



Grzegorz BARTNICKI\*, Bogdan NOWAK\*

## **Zmienność poboru paliwa gazowego w lokalnych źródłach ciepła obsługujących grupy budynków mieszkalnych**

Streszczenie: W bieżącym stuleciu stosowane są dwa najczęściej spotykane sposoby zaopatrzenia w ciepło kompleksów budynków wielolokalowych. Pierwszym z nich jest zasilanie w ciepło systemowe z sieci ciepłowniczej, a drugim – budowa i eksploatacja lokalnych kotłowni gazowych. Wykorzystanie innych nośników ciepła występuje tylko wówczas, gdy nie jest możliwe podłączenie źródła ciepła do sieci gazowej lub sieci ciepłowniczej. Budynki wielolokalowe charakteryzują się daleko idącą specyfiką w wielu obszarach swojego funkcjonowania, w tym także w zakresie zużycia ciepła. W przypadku kotłowni gazowych konsumpcja ciepła bezpośrednio przekłada się na pobór paliwa gazowego. W artykule przedstawiono i scharakteryzowano zużycie paliwa gazowego przez lokalną dwufunkcyjną kotłownię na podstawie pomiarów wykonywanych z dużą częstotliwością odczytu. Wiedza na temat procesu poboru gazu, nawet w przypadku jeżeli dotyczy to niewielkich ilości, w skali zużycia krajowego, może być podstawą dla poprawy przebiegu tego procesu. Dotyczyć może to nie tylko aspektu ekonomicznego, ale również technicznego, a także punktu widzenia bezpieczeństwa energetycznego oraz efektywności energetycznej. Z tego względu wszystkie podmioty związane z dostawą i odbiorem paliwa gazowego dla zespołu budynków wielolokalowych powinny być zainteresowane poszerzeniem wiedzy na temat tego procesu.

Słowa kluczowe: nierównomierność zużycia gazu, rozkład dobowy, przygotowanie ciepłej wody użytkowej, kotłownia gazowa

## **The natural gas consumption variability in boiler rooms serving groups of residential buildings**

Abstract: In the current century, the two most common ways of supplying heat to groups of multi-family buildings are used. The first is district heating and the second is local gas boilers rooms. The use of other heat carriers only occurs when it is not possible to connect a heat source to a gas or district heating network. Multi-family buildings are specific in many areas of their operation, including heat consumption. In the case of gas boilers rooms, the consumption of heat directly translates into the consumption of gas fuel. The paper presents and characterizes

\* Dr inż., Katedra Klimatyzacji, Ogrzewnictwa, Gazownictwa i Ochrony, Powietrza Politechnika Wroclawska, Wrocław; e-mail: grzegorz.bartnicki@pwr.edu.pl

the consumption of gas fuel by a local bifunctional boiler room on the basis of high frequency readings. Knowledge of the gas consumption process, even if it is small in size, on the scale of domestic consumption may be the basis for improving the process. This may not only be related to the economic aspects but also to the technical aspects as well as to energy security and energy efficiency. Therefore, all entities involved in the supply and receipt of gaseous fuel for multi-block buildings should be interested in expanding their knowledge of this process.

Keywords: unevenness of the use of gas, daily distribution, preparation of domestic hot water, gas boiler room

## Wprowadzenie

Realizowana obecnie w Europie polityka klimatyczno-energetyczna nakłada na kraje członkowskie obowiązek redukcji emisji CO<sub>2</sub> o 20% oraz zwiększenie efektywności energetycznej o taki sam wskaźnik (marzec 2007 r.) ([Paris Agreement, Report... 2016](#); [Konkluzje...2014](#)). W przypadku Polski można mieć już przekonanie, iż cele na 2020 r. zostaną osiągnięte. Jednak założenia dla nowej perspektywy są jeszcze bardziej ambitne i wymagają ciągłych zmian w organizacji i funkcjonowaniu systemów zaopatrzenia w ciepło. Warto podkreślić związek między dwoma wcześniej przytoczonymi celami polityki klimatyczno-energetycznej. Podniesienie efektywności wykorzystania energii pierwotnej powoduje jednocześnie obniżenie emisji CO<sub>2</sub>. Z punktu widzenia gospodarki krajowej, ale również końcowego odbiorcy energii, jednym z najważniejszych aspektów realizacji polityki klimatyczno-energetycznej jest konieczność wydatkowania bardzo poważnych funduszy na energetykę, w tym również na modernizację systemów zaopatrzenia w ciepło. Wśród potencjalnie możliwych do realizacji projektów modernizacyjnych uczestnicy rynku ciepła (lub szerzej – energii) najczęściej są zainteresowani wdrożeniem tych działań, które przy zaangażowaniu możliwie ograniczonych środków finansowych dają w miarę duży efekt po stronie poprawy efektywności energetycznej. Przekłada się to bowiem bezpośrednio na redukcję kosztów eksploatacji. Efektem tego jest także zmniejszenie emisji CO<sub>2</sub>. Należy mieć na uwadze, że świadomość ekologiczna społeczeństwa jest jeszcze dość ograniczona, i bez bodźców finansowych czy formalno-prawnych trudno oczekiwać, aby pojedyncze osoby czy ich grupy były zainteresowane podejmowaniem działań często wymagających określonych nakładów finansowych, wyłącznie kierując się celem ograniczenia emisji zanieczyszczeń.

Mniejsze czy wręcz małe podmioty, realizując modernizację swoich systemów zaopatrzenia w ciepło, również dodają swój wkład do efektu wymaganego na poziomie krajowym czy europejskim. W artykule reprezentantem takiej grupy graczy na rynku ciepła są wspólnoty mieszkaniowe, które zarządzają i podejmują decyzje odnoszące się do lokalnego, osiedlowego systemu zaopatrzenia w ciepło. To właśnie wspólnoty mieszkaniowe (w pewnym stopniu podobnie jest w spółdzielniach mieszkaniowych) muszą poszukiwać rozwiązań, które są możliwe do realizacji bez konieczności dysponowania dużym kapitałem. Oczywiście w przypadku wspólnot mieszkaniowych podstawą do podejmowania działań jest oczekiwanie wyrażane przez właścicieli lokali mieszkalnych dotyczące obniżenia kosztów wytworzenia czy dostawy ciepła do ogrzewania pomieszczeń i przygotowania ciepłej wody użytkowej. Obniżenie kosztów funkcjonowania nieruchomości najczęściej jest kojarzone

zarówno przez właścicieli lokali mieszkalnych, zarządców i administratorów, a także przez zarządy wspólnot mieszkaniowych z uzyskaniem korzystnych warunków zakupu paliwa. Decydenci podejmują zatem próby wynegocjowania niższych cen lub poszukują nowych dostawców paliw. Z pewnością są to działania skuteczne, jednak ich zasięg jest ograniczony (kwotowo i czasowo), a w wymiarze wieloletnim trudny do prognozowania.

