buildings and in buildings warmed temporarily. Thermo-modernization works decrease warming costs, in many cases, in the same time, they have positive influence on aesthetics of architecture and its surroundings.

Keywords: physics for buildings, wall, insulation, thermo-modernization

* Dr inż. arch. – Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Krakowska

1. Wstęp

Głównym motorem działań, przed którymi stoi sektor budowlany w wieku XXI, są zmiany klimatyczne wywierające wpływ na środowisko zbudowane, a także zagadnienia związane z wyczerpywaniem się kopalnych zasobów energii i wzrostem kosztów surowców. Naukowe aspekty zmian klimatycznych opisane zostały w licznych publikacjach IPCC, ONZ - go Międzynarodowego Zespołu ds. Zmian Klimatu (Intergovernmental Panel on Climate Change). Raport IPCC z 2001 roku obwieścił, że to działalność człowieka wywołała znaczną część ocieplenia klimatu w XX w. i określił przewidywane skutki zmian. Istnieją kluczowe powiązania między zmianami klimatycznymi a sektorem budowlanym. Główną przyczyną degradacji środowiska naturalnego jest wzrastające stężenie gazów cieplarnianych w atmosferze, zwłaszcza CO₂. Instytut Zasobów Ziemi WRI (World Resources Institute) szacuje, że budynki są bezpośrednio odpowiedzialne za 15,3% światowej emisji gazów [1]. Do tej liczby należy dodać udział sektora przemysłowego nastawionego na produkcję materiałów budowlanych i transportu drogowego. Szacunek wielkości emisji gazów zawiera się wówczas w przedziale 20 - 25% w skali globalnej, a w krajach rozwiniętych znacznie więcej. Strategia ograniczenia emisji gazów cieplarnianych musi zatem uwzględniać sektor budowlany za jedną z głównych płaszczyzn działania. Najbardziej palące zagadnienia dla najbliższych 50 lat będą najprawdopodobniej zawierać między innymi wymóg odsunięcia paliw kopalnych, zwiększenie sprawności energetycznej budynków i poprawienie jakości ich środowiska wewnętrznego. Tendencje w zarządzaniu urbanistycznym obejmą problemy związane z rozszerzeniem transportu publicznego dla osiedli wokół miast, zagospodarowanie obszarów zdegradowanych, jako strategii związanej z pozyskiwaniem terenów umiejscowionych w efektywnej strukturze miast, a przede wszystkim modernizację istniejących budynków, połączoną z wymaganiami technicznymi wobec zużycia energii [1].

W sektorze budownictwa zużywa się np. 40% europejskiego zapotrzebowania na energię, dlatego też zaostrenie standardów budowlanych pozwoliłoby Europie zbliżyć się do celów zapisanych w protokole z Kioto, który wszedł w życie 16 lutego 2005 r. Z tego też powodu, w dniu 4 stycznia 2003 r. ogłoszony został w Dzienniku Urzędowym Wspólnoty Europejskiej dokument, który znacząco zmienia podejście do projektowania i remontowania obiektów. Jest to Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej EPBD 2002/91/EC z 2002 r., dotycząca jakości energetycznej budynków [2]. Głównym celem dokumentu jest stymulowanie poprawy bilansu energetycznego obiektów, z uwzględnieniem miejscowych warunków klimatycznych, użytkowych i oceny opłacalności tak, aby zmniejszyć znacznie dysproporcje, jakie istnieją w tym względzie pomiędzy krajami Wspólnoty. Wprowadza ona pojęcie „the energy performance of buildings”, które tłumaczy się jako „jakość energetyczną budynków”. Jest to parametr określający zużycie energii lub przewidywane zapotrzebowanie na energię niezbędną do funkcjonowania budynku. Jakość energetyczną charakteryzują wskaźniki, których wartości otrzymuje się dzieląc energię konieczną do zapewnienia wymaganego poziomu ogrzewania, chłodzenia, wentylacji pomieszczeń, podgrzania wody i oświetlenia, w rozpatrywanym czasie (zwykle jest to okres jednego roku), przez kubaturę lub powierzchnię pomieszczeń budynku. Na tej podstawie możliwe jest sformułowanie oceny jakości energetycznej budynku poprzez przyporządkowanie mu klasy energetycznej: A, B, C, D, E, F lub G. Sprawność energetyczna będzie opisana w tzw. certyfikacie energetycznym. Dokument ten ma obowiązywać budynki nowe i poddawane remontowi (o koszcie $\geq 25\%$ wartości obiektu). W celu ograniczenia emisji CO₂, szczególną uwagę w Dyrektywie zwrócono na istniejące obiekty o powierzchni użytkowej powyżej 1000 m². Wprowadzono wymóg obniżenia energochłonności do minimalnych wymagań dla wszystkich budynków poddawanych generalnej renowacji, z uwzględnieniem możliwości technicznych, funkcjonalności oraz opłacalności ekonomicznej podejmowanych działań. Poszczególne kraje członkowskie mogą odstąpić od ujęcia dyrektywą między innymi budynki przeznaczone na miejsca kultu i działalność religijną oraz obiekty i pomniki architektoniczne podlegające ochronie na podstawie przepisów o ochronie zabytków, jeżeli działania na rzecz obniżenia energochłonności naruszają ich charakter lub wygląd [2]. Ponieważ Polskę również obligują ustalenia Dyrektywy, w niedalekiej przyszłości należy spodziewać się wdrożenia jej założeń, zaostrenia wymagań i zmian w Prawie Budowlanym.

Przekształcenia i modernizacje budynków istniejących, w tym historycznych, powinny być rozważane na wielu płaszczyznach, również na takich, które są związane z zagadnieniem energooszczędności. W trakcie adaptacji i remontów, powinno się uwzględnić rozwiązania związane z ochroną ciepłą obiektów, o ile zakres proponowanych rozwiązań architektoniczno – budowlanych

uzyska akceptację konserwatorską. Obiekty historyczne ulegają przemianom i ulepszeniom w czasie. Ich wysoka jakość estetyczna wzbudza i wzbudza duże zainteresowanie inwestorów i projektantów. Pałace i wille miejskie wykorzystywane są coraz częściej przez firmy Nowej Ekonomii, obiekty postprzemysłowe przeobrażają się w powierzchnie muzealne, handlowo – usługowe, a nawet mieszkalne. Dawne koszary przeobrażają się w szkoły wyższe, a więzienia w archiwa. Stare budynki zawsze były odnawiane, ale obecna skala remontów jest nowym wyzwaniem. Zmiany te nie powinny być rozumiane dzisiaj jako procesy peryferyjne, również ze względu na konsekwencje fizyko – budowlane, które powiązane są głównie z nową charakterystykę energetyczną obiektów adaptowanych do innej funkcji.

