

Elżbieta NIEMIERKA, Piotr JADWISZCZAK\*

## **ENERGOCHŁONNOŚĆ WIELORODZINNYCH BUDYNKÓW ENERGOOSZCZĘDNYCH I STANDARDOWYCH W WARUNKACH KLIMATYCZNYCH POLSKI**

W artykule przedstawiono zmienność zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji EUco lokali mieszkalnych w budynkach wielorodzinnych, standardowych oraz energooszczędnych w zależności od ich lokalizacji w 58 miastach w Polsce.

### **1. WPROWADZENIE**

Do zmniejszenia energochłonności projektowanych obecnie wielorodzinnych budynków mieszkalnych przyczyniają się: nowelizacja Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [2], program dopłat Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej do budynków energooszczędnych [8] oraz czynniki ekonomiczne i ekologiczne. Decyzja o rozpoczęciu inwestycji o standardzie energooszczędnym, mimo coraz większej świadomości, dalej wiąże się z wątpliwościami inwestorów i deweloperów. Spowodowane jest to zarówno obszernością wymaganej dokumentacji, złożonością procedury uzyskiwania dopłat, jak również sprawą fundamentalną – rzeczywistą oszczędnością energii, a co za tym idzie możliwością zwrotu dodatkowych nakładów inwestycyjnych i opłacalnością inwestycji. Stopniowe zaostrzanie wymagań [2] dotyczących standardowych budynków mieszkalnych docelowo spowoduje w 2021 roku, iż wszystkie nowobudowane obiekty będą mieć standard niskoenergetyczny.

---

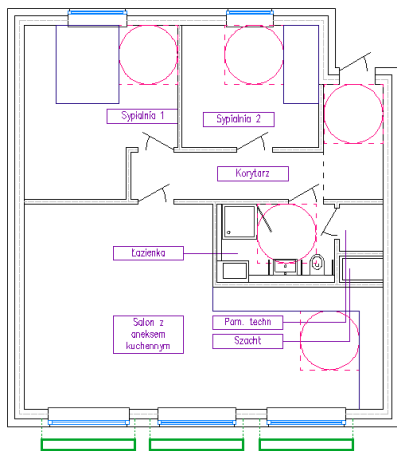
\* Katedra Klimatyzacji, Ogrzewnictwa, Gazownictwa i Ochrony Powietrza Politechniki Wrocławskiej, ul. Cypriana Kamila Norwida 4/6, 50-373 Wrocław, elzbieta.niemierka@pwr.edu.pl.

## 2. MODEL BUDYNKU – STUDIUM PRZYPADKU

Analizie poddano budynek wielorodzinny o powierzchni zabudowy 434 m<sup>2</sup> składający się z dwóch trzykondygnacyjnych klatek schodowych. Na każdej kondygnacji znajdują się 4 powtarzalne mieszkania (rys. 1). Budynek w trzech wariantach energetycznych lokalizowano w 58 miastach w Polsce, o różnych warunkach klimatycznych (rys. 2):

- 1) budynek standardowy WT2014 spełniający wymagania [2],
- 2) budynek energooszczędny NF15 według wymagań programu [8] oraz
- 3) budynek energooszczędny NF15W z korektą układu wentylacji mechanicznej.

Wszystkie przyjęte w analizie wartości są wartościami granicznymi dla poszczególnych standardów energetycznych.



Rys. 1. Rzut mieszkania



Rys. 2. Mapa miejscowości uwzględnionych w obliczeniach

Budynek standardowy WT2014 spełnia wszystkie wymagania prawne [2]. Zastosowano w nim wentylację grawitacyjną, której strumienie określono zgodnie z normą [7].

Budynek w standardzie NF15 posiada wentylację mechaniczną nawiewno-wywiewną z odzyskiem ciepła, o strumieniu powietrza wynoszącym 150 m<sup>3</sup>/h obliczonym zgodnie z wymaganiami higienicznymi [7]. Sprawność odzysku ciepła wynosi odpowiednio dla strefy klimatycznej: I, II, i III 80% oraz IV i V 90% [8,7]. Aby zapobiec zamarznięciu i uszkodzeniu wymiennika ciepła przyjęto temperaturę za nagrzewnicą wstępną wynoszącą 0 °C [4]. Cała procedura obliczeniowa została wykonana zgodnie z wymogami [8].