Podstawowym warunkiem dla dokonywania zmian, korekt i poprawy efektywności jakiegoś procesu jest dokładne rozpoznanie jego przebiegu. Dobra diagnoza stanu istniejącego umożliwia skuteczną modyfikację. W przypadku zaopatrzenia w ciepło znajomość zużycia paliwa wykorzystywanego do wytworzenia ciepła umożliwić może zarządzanie popytem w taki sposób, aby bez obniżania komfortu obniżyć koszty. Dodatkowo, dysponując wiedzą w zakresie ilości zużywanego paliwa wspólnota mieszkaniowa poprawia istotnie swoją pozycję negocjacyjną w relacji do dostawcy paliwa. W szerszym ujęciu, rozległa i szczegółowa wiedza w zakresie procesu zużycia paliwa jest ważna dla obu stron – mogą one wypracować efektywne rozwiązanie, które bez wspomnianej wiedzy byłoby niemożliwe, gdyż wiązałoby się z podjęciem nadmiernego ryzyka przez którąś ze stron.

Niezależnie od motywacji do podejmowania działań poszczególnych zarządców nieruchomości czy grup nieruchomości, efekt ich realizacji będzie stanowił składową sumy, jaka ma być osiągnięta na poziomie krajowym. Innymi słowy, bez zaangażowania nawet najmniejszych graczy na rynku ciepła, osiągnięcie celów polityki klimatyczno-energetycznej będzie niemożliwe lub bardzo trudne.

Artykuł przedstawia wynik pomiarów i analiz zużycia paliwa gazowego na cele ogrzewania w kompleksie budynków mieszkalnych wielorodzinnych. Na terenie osiedla funkcjonują dwie kotłownie gazowe dwufunkcyjne zasilane gazem ziemny grupy E. Zaopatrują one w ciepło łącznie 6 budynków, w których znajduje się 256 mieszkań. Średnia powierzchnia mieszkania kształtuje się na poziomie 57,5 m<sup>2</sup> i dominują lokale dwu- i trzypokojowe (odpowiednio – 110 i 99 mieszkań). Każda z kotłowni, poza pracą na cele ogrzewania, odpowiada też za przygotowanie ciepłej wody użytkowej, wykorzystując w tym celu baterię podgrzewaczy pojemnościowych o łącznej pojemności 1500 dm<sup>3</sup>.

Przy opracowaniu wyników skoncentrowano się na podkreśleniu trendów i tendencji, które mogą być charakterystyczne dla tego typu systemów.

## 1. Zmienność w latach

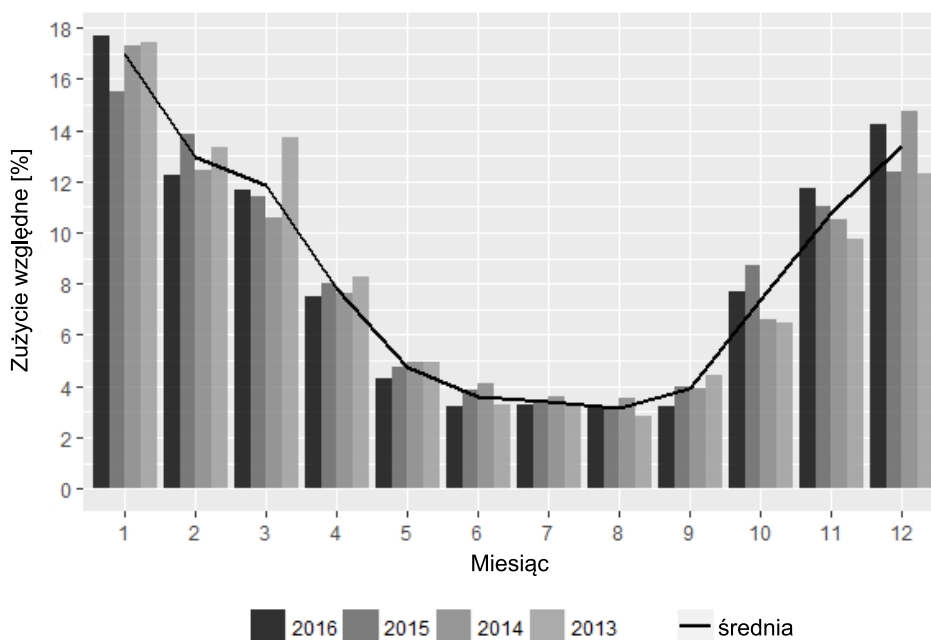
Na podstawie pomiarów realizowanych w latach 2013–2016 określono miesięczne (rys. 1) i roczne (tab. 1) zużycia paliwa gazowego w lokalnej kotłowni dwufunkcyjnej. Aby zilustrować roczną dynamikę zmienności zużycia gazu, przyjęto rok 2016 za bazowy i wyznaczono procentową zmienność konsumpcji paliwa. W badanych czterech latach najniższe zużycie zarejestrowano w 2014 r. Stanowiło ono 90,3% ilości z roku bazowego. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że w badanym czterolecu zmienność poboru paliwa gazowego nie przekraczała  $\pm 10\%$ .

Analizie poddano również zmienność zużycia paliwa w krótszych interwałach czasowych. Dla cyklu miesięcznego zastosowano zmodyfikowaną metodę prezentacji względne-

TABELA 1. Pobór paliwa gazowego w latach 2013–2016

TABLE 1. Gas fuel consumption between 2013 and 2016

Rok	Zużycie gazu [m <sup>3</sup> ]	Zmienność zużycia gazu wzg. roku bazowego [%]
2016	96 762	100,0
2015	89 588	92,6
2014	87 397	90,3
2013	102 089	105,5



Rys. 1. Miesięczne zużycie gazu w latach 2013–2016

Fig. 1. Monthly gas consumption between 2013 and 2016

go zużycia. Odniesiono wielkość zużycia w danym miesiącu do całkowitego zużycia zarejestrowanego w danym roku.

