

# ANALIZA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA RÓŻNYCH ŹRÓDEŁ CIEPŁA DLA BUDYNKU OŚRODKA KULTURY I SPORTU

Dorota KRAWCZYK\*, Urszula ŻYŁKIEWICZ

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

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono porównanie trzech źródeł ciepła dla budynku użyteczności publicznej. Przeprowadzono analizę ekonomiczną, obejmującą oszacowanie i porównanie nakładów inwestycyjnych oraz kosztów eksploatacyjnych wybranych rozwiązań, a także oceniono je pod względem możliwości technicznych, zastosowania i ekologicznym, związanym z emisją zanieczyszczeń do środowiska.

*Słowa kluczowe:* kotłownie, zużycie paliwa, nakłady inwestycyjne.

## 1. Wprowadzenie

Obecnie coraz większe znaczenia ma fakt wyboru odpowiedniego źródła ciepła dla ogrzewanych obiektów.

Zasoby paliw konwencjonalnych zmniejszają się, a zapotrzebowanie na energię rośnie, czego przyczyną można upatrywać we wzroście tempa rozwoju gospodarczego wielu krajów, czy też zwiększeniu się liczby ludności. Zużycie energii do celów ogrzewania, podgrzewu ciepłej wody, oświetlenia, chłodzenia i pracy urządzeń elektrycznych w sektorze budowlanym stanowi około 40 % całkowitej ilości energii pierwotnej w Polsce, a jedną trzecią w krajach EU-30 (Ziębik i in., 2005). Ograniczanie zużycia energii realizowane jest poprzez stosowanie przegród zewnętrznych o coraz niższych współczynnikach przenikania ciepła, podwyższanie sprawności instalacji wewnętrznych – na etapie produkcji, dystrybucji i wykorzystania energii. W przypadku wytwarzania energii do celów1) grzewczych duże znaczenie odgrywa decyzja inwestora o wyborze źródła ciepła.

W artykule przedstawiono wyniki analizy przeprowadzonej dla budynku Domu Kultury i Sportu położonego w województwie podlaskim.

## 2. Możliwości techniczne zastosowania różnych paliw w ogrzewnictwie

### 2.1. Paliwa stałe

Paliwa stałe są dostępne w postaci: drewna, torfu, węgla kamiennego, węgla brunatnego, brykietów, koksu i półkoksu (Foit, 2010). W przypadku węgla kamiennego znanych jest wiele jego odmian, o różnej granulacji: kostka (od 80 do 120 mm), orzech (od 40 do 80 mm), groszek (od 20 do 40 mm), groszek EKO (od 8 do 25 mm) oraz miał i flotokoncentrat.

Brykiety wytwarzane są z rozdrobnionego i wysuszonego węgla kamiennego lub brunatnego w procesie prasowania w brykietniach, w którym uzyskuje się produkt, którego spalanie prowadzi do 2-3 krotnego obniżenia emisji CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> i pyłów (www.brykiet-weglowy.pl). Z kolei koks powstaje w wyniku procesu suchej destylacji węgla, polegającym na oddzieleniu części lotnych, przy ogrzewaniu bez dostępu do powietrza w temperaturze 600-1200°C. Półkoksu uzyskuje się w procesie wytłewania węgla kamiennego lub brunatnego w temperaturze około 500°C (Foit, 2010; www.paliwa-kopalne.pl). Najstarszym stosowanym paliwem jest drewno. W wysokich temperaturach, przy jego podgrzewaniu, wydzielają się gazy głównie zawierające węgiel, tlen i wodór. Spalane jest w różnych postaciach takich jak trociny, pelety, brykiety z pyłów drzewnych lub odpady (Pieńkowski i in., 1999). Produktem powstałym podczas prasowania biomasy (trociny drzew liściastych) są pellety – w kształcie walca o średnicy od 6 do 8 mm i długości

\* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: d.krawczyk@pb.edu.pl

od 10 do 30 mm ([www.arnomeko.pl](http://www.arnomeko.pl)). Zaletami pelletów jest duża gęstość, niska zawartość CO<sub>2</sub> w spalinach i stosunkowo niska cena, natomiast nie jest to jeszcze produkt łatwo dostępny w odpowiednio dużych ilościach we wszystkich miejscowościach w kraju.

