

Grzegorz BARTNICKI, Agnieszka CHMIELEWSKA*

EFEKTYWNOŚĆ WYKORZYSTANIA ENERGII PIERWOTNEJ DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ W LOKALNEJ KOTŁOWNI OSIEDLOWEJ

W artykule przedstawione zostały wyniki badań zużycia mediów prowadzonych w istniejącym systemie grzewczym, w którym od kilku lat prowadzone są badania dotyczące problematyki efektywności energetycznej systemów grzewczych oraz funkcjonowania współczesnych, lokalnych źródeł ciepła. Na podstawie danych pomiarowych oszacowano udział ciepła na cele przygotowania ciepłej wody użytkowej w mieszkaniach, który jest zdecydowanie większy niż podawany w literaturze. Określono również zmienność zużycia paliwa i ciepłej wody użytkowej w cyklu rocznym i miesięcznym. Na tej podstawie oszacowano ilość zużytego paliwa na cele przygotowania ciepłej wody użytkowej w ciągu roku.

1. WPROWADZENIE

Postęp cywilizacji jest związany ze stałym przyrostem zużycia energii, która jest niezbędna do rozwoju gospodarczego i społecznego ludzkości. Sektor budowlany należy przy tym do wysoce energochłonnych obszarów gospodarki, dlatego UE wprowadziła dla niego dodatkowe regulacje prawne. Dzięki tym przepisom w budynkach mieszkalnych zapotrzebowanie na ciepło na cele centralnego ogrzewania jest coraz mniejsze, jednak przygotowanie ciepłej wody użytkowej wiąże się z poborem ciepła, którego wielkość z ekonomicznego i energetycznego punktu widzenia jest dalej znacząca.

Z tego powodu w artykule została zbadana sprawność wykorzystania ciepła zawartego w paliwie do celów przygotowania ciepłej wody użytkowej.

* Politechnika Wroclawska, Wydział Inżynierii Środowiska, Katedra Klimatyzacji, Ogrzewnictwa, Gazownictwa i Ochrony Powietrza, Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, grzegorz.bartnicki@pwr.edu.pl.

Trzeba pamiętać, że zwiększenie efektywności energetycznej systemu zaopatrzenia w ciepło niesie za sobą m.in. korzyści finansowe, które są niezwykle istotne z punktu widzenia właścicieli lokali mieszkalnych. Pozwala bowiem ograniczyć koszty utrzymania nieruchomości, zarówno jako całości, jak również poszczególnych lokali mieszkalnych. Oczywiście nie można również zapomnieć, że poprawa efektywności energetycznej to również zmniejszenie emisji zanieczyszczeń, a w skali globalnej – bardziej racjonalne zarządzanie nośnikami energii pierwotnej.

2. OPIS SYSTEMU BADAWCZEGO

Analizą objęto sześć budynków wielorodzinnych wzniesionych w latach 2008-2009. Łącznie we wszystkich budynkach znajduje się 259 funkcjonalnych mieszkań o powierzchni od 26,7 do 103,4 m². Są to budynki podpiwniczone, w których na poziomie piwnicy usytuowano podziemne garaże i komórki lokatorskie. Konstrukcja budynków jest wykonana z materiałów tradycyjnych o podwyższonej izolacyjności i akustyczności. Wszystkie obiekty posiadają podobne rozwiązania konstrukcyjne i cieplne.

Ciepło na potrzeby centralnego ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej wytwarzane jest w dwóch lokalnych kotłowniach gazowych (oznaczonych w dalszej części publikacji jako ZM01 i ZM02). Każda z central grzewczych zasila w ciepło trzy budynki mieszkalne. Zamontowane w nich zostały po dwa żeliwne kotły gazowe firmy De Dietrich DTG 320 EcoNOx o mocy 342 kW każdy. Wszystkie kotły wyposażone zostały w palniki atmosferyczne, które powodują, że proces spalania przebiega z ograniczoną sprawnością.

Przygotowanie ciepłej wody użytkowej w obu kotłowniach odbywa się za pomocą baterii podgrzewaczy pojemnościowych, a instalacja doprowadzająca ciepłą wodę użytkową do odbiorców wyposażona została w termostaticzne zawory podpionowe. Instalacja centralnego ogrzewania wykonana została w systemie rozdzielaczowym.

Analiza dwóch bardzo podobnych z punktu widzenia konstrukcji grup budynków pozwala na uśrednienie prowadzonych obserwacji i wyeliminowanie błędów pomiarowych.