Szczegółowe wyniki zostały przedstawione na wykresie (rys. 1), a jednym z ważniejszych wniosków jest zauważalna stabilność poboru paliwa w okresie miesięcy letnich. Wyodrębnione wyniki dla miesięcy wakacyjnych zostały przedstawione w tabeli 2. W tym czasie paliwo gazowe wykorzystywane jest do produkcji ciepła tylko na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej. W instalacji c.o. główne zawory odcinające pozostają zamknięte, zaś pompy obiegowe wyłączone. Ten stan rzeczy wskazuje, że należałoby oczekiwać dużych wahań chwilowych w poborze paliwa, jak i w okresach dłuższych (szczególnie,

że jest to okres wakacyjny i należy się liczyć z długotrwałym nieużytkowaniem mieszkań w czasie wyjazdu na wypoczynek) gdyż jest to cecha właściwa dla rozbiórów ciepłej wody. Elementem poprawiającym warunki pracy kotłowni na potrzeby tylko c.w.u. jest działający w badanym systemie pojemnościowy układ podgrzewaczy – stanowiący bufor.

TABELA 2. Procentowy udział zużycia gazu w kolejnych miesiącach lata odniesiony do całorocznego zużycia

TABLE 2. Percentage share of summer months gas consumption relative to annual consumption

Miesiąc	2016	2015	2014	2013
Czerwiec	3,24%	3,88%	4,12%	3,27%
Lipiec	3,28%	3,45%	3,61%	3,27%
Sierpień	3,14%	3,06%	3,54%	2,83%

## 2. Wpływ warunków pogodowych

Wielkość strat ciepła przez przegrody budowlane związana jest z konstrukcją (właściwościami izolacyjnymi), powierzchnią oraz różnicą temperatur powietrza wewnętrznego i zewnętrznego. W ujęciu fizyki budowli zużycie ciepła na potrzeby ogrzewania pomieszczeń powinno wykazywać wysoką korelację z wartością temperatury zewnętrznej, gdyż pozostałe parametry są stałe w czasie. Obserwuje się jednak istotny wpływ zachowań, preferencji i przyzwyczajeń użytkowników lokali mieszkalnych na pobór ciepła na cele grzewcze. W konsekwencji zużycie paliwa w kotłowni lokalnej tylko w pewnym stopniu daje się wyjaśnić obserwowanymi wartościami temperatury zewnętrznej. Dodatkowo zanik związku pomiędzy zużyciem paliwa a wartością temperatury zewnętrznej wynika z działania układu przygotowania ciepłej wody użytkowej. Jego działanie co do zasady nie jest bowiem powiązane z wartością temperatury zewnętrznej. Przytaczany np. w (Eicker 2014) udział c.w.u. w zużyciu energii budynków mieszkalnych wynoszący 12% (80% ogrzewanie i 8% energia elektryczna), a 13% w zużyciu ciepła (czyli bez energii elektrycznej), pomimo tego, że pochodzi z dość aktualnego źródła, charakteryzuje sytuację już historyczną i nie uwzględnia podejmowanych od ponad 30 lat działań prowadzących do ograniczenia zużycia ciepła na cele ogrzewania, a przez to wzrost udziału potrzeb c.w.u.

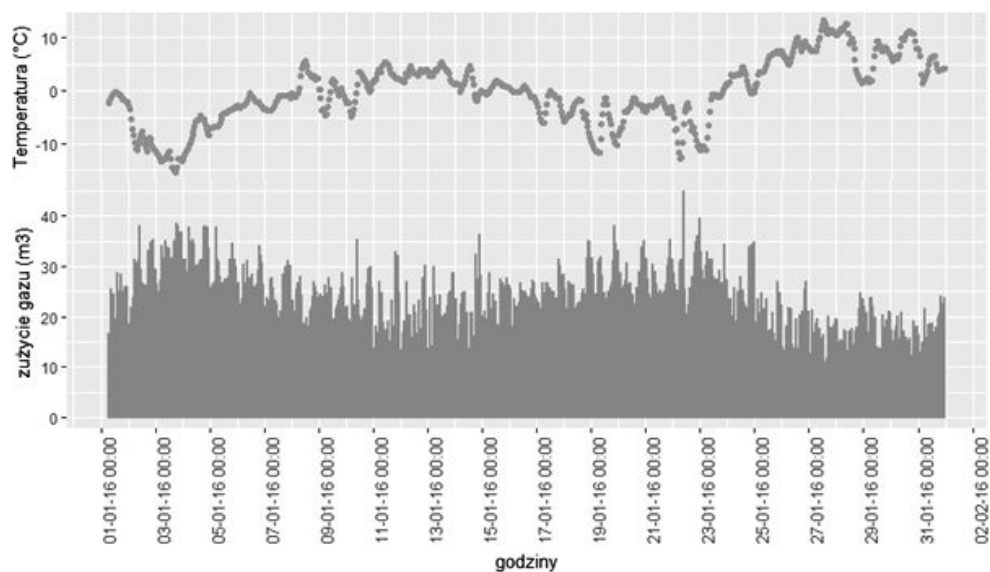
Dla kompletności analiz zbadano zatem zależność pomiędzy zużyciem paliwa gazowego a wartością temperatury zewnętrznej. Analizy prowadzono dla różnych interwałów czasowych. W tabeli 3 przedstawiono wartości współczynników korelacji dla całego roku (2016) oraz w układzie miesięcznym. W miesiącach zimowych obserwuje się ujemną korelację pomiędzy wielkością poboru paliwa gazowego a wartością temperatury zewnętrznej, zaś w okresie letnim wartości współczynnika korelacji nie pozwalają na powiązanie zużycia gazu z wartością temperatury zewnętrznej.

Na rysunku 2 przedstawiono graficznie wartości temperatury zewnętrznej oraz wielkości zużycia gazu w cyklu godzinowym dla stycznia 2016 roku.

TABELA 3. Współczynnik korelacji między zużyciem gazu a wartością temperatury zewnętrznej w poszczególnych miesiącach 2016 roku

TABLE 3. Correlation coefficient between gas consumption and external temperature in the months of 2016

Okres	Współczynnik korelacji
Rok	-0,76894
Styczeń	-0,69537
Luty	-0,41771
Marzec	-0,52913
Kwiecień	-0,39828
Maj	-0,14314
Czerwiec	0,022812
Lipiec	0,006138
Sierpień	0,043719
Wrzesień	-0,00266
Październik	-0,38561
Listopad	-0,47109
Grudzień	-0,53076



