

Modernizacja zabytkowego budynku szkolnego

W Polsce znajduje się około 35.000 budynków szkolnych, z czego prawie 75% wszystkich szkół ma ponad trzydzieści lat. Większość z tych obiektów kwalifikuje się do pilnych prac remontowo-modernizacyjnych. Znaczna część budynków nie spełnia wymogów podstawowych, dotyczących odpowiednich warunków higienicznych i zdrowotnych oraz ochrony środowiska, a także oszczędności energii i odpowiedniej izolacyjności cieplnej przegród. Dodatkowo, w wybranych przypadkach, nie są spełnione wymagania dotyczące bezpieczeństwa konstrukcji, bezpieczeństwa pożarowego, a także bezpieczeństwa użytkowania. Szacuje się, że około 5-10% wszystkich szkół w Polsce zostało do tej pory poddanych termomodernizacji [3]. W pierwszej kolejności realizowane są działania zmierzające do zmniejszenia zużycia energii na cele ogrzewcze, jak np. ocieplenie przegród zewnętrznych, wymiana stolarki okiennej, wymiana bądź modernizacja źródła ciepła. W wielu przypadkach nie uwzględnia się zagadnień dotyczących mikroklimatu pomieszczeń, odpowiedniej wentylacji, oświetleniu czy izolacyjności akustycznej.

Jednym z bardziej interesujących przykładów modernizacji budynku szkolnego jest szkoła zlokalizowana w niemieckim mieście Olbersdorf (Saksonia). Szkoła składa się z budynku głównego oraz sali gimnastycznej, które zostały wybudowane na przełomie lat 1927/1928. W dwudziestu dwóch klasach, na powierzchni użytkowej wynoszącej 5.362m^2 , uczy się ok. stu osiemdziesięciu uczniów. Kubatura ogrzewana budynku wynosi 16.756m^3 , wskaźnik $A/V=0,29\text{m}^{-1}$. Ze względu na walory architektoniczne budynek jest wpisany na listę saksońskich zabytków, jako istotny przykład regionalnego budynku szkolnego Republiki Weimarskiej.. Realizowana inwestycja miała być wzorcem dla przyszłych modernizowanych budynków tego typu, jednakże powyższy wpis nie ułatwia przyjęcia optymalnych rozwiązań technicznych.



Rys 1. Widok elewacji frontowej budynku [5].

Budynek główny jest czterokondygnacyjny, podpiwniczony, wykonany w technologii tradycyjnej. W przeważającej części ściany zewnętrzne są murowane gr. 48cm, z obustronnym tynkiem wapiennym, o sumarycznej gr. 51cm. Współczynnik przenikania ciepła U ściany wynosi $1,25\text{W/m}^2\text{K}$. Dach wykonano jako wielospadowy o konstrukcji drewnianej. Współczynnik przenikania ciepła stropu nad ostatnią kondygnacją U wynosi $1,52\text{W/m}^2\text{K}$. W budynku zastosowano od strony wschodniej okna drewniane, skrzynkowe o współczynniku przenikania ciepła U wynoszącym $2,4-4,0\text{W/m}^2\text{K}$. Od strony zachodniej okna skrzynkowe zespolone o współczynniku U równym $1,4\text{W/m}^2\text{K}$.

Ocena stanu technicznego budynku wykazała m. in. niedostateczny stan ochrony cieplnej przegród zewnętrznych. Dodatkowo, ze względu na brak zacienienia, stwierdzono znaczne przegrzewanie klas

szkolnych od strony wschodniej oraz pomieszczeń dydaktycznych na ostatniej kondygnacji. Oświetlenie pomieszczeń szkolnych światłem dziennym oceniono jako niewystarczające, co w konsekwencji powodowało nierzadko całodobowe korzystanie ze sztucznego oświetlenia.

Budynek przed modernizacją ogrzewany był za pomocą dwóch kotłów gazowych o mocach odpowiednio 250 i 283kW. Wentylacja w budynku grawitacyjna, z nawiewem realizowanym poprzez istniejącą stolarkę okienną. Znaczne straty ciepła przez ściany zewnętrzne oraz stolarkę okienną spowodowały, iż zużycie energii do ogrzewania kształtowało się na poziomie ok. 765MWh. Zużycie energii pierwotnej wynosiło 174,2kWh/m²a [5].