3. METODA BADAWCZA

Wszystkie analizowane mieszkania zostały wyposażone w instalację wodociągową doprowadzającą zimną i ciepłą wodę użytkową do pomieszczenia kuchni oraz łazienki. Każdy z lokali opomiarowany został przy pomocy wodomierzy mieszkaniowych skrzydełkowych jednostrumieniowych JS o $q_n = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ do pomiaru zużycia wody

zimnej i ciepłej. Do pomiaru zużycia ciepła na potrzeby centralnego ogrzewania w szafkach rozdzielaczowych zamontowane zostały liczniki ciepła, zbudowane z przepływomierza skrzydełkowego, pary czujników temperatury i elektronicznego przelicznika (integratora). Odczyty zużycia mediów w mieszkaniach dokonywane były raz na miesiąc.

Miesięczne zużycie gazu na potrzeby centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej wyznaczone zostało jako różnica wskazań gazomierza z początku i końca danego miesiąca. Roczne zużycie ciepła na potrzeby c.w.u. i c.o. obliczone zostało na podstawie pomiarów dla poszczególnych mieszkań. Badania obejmowały okres od stycznia 2012 r. do grudnia 2013 r.

4. ANALIZA

4.1. CHARAKTERYSTYKA ZUŻYCIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ

Roczne zużycie ciepłej wody użytkowej, odrębnie dla każdej z analizowanych kotłowni porównano w tabeli 1. W obu analizowanych centralach grzewczych można zauważyć niewielką zmienność zużycia ciepłej wody w latach 2012–2013. Znikome wahania w poborze medium na poziomie 2–3% mogą być związane z niezmienną strukturą budynków lub liczbą mieszkańców.

Tabela 1. Roczny pobór ciepłej wody użytkowej w mieszkaniach zasilanych z kotłowni A5 i A6

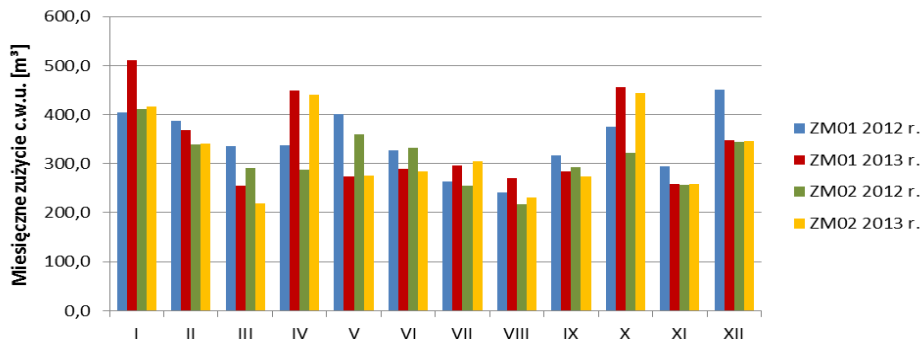
| Kotłownia | Rok | Roczne zużycie c.w.u. [m ³ /a] | Względne zużycia c.w.u. |
|-------------|------|---|-------------------------|
| ZM01 | 2012 | 4134,6 | 100% |
| | 2013 | 4061,2 | 98% |
| ZM02 | 2012 | 3709,6 | 100% |
| | 2013 | 3833,6 | 103% |
| ZM01 i ZM02 | 2012 | 7844,2 | 100% |
| | 2013 | 7894,8 | 101% |

Na rysunku 1 przedstawiono zmienność zużycia ciepłej wody w budynkach zasilanych w ciepło z kotłowni ZM01 i ZM02 w cyklu miesięcznym. Zmienność zużycia wody w poszczególnych miesiącach jest znacznie większa niż w ujęciu rocznym. Miesięczny rozbiór wody waha się w zakresie od 6 do 13% rocznego zużycia ciepłej wody.

W tabeli 2 zamieszczono oszacowane zużycie ciepła potrzebne do podgrzania zużytej ilości wody w mieszkaniach oraz – odrębnie – do ogrzania mieszkań.

Należy podkreślić, że układ mieszkaniowy pomiarowy nie rejestrował temperatur wody zimnej i ciepłej, tym samym oszacowane wartości obciążone są błędem metody.

Zachowano przy tym należyłą staranność przy wykonywaniu obliczeń, a dla pełniejszego spojrzenia na zjawisko w analizie uwzględniono zakres różnicy temperatur od 45 do 55°C.