2. Ochrona budynku przed stratami energii – propozycje zakresu prac

Zagadnienie związane z dociepleniem przegród pionowych zewnętrznych jest złożone, ponieważ punktem wyjścia w odnowie historycznej elewacji jest zachowanie jej pierwotnego wyglądu, z uwzględnieniem dbałości o jej tektonikę i detal. O możliwościach docieplenia oraz dopuszczeniu do stosowania nowych materiałów i doborze technologii decydują wymagania konserwatorskie. Ponieważ w obiektach historycznych nie można stosować w większości przypadków tradycyjnych technik związanych z dociepleniem przegród zewnętrznych, akceptację konserwatorską uzyskują propozycje projektantów związane z poprawą komfortu cieplnego. Polegają one na dociepleniu przegród poziomych tj. stropów i sklepień na najwyższej kondygnacji [3], sklepień nad kryptami i nieogrzewanymi piwnicami, podłóg na gruncie – z zastosowaniem izolacji o ponadnormatywnej grubości. Najkorzystniejszym rozwiązaniem na przykład w kościołach, jest pozostawienie masywnych ścian bez izolacji cieplnej, biorąc pod uwagę ich znaczną grubość, naturalną bezwładność cieplną oraz dotychczasowy charakter pracy, rekompensując jednocześnie straty ciepła spowodowane taką decyzją. Ponieważ ochrona zabytków zakłada jak najdłuższe zachowanie obiektu, pojawia się również problem konieczności stosowania technologii odwracalnych, umożliwiających łatwą naprawę, oraz użycia materiałów możliwych do usunięcia bez uszkodzenia podłoża.

Prace dociepleniowe w przegrodach zewnętrznych pionowych nie są również z reguły uwzględniane w odnowie obiektów postprzemysłowych, które charakteryzują się masywnymi, ceglanymi murami. Budynki te, wyróżniające się najczęściej jednoprzestrzennym wnętrzem z pomieszczeniami pomocniczymi, posiadają często zmienną grubość ścian, zawierającą się w przedziale $65 \div 140$ cm [4]. Duże powierzchnie otworów okiennych, które są przeszklone pojedynczymi szybami, zamontowanymi w „zimnej” stalowej ślusarce, powodują również znaczne straty ciepła. Współczynnik przenikania ciepła U dla ścian o podanej grubości wynosi od $1,24 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ do $0,60 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ i nie spełnia obowiązujących przepisów. Aby uzyskać współczynnik U na wymaganym poziomie $0,45 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, należałoby docieplić ściany od strony zewnętrznej. Z uwagi na ochronę zabytkowej substancji elewacji, prace takie nie mogą być uwzględnione. Ze względów cieplno – wilgotnościowych, nie jest zalecane również docieplenie przegród od strony wewnętrznej. Z kolei zły stan konstrukcji i pokryć dachowych oraz zmiany funkcjonalne wpływające na rozwiązania nowych podłóg na gruncie lub warstw nad piwnicami, skłaniają do rozważenia możliwości zaprojektowania nowych przegród zewnętrznych, poziomych o podwyższonej izolacyjności. Ponadnormatywna grubość izolacyjnego materiału może zbilansować straty ciepła, wynikające z braku docieplenia ścian, tak, aby łączne zapotrzebowanie na ciepło pozostało niezmiennione. Zasadność takich działań poddana została analizie, do której wybrano murowany budynek przemysłowy z XIX w., o zmiennej grubości ścian, podanej wyżej. Podstawą do dalszych analiz numerycznych stał się projekt przebudowy obiektu, uwzględniający nową konstrukcję dachu, podłogi i wymianę okien na nowe, spełniające wymagania izolacyjności, o współczynniku $U = 1,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ [4]. Wyniki badań potwierdziły istnienie alternatywy dla konieczności docieplenia pionowych przegród zewnętrznych. Uzasadniły zamienne stosowanie wymagań dotyczących ochrony cieplnej budynku ze względu na izolacyjność cieplną przegród i wskaźnika zapotrzebowania na ciepło. W omawianym przykładzie, w odniesieniu do ścian o $U = 1,24 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, wskazane jest zastosowanie termoizolacji o grub. 50 cm w dachu i 25 cm w podłodze, tak, aby uzyskać zapotrzebowanie na ciepło, takie, jakie posiada budynek zaprojektowany zgodnie z wymaganiami ochrony cieplnej. W przypadku ścian o grub. 140 cm, wystarczy zwiększyć izolację dachu o 5 cm, aby osiągnąć współczynnik U na poziomie $0,22 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Nie jest wymagane dodatkowe docieplenie podłogi. We wszystkich

przypadkach zapotrzebowanie na ciepło budynku będzie takie samo – kubaturowy wskaźnik zapotrzebowania na ciepło analizowanego budynku w zależności od założonego poziomu izolacyjności ścian wynosi od 31,5 do np. 36,0 kWh/m³·rok. Dodatkowo należy wspomnieć, że sterowanie pracą instalacji grzewczej, z okresowym obniżeniem temperatury wewnętrznej, przyniosło oszczędności energii na poziomie 5% [4].

W przypadku możliwości docieplenia ścian zewnętrznych, w pracach należy wykorzystać podstawowy zasób wiedzy oparty na zasadach fizyki budowli, wykorzystując masy akumulujące ciepło, tzw. oddychające przegrody. Zgodnie z obowiązującym rozporządzeniem, obok izolacyjności cieplnej określonej maksymalną wartością współczynnika przenikania ciepła U, obowiązkowe jest spełnienie również wymagań dotyczących uniknięcia kondensacji powierzchniowej, zawilgocenia wewnątrz przegrody i ryzyka rozwoju pleśni (§322.1). Oznacza to, że prace dociepleniowe należy wykonywać od strony po której panuje niższa temperatura (w klimacie umiarkowanym – od strony zewn.). Opis prawidłowego wykonania prac dociepleniowych z zastosowaniem technologii bezspoinowego systemu ocieplenia ścian zewnętrznych budynku (tzw. BSO), znajduje się w Instrukcji ITB nr 334/2002. Obejmuje on technologię z zastosowaniem styropianu lub wełny mineralnej. Wełna mineralna i szklana, zalecana w pracach konserwatorskich, jest materiałem niepalnym. Oznaczona jest najwyższymi klasami odporności na ogień: A1 i A2 w 7-stopniowej skali europejskiej, gdzie najwyższą klasą jest A1, a najniższą F. Jest materiałem, który nie rozprzestrzenia ognia i topi się bez wydzielania dymu. Oprócz prawidłowego doboru grubości termoizolacji i rodzaju materiału, bardzo ważne jest prawidłowe wykonanie wszystkich szczegółów budynku. Chodzi przede wszystkim o wyeliminowanie możliwości powstawania mostków termicznych, które mają istotny wpływ na energooszczędność budynku. Straty ciepła przez takie miejsca mogą sięgać nawet 25 %. W przypadku błędnego projektu docieplenia ścian zewnętrznych, mostki cieplne występują głównie w ościeżach otworów okiennych i drzwiowych, na nadprożach i podokiennikach, na wieńcach wspornikowych płyt balkonowych oraz w węzłach konstrukcyjnych ścian zewnętrznych i stropów. W miejscach tak wyziębionych, wystąpi zjawisko skroplenia się pary wodnej, następnie pleśń. Producenci oferują innowacyjne rozwiązania na przykład kotwy montażowe eliminujące mostki termiczne i ślady kołków na elewacji (wystarczy klejenie izolacji zamiast kołkowania) oraz łączniki umożliwiające bezmostkowe mocowanie detali [5].

