

TERMOMODERNIZACJA ZABYTKOWYCH KOŚCIOŁÓW

Joanna PIOTROWSKA-WORONIAK, Grzegorz WORONIAK*

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok

Streszczenie: W czterech zabytkowych kościołach zlokalizowanych na terenie diecezji Drohiczyńskiej przeprowadzono termomodernizację. Przedstawiono roczne efekty energetyczne, jakie można uzyskać w wyniku zaproponowanych usprawnień oraz zaproponowany optymalny zakres przeprowadzenia prac termomodernizacyjnych w tych obiektach.

Słowa kluczowe: kościoły, termomodernizacja, energia cieplna, tynk renowacyjny.

1. Wprowadzenie

Termomodernizacja zabytkowych obiektów kultu religijnego, to przedsięwzięcie wymagające nie tylko zapoznania się ze stanem technicznym budynku, ale także szerokiej wiedzy architektonicznej, a przede wszystkim uwzględnienia wymagań konserwatorskich. Obiekty tego typu wymagają odpowiednich dokumentów potwierdzających, iż konserwator zabytków dopuścił planowany zakres prac modernizacyjnych dotyczących obiektu. W tego typu budowlach konieczne jest również zastosowanie odpowiednich materiałów budowlanych umożliwiających najwierniejsze odtworzenie detali architektonicznych oraz nie dopuszczenie do pogorszenia mikroklimatu wewnątrz świątyni, a przede wszystkim warunków wilgotnościowych.

Do roku 2013 gospodarze obiektów sakralnych mają możliwość wykonać termomodernizację obiektów zabytkowych wraz z wymianą dotychczasowego źródła ciepła, korzystając z unijnego wsparcia. Samodzielna realizacja, tak dużych inwestycji jest w większości przypadków bardzo trudna lub niemożliwa do zrealizowania. Maksymalny udział środków UE w wydatkach kwalifikowalnych na poziomie projektu dotyczącego termomodernizacji wynosi 85% kosztów kwalifikowanych (województwo podlaskie i mazowieckie). Ubiegając się o środki z funduszu unijnego termomodernizacja musi być potwierdzona bilansem cieplnym, a to skutkuje koniecznością wykonania audytu energetycznego (www.sacroportal.pl).

Obiekty sakralne należą do budowli bardzo energochłonnych, a przez to drogie w utrzymaniu. Przyczyn wysokiego zapotrzebowania na energię jest wiele – wiek i często zabytkowy charakter obiektów, ograniczający w zasadniczy sposób możliwości docieplenia budowli standardowymi metodami, zły stan techniczny budynków spowodowany brakiem środków

finansowych na ich remont czy masywna struktura charakteryzująca się małą pasywnością energetyczną, a tym samym dużymi stratami cieplnymi.

Opłaty za energię cieplną stanowią znaczny procent całkowitych kosztów utrzymania i eksploatacji budynków sakralnych. Receptą na obniżenie kosztów energii jest podjęcie zdecydowanych działań termomodernizacyjnych. Większość obiektów sakralnych ogrzewanych jest w sposób nieprawidłowy, przez co występują wahania temperatury i wilgotności powietrza, co przekłada się w aspekcie kulturowym – głównie na niszczenie elementów wystroju wnętrza, a ekonomicznym – na niską efektywność grzewczą stosowanych systemów (www.sacroportal.pl).

Proponując rodzaj ogrzewania budynku uwzględnić należy problemy techniczne, wkomponować odpowiednio elementy grzewcze tak, żeby nie zakłócały wystroju ani charakteru świątyni.

W artykule przedstawiono sposób przeprowadzenia termomodernizacji kościołów celem poprawy efektywności energetycznej budynków. Zaproponowano zmiany w systemie ogrzewania i źródła ciepła. W dwóch kościołach zaproponowano zamianę dotychczasowego źródła ciepła na kocioł opalany biomasą. Biomasa uważana jest za paliwo, które może zastąpić klasyczne paliwa, zwłaszcza węgiel. Jest paliwem odnawialnym, a w rozliczeniach emisji CO₂ traktowana jest jako paliwo nie wnoszące emisji gazów cieplarnianych (Wielgosiński, 2009).