Najważniejszym parametrem, warunkującym przydatność danego paliwa do celów energetycznych jest jego wartość opałowa, podawana w kJ/kg. Należy jednak pamiętać, iż w przypadku wielu rodzajów paliw ich przydatność warunkuje jeszcze wilgotność, która w stanie pozyskanym jest wysoka i wynosi nawet 60%.

Wartość opałową paliw stałych oblicza się zgodnie z zależnością (Foit, 2010):

$$Q_1 = 339,1C + 1214,2\left(H - \frac{O}{8}\right) + 104,7S - 25,12W_c \quad [kJ/kg] \quad (1)$$

gdzie:  $C$ ,  $H$ ,  $O$ ,  $S$ ,  $W_c$  są odpowiednio udziałami masowymi poszczególnych składników paliwa, to znaczy węgla, wodoru, tlenu, siarki i wody.

Wartości opałowe podstawowych paliw stałych zestawiono w tabeli 1 (Pieńkowski i in., 1999, [www.biomasa.org.pl](http://www.biomasa.org.pl), [www.globenergia.pl](http://www.globenergia.pl), [www.brykiet-węglowy.pl](http://www.brykiet-węglowy.pl)).

Tab. 1. Wartości opałowe podstawowych paliw stałych

Lp.	Nazwa paliwa	Wartość opałowa w kJ/kg
1	Węgiel kamienny	21 000-31 000
2	Brykiet węglowy	28 700
3	Węgiel brunatny	20 000
4	Drewno kawałki	11 000-22 000
5	Koks	25 000-29 000
6	Eko groszek	25 000-26 000
7	Zrębki	6 000-16 000
8	Torf	11 000-15 000
9	Pelety	16 500-17 500
10	Słoma	14 300-15 200

Oczywiście wartość opałowa nie jest jedynym czynnikiem warunkującym zastosowanie danego paliwa. Poszczególne rodzaje paliw stałych różnią się między sobą ceną, dostępnością, co ma wpływ na stronę ekonomiczną. Ponadto cechuje je różna emisją zanieczyszczeń do atmosfery podczas procesu spalania, dlatego część paliw jest promowana ze względów ekologicznych.

## 2.2. Paliwa ciekłe

W skład paliw płynnych wchodzi: oleje mineralne, oleje smołowe i oleje syntetyczne. W wyniku destylacji ropy naftowej, będącej mieszaniną różnorodnych związków chemicznych, powstają oleje lekkie, średnie i ciężkie. Podstawowe znaczenie ma otrzymywany tą drogą olej opałowy lekki, przeznaczony do spalania w kotłach. Oleje smołowe to produkty destylacji smół, a oleje syntetyczne

są wytwarzane z węgla i pozostałości ropy naftowej. (Pieńkowski i in., 1999). Podczas spalania oleju powstają głównie zanieczyszczenia gazowe, takie jak tlenki azotu, dwutlenek węgla, dwutlenek siarki oraz niespalone węglowodory (Kordylewski, 1999).

Ciepło spalania i wartość opałowa są uzależnione od zawartości wodoru w paliwie. Im więcej wodoru, tym większa jest wartość opałowa. W przypadku olejów mineralnych stosunek wodoru do paliwa zawiera się w granicach: 0,115-0,165, zatem wahania wartości opałowej są nieznaczne (Żyłkiewicz, 2012).

## 2.3. Paliwa gazowe

Paliwa gazowe mają szerokie zastosowanie w ciepłownictwie, gdyż zapewniają praktycznie bezobsługową możliwość zasilania obiektu w paliwo, łatwość pełnej automatyzacji procesu spalania oraz dobre parametry ekologiczne. Paliwa gazowe lżejsze od powietrza stosowane w gospodarce komunalnej są rozprowadzane za pośrednictwem sieci gazowej. Podzielono je na grupy, w zależności od sposobu ich pozyskiwania i nominalnej wartości liczby Wobbiego. Gazy sztuczne mogą być wytwarzane poprzez przetwarzanie paliw stałych i ciekłych oraz ich mieszaniny z gazami ziemnymi i propano-butanowymi. Gaz ziemny pochodzenia naturalnego, których składnikiem jest głównie metan możemy podzielić na podgrupy: gazy wysokometanowe E, zaazotowane Lw, Ls, Ln i Lm. Ciepło spalania poszczególnych rodzajów gazu podano w tabeli 2.

