

APARATURA

BADAWCZA I DYDAKTYCZNA

Ekonomiczne i ekologiczne efekty wykorzystania biomasy jako paliwa, w źródłach ciepła, na przykładzie wybranych obiektów zlokalizowanych na terenie woj. podlaskiego

ANDRZEJ STEMPNIAK

**POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA, WYDZIAŁ BUDOWNICTWA I INŻYNIERII ŚRODOWISKA,
KATEDRA CIEPŁOWNICTWA**

STRESZCZENIE

W referacie omówiono wyniki audytów energetycznych dla lokalnych źródeł ciepła zlokalizowanych w pięciu miejscowościach woj. podlaskiego tj.: w Suchowoli, Filipowie, Knyszynie, Tykocinie i Osowcu. We wszystkich modernizowanych źródłach paliwem docelowym była biomasa w postaci drewna opałowego i granulatu drzewnego. Uzyskane, w audytach energetycznych, efekty ekonomiczne i ekologiczne jednoznacznie wskazują na celowość stosowania biomasy jako paliwa w lokalnych źródłach ciepła, na terenie woj. podlaskiego.

The economical and ecological effects of the biomass utilization as a combustion fuel in the heat sources, basis on the chosen structures localized in the podlasie province

ABSTRACT

The paper shows the energetistic audits results made for the local heat sources localized in five places in podlaskie province (Suchowola, Filipów, Knyszyn, Tykocin, Osowiec). The biomass combustion fuel, firewood and granulated wood, was the target fuel in the all modernized heat sources. The obtained economical and ecological effects unambiguously show the suitability of the biomass combustion fuel application as a combustion fuel in the local heat sources localized in podlaskie province.

1. WSTĘP

Województwo podlaskie posiada słabo rozwiniętą sieć gazowniczą, którą objęte są większe miejscowości w centralnych i południowych jego obszarach. W związku z tym, dostępność do taniego i ekologicznego paliwa, jakim jest gaz ziemny wysokometanowy, w skali całego województwa podlaskiego jest mocno ograniczona. Fakt ten powoduje, że w lokalnych i indywidualnych źródłach ciepła wielu miejscowości, podstawowym paliwem jest nadal węgiel kamienny. Spalanie tego paliwa, w niskosprawnych kotłach węglowych, powoduje emitowanie dużych ilości zanieczyszczeń do powietrza atmosferycznego oraz generuje wysokie koszty ogrzewania budynków. Natomiast powszechnie dostępne paliwo jakim jest lekki olej opałowy jest wykorzystywane na małą skalę, gdyż jego stosowanie powoduje wysokie koszty eksploatacyjne oraz wymaga zwolnienia, zatrudnionych w kotłowniach węglowych, palaczy - co powiększa już istniejące, znaczące grono bezrobotnych na danym terenie.

W celu pokazania alternatywnego wyjścia z powyższej sytuacji, w referacie, przedstawiono efekty ekonomiczne i ekologiczne modernizacji lokalnych źródeł ciepła przy wykorzystaniu biomasy jako paliwa.

2. OPIS ANALIZOWANYCH OBIEKTÓW I ICH MODERNIZACJI

Działając od szeregu lat, jako licencjonowany audytor energetyczny Krajowej Agencji Poszanowania Energii S.A. w Warszawie, byłem autorem wielu audytów energetycznych lokalnych źródeł ciepła. Ogólną charakterystykę, wybranych do referatu źródeł ciepła, przedstawiono poniżej.

2.1. Źródło ciepła Zespołu Szkół w Filipowie

Zespół Szkół w Filipowie składa się z: budynku szkoły, sali gimnastycznej, łącznika pomiędzy szkołą i salą gimnastyczną, domu nauczyciela oraz z nowej sali sportowej.

Energia ciepła, do tych budynków, dostarczana była z kotłowni węglowej znajdującej się w pomieszczeniach piwnicznych budynku szkoły. W kotłowni tej znajdowały się wyeksploatowane kotły węglowe (z rusztem stałym i ręcznym podawaniem paliwa) typu Eca IV/6 – 3 szt. (na cele centralnego ogrzewania) oraz jeden kocioł typu ES-KA/SII-6 (na cele ciepłej wody użytkowej). W audycie energetycznym zastosowano modernizację źródła ciepła polegającą na zastąpieniu istniejących kotłów węglowych przez nowe kotły przystosowane do spalania drewna ka-

wałkowego (w polanach), z ręcznym podawaniem paliwa. Dla potrzeb instalacji centralnego ogrzewania dobrano dwa kotły typu M 300, zaś dla instalacji ciepłej wody użytkowej jeden kocioł typu M 22. Łączna moc cieplna nowych kotłów wynosiła 622 kW. Ponadto wymieniono wszystkie wyeksploatowane urządzenia technologiczne kotłowni. [1]