Rys. 1. Miesięczna zmienność zużycia ciepłej wody użytkowej w latach 2012–2013

Analizując dane zawarte w tabeli 2 można zauważyć znaczący udział zużycia ciepła na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej w całkowitym bilansie zużycia energii cieplnej przez mieszkania. W zależności od przyjętych założeń udział ten mieści się w zakresie od 40 do 48%. Relacja ta może zyskiwać inne wartości w przypadku analiz wskazań układu pomiarowego zlokalizowanego w źródle ciepła. Centralny pomiar mediów uwzględnia bowiem straty ciepła na przesyle w instalacji c.o., c.w.u. oraz działanie cyrkulacji.

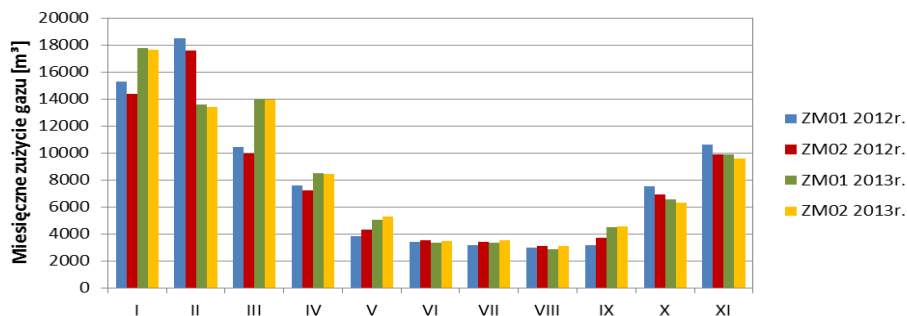
Tabela 2. Ilość ciepła zużyta na potrzeby ogrzewania i podgrzewania ciepłej wody użytkowej w mieszkaniach

| Rok | Kotłownia | Zużycie ciepła do podgrzania c.w.u. [GJ] | | Zużycie ciepła do ogrzewania mieszkań [GJ] |
|------|-----------|--|---|--|
| | | $\Delta t = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ | $\Delta t = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ | |
| 2012 | ZM01 | 779,6 | 866,2 | 1076,1 |
| | ZM02 | 699,4 | 777,1 | 1007,1 |
| 2013 | ZM01 | 765,7 | 850,8 | 1144,1 |
| | ZM02 | 722,8 | 803,1 | 1098,5 |

4.2. CHARAKTERYSTYKA ZUŻYCIA GAZU

Na rys. 2 przedstawiono miesięczne zużycie gazu w analizowanych kotłowniach na przełomie lat 2012–2013. Wyraźnie widoczny jest jednoznaczny trend dla okresu letniego, który wskazuje, że od czerwca do sierpnia analizowane kotłownie działały wyłącznie na potrzeby przygotowania ciepłej wody. Miesięczne zużycie gazu w tych

miesiącach jest w zasadzie takie samo i to w kolejnych latach prowadzenia badań. Związane jest to również z dość stabilnym zużyciem wody w tym okresie.



Rys. 2. Miesięczna zmienność zużycia gazu w latach 2012–2013 (kotłownia A5 i A6)

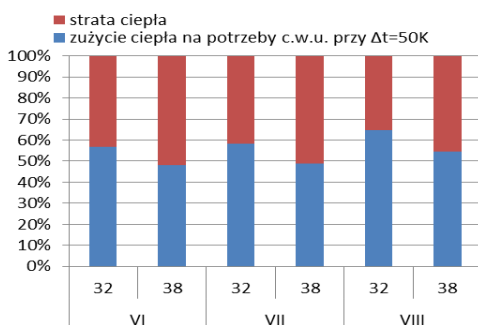
4.3. SPRAWNOŚĆ WYKORZYSTANIA CIEPŁA ZAWARTEGO W PALIWIE DO PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ

Z uwagi na zagadnienia formalne i trudności techniczne, wartość opałowa gazu nie jest mierzona w punktach poboru paliwa. Z tego względu przeliczenie ilości paliwa gazowego na ciepło odbywać się może w oparciu o przyjętą średnioroczną wartość opałową gazu. W analizach przyjęto dwie różne wartości tej wielkości – 32 i 38 MJ/m³.