W artykule przedstawiono efekty energetyczne, jakie można uzyskać przeprowadzając termomodernizację obiektów sakralnych i modernizując instalację grzewczą oraz źródło ciepła, pokazując w ten sposób zasadność przeprowadzania tych czynności.

* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: g.woroniak@pb.edu.pl

2. Charakterystyka obiektów sakralnych

Rozpatrywane obiekty zlokalizowane są na terenie Diecezji Drohiczyńskiej, w dekanacie sarnackim – kościół numer 1 i 2, w dekanacie sokołowskim – kościół numer 3 i w dekanacie bielskim – kościół numer 4.

2.1. Ocena stanu technicznego kościołów

Kościół numer 1 – jest to budowla, która została wzniesiona w 1890 roku, jako cerkiew prawosławna w stylu bizantyńsko-rosyjskim. Autorem jej projektu był Wiktor Syczugow członek cesarskiej akademii Sztuk Pięknych w Petersburgu. Od 1920 roku jest parafią rzymsko-katolicką.

Kościół został wykonany w technologii tradycyjnej, murowanej. Ściany zewnętrzne z cegły ceramicznej pełnej o grubości 74 cm, są obustronnie otynkowane. Podłoga na gruncie wykonana jest z płyt marmurowych, podkładu betonowego i warstwy piasku. Strop pod strychem nieużytkowym wykonano jako stalowo-ceramiczny typu Kleina z płytą z cegły pełnej o grubości 13 cm. Dach drewniany został pokryty blachą ocynkowaną. Stolarka okienna w kościele drewniana, oszklona pojedynczą szybą. Drzwi wejściowe stare, drewniane (Zwolski, 2011a). Na rysunku 1 przedstawiono widok frontu omawianego kościoła.



Rys. 1. Kościół numer 1

Kościół numer 2 – drewniany został wybudowany w 1900 roku. Ściany zewnętrzne są z bali dębowych o grubości 14 cm, ocieplone matami trzciniowymi o grubości 1 cm. Ściany od wewnątrz oblicowane są boazerią, a od zewnątrz deskami barwionymi. Podłoga na gruncie wykonana jest z desek sosnowych na belkach

z warstwą powietrzną. Strop pod strychem nieużytkowym wykonany jest z belek drewnianych, z wykonaną podsufitką z deszczótek. Ocieplony został płytami trzciniowymi grubości 2 cm. Dach drewniany pokryty jest dachówką ceramiczną. Stolarka okienna w kościele jest drewniana, oszklona pojedynczą szybą. Drzwi wejściowe stare, drewniane. Na rysunku 2 przedstawiono widok omawianego kościoła (Zwolski, 2011b).



Rys. 2. Kościół numer 2

Kościół numer 3 – murowany został zbudowany w latach 1953 – 1960 pod kierunkiem ks. Wacława Gajownicza. Ściany fundamentowe są z cegły ceramicznej pełnej, a ściany zewnętrzne z cegły ceramicznej pełnej o grubości 63 cm, obustronnie otynkowane. Podłoga na gruncie wykonana jest z płyt marmurowych, podkładu betonowego i warstwy piasku. Strop pod strychem nieużytkowym wykonano typu Kleina stalowo-ceramiczny z płytą z cegły pełnej o grubości 13 cm. Dach drewniany jest pokryty blachą ocynkowaną. Stolarka okienna w kościele jest drewniana, oszklona pojedynczą szybą, a drzwi wejściowe stare, drewniane. Na rysunku 3 przedstawiono widok omawianego kościoła (Zwolski, 2011c).