2.2. Źródło ciepła Urzędu Miasta i Gminy w Knyszynie

Źródło ciepła Urzędu Miasta i Gminy w Knyszynie dostarcza energię cieplną do tego budynku oraz do budynku Miejsko – Gminnego Ośrodka Kultury.

Energia ciepła, do tych budynków, dostarczana była z kotłowni węglowej znajdującej się w pomieszczeniach piwnicznych budynku Urzędu Miasta i Gminy. W kotłowni tej znajdowały się wyeksploatowane kotły węglowe (z rusztem stałym i ręcznym podawaniem paliwa) typu UKS - 160 – 1 szt. oraz typu ES-KA/SIII-18 – 1 szt. W audycie energetycznym zastosowano modernizację źródła ciepła polegającą na zastąpieniu istniejących kotłów węglowych przez nowy kocioł typu M 150 przystosowany do spalania drewna kawałkowego (w polanach), z ręcznym podawaniem paliwa. Moc cieplna nowego kotła wynosiła 150 kW. Ponadto wymieniono wszystkie wyeksploatowane urządzenia technologiczne kotłowni. [2]

2.3. Źródło ciepła Urzędu Miasta w Tykocinie

Źródło ciepła Urzędu Miasta w Tykocinie dostarcza energię cieplną do tego budynku oraz do budynku Urzędu Stanu Cywilnego.

Energia ciepła, do tych budynków, dostarczana była z kotłowni węglowej znajdującej się w pomieszczeniach piwnicznych budynku Urzędu Miasta. W kotłowni tej znajdował się jeden wyeksploatowany kocioł węglowy (z rusztem stałym i ręcznym podawaniem paliwa) produkcji rzemieślniczej. W audycie energetycznym zastosowano modernizację źródła ciepła polegającą na zastąpieniu istniejącego kotła węglowego przez nowy kocioł typu HDG Euro – 30 przystosowany do zgazowywania drewna kawałkowego (w polanach), z ręcznym podawaniem paliwa. Moc cieplna nowego kotła wynosiła 30 kW. Ponadto wymieniono wszystkie wyeksploatowane urządzenia technologiczne kotłowni. [3]

2.4. Źródło ciepła Urzędu Miasta i Gminy w Suchowoli

Źródło ciepła Urzędu Miasta i Gminy w Suchowoli dostarcza energię cieplną do tego budynku oraz do budynku Gminnego Ośrodka Kultury.

Energia cieplna, do tych budynków, dostarczana była z kotłowni olejowej znajdującej się w pomieszczeniach piwnicznych budynku Urzędu Miasta i Gminy. W kotłowni tej znajdował się jeden kocioł olejowy typu Antares 220. W audycie energetycznym zastosowano modernizację źródła ciepła polegającą na zastąpieniu istniejącego kotła olejowego przez dwa nowe kotły typu Orlan Super 60 przystosowane do zgazowywania drewna kawałkowego (w polanach), z ręcznym podawaniem paliwa. Łączna moc cieplna nowych kotłów wynosiła 120 kW. Ponadto wymieniono pompy obiegowe c.o. [4]

2.5. Źródło ciepła Wspólnoty Mieszkaniowej w Osowcu

Źródło ciepła Wspólnoty Mieszkaniowej w Osowcu dostarcza energię cieplną do budynku mieszkalnego nr 31 i nr 58.

Energia cieplna, do tych budynków, dostarczana była z kotłowni olejowej znajdującej się w pomieszczeniach piwnicznych budynku nr 31. W kotłowni tej znajdowały się dwa kotły olejowe typu Paromat – Simplex 345. W audycie energetycznym zastosowano modernizację źródła ciepła polegającą na zastąpieniu istniejących kotłów olejowych przez dwa nowe kotły typu Bioplex HL 200 przystosowane do spalania granulatu drzewnego, z mechanicznym podawaniem paliwa. Łączna moc cieplna nowych kotłów wynosiła 466 kW. Ponadto wymieniono pompy obiegowe c.o. [5]

Podstawowe dane techniczne, charakteryzujące analizowane źródła ciepła, przedstawiono w Tabeli 1.