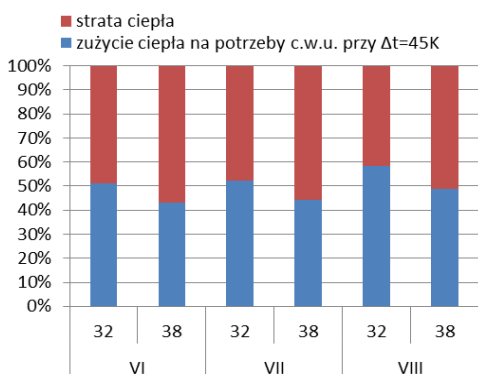
Na rys. 3 i rys. 4 przedstawiono udział zużycia ciepła w postaci c.w.u. wyznaczonego na podstawie pomiaru zużycia ciepłej wody we wszystkich mieszkaniach obsługiwanych przez kotłownie ZM01 i ZM02. Przyjęto jako poziom odniesienia ilość ciepła możliwą do wytworzenia poprzez spalanie gazu w ciągu miesiąca, do ilości która została zmierzona, zakładając średnią wartość opałową paliwa. Analizy przeprowadzono dla miesięcy, w których kotłownia pracowała tylko na cele przygotowania ciepłej wody użytkowej. Na tej podstawie oszacowano straty ciepła badanego systemu, które wynoszą od 35 do 57%. Najmniejsze straty występowały w sierpniu, gdzie występowało również najmniejsze zużycie.

Badanie przeprowadzone na budynkach zasilanych z kotłowni ZM02 dały bardzo zbliżone wyniki. Straty ciepła wynoszą 42 do 60%, a najmniejsze wartości występują w sierpniu.

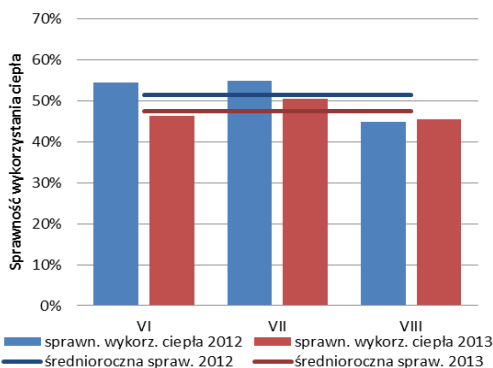
Sprawdzono również czy podobny trend utrzymywał się we wcześniejszym roku działania instalacji. Na rys. 5 i rys. 6 przedstawiona została sprawność przygotowania ciepłej wody użytkowej w poszczególnych miesiącach 2012 i 2013 r. w kotłowniach ZM01 i ZM02. Na zamieszczonych wykresach widać, że we wcześniejszym roku działania instalacji również możemy zaobserwować wykorzystanie ciepła na cele przygotowania ciepłej wody użytkowej w zakresie od 40% do 55% (przy założeniu $\Delta t = 50,36 \text{ MJ/m}^3$).



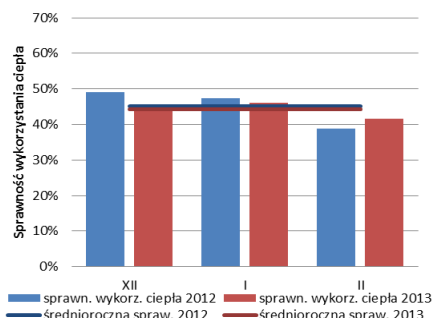
Rys. 3. Udział zużycia ciepła na potrzeby c.w.u. w zużyciu energii pierwotnej zawartej w paliwie przy założonej wartości opałowej 38 MJ/m³ i 32 MJ/m³ (Δt c.w.u. = 50K) w kotłowni ZM01 w czerwcu, lipcu i sierpniu 2013 r.



Rys. 4. Udział zużycia ciepła na potrzeby c.w.u. w zużyciu energii pierwotnej zawartej w paliwie przy założonej wartości opałowej 38 MJ/m³ i 32 MJ/m³ (Δt c.w.u. = 45K) w kotłowni ZM02 w czerwcu, lipcu i sierpniu 2013 r.



Rys. 5. Sprawność wykorzystania ciepła zawartego w paliwie w kotłowni ZM01 w miesiącach VI–VIII



Rys. 6. Sprawność wykorzystania ciepła zawartego w paliwie w kotłowni ZM02 w miesiącach VI–VII

4.4. WZGLĘDNA WARTOŚĆ ZUŻYCIA GAZU NA POTRZEBY PRZYGOTOWANIA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ

Dysponując zużyciem gazu i ciepłej wody użytkowej w ciągu roku oszacowany został udział zużycia nośnika energii pierwotnej na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej w odniesieniu do całkowitego zużycia paliwa.