Przegląd rynku central wentylacyjnych dla przyjętego strumienia powietrza higienicznego wykazał dostępność wymienników przeciwprądowych o sprawności odzys-

sku wyższej niż wymagane w [8]. Najbardziej optymalna dla tego projektu okazała się jednostka o sprawności 92,5%. Analiza pracy wymiennika dla temperatur obliczeniowych wykazała, iż ze względu na niewielkie zyski wilgoci temperatura powietrza za nagrzewnicą wstępną wynosząca  $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  zabezpiecza wymiennik przed jego zamrożeniem również dla temperatur projektowych. Po zastosowaniu tego rozwiązania w budynku energooszczędnym otrzymano trzeci wariant obliczeń NF15W.

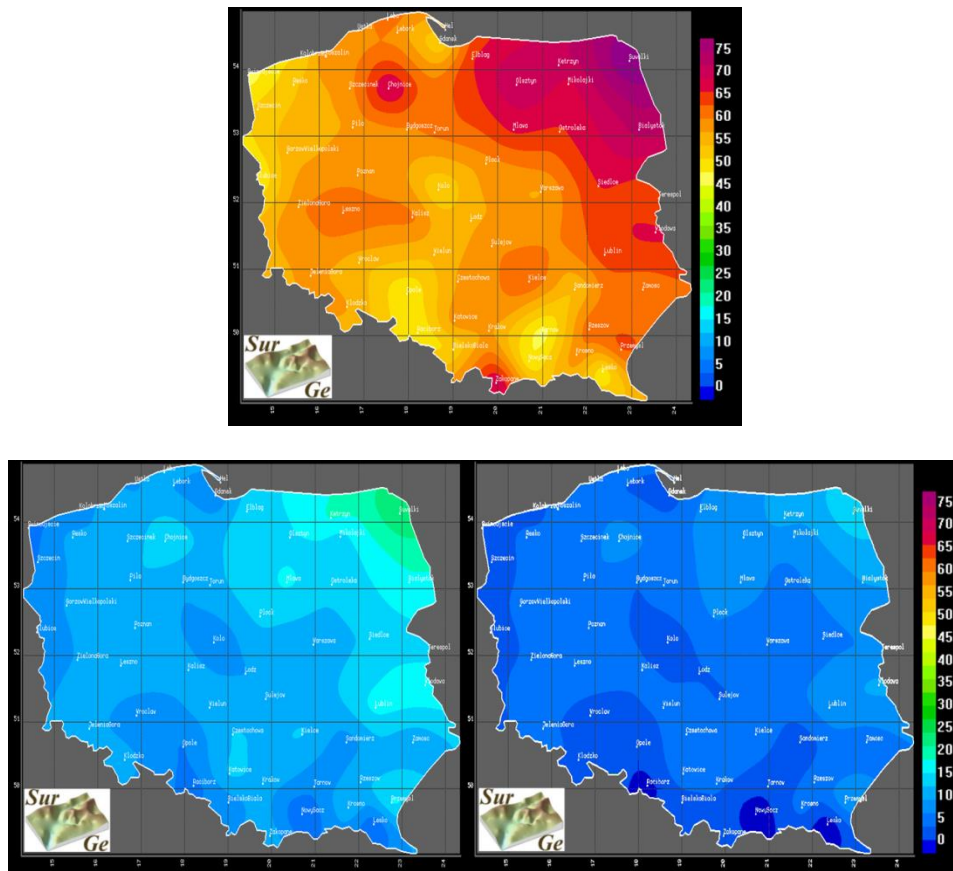
Wstępna analiza modelu obejmowała wszystkie 12 mieszkań znajdujących się w budynku. Ze względu na obszerność obliczeń w dalszej części skupiono się na jednym lokalu mieszkalnym posiadającym największe zapotrzebowanie na energię użytkową EUco. Jest to mieszkanie skrajne na parterze.