3. EFEKTY EKONOMICZNE WYKORZYSTANIA BIOMASY JAKO PALIWA

Zgodnie z obowiązującym, w okresie wykonywania audytów energetycznych dla analizowanych źródeł ciepła, Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego [6] efekty ekonomiczne wynikające z modernizacji lokalnych źródeł ciepła określono jako różnicę pomiędzy przeszacowanymi (na warunki standardowego sezonu grzewczego) kosztami eksploatacyjnymi poniesionymi w ostatnim roku obrachunkowym (przed modernizacją kotłowni) oraz docelowymi kosztami eksploatacyjnymi (jaki będą występowały w warunkach standardowego sezonu grzewczego) po modernizacji kotłowni, według poniższej zależności:

$$\Delta K = K_0 - K_1 \quad (\text{zł/rok}) \quad (1)$$

gdzie:

K_0 – rzeczywiste, roczne koszty eksploatacyjne poniesione w ostatnim roku obrachunkowym (przed modernizacją kotłowni) przeszacowane z warunków rzeczywistego sezonu grzewczego na warunki standardowego sezonu grzewczego, (zł/rok);

K_1 – docelowe, roczne koszty eksploatacyjne, w warunkach standardowego sezonu grzewczego, po modernizacji źródła ciepła, (zł/rok).

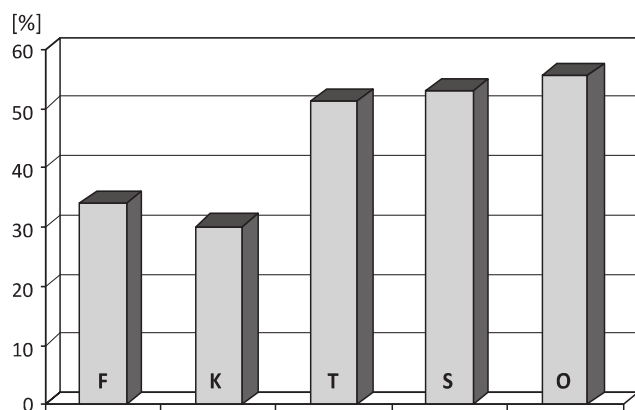
Tabela 1. Parametry techniczne analizowanych źródeł ciepła

Wyszczególnienie	Lokalizacja źródła ciepła				
	Filipów	Knyszyn	Tykocin	Suchowola	Osowiec
Zapotrzebowanie na moc cieplną q [kW]	647,0	136,1	27,4	103,6	452,0
Zapotrzebowanie na ciepło Q [GJ/rok]	7373,1	2598,6	185,3	964,1	4608,2
Rodzaj paliwa przed modernizacją	węgiel	węgiel	węgiel	olej	olej
Rodzaj paliwa po modernizacji	drewno	drewno	drewno	drewno	granulat drzewny
Sprawność kotłów przed modernizacją [%]	55	55	55	85	85
Sprawność kotłów po modernizacji [%]	75	70	80	80	85

Tabela 2. Efekty ekonomiczne modernizacji analizowanych źródeł ciepła (zł/rok)

Wyszczególnienie kosztów	Lokalizacja źródła ciepła				
	Filipów	Knyszyn	Tykocin	Suchowola	Osowiec
Koszty przed modernizacją (zł/rok)	247 139,1	64 234,0	26 429,8	37 682,2	389 813,6
Koszty po modernizacji (zł/rok)	162 824,5	44 848,0	12 895,5	17 740,4	173 211,4
Efekt ekonomiczny (zł/rok)	84 314,6	19 386,0	13 534,3	19 941,8	216 602,2

Uzyskane wyniki obliczeń zamieszczono w Tabeli 2, zaś względną redukcję kosztów eksploatacyjnych przedstawiono na Rysunku 1.



Rysunek 1. Względna redukcja kosztów eksploatacyjnych w wyniku modernizacji źródeł ciepła w: F – Filipowie, K – Knyszynie, T – Tykocinie, S – Suchowoli, O – Osowcu

W powyższych kosztach eksploatacyjnych (przed i po modernizacji źródła ciepła) muszą być uwzględnione: koszty stałe (tj. amortyzacja, koszty wynagrodzeń z narzutami, koszty finansowe, koszty ogólne, koszty bieżących remontów i konserwacji) oraz koszty zmienne (tj. koszty zakupu paliwa wraz z kosztami transportu, koszty zużycia energii elektrycznej, opłaty za gospodarzów korzystanie ze środowiska) – co miało miejsce w wykonanych audytach energetycznych [1, 2, 3, 4, 5].