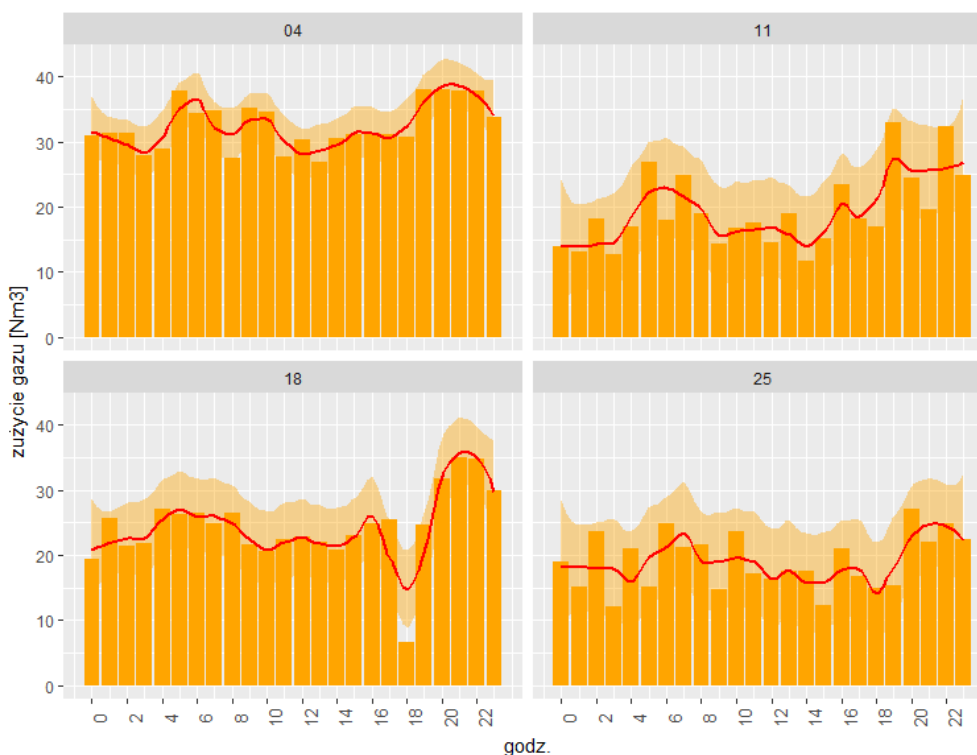
Rys. 2. Przebieg zużycia gazu i temperatury zewnętrznej w styczniu 2016 roku (cykl godzinowy)

Fig. 2. Gas consumption and external temperature in January 2016 (hourly cycle)

### 3. Zmienność dobowa i godzinowa

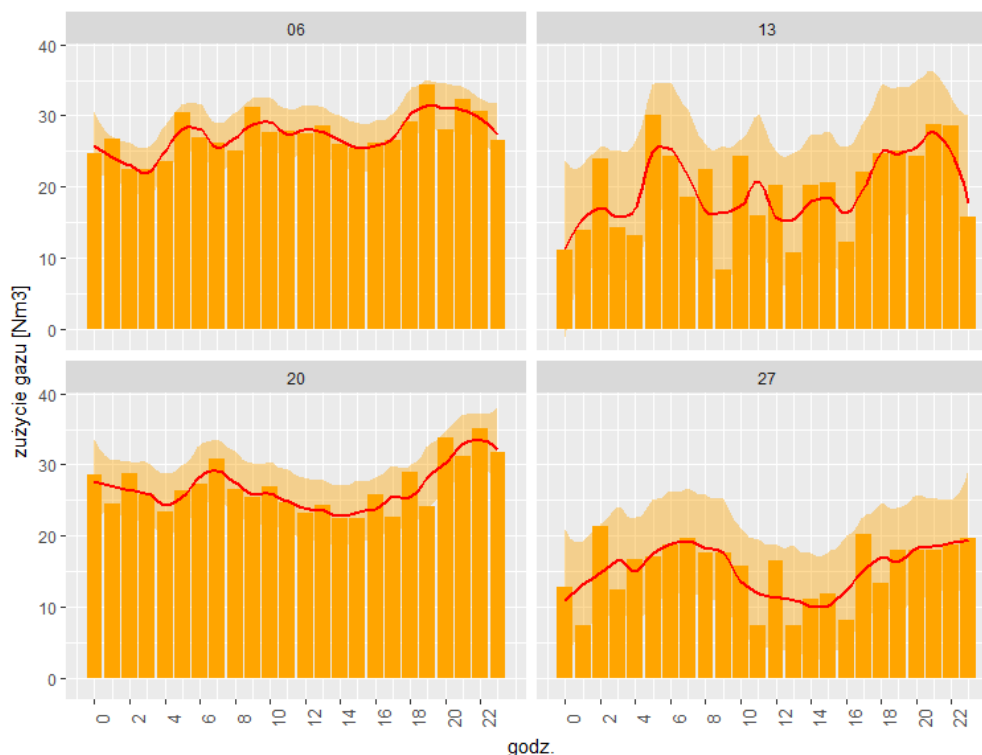
Dysponując rozbudowaną bazą pomiarową, poddano analizie również pobory gazu w zależności od dnia tygodnia oraz miesiąca, a także rozkłady godzinowe.

Na rysunku 3 zostały zaprezentowane godzinowe pobory paliwa gazowego zarejestrowane w cztery styczniowe poniedziałki. Dla porównania wykonano analogiczne zestawienie dla innego dnia roboczego – w tym wypadku środy (rys. 4). Jedną z łatwych do zaobserwowania cech jest duża różnorodność poboru w ramach każdej z wyodrębnionych grup pomiarów. Zarówno dla poniedziałków, jak również i śród występują duże różnice w wielkości poboru gazu (poniedziałek max – 766,52 m<sup>3</sup>, poniedziałek min – 457,17 m<sup>3</sup>; środa max – 656,35 m<sup>3</sup>, środa min – 364,96 m<sup>3</sup>). Znalezienie podobieństw w przebiegu poboru również nie jest proste, choć systemowo występuje w każdym dniu podwyższenie poboru paliwa w godzinach porannych (godz. 5–7), co można wiązać z potrzebami na cele przygotowania c.w.u.



