



**Magdalena Kocyba**

*Katedra Pieców Przemysłowych i Ochrony Środowiska*

*Wydział Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów*

*Politechnika Częstochowska*

*al. Armii Krajowej 19, 42–200 Częstochowa*

*e-mail: kocyba.magdalena@wip.pcz.pl*

## BEZPIECZEŃSTWO EKOLOGICZNE UŻYTKOWANIA WYBRANYCH URZĄDZEŃ GRZEWCZYCH MAŁEJ MOCY

**Streszczenie.** W artykule została poruszona tematyka bezpieczeństwa eksploatacji wybranych urządzeń grzewczych małej mocy w Polsce. W części teoretycznej przedstawiono klasyfikację kotłów grzewczych pod względem ich przeznaczenia oraz praktycznego zastosowania w gospodarstwach domowych. Dla wybranego kotła grzewczego klasy V opalanego gazem ziemnym dokonano pomiarów stężenia wybranych składników spalin. Przedstawiona została również tematyka niskiej emisji.

**Słowa kluczowe:** kotły grzewcze, bezpieczeństwo, spalanie.

## ECOLOGICAL SAFETY OF USING SELECTED LOW-POWER HEATING DEVICES

**Abstract.** The article deals with the safety of operation of selected low-power heating devices in Poland. The theoretical part presents the classification of boilers in terms of their purpose and practical use in households. For the selected V-class boiler fired with natural gas, the concentration of selected exhaust components was measured. The topic of low emissions was also presented.

**Keywords:** heating boilers, safety, combustion.

## Klasyfikacja kotłów grzewczych małej mocy

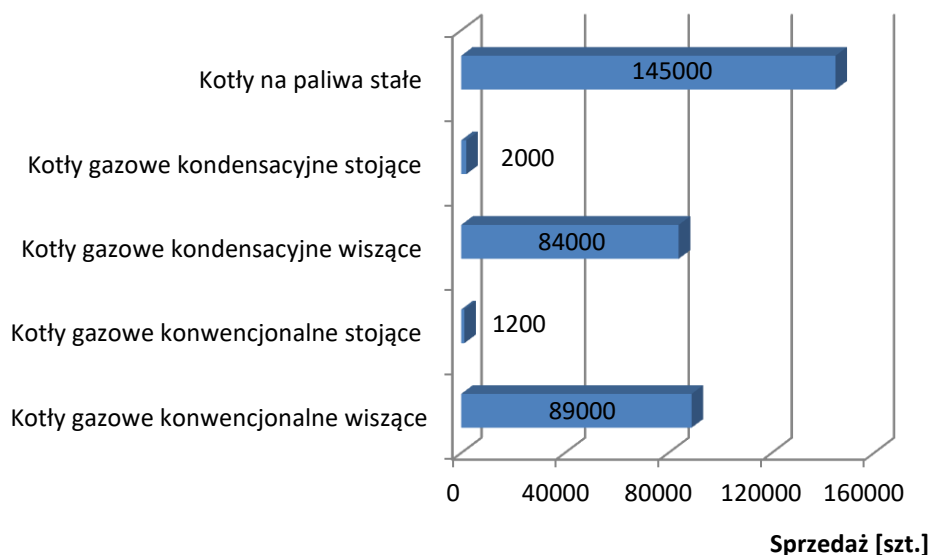
Podstawowymi kryteriami podziału kotłów grzewczych są: rodzaj materiału, jakiego użyto do ich wykonania, w szczególności chodzi o powierzchnię grzewczą, rodzaj spalanego w kotle paliwa oraz ciśnienie i temperatura czynnika ciepłonośnego. Pod względem materiału, z jakiego zostały wykonane wyróżnić można kotły stalowe i żeliwne. Biorąc pod uwagę rodzaj spalanego w nim paliwa, wyróżnia się kotły koksowe lub węglowe, gazowe i olejowe oraz kotły na biomasę. Ze względu na ich główne przeznaczenie kotły można podzielić na produkujące ciepło na potrzeby ogrzewania – są to tzw. kotły jednofunkcyjne oraz kotły przeznaczone jednocześnie do ogrzewania budynku, ciepłej wody, technologii i wentylacji – tzw. kotły wielofunkcyjne. Kolejnym ważnym kryterium podziału są parametry czynnika ciepłonośnego: kotły niskotemperaturowe (do 100°C), średnitemperaturowe (100°C–115°C) i wysokotemperaturowe (powyżej 115°C) oraz kotły parowe niskoprężne i wysokoprężne. Ostatni podział, jaki można wyróżnić, to podział ze względu na moc kotła: kotły małej mocy są to układy generujące do 50 kW ciepła, kotły średnie od 50 do 500 kW, zaś kotły duże powyżej 500 kW ciepła. Podstawowym i najważniejszym parametrem podziału kotłów jest rodzaj materiału, z jakiego kościół został wykonany i rodzaj paliwa w nim spalanego [1–4].