Jeżeli nie jest możliwe docieplenie ścian od zewnątrz, w uzasadnionych przypadkach wykonuje się docieplenie od wewnątrz – na przykład w obiektach czasowo użytkowanych.

W tym celu należy poznać konstrukcję ściany i wykonać obliczenia, które pozwolą ustalić, w którym miejscu po wykonaniu prac będzie przemieszczać się para wodna. Należy wziąć pod uwagę, oprócz wymagań dotyczących izolacyjności cieplnej przegród, wpływ zmiany struktury na warunki przepływu ciepła i pary wodnej w jej wnętrzu, przede wszystkim w miejscach tzw. mostków cieplnych. Termoizolacja umieszczona od wewnątrz może spowodować zmniejszenie masy termicznej całego obiektu, okresowe przemarzanie części nośnej z możliwością kondensacji pary wodnej wewnątrz przegrody, pogorszenie warunków higieniczno – sanitarnych panujących w pomieszczeniu. Osiągnięcie współczynnika przenikania ciepła ściany, zgodnie z wymaganiami, nie może być celem nadrzędnym. W przypadku obiektów historycznych, należy przede wszystkim uniknąć procesów destrukcyjnych w przegrodzie. Zapobiegnięcie korozji biologicznej jest najważniejsze.

Dla zmniejszenia prawdopodobieństwa powstawania pleśni na ścianach, wykonuje się na przykład kratki nadmuchu powietrza wzdłuż ścian [5]. Ponieważ strefa wykraplania się pary wodnej może powstać na styku płaszczyzny wewnętrznej muru z termoizolacją, zaleca się stosowanie paraizolacji. Docieplenie od wewnątrz nie eliminuje mostków cieplnych, dlatego też projektuje się między innymi „przedłużenie” warstw ocieplających na ściany wewnętrzne poprzeczne, a także na odcinki stropów przylegające do ścian zewnętrznych (od strony zewn.). Tego typu działania wywierają wpływ na wystrój elewacji lub wnętrza, toteż projektant powinien liczyć się z efektem nie zawsze pożądanym.

Metoda ocieplenia od wewnątrz zależy od materiału z jakiego zbudowana jest zewnętrzna ściana, ponieważ przy projektowaniu należy uwzględnić paroprzepuszczalność materiału. Ściany paroprzepuszczalne o konstrukcji drewnianej, z cegły lub gliny można ocieplać stosując wełnę mineralną. W tym celu buduje się dodatkowo ściany szkieletowe. Ustawia się je w odległości 2-3 cm od przegrody. Szczelinę tę należy wentylować, dlatego w dolnej części muru wierci się otwory o Ø20 mm w rozstawie 50 - 100 cm. Górna część szczeliny pozostaje otwarta lub jest połączona z przestrzenią strychu. Płyty izolacyjne powinny być osłonięte paroizolacją od strony pomieszczenia. Na końcu montuje się na ruszcie płyty gipsowo-kartonowe. Ściany zewnętrzne o małej paroprzepuszczalności, na

przykład z kamienia i cegły wysokiej jakości, można docieplić tą samą techniką jak ściany paroprzepuszczalne. Wentylowana szczelina powietrzna daje gwarancję, że wełna mineralna pozostanie sucha. Można również docieplić takie mury, nie wykonując pustki powietrznej. Stosuje się wówczas podwójny ruszt z drewnianych listew, następnie układa termoizolację, mocuje paraizolację i montuje płyty gipsowo-kartonowe [5]. Ważne jest zachowanie ciągłości izolacji przegrody zewnętrznej, na styku ze ścianami wewnętrznymi nośnymi. Najlepszym sposobem jest rozebranie fragmentu ściany wewnętrznej, w miejscu styku z murem zewnętrznym, i ponowne wymurowanie jej, ale z „ciepłych” elementów takich jak ceramiczne pustaki lub bloczki z betonu komórkowego odmiany 500 lub 600. O właściwym osadzeniu okien i drzwi w budynkach izolowanych od wewnątrz powinien zdecydować konstruktor. Skucie części nadproży I ścian zewnętrznych w celu ułożenia termoizolacji może naruszyć konstrukcję.

Przykładem obiektu, w którym z powodzeniem wykonano prace dociepleniowe od wewnątrz, na które zdecydowano się ze względu na konieczność zachowania oryginalnej szachulcowej konstrukcji, jest Biały Spichrz w Bydgoszczy. Obiekt wybudowany został w XVIII wieku, a w ramach adaptacji w latach 80. wyposażony był w instalację c.o. Ściany nadziemne są niejednorodnie ciepłe, szachulcowe z wypełnieniem cegłą pełną o grubości 13 cm. Przed dociepleniem obiekt był otynkowany od zewnątrz tynkiem grub. 1 cm, od wewnątrz ściany wykończone były deskowaniem na styk i otynkowane. Ze względu na przeznaczenie budynku (muzeum), projektanci termomodernizacji zdecydowali się na zainstalowanie klimatyzacji, dzięki której uzyskali stabilność parametrów wilgotności względnej na poziomie 60 % i temp. wewn. 18°C. Drewniana konstrukcja nośna budynku pozwoliła na zastosowanie układu warstwowego z pustką powietrzną o szerokości 4 cm, dobrze wentylowaną. W układzie zaproponowano w kolejności od wewnątrz: płyty g-k, cieplono ją, wełnę mineralną w części podbitej do konstrukcji i pomiędzy słupami o $g > 160 \text{ kg/m}^3$, folię wysokoparoprzepuszczalną, pustkę powietrzną, istniejącą warstwę cegły oraz tynk cem.-wap. Grub. 2 cm. W projekcie uniknięto zjawiska występowania mostków cieplnych [6].