Rys. 3. Przebieg zużycia gazu w dzień roboczy (poniedziałki), styczeń (ciemną linią zaznaczono funkcję wielomianową najlepszego dopasowania wraz z wyznaczonym obszarem ufności)

Fig. 3. Gas consumption on a business day (Monday), January (the polynomial function of the best match is marked with a dark curve, the area on both of its sides – a calculated confidence interval)



Rys. 4. Przebieg zużycia gazu w dzień roboczy (środy), styczeń (ciemną linią zaznaczono funkcję wielomianową najlepszego dopasowania, pole po obu jej stronach jest wyznaczonym obszarem ufności)

Fig. 4. Gas consumption on a business day (Wednesday), January (the polynomial function of the best match is marked with a dark curve, the area on both of its sides – a calculated confidence interval)

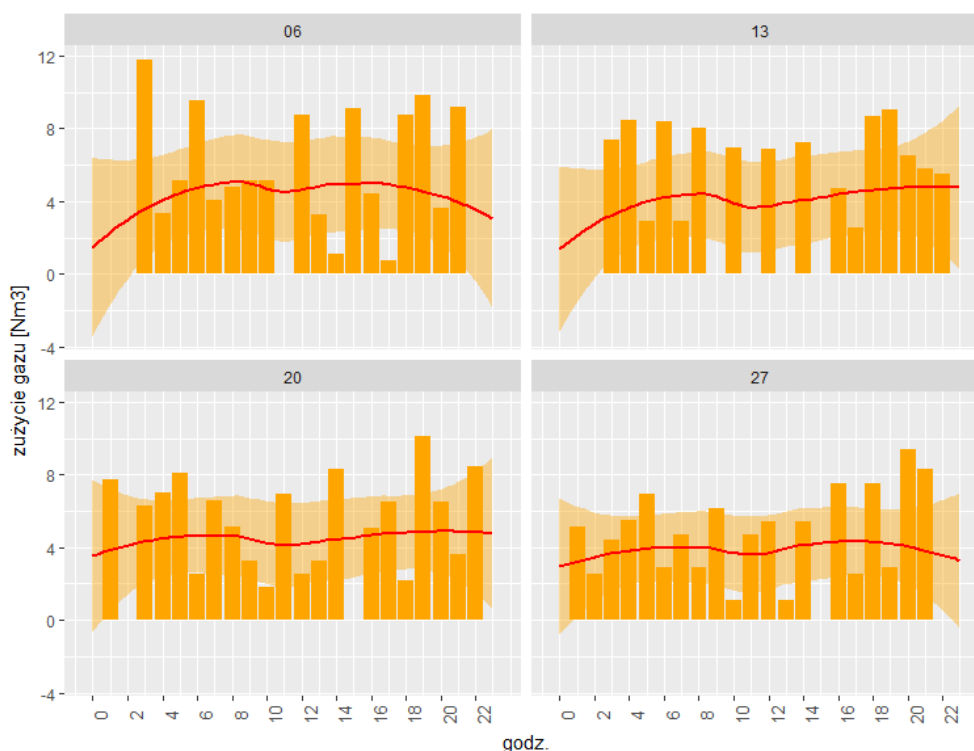
W miesiącach zimowych kotłownia dwufunkcyjna dostarcza ciepło do instalacji centralnego ogrzewania oraz do układu przygotowania c.w.u. W konsekwencji pobór gazu jest superpozycją potrzeb obu instalacji odbiorczych. Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania pomieszczeń jest zależne od wartości temperatury zewnętrznej i częściowo od pory dnia. Ten drugi składnik uwzględnia dwa czynniki. W ciągu dnia mogą wystąpić zyski ciepła od promieniowania słonecznego, co powinno przełożyć się – ze względu na stosowaną automatykę – na ograniczenie poboru ciepła. Drugi – to zwyczaje i przyzwyczajenia mieszkańców. Od pewnego czasu obserwuje się działania w postaci zmniejszania nastawy głowicy termostatycznej na czas opuszczania mieszkania (godziny pracy). Świadomość możliwości ograniczenia tą metodą kosztów związanych z ogrzewaniem pomieszczeń powoduje, że część użytkowników lokali mieszkalnych decyduje się nawet na montaż elektronicznych, programowalnych głowic termostatycznych. Ich zadaniem jest systematyczne, zgodne z wprowadzonym, zindywidualizowanym kalendarzem, zamykanie lub przemykanie zaworu termostatycznego w określonych godzinach doby.



Zapotrzebowanie na ciepło układu przygotowania c.w.u. zależy zaś w największej mierze od pory dnia. Obecność układu pojemnościowego wprowadzić może przesunięcie w czasie obciążenia źródła ciepła.

Przedstawione na rysunkach wyniki pokazują, że pobór gazu w kotłowni w miesiącach zimowych związany jest z obserwowaną wartością temperatury zewnętrznej, jednak ujawnia się przede wszystkim trend godzinowy (rys. 4). Należy się spodziewać, że wraz z rozpowszechnianiem się różnego rodzaju układów automatycznej regulacji, wzrostem świadomości użytkowników oraz wzrostem udziału c.w.u. w całkowitym zapotrzebowaniu na ciepło zależność pory dnia znacznie wyraźniej dominować na wpływem temperatury zewnętrznej na pobór paliwa nawet w miesiącach zimowych.

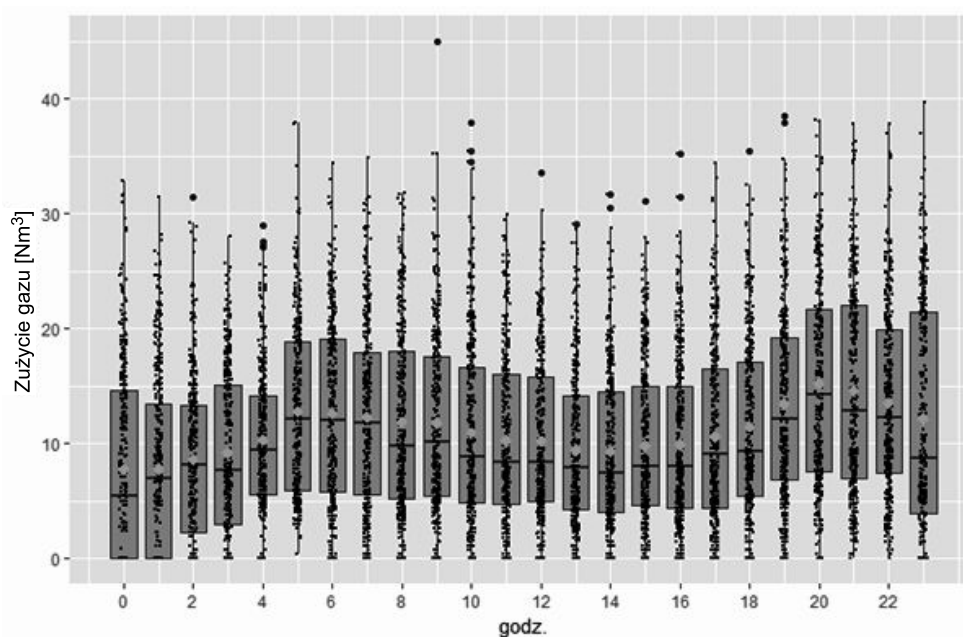
W okresie letnim pobory paliwa podlegają znacznie większym wahaniom godzinowym. W ciągu doby występować mogą nawet godzinowe interwały czasowe, w których brak jest zużycia gazu (rys. 5), i to nie tylko w nocy. Zauważalny jest też efekt akumulacji ciepła w układzie przygotowania c.w.u., co przekłada się na bardziej stabilne obciążenie źródła ciepła.