Tab. 2. Właściwości niektórych paliw gazowych ([www.gazyfikacja.com](http://www.gazyfikacja.com), [www.orlengaz.pl](http://www.orlengaz.pl))

Rodzaj gazu	Ciepło spalania w MJ/m <sup>3</sup>
Gaz wysokometanowy typu E	39,5
Gaz zaazotowany Ls	28,8
Gaz zaazotowany Lw	32,8
Propan	99,2
Butan	133,2

## 3. Możliwości zastosowania różnych paliw w rozpatrywanym obiekcie.

Rozpatrywany budynek znajduje się w IV strefie klimatycznej. Składa się z trzech kondygnacji nadziemnych i piwnicy, gdzie zlokalizowana jest kotłownia. W kotłowni będzie wytwarzany czynnik grzewczy na potrzeby c.o. o parametrach pracy 80/60°C. Projektowane źródła ciepła pokrywają całkowite zapotrzebowanie na moc cieplną na cele c.o., wynoszące 58 kW. Do obliczeń projektowych straty ciepła przyjęto podane współczynniki przenikania ciepła przez przegrody budowlane wynoszące 0,3 W/m<sup>2</sup>K przy ścianach zewnętrznych, 1,9 W/m<sup>2</sup>K przy ścianach wewnętrznych, 1,7 W/m<sup>2</sup>K dla okien. Całkowite zapotrzebowanie

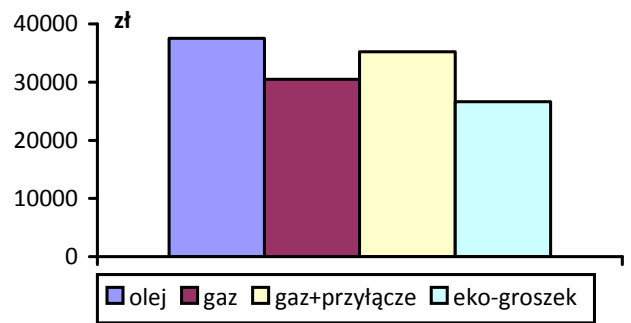
na ciepło pomieszczeń określono zgodnie z PN-EN 12831 *Instalacje ogrzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego*, a moc cieplna, którą musi zapewnić źródło ciepła wyniosła 57,6 kW.

W każdym z trzech wariantów ciepła woda użytkowa będzie przygotowywana za pomocą podgrzewaczy elektrycznych, dlatego koszty związane z eksploatacją nie wchodzi w zakres niniejszej analizy. We wszystkich przypadkach instalacje wewnątrz kotłowni będą wykonane z rur stalowych czarnych, łączonych poprzez spawanie, zgodnie z *Warunkami technicznymi wykonania i odbioru robót budowlano-montażowych* (1998) oraz *Warunkami technicznymi wykonania i odbioru instalacji ogrzewczych* (Płuciennik, 2006).

W pierwszym wariantcie źródłem ciepła będzie olejowy kocioł typu GT 225, o mocy 64 kW, wyposażony w nadmuchowy, olejowy palnik typu M 201/2S, firmy De Dietrich. Regulacja pogodowa kotła będzie odbywać się we współpracy z czujnikiem zewnętrznym i termostatem pokojowym. Instalacja będzie pracowała w układzie zamkniętym z przeponowym naczyniem wzbiorczym typu NG 25 o pojemności 25 l, firmy Reflex. Odprowadzanie spalin odbywać się będzie do komina ze stali kwasoodpornej o średnicy 180 mm. Olej magazynowany będzie w pomieszczeniu obok kotłowni. Przewidziano, że zbiorniki typu 1003 E, firmy Werit należy napełniać co 60 dni.