W analizach dotyczących racjonalnego wykorzystania energii, pomija się niejednokrotnie problemy związane z zawilgoceniem budynków. W większości budynków historycznych nie projektowano izolacji przeciwwilgociowych i przeciwwodnych w pojęciu współczesnych osiągnięć wiedzy technicznej. Część z nich posiada takie zabezpieczenia, ale w zniszczonym stanie, toteż nie spełniają swojej roli i nie przeciwdziałają się penetracji wilgoci, zwłaszcza podciąganej w górę murów. Wszelkie działania termomodernizacyjne powinny zostać poprzedzone pracami związanymi ze wzmocnieniem podłoża, z osuszeniem ścian oraz naprawą lub wykonaniem hydroizolacji. Najtrudniejsze do rozwiązania problemy dotyczą z reguły ścian piwnic, przyziemia i cokołu. Przyczyn zawilgocenia elementów budynku jest wiele: podciąganie kapilarne wody z gruntu, wody opadowe, sorpcja wody z powietrza, kondensacja pary wodnej z powietrza na powierzchni ścian i we wnętrzu przegrody, wilgoć technologiczna np. Woda we wszystkich postaciach: pary, cieczy i lodu wywiera bardzo szkodliwe działanie na wiele materiałów i konstrukcji. Wilgoć przenikająca do materiałów wywołuje zmiany w następstwie szkodliwych procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych. Kamień, materiał konstrukcyjny o zwartej, drobnokrystalicznej budowie, chłonie wodę w niewielkich ilościach. W murach tych woda nasącza zaprawę. Znaczna jednak część materiałów budowlanych, na przykład cegła ceramiczna, wapienno-piaskowa, gips, zaprawy, mają budowę porowatą, z którą związane są właściwości termoizolacyjne. Pory mogą być połączone kanalikami (kapilarami) lub oddzielone częściowo ściankami. Materiały te zmieniają właściwości pod wpływem wody, która może wypełnić całkowicie lub częściowo pory. Elementy tracą dobre parametry termoizolacyjne (zwiększają się straty ciepła przez przegrodę w sezonie grzewczym), ponieważ następuje wzrost przewodności cieplnej zawilgoconego materiału w stosunku do suchego. Woda o przewodności cieplnej 0,600 W/m·K, zastępuje powietrze o przewodności 0,025 W/m·K. Osłabiona izolacyjność cieplna muru wpływa na zwiększenie kosztów za ogrzewanie oraz pogorszenie mikroklimatu we wnętrzu. W warunkach eksploatacji materiały zawierają pewną ilość wilgoci, której źródłem jest para z otaczającego powietrza. W wyniku sorpcji wilgoci z powietrza następuje wzrost zawilgocenia elementu i zwiększenie współczynnika przewodzenia ciepła. Przykładowo – dla muru z betonu komórkowego, tylko w zakresie wilgotności sorpcyjnej, obliczeniowa wartość α wzrasta o np. 20% [5]. Dla zminimalizowania zawilgocenia sorpcyjnego należy w pomieszczeniach utrzymywać właściwą wilgotność powietrza. Praca elementów w warunkach powietrzno-suchych wymaga utrzymania wilgotności względnej powietrza w pomieszczeniach na poziomie $\leq 70\%$ (w budynkach mieszkalnych $\leq 60\%$) lub

zabezpieczenia ich wewnętrznej powierzchni przed pochłanianiem wilgoci. Utrzymanie takich parametrów jest możliwe przy prawidłowo zaprojektowanej wentylacji.

3. Termomodernizacja z wykorzystaniem standardu budynku energooszczędnego

Energochłonność budynków określa się za pomocą wskaźnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło: E_A – wskaźnika powierzchniowego [$\text{kWh/m}^2\cdot\text{rok}$] lub E_V – wskaźnika kubaturowego [$\text{kWh/m}^3\cdot\text{rok}$]. Przyjęto, że budynki energochłonne mają wartość $E_A = 360 - 100 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{rok}$. Za energooszczędne można uznać budynki o wskaźniku $E_A \leq 100 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{rok}$. Wśród grupy budynków energooszczędnych wyróżnia się: energooszczędne, niskoenergetyczne i pasywne.

W budynkach istniejących można poprawić bilans energetyczny wykorzystując również elementy budownictwa pasywnego tzn. redukując zapotrzebowanie energii grzewczej co najmniej w stosunku 7:1 (również 10:1) do stanu wyjściowego, w którym nie było żadnej aktywnej ochrony cieplnej. Budynek pasywny jest obiektem o bardzo niskim zapotrzebowaniu na energię do ogrzewania tj. na poziomie $15 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{rok}$. Niemiecki standard Passivhaus określa tą nazwą obiekty, łączące w sobie cechy domów superizolowanych, helioaktywnych a nawet domów o zminimalizowanych potrzebach cieplnych. Działania zależne będą od lokalnych uwarunkowań. Budynek, po wykonanych pracach, jest b. dobrze ocieplony i uszczelniony oraz wykonany bez możliwości występowania niekontrolowanej wymiany powietrza. Pasywne nośniki ciepła to energia słoneczna z okien, ciepło od sprzętu elektrycznego i zyski od mieszkańców. Wykorzystując maksymalnie energię słoneczną, domy te są najbardziej ekonomiczne z globalnego punktu widzenia. Potrzeby cieplne realizowane są również przez odzysk ciepła i dogrzewanie powietrza wentylującego budynek. Skuteczność rekuperatora stosowanego do odzysku ciepła z wentylacji powinna być na poziomie np. 80%. Na obszarze Polski potencjalne sumy roczne promieniowania całkowitego wynoszą od 840 do 1200 kWh/m^2 . Przy takich wartościach, z energii słonecznej można pokryć np. 60% zapotrzebowania. Do zasilania c.o., kolektory słoneczne nadają się tylko jako uzupełniające źródło ogrzewania. Pozostała część powinna pochodzić z kotła grzewczego.

Na terenie Niemiec istnieje kilka przykładów historycznych budynków zmodernizowanych zgodnie ze standardem pasywnym. W Hanowerze, w 2001 roku przebudowano kamienicę z początku XX w. o pow. 469 m^2 . W Lipsku, w roku 2002, z powodzeniem zmodernizowano obiekt mieszkalny o pow. 470 m^2 . Na szczególną uwagę zasługuje XVIII-wieczna kamienica, która znajduje się pod ścisłą opieką konserwatorską. Po przeprowadzonej termomodernizacji, projektantom udało się uzyskać standard budynku pasywnego, przy równoczesnym zachowaniu walorów historycznych obiektu [5].