Ponadto, w audytach energetycznych, w celu oszacowania ekonomicznej efektywności rozpatrywanych modernizacji lokalnych źródeł ciepła, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury [6], określane są wskaźniki prostego czasu zwrotu poniesionych nakładów inwestycyjnych (SPBT) według poniższej zależności:

$$SPBT = \frac{N}{\Delta O_{tmin}} \quad (\text{lata}) \quad (2)$$

gdzie:

N – planowane nakłady inwestycyjne związane z realizacją określonej modernizacji źródła ciepła, (zł);
 ΔO_{tmin} – minimalny efekt ekonomiczny wybrany spośród efektów obliczonych dla poszczególnych lat spłaty kredytu, (zł/rok); w obliczeniach przyjmuje się ΔK .

Dane wyjściowe oraz uzyskane wskaźniki SPBT, dla rozpatrywanych modernizacji analizowanych źródeł ciepła, zestawiono w Tabeli 3.

Przedstawione, w powyższej tabeli, nakłady inwestycyjne zostały określone, zgodnie z wymaganiami [6], na podstawie kalkulacji uproszczonej, która obejmowała: koszty materiałowe (związane z zakupem urządzeń, armatury, przewodów i innych materiałów niezbędnych do realizacji inwestycji), robocizną związaną z montażem nowych urządzeń, narzuty (stosowane w kosztorysach inwestorskich: koszty pośrednie, koszty zakupu i zysk), robocizną związaną z demontażem istniejących urządzeń oraz koszty wykonania niezbędnej dokumentacji technicznej.

4. EFEKTY EKOLOGICZNE WYKORZYSTANIA BIOMASY JAKO PALIWA

Efekty ekologiczne wynikające z modernizacji analizowanych, lokalnych źródeł ciepła określono jako różnice emisji podstawowych zanieczyszczeń do powietrza atmosferycznego występujące przed i po modernizacji źródeł ciepła, według poniższej zależności:

$$\Delta E = E_0 - E_1 \quad (\text{Mg/rok}) \quad (3)$$

gdzie:

E_0 – roczne emisje zanieczyszczeń do powietrza atmosferycznego wynikające z energetycznego spalania ilości (określonej dla standardowego sezonu grzewczego) i rodzaju paliwa stosowanego przed modernizacją źródła ciepła, (Mg/rok);

E_1 – roczne emisje zanieczyszczeń do powietrza atmosferycznego wynikające z energetycznego spalania ilości (określonej dla standardowego sezonu grzewczego) i rodzaju paliwa stosowanego po modernizacji źródła ciepła, (Mg/rok);

Wielkości rocznych emisji zanieczyszczeń pochodzących z energetycznego spalania paliw określono, w oparciu o „Materiały Informacyjno – Instruktażowe” MOŚZNiL [7], z poniższych zależności:

Tabela 3. Wskaźniki efektywności ekonomicznej (SPBT) modernizacji źródeł ciepła

Wyszczególnienie	Lokalizacja źródła ciepła				
	Filipów	Knyszyn	Tykocin	Suchowola	Osowiec
Nakłady inwestycyjne (zł)	147 048,0	68 581,0	54 494,0	113 783,0	190 330,0
Efekt ekonomiczny (zł/rok)	84 314,6	19 386,0	13 534,3	19 941,8	216 602,2
SPBT (lata)	1,7	3,5	4,0	5,7	0,9

Dla paliw stałych

Emisja dwutlenku siarki, dwutlenku azotu, dwutlenku węgla:

$$E = B \cdot w \quad (\text{kg/rok}) \quad (4)$$

gdzie:

w – wskaźnik emisji dwutlenku siarki, dwutlenku azotu i dwutlenku węgla, według załącznika nr 1 [7], (kg/Mg paliwa);

B – roczne zużycie paliwa (węgla lub drewna opałowego), (Mg/rok); określane z zależności:

$$B = \frac{Q}{Q_i \cdot \eta_{SR}} \quad (\text{Mg/rok}) \quad (5)$$

Q – roczne zużycie energii cieplnej przez obsługiwane budynki, w warunkach standardowego sezonu grzewczego, (GJ/rok);

Q_i – średnia wartość opałowa spalanej paliwa przed i po modernizacji źródła ciepła, (MJ/kg paliwa);

η_{SR} – średnia, roczna sprawność eksploatacyjna źródła ciepła przed i po jego modernizacji.