## Stan i sprzedaż kotłów w Polsce

Obecnie na terenie Polski, w indywidualnych gospodarstwach domowych przeważają w dużej mierze kotły opalane paliwami stałymi. Są to urządzenia o niskiej sprawności i stosunkowo dużej emisji substancji szkodliwych do atmosfery. Polska cały czas dąży do redukcji urządzeń tego typu z gospodarstw domowych. Prowadzone są różnego rodzaju kampanie informacyjne. Polska prowadzi szeroko rozwiniętą politykę rozwoju ekonomicznego i ekologicznego. Z tego tytułu prowadzone są dofinansowania do zakupu kotłów centralnego ogrzewania, spełniających unijne normy dot. emisji substancji szkodliwych i niebezpiecznych [5].

W roku 2015 sprzedaż kotłów do ogrzewnictwa indywidualnego rozkładała się jak na Rys. 1.

Jak można zauważyć na Rys. 1 w Polsce dominuje sprzedaż kotłów na paliwo stałe, które najczęściej nie spełniają żadnych norm ekologicznych. Kampanie proekologiczne i różnego rodzaju akcje uświadamiające powinny być prowadzone w kierunku zwiększenia sprzedaży kotłów opalanych gazem.



Rys. 1. Rodzaje kotłów sprzedanych w roku 2015 na terenie Polski dla ogrzewnictwa indywidualnego [6]

Należy zastanowić się, co można zrobić, aby zwiększyć popularność kotłów gazowych zarówno konwencjonalnych, jak i kondensacyjnych, aby wzrosła ich sprzedaż w porównaniu z kotłami na paliwo stałe – w szczególności tych pozaklasowych.

## Niska emisja

W polskim ustawodawstwie Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska reguluje dwa zjawiska emisję i tzw. niską emisję. Emisja to działanie wywołujące przeniesienie jakiegoś elementu układu do jego otoczenia, który pierwotnie się tam nie znajdował. Przeniesienie to powoduje zmiany jego pierwotnego stanu. W odniesieniu do środowiska jest to jego stan wynikający z wprowadzenia do wody, powietrza oraz gruntu substancji ciekłych, stałych albo gazowych, dodatkowo różnego rodzaju energii w ilościach, które poprzez swoją obecność mogą wywołać zmiany lub negatywny wpływ na zdrowy stan przyrody, ludzi, gleby, klimatu i wodę. Zjawisko takie określa się mianem zanieczyszczenia środowiska [7, 8].

W sytuacji zanieczyszczenia powietrza substancja wprowadzona do niego może pochodzić również ze źródeł naturalnych, takich jak: parowanie oceanów i mórz, oraz erupcje wulkanów. Istnieją również źródła antropogeniczne, czyli

związane z działalnością człowieka. Zanieczyszczenia powietrza pochodzące ze wszystkich źródeł są najniebezpieczniejszymi ze względu na swoją mobilność, dzięki czemu są zdolne do skażenia wszystkich terenów i kontynentów na całej kuli ziemskiej. Głównymi i zarazem globalnymi źródłami zanieczyszczeń powietrza są: przemysł ciężki i energetyczny, zakłady produkcji przemysłowej, organizacje komunalno-bytowe oraz wszechobecny transport [9].

## **Bezpieczeństwo eksploatacji kotłów gazowych małej mocy**

W gazowych kotłach centralnego ogrzewania czynnikiem palnym jest gaz ziemny wysokometanowy (pochodzenia naturalnego). Jak sama nazwa wskazuje jego głównym czynnikiem palnym jest metan (stężenie dochodzi do 90% objętości mieszanki palnej). Metan jest gazem bezwonny, bezbarwny, lżejszym od powietrza. Dla celów eksploatacyjno-grzewczych jest nawaniany, aby zminimalizować ryzyko wybuchu [1, 4].