W większości obiektów, ze względu na niemożliwość wykonania izolacji o odpowiedniej grubości, niekorzystną orientację, a także z uwagi na kryterium opłacalności, nie da się doprowadzić do tego, by spełniały one wszystkie założenia budynku pasywnego. W takiej sytuacji można zmodernizować obiekt zgodnie ze standardem budynku energooszczędnego, bazując na elementach budownictwa pasywnego. Działania takie obejmują docieplenie wszystkich przegród pionowych od strony zewnętrznej a także modernizację systemów grzewczych, wentylacji, wymianę okien. Przykładem takich projektowych założeń mogą być prace termomodernizacyjne przeprowadzone w obiektach modernistycznych osiedla Brunck w Ludwigshafen. Po zniszczeniach w czasie II wojny światowej zostały one odbudowane w przedwojennym układzie. Budynki zmodernizowane i nowe zużywają od 3 do 7 litrów oleju opałowego na m^2 w skali roku, co odpowiada $30-70 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{rok}$. Przegrody zewnętrzne ocieplono polistyrenem spieniałym – Neopor®, wzbogaconym płatkami grafitu, rozpraszającym promieniowanie podczerwone. Przy gęstości 2-krotnie mniejszej od styroporu, materiał ten osiąga taką samą przewodność cieplną. Płyty 2-krotnie lżejsze od styropianowych ułatwiły montaż i obniżyły zużycie surowca. Posiadają przewodność cieplną $\lambda = 0,032 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, przy gęstości 15 kg/m^3 . Domy 3-litrowe i 5-litrowe ocieplono warstwą 20 cm izolacji, 7-litrowe – 10 cm warstwą Neoporu®. W budynkach zamontowano okna 2-komorowe o współcz. przewodzenia ciepła 1,4 lub $0,8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Integralnym elementem systemu są nowoczesne instalacje, takie jak ogniwo paliwowe z membraną polimerową, które wykorzystuje gaz ziemny. Ogniwo paliwowe zaopatruje budynek w ciepło i prąd. Jest również wspomagane z miejskiej sieci elektrycznej lub kotła grzewczego [7].

4. Możliwości pasywnego (biernego) pozyskiwania energii

4.1. Nowowznoszone przeszklone struktury

Przekształcenia starej struktury dokonywane są nie tylko ze względu na różnorodne koncepcje ideowe, ale również ze względów utylitarnych. Wówczas decyduje o nich również strategia energooszczędności, czyli kryterium termiczne. W projektowaniu termomodernizacji obiektów istniejących wykorzystuje się świadomie, poza możliwością zwiększenia ochrony cieplnej przegród zewnętrznych, również rozwiązania związane z biernym wykorzystaniem energii słonecznej. Projektant zmierzając w kierunku dopasowania struktury i bryły budynku do otoczenia i wykorzystania energii zawartej w środowisku, posiada możliwość uwzględnienia w projekcie rozwiązań z grupy elementów pozyskujących promieniowanie słoneczne. Systemy pasywne, pozyskujące promieniowanie słoneczne, zawierają głównie trzy warianty rozwiązań, które wywierają wpływ na charakter architektury. Są to:

- systemy zysków bezpośrednich, do których można zaliczyć na przykład południową ścianę, przeszkloną całkowicie lub w większej części. Rozwiązanie takie umożliwia dobrą, bezpośrednią penetrację promieniowania słonecznego do wnętrza, gdzie jest ono pochłaniane i magazynowane w przeciwległych murach i podłodze;
- systemy zysków pośrednich, uwzględniające na przykład ścianę Trombe'a, które gromadzą energię słoneczną przenikającą przez osłony przezroczyste, a następnie oddają ją do pomieszczenia, – systemy zysków pośrednich z układem przeszklonej werandy, ogrodu zimowego, atrium, które są kompromisem pomiędzy systemami zysków bezpośrednich i pośrednich. Ogrzewane pomieszczenie od strony pld. Posiada masywną ścianę magazynującą, odizolowaną od otoczenia przestrzenią przeszkloną. Pomieszczenie np. werandy, ogrzewane jest w sposób bezpośredni (duże wahania temp.), natomiast mieszkalne uzyskuje energię słoneczną w sposób pośredni. Przestrzeń buforowa może być dobudowana do fasady budynku tylko w jego części lub wznosić się na 2 i więcej kondygnacji.

Propozycje takie wpływają na zainteresowanie inwestorów ideą przeszklonych powierzchni. Doprojektowane powierzchnie ożywiają starą zabudowę, uczestniczą w wyrafinowanym dialogu z pierwotnym założeniem stylistycznym, a jednocześnie wpływają na znaczne oszczędności powierzchni handlowo-usługowej oraz energii. Projektowane obecnie przekryte wnętrza urbanistyczne wywodzą się z przeszklonych XIX wiecznych pasaży, które pojawiły się w Berlinie, Londynie, Mediolanie (np. Galeria Wiktora Emanuela II projektu Giuseppe Mengoni). Łączyły w sobie cechy pasaży z koncepcją tworzenia dużych przestrzeni przeznaczonych dla publicznego użytku, takich jak hale targowe, wystawowe. Współcześnie, obficie przeszklone atria i pasáže przejęły w pełni rolę, jaką uprzednio pełniły ulice i place. Towarzyszą budynkom biur, hoteli, a także kompleksom handlowym. Stały się częścią tych obiektów lub elementem łączącym kilka budynków. Koncepcje te mogą być realizowane na szeroką skalę dzięki rozwojowi technologii mocowania szkła i wciąż udoskonalanym jego właściwościom. Przeszklone przegrody zewnętrzne projektowane od strony nasłonecznionej wymagają ochrony przed nadmiarem promieni. Tradycyjna technologia szkła przeciwsłonecznego (o stałych parametrach optycznych), niesie zagrożenia pogorszenia jakości wizualnej, a także obniżenia wartości zysków cieplnych zimą. Z kolei przestrzenne systemy zacieniające, tworzące wielowarstwowe elewacje, z jednej strony pozwalają na dostosowaną do potrzeb użytkownika regulację przenikania ciepła i światła, z drugiej – ruchome części np. żaluzji, wymagają kosztownego utrzymania i konserwacji. Możliwość zmniejszenia opisanych wad upatruje się w technologiach szklenia interaktywnego, tj. szklenia o zmiennych parametrach optycznych.