Rys. 3. Kościół numer 3

Kościół numer 4 – wybudowany został w stylu neogotyckim, trójnawowy z dwiema strzelistymi wieżami. Na rysunku 4 przedstawiono widok omawianego kościoła. Nawa główna przykryta jest dachem dwuspadowym, zaś dwie nawy boczne – jednospadowym. Świątynia ma transept – nawę poprzeczną, krzyżową, prostopadłą do osi kościoła. Całość jest jednokondygnacyjna. Ściany zewnętrzne wykonane są z cegły pełnej grubości 75 cm. Ławy i ściany fundamentowe są kamienne. Nad kościołem wykonano sklepienie neogotyckie krzyżowo-żebrowe z cegły pełnej. Pokrycie dachu stanowi blacha stalowa ocynkowana. Posadzki wykonane są z płytek kamionkowych. Okna, typowe dla budownictwa sakralnego, w ramach metalowych, mają wykonane witraże. Drzwi zewnętrzne są drewniane (Zwolski, 2011d).

Dane techniczne opisanych czterech budynków kościołów parafialnych zestawiono w tabeli 1.



Rys. 4. Kościół numer 4 (www.drohiczyn.opoka.org.pl)

2.2. Ocena izolacyjności cieplnej przegród zewnętrznych w budynkach

Wyliczone wartości współczynników przenikania ciepła U_0 przegród zewnętrznych w budynkach kościołów 1 – 4, zgodnie z normą PN-EN ISO 6946:1999 *Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczeń* zestawione zostały w tabeli 2.

Wyniki wskazują, że współczynniki przenikania ciepła przegród w znacznym stopniu przekraczają obecnie wymagane wartości. W celu zmniejszenia energochłonności budynku na cele grzewcze i wentylacyjne, należy zdecydowanie poprawić stan izolacyjności termicznej poszczególnych przegród budowlanych.

2.3. Charakterystyka energetyczna budynków

W tabeli 3 przedstawiono ogólną charakterystykę energetyczną budynków kościołów przed termomodernizacją, wykonaną zgodnie z Rozporządzeniami Ministra Infrastruktury w sprawie metodologii obliczenia charakterystyki energetycznej (Dz. U. z 2008 Nr 201, poz. 1240) oraz w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego (Dz. U. z 2009 Nr 43, poz. 346).

Tab.1. Dane techniczne analizowanych kościołów w diecezji drohiczyńskiej (Zwolski, 2011a, b, c; NAPE, 2011)

Budynek	Rok budowy	Kubatura [m ³]	Powierzchnia użytkowa [m ²]	Technologia	Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na ciepło (energię końcową) E_{KH} [kWh/m ² a]
Kościół numer 1	1890	1 804	191	tradycyjna sakralna	402,08
Kościół numer 2	1900	270	50	drewniana sakralna	548,13
Kościół numer 3	1960	6294	710	tradycyjna sakralna	281,26
Kościół numer 4	XVIII / XIX w.	2 846	357	tradycyjna sakralna	246,71

Tab.2. Dane techniczne analizowanych kościołów w diecezji drohiczyńskiej (Zwolski, 2011a, b, c; NAPE, 2011)

Budynek	Rodzaj przegrody zewnętrznej				
	ściany zewnętrzne	stropodach/dach	podłoga na gruncie	okna	drzwi
U_0 [W/m ² K]					
Kościół numer 1	0,85	1,56	0,54	5,10	4,00
Kościół numer 2	0,93	1,82	0,45	5,10	4,00
Kościół numer 3	0,96	1,56	0,47	3,00	4,00
Kościół numer 4	0,90	1,83	0,50	3,50	3,50

Tab. 3. Charakterystyka energetyczna kościołów parafialnych przed termomodernizacją

Budynek	Zużycie ciepła Q_0 [GJ/rok]	Zapotrzebowanie na moc cieplną q_0 [kW] na cele grzewcze	Rodzaj źródła ciepła
Kościół numer 1	275,75	68,46	olej
Kościół numer 2	98,66	12,40	węgiel
Kościół numer 3	637,88	177,51	ogrzewanie elektryczne i na gaz płynny propan-butan
Kościół numer 4	308,26	97,90	ogrzewanie elektryczne

3. Stan techniczny instalacji grzewczej i źródła ciepła w budynkach kościołów – ocena

Kościół parafialny numer 1 – wyposażony jest w instalację ogrzewania powietrznego, zasilanego z olejowego pieca nadmuchowego zasilanego ciężkim olejem opałowym. Piec nie ma zamontowanej żadnej automatycznej regulacji czasu pracy, ma jedynie możliwość jednostopniowego zwiększenia temperatury wywiewanego powietrza. Pracuje w systemie „włącz/wyłącz”. Nawiew ciepłego powietrza realizowany jest za pomocą kanału nadmuchowego miejscowego, bezpośrednio z pieca. W kościele nie ma kanałów rozprowadzających ogrzane powietrze po całym budynku.