W drugim wariantcie na cele grzewcze będzie pracował gazowy atmosferyczny kocioł typu DTG 230 S firmy De Dietrich. Automatyka kotła, układ instalacji oraz odprowadzanie spalin pozostaje bez zmian, jak w wariantcie pierwszym, natomiast brak jest urządzeń do gromadzenia i transportu oleju.

W trzecim wariantcie zaproponowano kocioł na Eko-groszek typu Viadrus Ling 75 z podajnikiem, firmy Klimosz. Praca kotła sterowana będzie również za pomocą czujnika zewnętrznego oraz termostatu pokojowego. Instalacja będzie pracowała w systemie otwartym z naczyniem wzbiorczym otwartym typu A/21 o pojemności użytkowej 25 l, umieszczonym pod stropem ostatniej kondygnacji. Rury bezpieczeństwa, wznosna, przelewowa, odpowietrzająca oraz sygnalizacyjna będą wykonane z rur stalowych. Odprowadzanie spalin będzie odbywać się do komina z cegły pełnej o przekroju 200 × 250 mm. Dla każdego z wariantów określono nakłady inwestycyjne oraz koszty eksploatacyjne. W przypadku nakładów ponoszonych na wykonanie kotłowni (rys. 1) najtańsza okazała się kotłownia na paliwo stałe, choć koszt kotłowni gazowej był wyższy jedynie o 14% i w przypadku zastosowania urządzeń innych firm mógłby być zbliżony do wariantu 3. W tym przypadku nie uwzględniano faktu, że w przypadku gazu konieczne mogłyby się okazać wykonanie przyłącza gazowego. Taki przypadek rozpatrzono dodatkowo. Jak widać nakłady w wariantcie drugim uległy zwiększeniu i były tylko nieco niższe, niż w przypadku kotłowni olejowej.



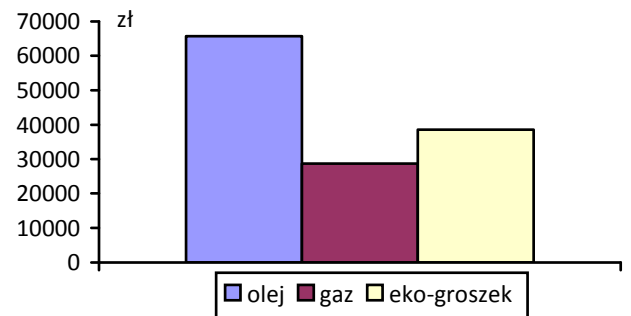
Rys. 1. Zestawienie nakładów inwestycyjnych (Żyłkiewicz, 2012)

Koszty eksploatacyjne policzono przy założeniu, że sezon grzewczy trwa 232 dni. W pierwszym wariantcie cenę oleju przyjęto na poziomie 3,30 zł/l, co przy zużyciu 15.490 l/sezon dało 51.117 zł. Dodatkowo przyjęto koszt konserwacji kotłowni w kwocie 200 zł/miesiąc. W przypadku wariantu drugiego zużycie gazu wyniosło 57 m<sup>3</sup>/dobę. Cenę gazu przyjęto według taryfy W-4 Mazowieckiej Spółki Gazowniczej (tab. 3). Koszt konserwacji kotłowni w kwocie 200 zł/miesiąc.

Tab. 3. Stawki opłat za usługi dystrybucji Mazowieckiej Spółki Gazowniczej

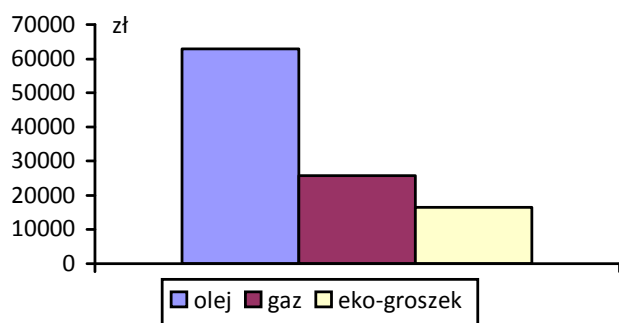
Opłata		
abonamentowa	stała	zmienna
zł/m-c	zł/m-c	zł/m <sup>3</sup>
12,18	116	0,2657 + 1,17

Przy Eko-groszku wyliczone zużycie wyniosło 23.645 kg/sezon, a przyjęto cena 565,8 zł/t. Koszty obsługi przyjęto równe 18.000,00 zł/rocznie. Porównanie kosztów eksploatacji pokazano na rysunku 2.