Rys. 5. Przebieg zużycia gazu w dzień roboczy (środy), lipiec (ciemną linią zaznaczono funkcję wielomianową najlepszego dopasowania, pole po obu jej stronach jest wyznaczonym obszarem ufności)

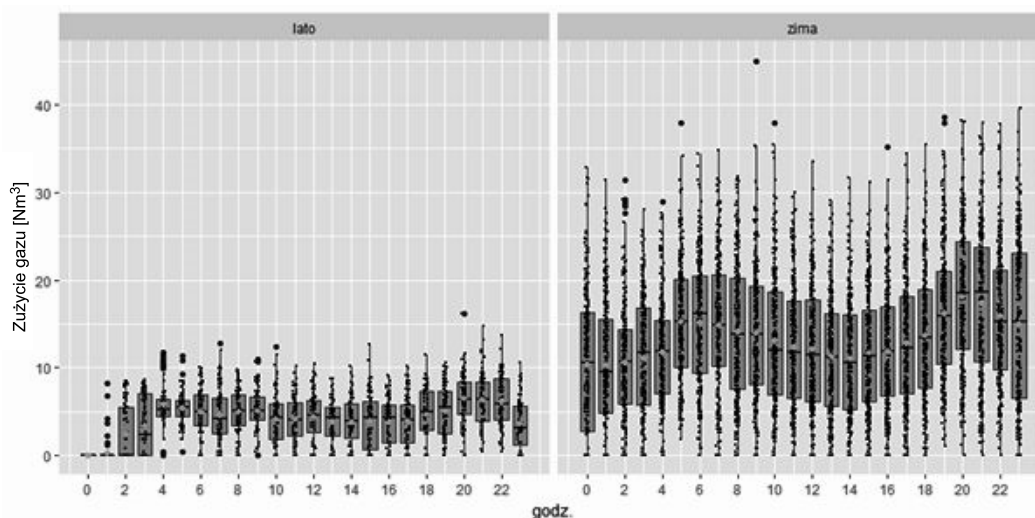
Fig. 5. Gas consumption on a business day (Wednesday), July (the polynomial function of the best match is marked with a dark curve, the area on both of its sides – a calculated confidence interval)

Na rysunku 6 przedstawiono graficznie godzinowe pobory paliwa gazowego w całym roku kalendarzowym. Poszczególne punkty pomiarowe wyznaczają obszar ograniczony z jednej strony wartością 0, a z drugiej 40 m<sup>3</sup>/h. Zauważalne są też dwa cykliczne wzrosty zużycia, pierwszy w godzinach od 5 do 10 i drugi wieczorny, od 18 do 23. Należy mieć na uwadze, że o ile można to uznać za charakterystyczne dla zużycia ciepła na potrzeby c.w.u., to już trudniej wytłumaczyć taką tendencję dla sumy potrzeb grzewczych i ciepłej wody. Powiązać można taki obraz zużycia paliwa przez źródło ciepła z obecnością mieszkańców w swoich lokalach w tych godzinach i nie tylko korzystaniem z c.w.u., ale również zwiększeniem poboru ciepła, po przez regulację zaworami termostatycznymi, a jednocześnie ograniczaniem tego zużycia w czasie pobytu poza mieszkaniem i w okresie nocnym. Na rysunku 7 zestawiono dla kolejnego porównania różnic godzinowe pobory gazu dla okresu letniego (czerwiec–sierpień) oraz sezonu grzewczego (styczeń – maj i wrzesień – grudzień) – oznaczonego w skrócie jako zima. O ile wykres dla zimy nie odbiega kształtem od wykresu przedstawionego na rysunku 6, i jest co najwyżej przesunięty w dół, to wykres dla lata ma zupełnie inny kształt. Wyraźnie widoczny jest przy tym tylko wzrost zużycia w okresie wieczornym, i to o krótszym interwale czasowym (od 20 do 22).



Rys. 6. Godzinowa zmienność poboru gazu dla całego roku 2016 (oznaczenia centralny szary punkt – wartość średnia, pole prostokąta – wartości pomiędzy 1. a 3. kwantylem, pozioma linia czarna – mediana, dodatkowo oznaczono punkty odstające – ponad  $1,5 \times$  wartość 3. kwantyla)

Fig. 6. Hourly variation of gas consumption for the whole year 2016 (central gray point – average value, the rectangle field – values between 1<sup>st</sup> and 3<sup>rd</sup> quantile, horizontal black line – median, additionally points over  $1.5 \times$  value of the 3<sup>rd</sup> quantile)



Rys. 7. Godzinowa zmienność poboru gazu w okresie letnim i zimowym w 2016 r. (oznaczenia centralny szary punkt – wartość średnia, pole prostokąta – wartości pomiędzy 1. a 3. kwantylem, pozioma linia czarna – mediana, dodatkowo oznaczono punkty odstające – ponad  $1,5 \times$  wartość 3. kwantyla)

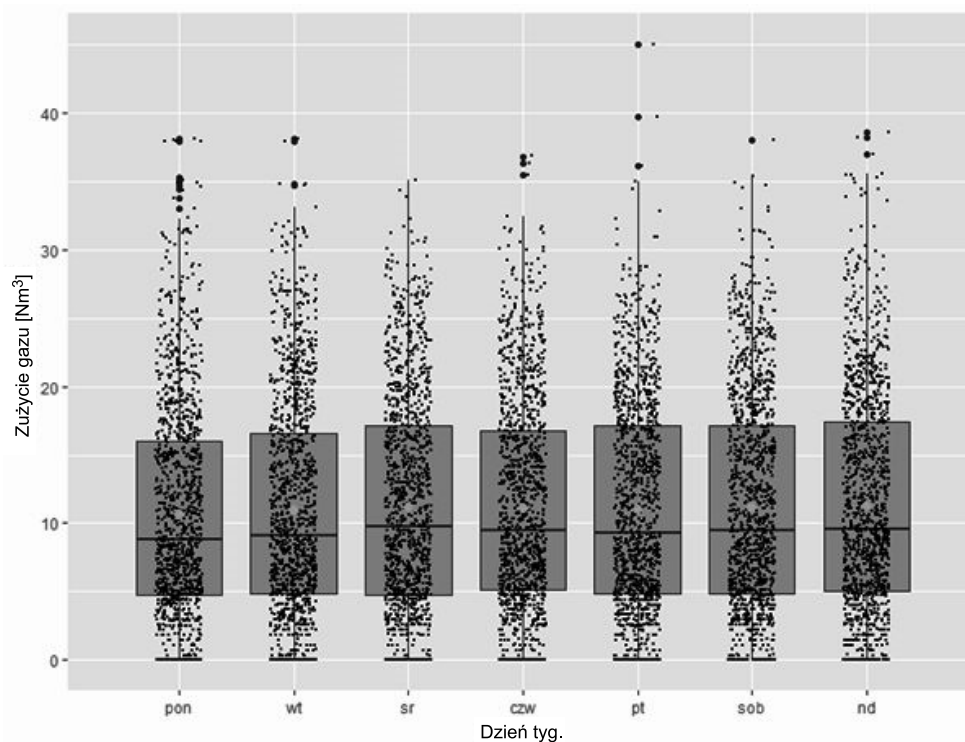
Fig. 7. Hourly variation of gas consumption for the whole year 2016 (central gray point – average value, the rectangle field – values between 1<sup>st</sup> and 3<sup>rd</sup> quantile, horizontal black line – median, additionally points over  $1.5 \times$  value of the 3<sup>rd</sup> quantile)