Ze względu na fakt, że budynek znajduje się w saksońskim rejestrze zabytków poszukiwano możliwości poprawy stanu ochrony cieplnej, przy zachowaniu jednoczesnych wymagań konserwatorskich, dotyczących w szczególności fasady.

Głównym celem założonym w projekcie było zapewnienie odpowiednich warunków do nauczania. Cel miał zostać osiągnięty poprzez poprawę mikroklimatu pomieszczeń, warunków higienicznych, oświetlenia i akustyki a także obniżenia temperatury w okresie letnim. Istotnym założeniem kompleksowej modernizacji budynku było osiągnięcie standardu tzw. "budynku 3 litrowego" (3-Liter-Haus-Standard wg Fraunhofer IBP). Obliczeniowe roczne zapotrzebowanie na energię do ogrzewania i wentylacji, po modernizacji, miało się kształtować na poziomie 34kWh/m². Szczególną uwagę zwrócono na zastosowanie wysokoefektywnej izolacji termicznej, a także na modelowe rozwiązanie wentylacji pomieszczeń lekcyjnych.

Zakres prac modernizacyjnych dotyczący obudowy budynku wiązał się z ociepleniem ścian zewnętrznych i stropu nad ostatnią kondygnacją oraz wymianą stolarki okiennej. Dodatkowo założono wymianę źródła ciepła, modernizację wewnętrznej instalacji c.o., usprawnienie wentylacji, poprawę oświetlenia naturalnego oraz wybrane rozwiązania dotyczące ochrony akustycznej.

Ze względu na poczynione założenie jak najmniejszej ingerencji w fasadę budynku, a także spełnienie wymogu "budynku 3 litrowego", analizowano zróżnicowane możliwości ocieplenia ścian zewnętrznych. Termoizolacja od strony wewnętrznej w znacznej mierze zmniejszyłaby powierzchnię użytkową budynku oraz nie wyeliminowałaby znacznej ilości mostków termicznych. Ocieplenie ścian od zewnątrz musiało z kolei spełniać lokalne wymogi konserwatora zabytków. Nie zezwolono na wykonanie ocieplenia grubości kilkunastu centymetrów, dopuszczając jedynie pogrubienie istniejącej ściany zewnętrznej maksymalnie o 6cm. Większość stosowanych na rynku materiałów termoizolacyjnych do ocieplania ścian zewnętrznych, o dopuszczalnej przez konserwatora grubości, nie zapewniają spełnienia rocznego zapotrzebowania na energię pierwotną do ogrzewania i wentylacji na wcześniej założonym poziomie.

Wobec powyższego zdecydowano się na pilotażowy projekt ocieplenia ścian zewnętrznych wykorzystując izolację próżniową (VIP). Zaprojektowano 2 cm warstwę izolacji VIP o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda=0,008$ W/mK, z dodatkową 3 cm izolacją cieplną z pianki PUR o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda=0,035$ W/mK i cienkowiarsztwowym tynkiem zewnętrznym.

Zestawienie współczynników przenikania ciepła dla stanu istniejącego i projektowanego umieszczono w tablicy nr 1.

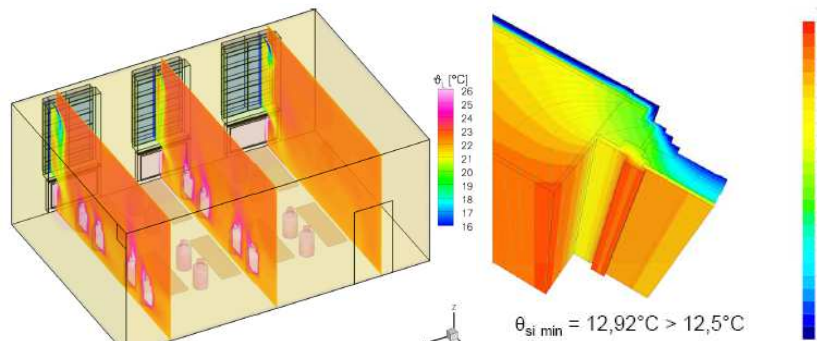
Tablica nr 1. Izolacyjność termiczna – stan istniejący i projektowany.