Przeszklone powierzchnie w obiektach historycznych projektowane są często w postaci struktur otaczających obiekt lub przylegających do nich. Do ich lokalizacji wykorzystywane są często podwórka we wnętrzu zabudowy. Konstrukcje tzw. oranżerii stanowią odpowiedź na oczekiwania stawiane projektantom w obecnych czasach, ponieważ tworzą architekturę energooszczędną i kształtują wnętrza przyjazne człowiekowi. Są wielofunkcyjnym elementem kompozycyjnym. Zapewniają dostęp światła naturalnego i promieni słonecznych do wnętrza oraz ochronę przed negatywnymi czynnikami środowiska zewnętrznego. Jeżeli są zacienione przez istniejącą zabudowę lub nie są usytuowane od strony gwarantującej zyski ciepła (np. południowej), pełnią funkcję bufora klimatycznego.

Architekci stosują współczesne technologie, które pozwalają na dobudowanie przeszklonych struktur o funkcji ogrodów zimowych, również w budynkach wielopiętrowych. Komunikują one wówczas wszystkie kondygnacje. Przebudowane stare obiekty, dzięki addycji różnych form ze szkła, również dobudowanych, użytkowych poddaszy, zyskują interesujący wygląd i łączą się przyjaźnie ze środowiskiem naturalnym.

W pracach adaptacyjnych stosuje się również rozwiązania z grupy przeszkleń całoszklanych, dzięki którym można stworzyć neutralne, eteryczne we wrażeniu obudowy dla starych obiektów. Złożone z szyb zespolonych, mogą być przegrodami zewn. o dobrych właściwościach termoizolacyjnych. Formy przeszklonych struktur są różne w zależności od przyjętej koncepcji i idei do której nawiązują. Ratuje często zabytkowe mury przed degradacją i umożliwiają ich ekspozycję bez względu na porę roku. Nowe technologie z punktowym, mechanicznym mocowaniem szyb i przeszklania z zastosowaniem żeber szklanych, pozbawione widocznej konstrukcji metalowej nie stanowią przeszkody w odbiorze tektoniki obiektu. Przykładem takiego „energetycznego kamuflażu” jest szklany dach wykonany na zamku w Juval, w pld. Tyrolu. Dla części zabytku, pozostawionej w postaci trwałej ruiny, zaprojektowano dach o stalowej konstrukcji nośnej. Są to kratownice z dolnymi cięgnami prętowymi. Przeszklenie dachu, mocowane punktowo, złożone jest z dwóch szyb hartowanych ESG o grub. 8 mm, sklejonych na folii PVB, grub. 1,56 mm [8].

Przyglądając się miastom można zauważyć, że współczesne realizacje, aplikujące coraz bardziej nowatorskie rozwiązania technologiczne w przeszklonych przegrodach, budują w tkance istniejącej zabudowy nowe relacje. Architekci akceptują różnorodną typologię, transformują fragmenty różnych stylów w jedną całościową koncepcję i wykorzystują możliwość uzupełnień przestrzennych dla wzmocnienia wartości istniejącego tła. Nie wymagają zachowania przestrzennego *status quo*, nie rekonstruują również stylu minionych epok. Stan istniejący rozwijają przy użyciu współczesnych środków wyrazu, symboli, i potrzeb środowiskowych. Przekształcenia w kategoriach estetycznych i technologicznych są możliwe dzięki przeszklonym, „inteligentnym” elewacjom, o założonej aktywności energetycznej, które doskonale realizują ideał dialogicznego paradygmatu: stare – nowe.

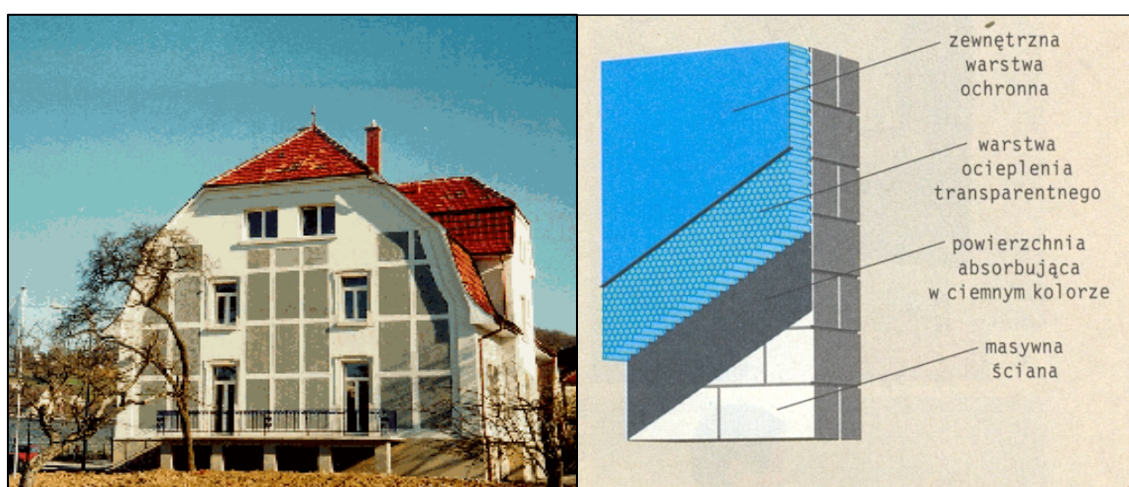
4.2. Wybrane rozwiązania ścian kolektorowo – akumulacyjnych

Projektanci, ze względu na zaostrzające się przepisy, zmuszeni są do poszukiwania rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych, które z jednej strony ograniczają zużycie energii konwencjonalnej, z drugiej zaś umożliwiają wykorzystanie energii odnawialnej. W pasywnym systemie pozyskiwania energii słonecznej istotną rolę odgrywa również tzw. ściana kolektorowo-akumulacyjna, której energetycznym zadaniem jest: gromadzenie, absorpcja, rozproszczenie i magazynowanie energii. W tym celu, zewnętrzna faktura i barwa ściany sprzyja pochłanianiu promieniowania słonecznego, a duża pojemność cieplna materiału umożliwia magazynowanie ciepła. Przegroda zewnętrzna tak skonstruowana pełni funkcję pochłaniacza kolektorowego i magazynu ciepła, który umożliwia przenoszenie energii cieplnej do wnętrza budynku. Typowa ściana kolektorowo-akumulacyjna składa się z przeszklania, absorbera i warstwy akumulacyjnej. W celu zmniejszenia strat ciepła w porze nocnej, ścianę osłania się od wpływów zewnętrznych, stosując podwójne przeszklenie. Odstęp pomiędzy ścianą a warstwą szkła wynosi, przy różnej konstrukcji ściany od 7 do 11 cm, a pomiędzy szybami – taki jak w typowych oknach. Przeszklenie przepuszcza krótkofalowe promieniowanie słoneczne do absorbera, umożliwiając jego konwersję na ciepło. Jednocześnie pozwala na akumulację ciepła w przestrzeni pomiędzy przeszklaniem a ścianą oraz zmniejsza straty ciepła w porze nocnej. Ściany tak skonstruowane, o orientacji pld., wykazują mniejsze straty ciepła o np. 16 % od ścian tradycyjnych, spełniających kryteria termoizolacyjności wg obowiązującego rozporządzenia. Promieniowanie można ograniczyć stosując powłoki refleksyjne z warstw tlenków metali. Poprawę efektywności (ograniczenie wymiany ciepła przez konwekcję) można osiągnąć poprzez zastąpienie powietrza w komorze pomiędzy szybami gazem szlachetnym (argon, krypton, ksenon) lub stosując wkładki o strukturze komórkowej. Ten typ przeszklania zyskuje coraz większą popularność w Europie Zachodniej.