Zastosowane w budynku źródło ciepła budzi zastrzeżenia pod względem stanu technicznego i jego sprawności wytwarzania. Brak technicznych możliwości zamontowania przy piecu instalacji automatyki pogodowej nie pozwala na automatyczną regulację ilości wytwarzanej energii w zależności od temperatury zewnętrznej i zastosowanie czasowego zmniejszenia temperatury wewnętrznej w ciągu doby. Możliwa jest tylko praca w systemie ciągłym i stosowanie przerw w ogrzewaniu pomiędzy nabożeństwami.

Instalacja grzewcza powietrzna jest w złym stanie technicznym. Brak jest możliwości uzyskania optymalnej temperatury w całym budynku kościoła pomimo działającego źródła ciepła.

Instalacja ogrzewania powietrznego kwalifikuje się do natychmiastowej wymiany wraz ze zmianą źródła ciepła. Sprawność całkowita istniejącej instalacji grzewczej ze źródłem ciepła wynosi 71,4% (Zwolski, 2011a; Dz. U. z 2009, nr 43, poz. 346).

Kościół parafialny numer 2 – wyposażony jest w instalację centralnego ogrzewania wykonaną w systemie wodnym, dwururowym, z rozdziałem dolnym

z grzejnikami członowymi bez zaworów termostacyjnych. Rolę elementów regulacyjnych pełnią kryzy zamontowane na gałązkach przygrzejnikowych oraz kryzy zamontowane na podejściach do pionów centralnego ogrzewania w kanałach podpodłogowych. Ciepło do kościoła dostarczane jest z kotłowni węglowej zlokalizowanej w sąsiednim budynku poprzez sieć zasilającą. Kotłownia nie ma zamontowanej automatyki pogodowej, posiada ręczne sterowanie temperaturą wody zasilającej.

Zastosowane w kotłowni kotły nie budzą większych zastrzeżeń pod względem stanu technicznego. Brak technicznych możliwości zamontowania w kotłowni instalacji automatyki pogodowej nie pozwala na automatyczną regulację ilości wytwarzanej energii w zależności od temperatury zewnętrznej i zastosowanie czasowego zmniejszenia temperatury wewnętrznej w ciągu doby. Stan izolacji i rurociągów jest dobry, nie kwalifikujący ich do natychmiastowej wymiany. Sprawność całkowita istniejącej instalacji grzewczej ze źródłem ciepła wynosi 59,0% (Zwolski, 2011b; Dz. U. z 2009, nr 43, poz. 346).

Kościół parafialny numer 3 – wyposażony jest w instalację grzewczą w układzie mieszanym opartym na grzejnikach elektrycznych konwektorowych i podgrzewaczach na gaz płynny propan-butan. Źródła ciepła nie mają zamontowanej żadnej automatycznej regulacji czasu pracy, a grzejniki elektryczne mają jedynie możliwość nastawy temperatury pracy.

Zastosowane w budynku źródła ciepła budzą zastrzeżenia pod względem stanu technicznego i jego sprawności wytwarzania dla ogrzewania gazowego. Brak technicznych możliwości zamontowania instalacji automatyki pogodowej nie pozwala na automatyczną regulację ilości wytwarzanej energii w zależności od temperatury zewnętrznej i zastosowanie czasowego

zmniejszenia temperatury wewnętrznej w ciągu doby. Możliwa jest tylko praca w systemie ciągłym i stosowanie przerw w ogrzewaniu pomiędzy mszami.