### 3. ROZKŁAD ZAPOTRZEBOWANIA NA ENERGIĘ UŻYTKOWĄ

Według wymagań [8] jako wskaźnik porównawczy przyjęto jednostkowe zapotrzebowanie energii użytkowej do ogrzewania i wentylacji budynków EUco w  $\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$ . Dla wszystkich wariantów lokalu mieszkalnego (WT2014, NF15 i NF15W) określono EUco we wszystkich 58 lokalizacjach w Polsce. W celu zobrazowania i porównania rozkładu zapotrzebowania energii użytkowej na terenie Polski dla budynków w trzech analizowanych standardach energetycznych opracowano „mapy energochłonności” mieszkania (rys. 3). Dodatkowo na rysunku 4 zestawiono EUco tabelarycznie i w postaci wykresu.

Mapy z rysunku 3 wskazują wyraźne rozbieżności w rozkładzie i wielkości zapotrzebowania energii użytkowej EUco analizowanego mieszkania w poszczególnych standardach energetycznych i lokalizacjach. EUco dla WT2014 zmienia się w zakresie od 46,5 w Tarnowie do  $76,5\text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$  w Suwałkach, dla NF15 od 8,8 w Nowym Sączu do  $26,5\text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$  w Suwałkach, a dla NF15W od 4,5 w Nowym Sączu do  $18,3\text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$  w Suwałkach. Zmiana lokalizacji budynku z analizowanym mieszkaniem na terenie Polski powoduje zmniejszenie jego energochłonności nawet 4-krotnie. Dzieje się tak w budynkach energooszczędnych, które lepiej wykorzystują zyski ciepła od nasłonecznienia – stanowią one większy procent zapotrzebowania energii użytkowej do ogrzewania i wentylacji niż w budynkach standardowych.

Porównanie EUco dla NF15 i NF15W wskazuje, że zmiana wyposażenia instalacyjnego budynku (centrali wentylacyjnej) obniża zapotrzebowanie EUco, nie wpływając na rozkład zapotrzebowania na terenie Polski. Zmiana wspomnianego systemu powoduje obniżenie energochłonności mieszkania o odpowiednio: 31% w Suwałkach (najmniejsza zmiana) i 51% w Lęborku (największa, dwukrotna redukcja). Najniższa odczytana wartość EUco mieszkania w budynku w standardzie NF15W wynosi  $4,5\text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$  i podobnie jak w przypadku NF15 osiągnięta jest w Nowym Sączu.



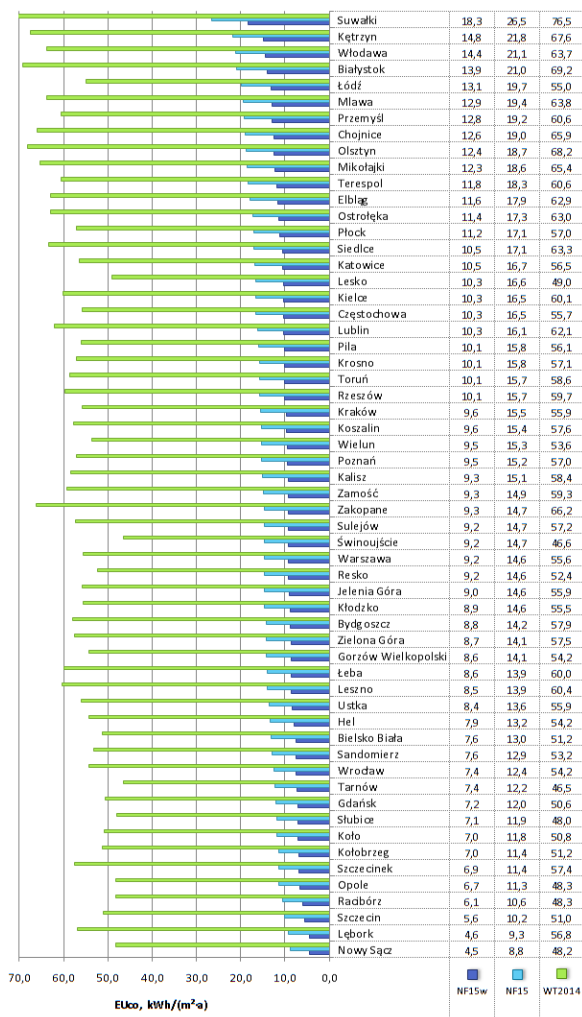
Rys. 3. Rozkład na terenie Polski EUco dla mieszkania w budynku standardowym WT2014 (na górze), NF15 (strona lewa) i NF15W (strona prawa), kWh/(m<sup>2</sup>·a), wspólna skala wartości

Zmiana standardu energetycznego z WT2014 do NF15W przyczynia się do zmniejszenia energochłonności budynku o odpowiednio: 76% w Suwałkach (redukcja o 3/4) i 92% w Łęborku (maksimum zmiany).