Zestawienie wartości współczynników przenikania ciepła „U” przegród budynku przed i po modernizacji			
Element budynku	U [W/m ² K]		Uwagi
	Przed modernizacją	Po modernizacji	
Ściana zewnętrzna	1,25	0,23	Izolacja próżniowa VIP
Okna zachodnie	1,40	1,00	Okna skrzynkowe ze zintegrowanym nawiewem powietrza
Okna wschodnie	2,40/4,00		
Strop nad ostatnią kondygnacją	1,52	0,22	-
Podłoga	3,50	3,50	-

Przed przystąpieniem do prac zasadniczych na fragmencie ściany zewnętrznej wykonano próbne ocieplenie, z wykorzystaniem projektowanej termoizolacji. Dodatkowo zrealizowano analogiczną



przegrodę jako stanowisko badawcze w pomieszczeniu laboratoryjnym Bauhaus-Universität Weimar, na której wykonano badania laboratoryjne. Przeprowadzono także zróżnicowane obliczenia i symulacje komputerowe, dotyczące m. in. wymiany ciepła, wilgoci oraz wentylacji. Zważając na specyfikę materiału oraz m. in. wymogi dotyczące ochrony przeciwpożarowej zastosowana izolacja termiczna VIP była obudowana warstwą folii ochronnej z włókna szklanego. Panele VIP były mocowane do podłoża wyłącznie za pomocą specjalnego systemowego kleju.



Rys 2. Symulacje i obliczenia przedprojektowe [1,4].



Rys 3. Zabudowanie izolacji próżniowej VIP na ścianie zewnętrznej – widok ogólny.

Rys 4. Mocowanie pianki PUR do izolacji VIP za pomocą systemowego kleju.

W miejsce istniejących okien drewnianych, zarówno od strony wschodniej jak zachodniej, zastosowano nowe okna skrzynkowe z termoizolacyjnymi zespolonymi wkładami okiennymi oraz zintegrowanym nawiewem powietrza (z niem. Zuluftkastenfenster). Zewnętrzne skrzydła okienne wyposażone są w otwory nawiewne umieszczone na spodzie ramy (dopływ powietrza zewnętrznego do przestrzeni między skrzydłami okiennymi). Wewnętrzne skrzydła okienne posiadają otwory nawiewne zlokalizowane na górze ramy okiennej (nawiew powietrza do budynku z tzw. przestrzeni międzyokiennej). W celu ograniczenia przegrzewania w okresie letnim, w wybranych pomieszczeniach szkolnych zamontowano szyby elektrochromowe (możliwość przyciemnienia pod wpływem impulsu elektrycznego). Poprawa ochrony cieplnej latem została zrealizowana poprzez dodatkowe zastosowanie lamelowych żaluzji umieszczonych w przestrzeni pomiędzy skrzydłami okien skrzynkowych. Dla efektywnego rozwiązania wentylacji pomieszczeń klasowych stworzono, dopasowaną do lokalnych warunków, wentylację hybrydową wykorzystującą okna ze zintegrowanym nawiewem powietrza, wentylację wywiewną oraz system rekuperacji ciepła. Napływające powietrze zewnętrzne ogrzewa się, przepływając przez otwory w przestrzeni pomiędzy skrzydłami okiennymi. Ogrzane powietrze wpływa do pomieszczenia poprzez otwory umieszczone w górnej części wewnętrznego skrzydła okiennego. Dzięki wstępnemu ogrzaniu powietrza jest ono dostarczane powyżej strefy przebywania ludzi, zmniejszając tym samym możliwość wystąpienia nadmiernego przeciągu. System wentylacji jest w pełni zautomatyzowany. W celu poprawy mikroklimatu pomieszczeń mogą zostać włączone dodatkowe wentylatory, zwiększając wymianę powietrza wentylacyjnego (impuls od czujników mierzących stężenie dwutlenku węgla).