System grzewczy oparty na miejscowych źródłach ciepła uniemożliwia utrzymanie odpowiedniej i równomiernej temperatury w całym budynku. System grzewczy kwalifikuje się do natychmiastowej zmiany wraz ze źródłami ciepła. Sprawność całkowita istniejącej instalacji grzewczej ze źródłem ciepła wynosi 79,6% (Zwolski, 2011c; Dz. U. z 2009, nr 43, poz. 346).

Kościół parafialny numer 4 – źródłem ciepła na cele centralnego ogrzewania są miejscowo ustawione elektryczne grzejniki, włączane na czas odprawiania nabożeństw i spotkań w kościele.

Zmiana systemu grzewczego, ma zapewnić optymalną temperaturę w całym kościele, a nie tylko w wybranych miejscach. Sprawność całkowita istniejącej instalacji grzewczej ze źródłem ciepła wynosi 85,5% (NAPE, 2011; Dz. U. z 2009, nr 43, poz. 346).

4. Zaproponowany zakres modernizacji bryły budynku i systemu grzewczego

Analizując stan techniczny kościołów parafialnych i stan techniczny systemu grzewczego zaproponowano usprawnienia termomodernizacyjne dotyczące zmniejszenia zapotrzebowania na ciepło i moc cieplną, które docelowo mają spowodować zmniejszenie opłat za dostawę ciepła.

Niestety, nie we wszystkich kościołach z uwagi na zabytkowy charakter obiektu była możliwa poprawa izolacyjności przegród zewnętrznych metodami tradycyjnymi. W trzech kościołach zastosowane zostały tynki renowacyjne, oprócz drewnianego kościoła numer 2.

4.1. Zakres termomodernizacji w kościele parafialnym numer 1

Zaproponowano:

- docieplenie stropu pod strychem płytami z wełny mineralnej o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,038 \text{ W}/(\text{m}\times\text{K})$ i grubości 16,0 cm;
- docieplenie podłogi na gruncie płytami styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,040 \text{ W}/(\text{m}\times\text{K})$ i grubości 12,0 cm;
- wymianę stolarki na okna o współczynniku $U = 1,30 \text{ W}/(\text{m}\times\text{K})$ z opcją rozszczelniania;
- wymianę drzwi wejściowych na drzwi o współczynniku $U = 2,60 \text{ W}/(\text{m}\times\text{K})$;
- wykonanie modernizacji instalacji grzewczej obejmującej opracowanie dokumentacji, podłączenie do nowego źródła ciepła – kotła opalanego biomasą, wykonanie instalacji grzewczej podłogowej wodnej z regulatorem temperatury, zaworami mieszającymi i sterownikami.

Łączny koszt realizacji wyżej wymienionego wariantu termomodernizacyjnego z wykonaniem niezbędnej dokumentacji technicznej wyniesie około 315 000 zł brutto.

Całkowita sprawność systemu grzewczego zmieni się z $\eta_0 = 71,4\%$ na $\eta_1 = 88,2\%$.

4.2. Zakres termomodernizacji w kościele parafialnym numer 2

Zaproponowano:

- docieplenie stropu pod strychem płytami z wełny mineralnej o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,038 \text{ W}/(\text{m}\times\text{K})$ i grubości 16,0 cm;
- wymianę stolarki na okna o współczynniku $U = 1,30 \text{ W}/(\text{m}\times\text{K})$ z opcją rozszczelniania;
- wymianę drzwi wejściowych na drzwi o współczynniku $U = 2,60 \text{ W}/(\text{m}\times\text{K})$;
- docieplenie ścian zewnętrznych metodą lekką – suchą wełną mineralną o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,038 \text{ W}/(\text{m}\times\text{K})$ o grubości 12,0 cm – pod elewacją z desek;
- wykonanie modernizacji instalacji c.o. obejmującej opracowanie dokumentacji, montaż grzejników kanałowych z podestem z zaworami termostatycznymi i regulację hydrauliczną instalacji.

Łączny koszt realizacji wyżej wymienionego wariantu termomodernizacyjnego z wykonaniem niezbędnej dokumentacji technicznej wyniesie około 62 000 zł brutto.

Całkowita sprawność systemu grzewczego zmieni się z $\eta_0 = 59,0\%$ na $\eta_1 = 68,6\%$.