Drugim rodzajem gazu, którego używa się w kotłach gazowych jest mieszanina płynnego propanu, butanu i innych węglowodorów (LPG, ang. Liquefied Petroleum Gas). Paliwo to otrzymywane jest z mokrego gazu ziemnego lub tzw. gazów rafineryjnych. LPG występuje w gazowej postaci w normalnych warunkach atmosferycznych, jednak gdy ciśnienie zostaje zwiększone (do ok. 2,6 MPa) staje się płynem [2, 3].

Do ogrzewania gospodarstw domowych wykorzystuje się głównie mieszaninę propanu z małą domieszką butanu i pozostałych składników. Gazy w postaci płynnej charakteryzują się zdolnością przechodzenia z fazy gazowej do ciekłej i odwrotnie [1, 2].

Z uwagi na fakt, że propan w temperaturze niższej niż 0°C jest gazem o ciśnieniu ok. 4 bar, a butan w tych samych warunkach otoczenia jest cieczą, zawartość butanu w mieszaninie jest bardzo niska, gdyż, w przypadku znajdowania się zbiorników z mieszaniną na wolnym powietrzu w warunkach zimowych, mieszanina znajdowałaby się w fazie ciekłej i jej spalanie byłoby znacząco utrudnione. To powodowałoby spalenie samego propanu, i z czasem ciśnienie w układzie spalania zostałoby obniżone, co zaburzyłoby prawidłowe działanie reduktora i palnika kotłowego [2, 3].

## **Metodyka badań**

Badania emisji zanieczyszczeń powietrza do atmosfery oraz badania pod kątem bezpieczeństwa użytkowania wybranych kotłów zostały przeprowadzone w jednej z polskich firm. Pomiary były przeprowadzane dla gazu G20. Zakres nastawy dla zawartości O<sub>2</sub> w powietrzu wynosił kolejno:

- dla mocy dolnej zakres % O<sub>2</sub> w spalinach w zakresie 5,0 do 5,5,
- dla mocy górnej zakres % O<sub>2</sub> w spalinach w zakresie 3,8 do 4,3.

Zakres nastawy zawartości O<sub>2</sub> dla dolnej i górnej mocy kotła o wartościach zaprezentowanych powyżej, jest zalecanym zakresem przez producenta, dla tego typu kotła podczas pracy z gazem G20 [10].

Badania były wykonywane na wylocie czopuchu badanego kotła.

### **Naścienny kocioł gazowy kondensacyjny o mocy 24/28 kW – ogólna charakterystyka**

Kocioł gazowy kondensacyjny jest kotłem o dużej sprawności ogrzewania jak również niskiej emisji zanieczyszczeń do atmosfery. Urządzenie jest wyposażone w temperaturowe zabezpieczenie przed uruchomieniem kotła bez wystarczającej ilości wody w obiegu. Ustawienia fabryczne kotła, po przekroczeniu temperatury 110°C wyłączają kocioł, aby wychłodził się do poziomu temperatury bezpiecznej – pozwalającej na dalszą pracę kotła. Urządzenie jest wyposażone w systemy zabezpieczeń, aby użytkowanie kotła było proste oraz bezpieczne [11].

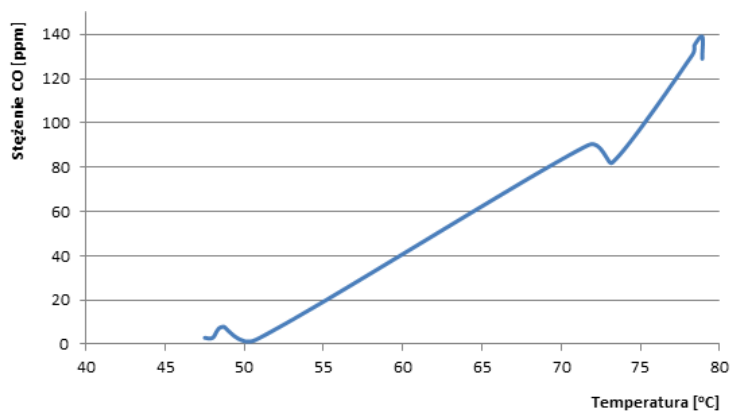
Producent deklaruje sprawność kotła na poziomie bliskim 100% przy obciążeniu 30% urządzenia. Klasa energetyczna wybranego kotła odpowiada klasie „A” zarówno dla instalacji centralnego ogrzewania, jak również dla instalacji ciepłej wody użytkowej. W omawianym urządzeniu można spalać różne rodzaje paliw gazowych.