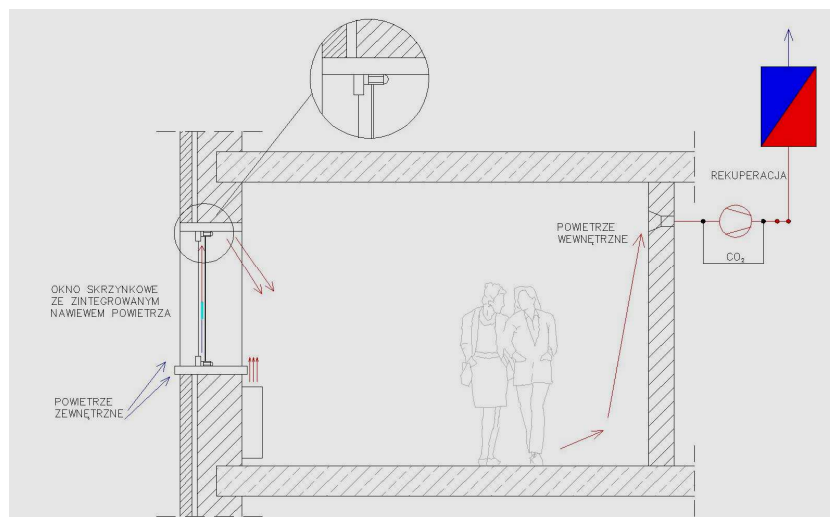




**Rys 5. Okna skrzynkowe ze zintegrowanym nawiewem –
(a,b) widok nawiewu zewnętrznego
(c) widok nawiewu wewnętrznego**

Ciekawym rozwiązaniem jest chłodzenie budynku w okresie letnim. Przyjęto rozwiązanie nie wpływające w istotny sposób na wzrost zapotrzebowania energii pierwotnej, wykorzystując tzw. efektywne nocne ochłodzenie. Dzięki zastosowaniu nocnego chłodzenia poprzez zintegrowany system: okna skrzynkowe – kanały wywiewne – automatyka regulująca ilość wywiewanego powietrza, uzyskano możliwość znacznego obniżenia temperatury powietrza w budynku.





Rys 6. Schemat systemu wentylacji w pomieszczeniach [2].

Aplikacja praktyczna nowych rozwiązań technologicznych na obiektach zabytkowych napotyka nierzadko na problemy natury technicznej. W przedstawionym budynku nie udało się osiągnięcie zakładanych parametrów izolacyjności cieplnej ścian zewnętrznych, ze względu na problemy z mocowaniem izolacji termicznej VIP. Pomimo wykonania szeregu obliczeń i symulacji numerycznych, badań próbnych na obiekcie oraz testowania laboratoryjnego konieczne okazało się zdemontowanie izolacji próżniowej. Ze względu na ograniczenia dotyczące grubości termoizolacji ściennej oraz przewodności cieplnej izolacji zamienniej, finalnie nie osiągnięto wszystkich założonych w analizach przedprojektowych założeń. Pomimo powyższego faktu realizacja inwestycji może stanowić wzorcowy przykład modernizacji zabytkowego budynku szkolnego.

LITERATURA:

- [1] Gritzki R., Rösler M. Behaglichkeit und Raumlufstromung in Klassenräumen am Beispiel der Schule Olbersdorf. Workshop „Energieeffiziente Schulsanierung“, Zittau 2008.
- [2] Krapmaier H., Drössler E.: „Cepheus – Wohnkomfort ohne Heizung“. Workshop „Energieeffiziente Schulsanierung“, Zittau 2008.
- [3] Krause P. Schulsanierung und Schullüftung. Workshop „Energieeffiziente Schulsanierung“, Zittau 2008.
- [4] Vogel L. Berechnungen und Messungen zur Unterstützung von Planungsentscheidungen. Workshop „Energieeffiziente Schulsanierung“, Zittau 2008.
- [5] www.enob.info.