Dla kompletności analiz wykonano również porównanie zużycia paliwa gazowego w poszczególnych dniach tygodnia. Na rysunku 8 zestawiono obserwacje dla całego roku, zaś na rysunku 9 i 10 – z podziałem na dwa okresy (analogicznie do wcześniejszych analiz). Przygotowane zestawienie potwierdza istotny wpływ zapotrzebowania na c.w.u. na pobór paliwa nie tylko w okresie letnim, ale również w miesiącach zimowych. Zmienność zużycia gazu w poszczególnych dniach tygodnia, zarówno w ujęciu rocznym, jak również dla okresu zimowego, jest zbieżna z wynikami uzyskiwanymi dla pomiarów zużycia c.w.u. Oczywiście obserwowany jest efekt tłumienia będący konsekwencją poboru paliwa na potrzeby układu ogrzewania pomieszczeń oraz obecności podgrzewaczy c.w.u.

Zestawienie częstotliwości występowania maksymalnych wartości w danym dniu tygodnia przedstawiono na rysunku 10. Największy pobór gazu zanotowano w poniedziałki (13 razy) oraz w piątki (12 razy). Tylko dwa razy zanotowano, aby maksymalne dobowe zużycie w danym tygodniu wystąpiło w sobotę.

### Podsumowanie i wnioski

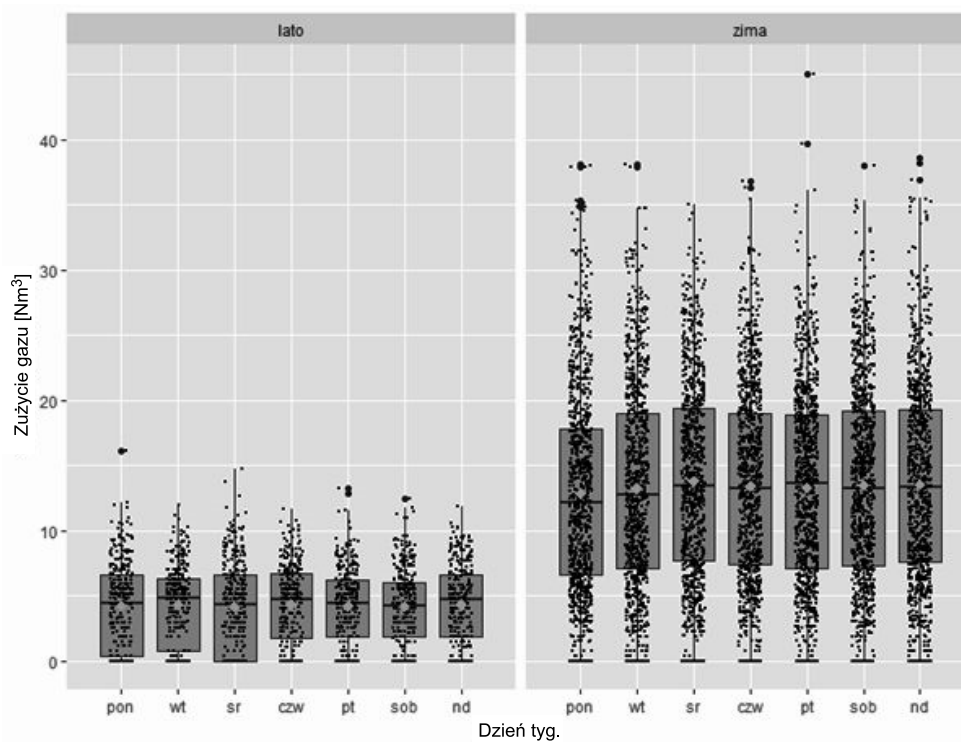
O ile kilkadziesiąt lat temu można było wiązać wahania zużycia ciepła i paliwa w źródle ciepła przede wszystkim z zewnętrznymi warunkami temperaturowymi, obecnie udział tego czynnika maleje na rzecz warunków użytkowania pomieszczeń (obecność użytkowników,



Rys. 8. Tygodniowa zmienność poboru gazu dla całego roku 2016 (oznaczenia centralny szary punkt – wartość średnia, pole prostokąta – wartości pomiędzy 1. a 3. kwantylem, pozioma linia czarna – mediana, dodatkowo oznaczono punkty odstające – ponad  $1,5 \times$  wartość 3. kwantyla)

Fig. 8. Hourly variation of gas consumption for the whole year 2016 (central gray point – average value, the rectangle field – values between 1<sup>st</sup> and 3<sup>rd</sup> quantile, horizontal black line – median, additionally points over  $1.5 \times$  value of the 3<sup>rd</sup> quantile)