Wybrany kocioł posiada jeden z najnowszych zespołów gazowo-powietrznych, które pozwalają na uzyskanie tak wysokiej sprawności kotła.

### **Wyniki badań**

Po przeprowadzonych badaniach otrzymano wyniki, które zostały umieszczone na rysunkach 2–4 oraz w tabeli 1.

Na Rys. 2–4 przedstawiono zależności wzrostu stężenia CO<sub>2</sub>, CO i NO<sub>x</sub> wraz ze wzrostem temperatury. Na ich podstawie można zauważyć, że ich zawartość w spalinach jest mocno skorelowana ze sobą, w zależności od temperatury.



Rys. 2. Stężenie CO w badanym kotle [Opracowanie własne]

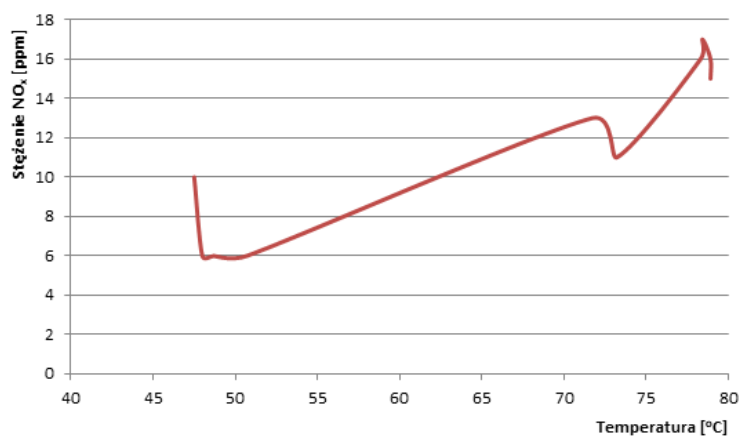
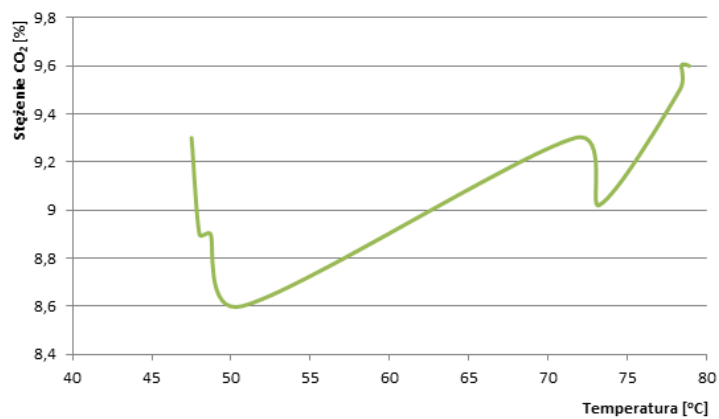
Rys. 3. Stężenie NO<sub>x</sub> w badanym kotle [Opracowanie własne]Rys. 4. Stężenie CO<sub>2</sub> w badanym kotle [Opracowanie własne]

Tabela 1. Wyniki pomiarów w badanym kotle [Opracowanie własne]

Parametr	Rodzaj kotła									
	Naścienny kocioł gazowy kondensacyjny - 24-28 kW									
Nr pomiaru	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Temperatura spalin [°C]	47,5	48,0	48,7	50,7	71,7	73,2	78,3	78,4	78,9	79,9
Zawartość CO [ppm]	3	3	8	2	90	82	131	135	139	129
Zawartość NO <sub>x</sub> [ppm]	10	6	6	6	13	11	16	17	16	15
Zawartość O <sub>2</sub> [%]	4,3	5,1	5,1	5,5	4,3	4,4	3,9	3,8	3,8	3,8
Zawartość CO <sub>2</sub> [%]	9,3	8,9	8,9	8,6	9,3	9,02	9,5	9,6	9,6	9,6
Lambda	1,26	1,32	1,32	1,36	1,26	1,27	1,23	1,22	1,22	1,21

Lambda – stosunek nadmiaru powietrza

NO<sub>x</sub> – suma NO + NO<sub>2</sub>

## Analiza błęd pomiarowego

Błędy pomiarowe wniesione podczas badań eksperymentalnych obejmowały błędy systematyczne, wynikające z konstrukcji aparatury, jak również metodyki pomiarowej.