4.3. Zakres termomodernizacji w kościele parafialnym numer 3

Zaproponowano:

- docieplenie stropu pod strychem płytami wełny mineralnej o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,038 \text{ W}/(\text{m}\times\text{K})$ i grubości 16,0 cm;
- docieplenie podłogi na gruncie płytami z polistyrenu ekstrudowanego o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,040 \text{ W}/(\text{m}\times\text{K})$ i grubości 12,0 cm;
- wymianę stolarki na okna o współczynniku $U = 1,30 \text{ W}/(\text{m}\times\text{K})$ z opcją rozszczelniania;
- wymianę drzwi wejściowych na drzwi o współczynniku $U = 2,60 \text{ W}/(\text{m}\times\text{K})$;
- docieplenie ścian zewnętrznych metodą lekką – mokrą styropianem/wełną mineralną o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,040 \text{ W}/(\text{m}\times\text{K})$ i grubości 13,0 cm;
- wykonanie modernizacji instalacji c.o. obejmującej opracowanie dokumentacji, zmianę źródła ciepła na kocioł olejowy kondensacyjny, podłączenie rozdzielacza, wykonanie instalacji grzewczej podłogowej wodnej z regulatorem temperatury, zaworami mieszającymi i sterownikami.

Łączny koszt realizacji wyżej wymienionego wariantu termomodernizacyjnego z wykonaniem niezbędnej dokumentacji technicznej wyniesie około 930 000 zł brutto.

Całkowita sprawność systemu grzewczego zmieni się z $\eta_0 = 79,6\%$ na $\eta_1 = 96,0\%$.

4.4. Zakres termomodernizacji w kościele parafialnym numer 4

Zaproponowano:

- docieplenie stropu nad kościołem płytami z wełny mineralnej o grubości 16 cm przy współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,040 \text{ W}/(\text{m}\times\text{K})$;
- docieplenie podłogi na gruncie w kościele płytami polistyrenu ekstrudowanego o grubości 8 cm przy $\lambda = 0,040 \text{ W}/(\text{m}\times\text{K})$;
- wymianę stolarki okiennej na nowe szczelne okna, o współczynniku przenikania ciepła $U = 1,30 \text{ W}/(\text{m}\times\text{K})$, z napływem powietrza zewnętrznego w ilości niezbędnej dla potrzeb wentylacyjnych przez urządzenia nawiewne umieszczone w oknach lub innych częściach przegród zewnętrznych;
- wymianę drzwi na nowe, szczelne o współczynniku przenikania ciepła $U = 2,00 \text{ W}/(\text{m}\times\text{K})$;
- wykonanie modernizacji instalacji c.o. obejmującej usunięcie starych grzejników elektrycznych i zastąpienie ich nową instalacją centralnego ogrzewania w układzie – ogrzewanie podłogowe i ogrzewanie podłogowe z grzejnikami kanałowymi wraz podestem, zlokalizowanymi wzdłuż bocznych ścian kościoła. W nakładach na ogrzewanie podłogowe uwzględniono cały koszt elementów systemu: rury PEX-X-AL, roljet (styropian), klipsy, złączki do rur, rury peszel, rozdzielacze, szafki rozdzielaczowe; automatykę: zawory termostatyczne z głowicą termostatyczną; akcesoria: taśmy brzegowe, plastyfikatory, profile dylatacyjne, taśmy klejące, taśmy izolacyjne do profilu.

Zaleca się także wykonanie nowej kotłowni na biomase z kotłem zgazowującym drewno z wentylatorem nadmuchowym, dostosowaną do nowego projektowego obciążenia cieplnego kościoła po przeprowadzonej termomodernizacji.

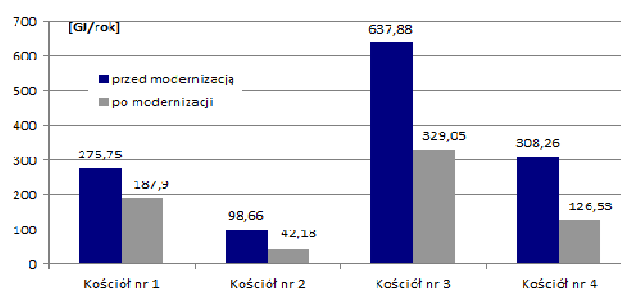
Łączny koszt realizacji wyżej wymienionego wariantu termomodernizacyjnego z wykonaniem niezbędnej dokumentacji technicznej wyniesie około 695 000 zł brutto.