Emisja pyłu:

gdzie:

$$E = B \cdot w \cdot (100 - \eta) / (100 - k) \quad (\text{kg/rok}) \quad (6)$$

w – wskaźnik unosu pyłu, według załącznika nr 1 [7], (kg/Mg paliwa);

B – roczne zużycie paliwa (węgla lub drewna opałowego), (Mg/rok);

η – sprawność urządzenia odpylającego, (%);

k – zawartość części palnych w pyłe, według certyfikatu paliwa, (%).

Dla paliw płynnych

Emisja dwutlenku siarki, dwutlenku azotu, dwutlenku węgla oraz pyłu:

$$E = B \cdot w \quad (\text{kg/rok}) \quad (7)$$

gdzie:

w – wskaźnik emisji dwutlenku siarki, dwutlenku azotu i dwutlenku węgla oraz pyłu – według załącznika nr 3 [7], (kg/Mg paliwa);

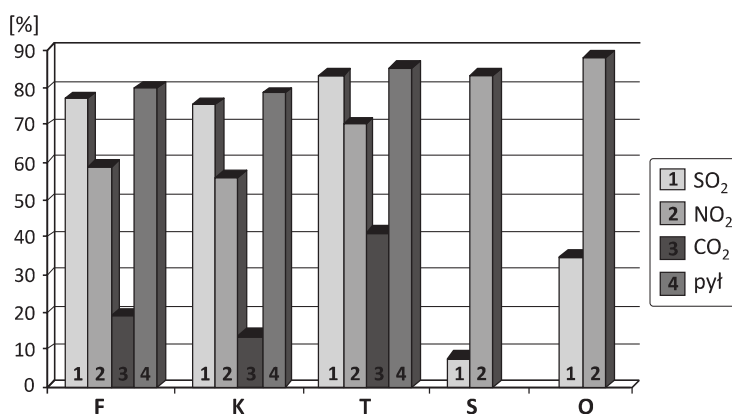
B – roczne zużycie lekkiego oleju opałowego, (Mg/rok); określone z zależności (5).

Powyższe obliczenia przeprowadzono dla wartości opałowych paliwa (Q_i) wynoszących: 26 MJ/kg – dla węgla, 14 MJ/kg – dla drewna opałowego, 18,5 MJ/kg – dla granulatu drzewnego i 42 MJ/kg – dla lekkiego oleju opałowego oraz dla sprawności źródeł ciepła przedstawionych w Tabeli 1. Uzyskane wyniki obliczeń zestawiono w Tabeli 4.

Redukcje bezwzględne poszczególnych emisji zanieczyszczeń, dla analizowanych modernizacji źródeł ciepła, przedstawiono na Rysunku 2.

5. PODSUMOWANIE

W niniejszym referacie przedstawiono wyniki analizy ekonomicznej i ekologicznej modernizacji pięciu źródeł ciepła, zlokalizowanych na obszarze województwa podlaskiego. We wszystkich przypadkach modernizacje polegały na dostosowaniu analizowanych źródeł ciepła do wykorzystywania biomasy jako paliwa. W trzech przypadkach modernizacji podlegały kotłownie węglowe, natomiast w dwóch były to kotłownie olejowe. Pomimo znacznego zróżnicowania parametrów technicznych charakteryzujących źródła ciepła, w każdym przypadku, uzyskano znaczące efekty ekonomiczne i ekologiczne. Największą efektywność ekonomiczną modernizacji uzyskano w przypadku źródła ciepła Wspólnoty Mieszkaniowej w Osowcu (SPBT około 1 roku), gdyż przed modernizacją kotłownia ta zużywała jeden z najdroższych nośników energii pierwotnej czyli lekki olej opałowy. Najniższa efektywność ekonomiczna uzyskana, w przypadku modernizacji olejowego źródła ciepła Urzędu Miasta i Gminy w Suchowoli (SPBT = 5,7 lat), spowodowana była niską ceną oleju opałowego w 2004 roku – kiedy sporządzono audyt energetyczny. W roku 2006, kiedy wykonywano audyt energetyczny dla źródła ciepła w Osowcu, cena jednostkowa oleju opałowego była około 1,5 razy wyższa od ceny z 2004 roku. Z analizy ekonomicznej można wysnuć istotny ogólny wniosek, a mianowicie: efektywność ekonomiczna analizowanych modernizacji jest tym większa, im większe źródło ciepła poddawane jest modernizacji i im droższe paliwo jest stosowane przed modernizacją. Pod względem efektów ekologicznych, przy modernizacji kotłowni węglowych, uzyskano znaczące