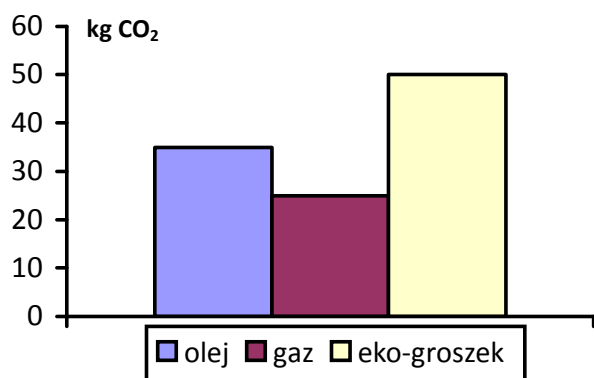
Rys. 2. Zestawienie kosztów eksploatacyjnych (Żyłkiewicz, 2012)

Wykres sezonowych kosztów eksploatacyjnych (rys. 2) pokazuje, iż zdecydowanie największe koszty wystąpiły podczas ogrzewania olejem opałowym lekkim, natomiast opłaty za gaz ziemny są najniższe. Koszty dla eko-groszku są pośrednie, natomiast duży wpływ na ten fakt ma koszt obsługi. Gdyby nie była ona wymagana koszty przedstawiałyby się tak, jak na rysunku 3.

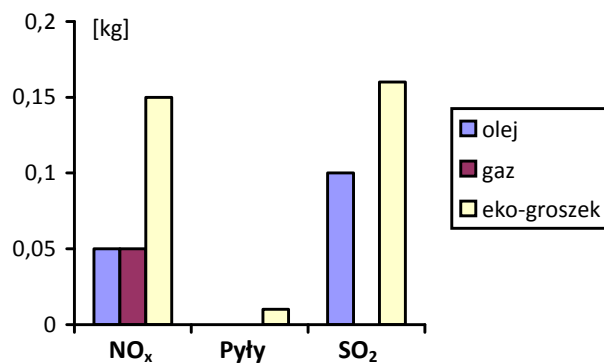


Rys. 3. Zestawienie kosztów eksploatacyjnych bez uwzględnienia obsługi (Żyłkiewicz, 2012)

Wykres ten pokazuje, iż najtańszym rozwiązaniem byłoby trzecie z możliwych. Takie wnioski można wysunąć przy analizie sposobów ogrzewania budynków jednorodzinnych, natomiast w rozpatrywanym przypadku zważając na to, iż jest to budynek usługowy, musi być zapewniona stała kontrola, a zatem obsługa jest konieczna. Analizując powyższe wykresy, można stwierdzić, iż najmniej nakładów pieniężnych jest potrzebnych na budowę kotłowni na paliwo stałe, jednak przy eksploatacji zajmuje ona drugie miejsce. Jedyne w przypadku gazu ziemnego potrzeby finansowe na użytkowanie nie przewyższają nakładów. Natomiast koszt wykonania jest różny w zależności od wybranej opcji, ale nie wpływa znacząco w stosunku do innych rozwiązań. W wariantach pierwszym i drugim koszty inwestycyjne, jak i koszty eksploatacyjne są najwyższe spośród wybranych rozwiązań. Z powyższych danych wynika, iż najdogodniejszym rozwiązaniem jest kotłownia gazowa. Atutem tego rozwiązania jest wolne pomieszczenie, które nie jest potrzebne do magazynowania paliwa. W kotłowni na paliwo stałe istnieje konieczność wydzielenia składu opału i żużla, a w olejowej magazynu oleju. Porównano także pod względem ekologicznym. Na podstawie jednostkowych wskaźników ([www.kape.gov.pl](http://www.kape.gov.pl)) oszacowano ilości zanieczyszczeń, jakie powstałyby przy spalaniu poszczególnych paliw w ciągu sezonu grzewczego. Na rysunku 4 pokazano emisję dwutlenku węgla, natomiast na rysunku 5 tlenków azotu, pyłów i dwutlenku siarki dla poszczególnych paliw. Najlepsze parametry ekologiczne posiada gaz ziemny.