Coraz większym zainteresowaniem cieszą się termoizolacyjne materiały transparentne [5]. Zastosowane w panelach elewacyjnych pełnią dualną rolę: umożliwiają fototermiczną konwersję promieniowania słonecznego i ocieplenie ściany do której przylegają. Rozwiązanie składa się zwykle z trzech warstw. Warstwa zewnętrzna chroni materiał izolacyjny przed uszkodzeniami. Oferowane są systemy z szybą ze szkła hartowanego lub z przezroczystym tynkiem z kuleczek szklanych (np. 1 mm),

sklejonych klejem. Samą termoizolację stanowią na przykład płyty złożone z drobnych rurek średnicy kilku milimetrów, wypełnionych powietrzem. Zimą, promienie słoneczne wnikają do wnętrza rurek. Zawarte w nich powietrze pełni rolę izolacji cieplnej. Warstwą absorbującą promienie świetlne może być w zależności od systemu na przykład powierzchnia kleju zabarwionego na ciemno, płyta metalowa lub włóknocementowa (bezzabestowe). Najlepsze wykorzystanie systemu osiąga się tam, gdzie promieniowanie słoneczne jest największe tj. od strony płd. Dostępne są panele o współczynniku przenikania ciepła $0,6 \div 1,1 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, przy współczynniku transmisyjności na poziomie $0,45 \div 0,67$. Izolacje transparentne można zastosować także do docieplenia istniejących budynków (rys. 1.). Dla ochrony fasady przed przegrzaniem należy zastosować zabezpieczenia w postaci np.: żaluzji, markiz, rolet, wysuniętych elementów elewacji, okapów dachu.

Obiecująco wśród izolacji transparentnych prezentują się również areozele – żele kwasów krzemianowych, występujące w formie monolitycznej lub granulatu. Ze względu na rozmiar mikroporów, mniejszy od swobodnej drogi cząstek powietrza, ich przewodność cieplna jest lepsza (mniejsza) od powietrza. Transmisyjność aerożelu uzależniona jest od grub. warstwy i waha się w przedziale $0,40 - 0,55$, dla grubości od 1 do 2,5 cm.



Rys. 1. Dom z dociepleniem transparentnym we Freiburgu i schemat rozwiązania.

Fig. 1. House in Freiburg with transparent insulation together with the scheme for the assumed solution.

Kolejnym, innowacyjnym rozwiązaniem są panele termosyfonowe. Składają się z przeszklenia przepuszczającego promieniowanie słoneczne, które, w postaci ciepła, jest konwekcyjnie transportowane kanałami lub szczelinami w materiale izolacyjnym do przestrzeni sąsiadującej z murem. Mur odbiera ciepło, tym samym schładza powietrze, które dolnym kanałem przedostaje się do przestrzeni nagrzewanej i daje w ten sposób początek nowemu cyklowi transportu ciepła. Nachylenie kanałów pod ostrym kątem w kierunku muru z wykorzystaniem tzw. efektu termosyfonowego ma podwójne znaczenie. W nasłoneczniony dzień umożliwia konwekcyjny transport ciepła. Podczas na przykład nocy lub zachmurzenia stratyfikacja powietrza w kanałach uniemożliwia wymianę ciepła w drodze konwekcji.

4.3. Modyfikowanie własności cieplnej przegród wewnętrznych, zastosowanie materiałów fazowo-zmiennych (MFZ)

Duże powierzchnie przeszkłone, projektowane zwłaszcza od strony południowej, ułatwiają penetrację słońca we wnętrzu i magazynowanie energii w jego elementach. Przy tego typu rozwiązaniach, pojawia się problem okresowego przegrzewania pomieszczeń. Zjawisko związane jest z często występującym brakiem odpowiednio dużej pojemności cieplnej wewnętrznych przegród konstrukcyjnych, na przykład ścian, stropów. Zastosowanie elementów o dużej masie termicznej zwiększa koszt inwestycji bez istotnego wpływu na korzyści wynikające ze zmniejszenia zużycia na cele grzewcze. Problemy te występują również w obiektach, w których zastosowano ściany kolektorowo – akumulacyjne [9]. Wzrost temperatury we wnętrzu, spowodowany jest również często brakiem możliwości precyzyjnego dostosowania parametrów termicznych w zależności od potrzeb użytkownika

i przeznaczenia obiektu. Samoczynny powrót do temperatury wymaganej wymusza konieczność zastosowania systemów automatycznej regulacji wraz z klimatyzacją lub systemem żaluzjowym. Alternatywą dla tych skomplikowanych i kosztownych rozwiązań jest możliwość wykorzystania ciepła utajonego przemiany fazowej.