Rysunek 2. Względna redukcja rocznej emisji poszczególnych zanieczyszczeń w: F – Filipowie, K – Knyszynie, T – Tykocinie, S – Suchowoli, O – Osowcu

Tabela 4. Efekty ekologiczne modernizacji źródeł ciepła

Rodzaj zanieczyszczeń	Emisja zanieczyszczeń [kg/rok]		Redukcja bezwzględna [kg/rok]	Redukcja względna [%]
	przed modernizacją	po modernizacji		
Modernizacja kotłowni węglowej w Filipowie				
SO ₂	3712,3	842,6	2869,7	77,3
NO ₂	386,7	158,0	228,7	59,1
CO ₂	773400	626654	146746	19,0
Pył	5259,1	1053,2	4205,9	80,0
Modernizacja kotłowni węglowej w Knyszynie				
SO ₂	1221,1	297,0	924,1	75,7
NO ₂	127,2	55,7	71,5	56,2
CO ₂	254400	220864	33536	13,2
Pył	1729,9	371,2	1358,7	78,5
Modernizacja kotłowni węglowej w Tykocinie				
SO ₂	187,2	30,9	156,3	83,5
NO ₂	19,5	5,8	13,7	70,3
CO ₂	39000	22967	16033	41,1
Pył	265,2	38,6	226,6	85,4
Modernizacja kotłowni olejowej w Suchowoli				
SO ₂	119,2	110,2	9,0	7,5
NO ₂	125,5	20,7	104,8	83,5
CO ₂	41415	81991	przyrost	---
Pył	45,2	137,8	przyrost	---
Modernizacja kotłowni olejowej w Osowcu				
SO ₂	713,0	468,8	244,2	34,3
NO ₂	750,5	87,9	662,6	88,3
CO ₂	247665	348670	przyrost	---
Pył	270,2	586,0	przyrost	---

redukcje wszystkich, rozpatrywanych emisji zanieczyszczeń do powietrza atmosferycznego na poziomie: około 80% w przypadku SO₂, około 60% w przypadku NO₂, około 20% w przypadku CO₂ i około 80% w przypadku pyłu. Natomiast przy modernizacji kotłowni olejowych znaczącej redukcji uległa emisja NO₂ (około 85%) oraz w mniejszym stopniu zredu-

kowana została emisja SO₂, jednak nastąpił wzrost emisji CO₂ oraz pyłu. Powyższe efekty ekologiczne, a w szczególności ekonomiczne, wskazują jednoznacznie na zasadność wykorzystywania biomasy jako paliwa, w lokalnych źródłach ciepła, w znacznie większej skali – niż ma to obecnie miejsce na obszarze województwa podlaskiego.

Przedstawione, w referacie, analizy wykonano w ramach pracy statutowej S/WBiŚ/23/08 realizowanej w Katedrze Ciepłownictwa Politechniki Białostockiej.

LITERATURA

- [1] „Audyty energetyczny źródła ciepła Zespołu Szkół w Filipowie”. Nape S.A. Oddział w Białymstoku, 2005 r.
- [2] „Audyty energetyczny źródła ciepła Urzędu Miasta i Gminy w Knyszynie”. Nape S.A. Oddział w Białymstoku, 2004 r.
- [3] „Audyty energetyczny źródła ciepła Urzędu Miasta w Tykocinie”. Nape S.A. Oddział w Białymstoku, 2005 r.
- [4] „Audyty energetyczny źródła ciepła Urzędu Miasta i Gminy w Suchowoli”. Nape S.A. Oddział w Białymstoku, 2004 r.
- [5] „Audyty energetyczny źródła ciepła Wspólnoty Mieszkaniowej w Osowcu”. Nape S.A. Oddział w Białymstoku, 2006 r.
- [6] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 15 stycznia 2002 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego. Dz. U. Nr 12, poz. 114.
- [7] „Materiały informacyjno – instruktażowe – seria 1/96” Ministerstwa Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa, Warszawa 1996 r.