Tabela 3. Względna wartość zużycia gazu potrzebna do przygotowania ciepłej wody użytkowej w kotłowni ZM01 i ZM02 w ciągu roku w latach 2009–2010

| miesiące | | Zużycie ciepłej wody użytkowej [m ³] | | Zużycie gazu [m ³] | | Oszacowana ilość gazu potrzebna do przygotowania c.w.u. | |
|----------|------|--|--------|--------------------------------|--------|---|-----|
| | | VI–VIII | I–XII | VI–VIII | I–XII | m ³ | % |
| 2012 | ZM01 | 831,0 | 4134,6 | 9542 | 101117 | 47479 | 47% |
| | ZM02 | 803,4 | 3709,6 | 9556 | 102089 | 44122 | 43% |
| 2013 | ZM01 | 857,6 | 4061,2 | 10048 | 97747 | 47582 | 49% |
| | ZM02 | 820,2 | 3833,6 | 10083 | 101609 | 47126 | 46% |

Udział zużycia gazu na potrzeby przygotowania ciepłej wody jest stosunkowo wysoki i wynosi od 43 do 49%. Trzeba jednak pamiętać, że w zastosowanej metodzie nie uwzględnia się różnic w zapotrzebowaniu na ciepło dla instalacji cyrkulacyjnej w zależności od pory roku.

5. WNIOSKI

Obowiązujące regulacje prawne wymuszają na inwestorze zagwarantowanie coraz lepszej ochrony cieplnej budynków. Przekłada się to na ograniczenie zużycia ciepła

na potrzeby ogrzewania pomieszczeń. W przypadku układu przygotowania c.w.u. brak jest presji na podobne działania, a zmniejszenie zużycia wody (a dalej ciepła) jest w istocie indywidualną decyzją użytkownika. W konsekwencji udział zużycia ciepła na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej w całkowitym bilansie budynku jest coraz większy. Zależność ta jest tym większa im budynek spełnia bardziej restrykcyjne wymagania ochrony cieplnej.

Straty ciepła badanego systemu zaopatrzenia w ciepło wynosiły w 2013 r. w okresie letnim ok. 42 do 60%. Składały się na nie m.in. straty ciepła w instalacji dystrybucji (c.w.u. i cyrkulacja), niewłaściwe sterowanie, czy sprawność urządzeń grzewczych. Wyznaczona wartość może również uwzględniać niedokładności układu pomiarowego, jak i różnicę pomiędzy przyjętą do obliczeń, a rzeczywistą wartość opałową gazu.

Otrzymane wyniki skłaniają do maksymalnego ograniczenia strat ciepła w instalacji c.w.u., zmniejszenia zapotrzebowania ciepła na ciepłą wodę, jak i zwrócenia szczególnej uwagi na dobór źródła ciepła i sposobu sterowania instalacją przygotowania c.w.u.

Praca współfinansowana w ramach badań statutowych S40-012.

LITERATURA

- [1] BARTNICKI G., NOWAK B., *Sezonowe zużycia ciepła a efektywność systemu grzewczego*, Rynek Instalacyjny, 2008, Vol. 16, No. 4.
- [2] BARTNICKI G., KAMOLA A., *Zużycie gazu w lokalnej kotłowni osiedlowej*. Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja, 2012, Vol. 43, No. 11, 487–490.
- [3] BARTNICKI G., NOWAK B., *Liczba użytkowników instalacji jako parametr w analizach dotyczących wielkości poboru c.w.u.*, Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja, 2011, No. 11.
- [4] KAMLER W., *Ciepłownictwo*, cz. I, PWN, Warszawa 1969.
- [5] ROZPORZĄDZENIE MINISTRA INFRASTRUKTURY z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.
- [6] SYPOSZ J., BARTNICKI G., *Badania dotyczące metod szacowania i pomiarów ilości ciepła zużywanego na potrzeby ciepłej wody użytkowej w budynkach mieszkalnych*, Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja, 2005, No. 5.

PRIMARY ENERGY CONSUMPTION FOR PREPARATION OF HOT WATER IN BOILER ROOM

The paper presents the results of the analysis of energy consumption in residential buildings based on an example of a housing estate in Wrocław. Data were obtained from monthly readings of heatmeters, water metres, and gas consumption of two boilers houses. Based on the measured data was estimated share of heat for domestic hot water purposes and monthly variation of fuel and heat consumption.