Analizę błęd pomiarowego dla zmierzonych za pomocą analizatora MRU NOVA H8 stężeń: CO, NO<sub>x</sub> i CO<sub>2</sub> wykonano na podstawie pracy Telejko [12] i zestawiono w tabeli nr 2.

Tabela 2. Wartości błęd bezwzględnych stężenia dla całego zakresu pomiarowego [Opracowanie własne]

Zawartość CO [ppm]	Wartość błęd bezwzględny w dolnym i górnym zakresie pomiaru dla zawartości CO	Zawartość NO <sub>x</sub> [ppm]	Wartość błęd bezwzględny w dolnym i górnym zakresie pomiaru dla zawartości NO <sub>x</sub>	Zawartość CO <sub>2</sub> [%]	Wartość błęd bezwzględny w dolnym i górnym zakresie pomiaru dla zawartości CO <sub>2</sub>
2	± 25 ppm	6	± 2ppm	8,6	± 0,2 %
3		6		8,9	
3		6		8,9	
8		10		9,02	
82		11		9,3	
90		13		9,3	
129		15		9,5	
131		16		9,6	
135		16		9,6	
139		17		9,6	

## Analiza wyników

Na podstawie przeprowadzonych badań (tabela 1) można wnioskować, że wraz ze wzrostem temperatury wzrasta stężenie CO, NO<sub>x</sub> w wydzielanych gazach, w badanym kotle.

Na podstawie rysunków 3 i 4 można łatwo zauważyć, że stężenie NO<sub>x</sub> i stężenie CO<sub>2</sub> są wyraźnie ze sobą skorelowane w zależności od temperatury spalin.

Stężenie CO (Rys. 2) w spalinach badanego kotła rośnie gwałtownie wraz ze wzrostem temperatury. Wzrost zawartości pozostałych substancji, tj. NO<sub>x</sub> i CO<sub>2</sub> nie jest tak znaczny.

Zawartość CO<sub>2</sub> (Rys. 4) we wszystkich dokonanych pomiarach wahała się i wzrastała w bardzo małym przedziale w porównaniu do pozostałych związków. Obecność CO<sub>2</sub> świadczy o całkowitym i prawidłowym procesie spalania.

Wzrost stężenia CO w wydzielanych spalinach może świadczyć o procesie spalania z niedomiarem tlenu, co skutkuje spadkiem efektywności kotła oraz wydzielaniem dużej ilości substancji szkodliwych dla otoczenia.

## Podsumowanie

Analizując otrzymane wyniki badań, można zauważyć, że wraz ze wzrostem temperatury wzrasta stężenie oraz zawartość w spalinach takich związków, jak CO, CO<sub>2</sub> oraz NO<sub>x</sub>. Na podstawie otrzymanych wyników można łatwo zauważyć, że stężenie NO<sub>x</sub> i stężenie CO<sub>2</sub> są wyraźnie ze sobą skorelowane w zależności od temperatury spalin. Stężenie CO w spalinach rośnie bardzo gwałtownie, wzrost zawartości pozostałych substancji, tj. NO<sub>x</sub> i CO<sub>2</sub> nie jest tak znaczny.

Uzyskane stężenie CO w spalinach podczas przeprowadzonych badań, podczas nieszczelności przewodu kominowego może powodować ból głowy, przy ekspozycji przez 2–3 godziny. Długotrwałe narażenie na niewielkie stężenia CO są znacznie bardziej niebezpieczne dla organizmu ludzkiego. Aby jak najbardziej zwiększyć bezpieczeństwo użytkownika kotła grzewczego małej mocy, zaleca się montaż tzw. detektora czadu, który jest w stanie wykryć szkodliwe stężenie niebezpiecznego gazu w pomieszczeniu.

Technika grzewcza zmieniała się na przestrzeni lat. Kotły oraz technologia, jakie były dostępne w poprzednim stuleciu, różnią się diametralnie od współczesnych. Obecnie głównym kryterium wyboru kotłów ogrzewania centralnego lub ciepłej wody użytkowej jest ich sprawność oraz bezpieczeństwo użytkowania. W poprzednim stuleciu w dużej mierze ze względu na panujący ustrój, głównymi kryteriami była cena oraz moc.