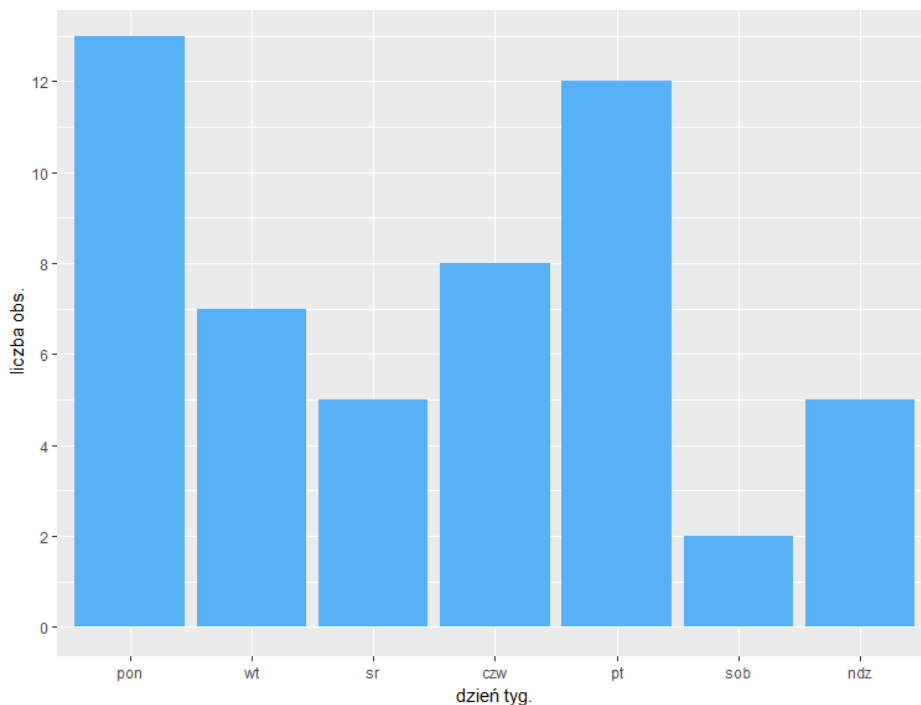
intensywność wymiany powietrza, temperatura eksploatacyjna, wyłączanie ogrzewania itp.). Należy też mieć na uwadze, że w ogólnym bilansie zużycia ciepła i paliwa źródła ciepła budynku mieszkalnego, udział bierze nie tylko ogrzewanie, ale również przygotowanie ciepłej wody użytkowej. Z uwagi na wzrost ochrony cieplnej budynków, ciągle udział ten wzrasta (Bartnicki i Nowak 2011). Te okoliczności tłumaczą przedstawioną w artykule stosunkowo niewielką zmienność zużycia ciepła na przestrzeni lat (tab. 1). Można również próbować ją wyjaśnić wpływem obciążenia źródła ciepła na jego sprawność. Należy się liczyć, że praca przy niepełnym obciążeniu ograniczać może sprawność urządzeń. Współczesne rozwiązania technologiczne i konstrukcyjne kotłowni nadal nie są bowiem w pełni dostosowane do dużej zmienności obciążeń cieplnych, choć niewątpliwie są do tego lepiej dostosowane niż historyczne układy kotłowni na paliwo stałe (gdzie nieodebrane przez czynnik grzewczy ciepło odprowadzane było wraz ze spalinami do atmosfery).



Rys. 9. Tygodniowa zmienność poboru gazu w okresie letnim i zimowym 2016 r. (oznaczenia centralny szary punkt – wartość średnia, pole prostokąta – wartości pomiędzy 1. a 3. kwantylem, pozioma linia czarna – mediana, dodatkowo oznaczono punkty odstające – ponad  $1,5 \times$  wartość 3. kwantyla)

Fig. 9. Hourly variation of gas consumption for the whole year 2016 (central gray point – average value, the rectangle field – values between 1<sup>st</sup> and 3<sup>rd</sup> quantile, horizontal black line – median, additionally points over  $1.5 \times$  value of the 3<sup>rd</sup> quantile)

Jak ilustrują to wyniki pomiarów przedstawione dla różnych interwałów czasowych, obciążenie cieplne kotłowni charakteryzuje się dużą zmiennością w czasie. Im jednak analizowany jest dłuższy okres czasowy, to zróżnicowanie maleje. Wpływ na zmienność zjawiska w czasie ma wiele czynników, w tym również te, które poprawiają efektywność systemu zaopatrzenia w ciepło (np. regulacja po stronie odbiorcy ciepła). Wyniki pomiarów pokazują, że wyposażenie instalacji grzewczych w nowoczesne elementy automatycznej regulacji jest wykorzystywane przez użytkowników badanego systemu zaopatrzenia w ciepło grupy budynków. Podejmowane przez zarządcę nieruchomości działania prowadzą też do systematycznego redukowania zużycia ciepła i paliwa. Podstawą dla tych działań był uruchomiony od 2010 r. monitoring i wieloletnia współpraca z Politechniką Wrocławską (Bartnicki i Nowak 2011, 2014; Nowak i Bartnicki 2011; Bartnicki i in. 2012).



Rys. 10. Częstość występowania maksymalnego dobowego poboru gazu w poszczególnych dniach tygodnia (2016)

Fig. 10. Frequency of maximum daily gas consumption on particular days of the week (2016)

## Literatura

- Bartnicki i in. 2012 – Bartnicki, G., Nowak, B. i Kamola, A. 2012. Taryfy gazu a moc zamówiona. [W:] *Aktualne kierunki badań systemów inżynierskich*, red. Anisimov S., Wrocław: Instytut Klimatyzacji i Ogrzewnictwa. Wydział Inżynierii Środowiska. Politechnika Wroclawska, s. 61–64.
- Bartnicki, G. i Nowak, B. 2011. Wpływ wybranych czynników na pobór ciepła w lokalach mieszkalnych. *Ochrona Środowiska* Vol. 33, nr 2, s. 45–48.
- Bartnicki, G. i Nowak, B. 2014. Zużycie ciepła w poszczególnych lokalach mieszkalnych budynku wielolokalowego. *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja* nr 4, s. 138–141.
- Eicker, U. 2014. *Energy efficient buildings with solar and geothermal resources*. Willey, Chichester.
- Konkluzje...2014. Konkluzje Rady Europejskiej (23–24 października 2014), SN 79/14, Rada Europejska, 23 października 2014 r., Bruksela. [Online] Dostępne w: <http://www.consilium.europa.eu/pl/policies/climate-change/2030-climate-and-energy-framework> [Dostęp: 22.02.2016].
- Nowak, B. i Bartnicki, G. 2011. Efektywność energetyczna lokalnego systemu ogrzewczego zaopatrującego w ciepło budynki mieszkalne. *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja* nr 2, s. 65.
- Paris Agreement. [Online] Dostępne w: [http://unfccc.int/files/home/application/pdf/paris\\_agreement.pdf](http://unfccc.int/files/home/application/pdf/paris_agreement.pdf) [Dostęp: 20.01.2016].
- Report...2016. Report of the Conference of the Parties on its twenty-first session, held in Paris from 30 November to 13 December 2015, Addendum. Part two: Action taken by the Conference of the Parties at its twenty-first session, United Nations, Framework Convention on Climate Change, 29 January 2016. [Online] Dostępne w: <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/10a01.pdf> [Dostęp: 22.02.2016].