Energia promieniowania słonecznego jako energia cieplna może być magazynowana w postaci ciepła właściwego oraz ciepła utajonego, czyli ciepła przemiany fazowej. Elementy magazynujące energię w postaci ciepła właściwego mogą być wykonane z materiałów: kamiennych, ceramicznych, betonowych i wody. W układach wykorzystujących ciepło przemiany fazowej stosuje się organiczne związki chemiczne (stearyny, parafiny, воск lub kwasy tłuszczowe) lub nieorganiczne (różnego rodzaju sole), nazywane materiałami fazowo-zmiennymi (MFZ). W praktyce, są to przejścia fazowe: ciało stałe – ciecz. Przemiana fazowa materiału akumulującego zachodzi w stałej temperaturze, która zależy od jego składu chemicznego. Z uwagi na komfort cieplny użytkowników, w przypadku elementów wewnętrznych, temp. topnienia i krystalizacji powinna zawierać się w przedziale 17 - 25°C. Istnieje kilka metod wprowadzenia MFZ do porowatej struktury tradycyjnych materiałów budowlanych. Dzieli się na 3 grupy: bezpośrednie dodanie MFZ do zaczynu, nasączenie gotowych wyrobów poprzez ich zanurzenie w roztworze MFZ oraz podciśnieniowe wprowadzenie MFZ w istniejącą strukturę. Na kształtowanie parametrów związanych z komfortem cieplnym duży wpływ ma temp. powierzchni wewnętrznych ścian, podłogi i stropu. Jej dobowe wahania, wynikające ze zmiany temp. powietrza wewnętrznego, zależne są od oporów przejmowania ciepła i zdolności akumulacyjnych przegród. Szczególną rolę w tym procesie pełni wewn. warstwa wykończeniowa przegród, będąca w kontakcie z powietrzem. Ustalona wartość temp. na jej powierzchni zapewnia korzystny mikroklimat i eliminuje ryzyko występowania okresowej kondensacji pary wodnej. Stałą temp. na wewn. powierzchni przegrody można osiągnąć między innymi przez zastosowanie okładziny ściennej z kompozytu modyfikowanego MFZ. Prace nad różnego rodzaju kompozytami gipsowymi, modyfikowanymi materiałem fazowo-zmiennym prowadzone są na Politechnice Łódzkiej od poł. lat 90. Badania wykazały, że kompozyty o niskich temperaturach przemiany, pracują w okresach przejściowych (wiosna, jesień) i ich głównym zadaniem jest ograniczenie dobowych wahań temp., magazynowanie energii promieniowania słonecznego oraz obniżenie zapotrzebowania na ciepło. Kompozyty o wyższych temp. przemiany funkcjonują głównie latem i mają za zadanie zapewnienie odpowiednich parametrów komfortu cieplnego [9].

Przykładem obiektów w których, w trakcie prac termomodernizacyjnych, wykorzystano innowacyjne rozwiązanie są budynki osiedla Brunck w Ludwigshafen. Od strony wewnętrznej, ściany wykończono tynkiem akumulującym ciepło utajone z domieszkami granulek wosku w stężeniu 750 - 1500 g/m². Wosk topiąc się absorbuje nadmiar ciepła z powietrza wewnętrznego., a tężejąc zaczyna je oddawać [7].

5. Wnioski

- 5.1. Stałe remonty są koniecznością w obiektach historycznych. Przebudowa ich jest niezbędna również ze względu na ekonomię utrzymania. Struktura budynków ulega dekapitalizacji wraz z upływem czasu. Unowocześnienie rozwiązań następuje przeważnie wraz ze zmianą funkcji i przystosowaniem do nowych potrzeb. Dla sprostania wymogom ekologii następuje np. zmiana sposobu ogrzewania. Prace termomodernizacyjne wymagają opracowania projektów przez zespół fachowców różnych branż, również przez architektów krajobrazu. Techniczna strona opracowań może uwzględniać wykorzystanie ekotechnologii i energii odnawialnej. Zakres prac powinien objąć również przestrzeń zewnętrzną, w której funkcjonuje obiekt.
- 5.2. Efekt prac dociepleniowych zależy jest od doboru materiału, prawidłowej jego grubości, systemu docieplenia oraz dokładności wykonanych prac. Każdy obiekt posiada inne parametry, dlatego projektant powinien rozpatrywać problemy związane z ustaleniem zakresu prac każdorazowo indywidualnie. W poszukiwaniu optymalnego rozwiązania należy wziąć pod uwagę względy estetyczne, techniczne, koszty prac i wpływ ich na późniejsze opłaty związane z ogrzewaniem. Zużycie energii cieplnej zależy od systemu grzewczego oraz od właściwości termoizolacyjnych budynku, które wynikają z rozwiązań architektoniczno-budowlanych.
- 5.3. W obiektach, w których nie będzie mógł być zastosowany bezspoinowy system ociepleń, można zaproponować inne rozwiązania, które poprawią bilans cieplny. Należy pamiętać, że ocieplenie

budynków od wewnątrz, możliwe do zaprojektowania w niektórych przypadkach, nie jest zgodne z zasadami fizyki budowli.

- 5.4. Wymaganiem efektywności termomodernizacji jest jej kompleksowość, obejmująca nie tylko budynek, ale także wyposażające go instalacje i systemy zaopatrzenia budynku w ciepło. Często przeprowadza się tylko docieplanie budynków, natomiast przystosowanie instalacji do nowych potrzeb realizowane jest tylko w niewielu obiektach. Efekty takich działań nie powodują obniżenia wskaźnika zapotrzebowania energii cieplnej do ogrzania 1 m² powierzchni użytkowej budynku. Poprawiają tylko warunki temperaturowe w pomieszczeniach i likwidują ewentualne efekty przemarzania ścian.

L i t e r a t u r a

- [1] L a r s s o n N., *Zagadnienia zrównoważonego rozwoju dla budynków w XXI w.*, Energia i Budynek, nr 8 (08) 2007, s.48-55.
- [2] Parlament Europejski, „Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of the 16 Dec. 2002 on the Energy Performance of Buildings”, Official Journal of the European Communities, EN, 4.01.2003.
- [3] K a r c z m a r c z y k S., *Problemy ochrony cieplnej budynków zabytkowych*, Renowacje nr 5/1999, s.38 - 41.
- [4] H e i m D., *Rewitalizacja zabytkowych obiektów przemysłowych*, Izolacje 5/2005, s.64 -66.
- [5] J a w o r s k a - M i c h a ł o w s k a M., *Wpływ termomodernizacji na architekturę obiektów zabytkowych*, praca doktorska, Politechnika Krakowska, Kraków 2006.
- [6] W e s o ł o w s k i M., H o ł o w n i a P., *Niektóre problemy adaptacji budynków zabytkowych na przykładzie spichrzów na Wyspie Młyńskiej w Bydgoszczy*, materiały konferencyjne IV Symposium Budownictwo Ogólne, Uniwersytet Techniczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Bydgoszcz 2005, s.343-349.
- [7] Opracowanie redakcyjne na podstawie mat. BASF: *Rewitalizacja osiedla Brunck w Ludwigshafen*, Architektura - murator, nr 1 (2005), s.102-104.
- [8] B o j ę ś A., *Konserwacja budynków zabytkowych z zastosowaniem przeszkleń całoszklanych*, V Międzynarodowa Konferencja N-T. WA PK, Problemy projektowe w kontekście nowych technologii budowlanych, Kraków, 24 października 2003, s.15-24.
- [9] H e i m D., *Zastosowanie MFZ do modyfikowania własności cieplnych przegród wewnętrznych*, Izolacje nr 18/2006, s.32-36.