Obecnie poziom bezpieczeństwa użytkowania kotłów małej mocy, jaki oferują światowi producenci, jest na zadowalającym poziomie. Jednak samo zmechanizowanie i skomputeryzowanie wybranych urządzeń nie zapewni nam stuprocentowego bezpieczeństwa. Nasz sposób obchodzenia się z obecnie dostępnymi rozwiązaniami ma bardzo duży wpływ na to, jaki poziom bezpieczeństwa jesteśmy w stanie sobie zapewnić. To, czy będą przestrzegane zalecenia i warunki użytkowania danego sprzętu, wyznaczone przez producenta, ma realny wpływ na nasze bezpieczeństwo, zdrowie i życie. Dlatego podczas użytkowania kotłów małej mocy powinny być bezwzględnie zachowane poniższe zasady i zalecenia:

- zlecać naprawę, konserwację, serwisowanie wyłącznie wyspecjalizowanym fachowcom, z potwierdzonymi kwalifikacjami i uprawnieniami do naprawy wybranych urządzeń grzewczych;
- należy sprawdzać szczelność instalacji kominowej, aby nie doszło do sytuacji, w której spaliny przedostają się do pomieszczeń mieszkalnych, co może spowodować zagrożenie życia lub zdrowia. W przypadku wystąpienia takiej nieszczelności należy ją niezwłocznie usunąć;
- w przypadku zlokalizowania nieszczelności układu podającego paliwo w kotłach gazowych należy niezwłocznie odciąć jego dopływ głównym zaworem zamykającym. Następnie, w miarę możliwości, zabezpieczyć nieszczelność, a w razie potrzeby wezwać wyspecjalizowanych fachowców;
- aby mieć pewność, że instalacja kominowa jest szczelna zaleca się montaż systemu wykrywającego obecność CO i CO<sub>2</sub> w pomieszczeniach i kotłowni.

Stosując się do powyższych zaleceń i reguł postępowania, można maksymalnie zwiększyć bezpieczeństwo podczas eksploatacji wybranych urządzeń małej mocy. Zaproponowane systemy są w stanie zwiększyć bezpieczeństwo podczas eksploatacji urządzeń grzewczych.

## Literatura

- [1] Mizielińska K., i Olszak J., Gazowe i olejowe źródła ciepła małej mocy. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2005.
- [2] Zaborowska E., Projektowanie kotłowni wodnych na paliwa ciekłe i gazowe. Gdańsk: Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, 2015.
- [3] Nantka M., Ogrzewnictwo i ciepłownictwo Tom I. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2013.
- [4] Koczyk H., Antoniewicz B., Basińska M., Górka A., i Makowska-Hess R., Ogrzewnictwo praktyczna, projektowanie, montaż, certyfikacja energetyczna, eksploatacja. Poznań, 2009.

- [5] <http://czysteogrzewanie.pl/kociol/rodzaje-kotlow-weglowych/> (Data dostępu: 10.10.2017), .
- [6] <http://instalreporter.pl/ogolna/ile-i-jakich-kotlow-pomp-ciepla-sprzedano-w-2015-w-polsce/> (Data dostępu: 10.10.2017), .
- [7] Graboś A., Żymankowska-Kumon S., Sadlok J., i Sadlok R., *Przeciwdziałanie niskiej emisji na terenach zwartej zabudowy mieszkalnej*. Bochnia, 2014.
- [8] Polskiej R., *Dziennik ustaw*, nr 47, s. 1–10, 2013.
- [9] <http://misja-emisja.pl/knowledgebase/niska-emisja-polsce-stan-mozliwosci/> (Data dostępu: 17.05.2017), .
- [10] *Instrukcja instalowania, obsługi i konserwacji - Naścienne kotły kondensacyjne MCR3 Plus*, s. 88, 2016.
- [11] <http://dedietrich.pl/produkty/technika-dla-domu/gazowe-wiszące-kotły-kondensacyjne/mcr3-plus-2428mi-3035mi/> (Data dostępu: 08.06.2017), .
- [12] Telejko T., *Wstęp do metod opracowania wyników pomiarów z przykładami*. Kraków: Skrypty uczelniane AGH, 1999.