Całkowita sprawność systemu grzewczego zmieni się z $\eta_0 = 85,5\%$ na $\eta_1 = 70,03\%$.

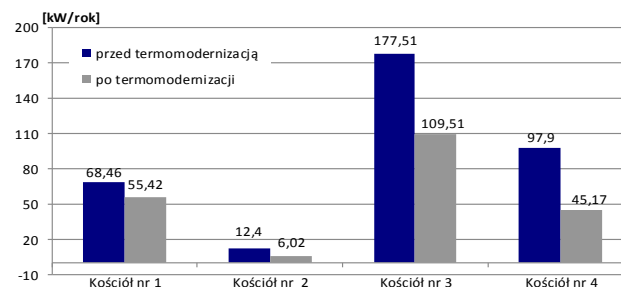
5. Wyniki uzyskanych efektów energetycznych po przeprowadzeniu termomodernizacji budynków kościołów i modernizacji źródeł ciepła

Po wykonaniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych zaleconych w poszczególnych kościołach opisanych w punkcie 4 uzyskuje się zmniejszenie rocznego zapotrzebowania na energię cieplną (energię końcową EKH) w kościele: numer 1 o 31,86%; numer 2 o 57,25%; numer 3 o 48,42% i numer 4 o 49,90%. W tabeli 4 przedstawiono uzyskane efekty energetyczne po termomodernizacji kościołów.

Na rysunku 5 przedstawiono sezonowe zapotrzebowanie na ciepło na cele grzewcze z uwzględnieniem sprawności przed i po termomodernizacji w poszczególnych kościołach, a na rysunku 6 projektowe obciążenie cieplne przed i po termomodernizacji.



Rys. 5. Porównanie sezonowego zapotrzebowania na ciepło na cele grzewcze przed i po modernizacji w poszczególnych kościołach



Rys. 6. Obciążenie cieplne przed i po modernizacji w poszczególnych kościołach parafialnych

Tab. 4. Uzyskane efekty energetyczne po termomodernizacji kościołów parafialnych (Zwolski, 2011a, b, c; NAPE, 2011)

Kościół	Zużycie ciepła Q_1 [GJ/rok]	Zapotrzebowanie na moc cieplną q_1 [kW] na cele grzewcze	Rodzaj źródła ciepła	
			przed	po
1	187,90	55,42	olej	biomasa
2	42,18	6,02	węgiel	węgiel
3	329,05	109,51	ogrzewanie elektryczne i na gaz płynny propan-butan	olej opałowy lekki
4	126,53	45,17	ogrzewanie elektryczne	biomasa

Tab. 5. Efekty ekonomiczne w budynkach kościołów wynikające z termomodernizacji

Budynek	Koszty eksploatacyjne [zł/rok]		Docelowe oszczędności finansowe [zł/rok]	Koszt 1 GJ	
	przed	po		przed	po
Kościół nr 1	20 858	4 015	16 843	75,64	21,37
Kościół nr 2	3 724	1 592	2 132	37,74	37,74
Kościół nr 3	75 268	30 457	44 811	117,66	92,56
Kościół nr 4	62 944	5 398	57 546	182,79	21,37

6. Podsumowanie

W artykule przedstawiono wyniki analizy energetycznej czterech wybranych kościołów zlokalizowanych na terenie diecezji Drohiczyńskiej.