Rys. 4. Emisja dwutlenku węgla



Rys. 5. Emisja tlenków azotu, pyłów i dwutlenku siarki

#### 4. Podsumowanie i wnioski

Analiza porównawcza wykazała, że pod względem inwestycyjnym najtańsza jest kotłownia na Eko-groszek, natomiast najdroższa na olej opałowy lekki. Kotłownia gazowa plasuje się pomiędzy nimi, jednak na jej koszt duży wpływ może mieć konieczność wykonania przyłącza gazowego – w przypadku jego istnienia koszt jest zbliżony do kotłowni węglowej, natomiast jego brak może prowadzić do zwiększenia nakładów do poziomu kotłowni olejowej, a nawet ich przewyższenia. W przypadku kosztów eksploatacyjnych bez uwzględniania obsługi i konserwacji najtańszy jest wariant z kotłownią węglową, jednak po ich uwzględnieniu – co musi mieć miejsce w we wszystkich obiektach z wyjątkiem domów jednorodzinnych, najbardziej opłacalnym cenowo okazuje się wariant z kotłownią gazową. W obu przypadkach, zarówno przy uwzględnianiu kosztów obsługi i konserwacji, jak i bez nich, najdroższa w eksploatacji okazała się kotłownia olejowa. Pod względem ekologicznym najlepsza jest kotłownia opalana gazem ziemnym. Poza aspektem ekonomicznym i ekologicznym należy rozważyć warunki techniczne i użytkowe. Należy do nich dostępność paliw, możliwość przyłączenia do sieci gazowej, parametry sieci (na przykład konieczność wykonania dodatkowej stacji redukcyjnej), wielkość pomieszczenia kotłowni (przy węglu i oleju – konieczność wygospodarowania dodatkowych pomieszczeń na paliwo, które w wariantach z kotłem na gaz ziemny można przeznaczyć na inne cele).

#### Literatura

- Foit H. (2010). Indywidualne, konwencjonalne źródła ciepła. *Wydawnictwo Politechniki Śląskiej*, Gliwice.
- Kordylewski W. (1999). Spalanie i paliwa. *Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej*, Wrocław.
- Pieńkowski K., Krawczyk D., Tumel W. (1999). Ogrzewnictwo. *Wydawnictwo Politechniki Białostockiej*, Białystok.
- Pluciennik M. (2006). Warunki Techniczne Wykonania i Odbioru Instalacji Ogrzewczych. *COBRTI INSTAL*, Warszawa.
- Warunki Techniczne Wykonania i Odbioru Robót Budowlano – Montażowych. Tom 2. Instalacje sanitarne i przemysłowe. St. Poniatowski (red.), *Arkady*, Warszawa.

- Wykorzystanie paliw stałych w ogrzewnictwie. Poradnik. [www.bape.com.pl/Portals/0/Poradnik.pdf](http://www.bape.com.pl/Portals/0/Poradnik.pdf)
- Ziębik A., Hoinka K., Kolokotroni M. (2005). System approach to the energy analysis of complex buildings. *Energy and Buildings*, Vol.37, 930-938.
- Żyłkiewicz U. (2012). Analiza techniczno-ekonomiczna wyboru źródła ciepła dla budynku Ośrodka Kultury i Sportu w Ciechanowcu. Praca dyplomowa, *Politechnika Białostocka*.

**THE ANALYSIS OF DIFFERENT  
ENERGY SOURCES FOR THE BUILDING  
OF CULTURE AND SPORT CENTRE**

**Abstract:** The article presents the comparison of three heat sources working for the public building. An economic analysis, including estimation and comparison of investment and operating costs for selected solutions was done. Moreover technical feasibility and environmental problems were discussed.

Pracę wykonano w Politechnice Białostockiej w ramach realizacji prac statutowych Politechniki Białostockiej S/WBIŚ/5/2011.