Po uwzględnieniu wymagań konserwatorskich, w kościołach zaproponowano termomodernizację bryły budynku, polegającą w większości kościołów na dociepleniu stropu pod strychem, dociepleniu podłogi na gruncie, wymianę okien i drzwi oraz położenie tynków ciepłochronnych, z wyjątkiem kościoła numer 2. W kościele numer 2 możliwe było docieplenie ścian zewnętrznych płytami z wełny mineralnej pod elewacją z desek. Prace termomodernizacyjne obejmowały także wymianę instalacji c.o. i źródła ciepła, oprócz kościoła numer 2, gdzie pozostawiony został kocioł węglowy, ze względu na dobry stan techniczny. W trzech modernizowanych obiektach zaproponowane zostało ogrzewanie podłogowe (kościół numer 1, 3 i 4) razem z wymianą posadzek kamiennych, w kościele numer 2 ogrzewanie z grzejnikami kanałowymi. Wybór ogrzewania podłogowego związany był z planowanym remontem posadzek oraz tym, że w tych kościołach panowała duża niestabilność temperatury i wilgotności. Zaś ogrzewanie podłogowe pozwala w obiektach tej wielkości (małe i średnie kościoły) utrzymać parametry temperatury i wilgotności na stabilnym poziomie, co jest ważne ze względu na zabytkowe budowle, obrazy, czy ścienne freski.

Zamiana starych źródeł ciepła na źródła ciepła spalające biomasę (kościół numer 1 i 4) była spowodowana zastosowaniem przede wszystkim ekonomicznego, taniego, odnawialnego, efektywnie energetycznego i w miarę możliwości ekologicznego paliwa. Biomasa uważana jest za paliwo odnawialne, gdyż w rozliczeniach emisji CO₂ traktowana jest, jako paliwo o zanieczyszczeniu zerowym. W kościele numer 3, gdzie ogrzewanie obiektu odbywało się w systemie mieszanym: energia elektryczna i gaz propan butan, na życzenie gospodarza obiektu zostało zamienione na kotłownię bezobsługową, na olej opałowy lekki.

Wykonując termomodernizację kościołów można liczyć na zmniejszenie projektowego obciążenia cieplnego na cele grzewcze oraz zmniejszenie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków od 31% do 57%. Można uznać, że planowane efekty energetyczne zostały osiągnięte.

Efekty energetyczne łączą się nieodzownie z efektami ekonomicznymi. W związku z termomodernizacją

kościółów uzyskano oszczędności w opłatach za ogrzewanie w granicach od 2000zł rocznie w kościele numer 2 do około 57 000 zł rocznie w kościele numer 4.

Uzyskane efekty energetyczne i ekonomiczne w pełni pozwalają sądzić, że termomodernizacja kościołów, jak również modernizacja źródła ciepła, instalacji centralnego ogrzewania są w pełni uzasadnione

Literatura

- NAPE (2011). Audyt energetyczny budynku kościoła parafii rzymsko-katolickiej w Wyszkach. NAPE, Białystok.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej. (*Dz. U. z 2008 Nr 201, poz. 1240*).
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmów oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego. (*Dz. U. z 2009 Nr 43, poz. 346*).
- Wielgoński G. (2009). Czy Biomasa jest paliwem ekologicznym? W: Monografia "Polska Inżynieria Środowiska pięć lat po wstąpieniu do Unii Europejskiej". Tom. I. (red. J. Ozonok i M. Pawłowska), *Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN*, Lublin, vol. 58, 347-356
- Zwolski W. (2011a). Audyt energetyczny budynku kościoła parafii rzymsko-katolickiej w Chłopkowie. *Pracownia Obsługi i Inwestycji Waldemar Zwolski*, Warszawa.
- Zwolski W. (2011b). Audyt energetyczny budynku kościoła parafii rzymsko-katolickiej w Serpelicach. *Pracownia Obsługi i Inwestycji Waldemar Zwolski*, Warszawa.
- Zwolski W. (2011c). Audyt energetyczny budynku kościoła parafii rzymsko-katolickiej w Kozuchówku. *Pracownia Obsługi i Inwestycji Waldemar Zwolski*, Warszawa.

THERMOMODERNISATION OF THE HISTORIC CHURCHES

Abstract: The thermomodernisation was carried out in four historic churches located in the area of the Drohiczyn Diocese. The annual energy effects that could be archived as a result of the proposed improvements were shown. Optimal range of thermomodernisation in these facilities was proposed.