Zmiana lokalizacji to redukcja EUco od zera do maksymalnie o 39% dla budynków w standardzie WT2014 (Suwałki→Tarnów), o 67% dla NF15 (Suwałki→Nowy Sącz) oraz aż o 75% w przypadku NF15W (Suwałki→Nowy Sącz).

Jednoczesna zmiana standardu energetycznego i lokalizacji budynku z analizowanym mieszkaniem powoduje ograniczenie zapotrzebowanie energii użytkowej aż o 94% (WT2014 w Suwałkach→NF15W w Nowym Sączu), czyli 17 razy! W budynkach NF15 równocześnie ze spadkiem zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji znacznie wzrasta udział zysków od nasłonecznienia, zwłaszcza przez przegrody przezroczyste. Występują okresy nadmiaru ciepła

(z zysków ciepła) w stosunku do potrzeb cieplnych mieszkania, co powoduje pojawianie się efektu przegrzewania pomieszczeń.

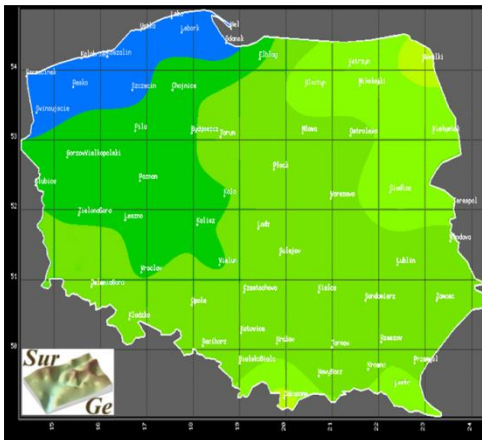


Rys. 4. Jednostkowe zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji EUco mieszkania w budynkach w różnych standardach i lokalizacjach

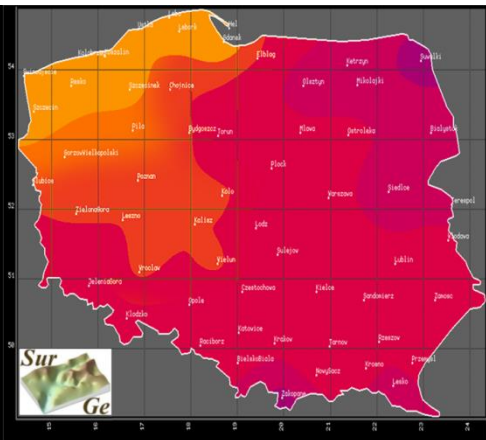
Miasta usytuowane najkorzystniej pod kątem nasłonecznienia charakteryzują się największym i najdłużej występującym ryzykiem przegrzewania mieszkań. Najbardziej narażone na to zjawisko są lokale w budynku o standardzie NF15W, a więc o najniższym zapotrzebowaniu na EUco.

#### 4. ROZKŁAD PROJEKTOWEGO OBCIĄŻENIA CIEPLNEGO

Zmienność zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji przedstawiona na rysunku 3 nie pokrywa się z rozkładem stref klimatycznych zdefiniowanymi w przepisach [7] oraz rozkładem określonych na ich podstawie projektowych obciążeń cieplnych mieszkania (rys. 5 i rys. 6). Mieszkania w budynkach standardowych mają obciążenie cieplne większe o średnio 38% niż NF15W. Otrzymane wartości, a także różnice wynikające ze zmiany strefy klimatycznej oraz standardu energetycznego zestawiono w tabeli 1. Tak małe różnice nie mają istotnego wpływu na wielkość i moc ciepłą doieranych źródeł ciepła. We współczesnych budynkach mieszkalnych moc niezbędna do pokrycia potrzeb ogrzewania jest mniejsza, niż ta potrzebna do przygotowania ciepłej wody użytkowej. Z tego względu źródła ciepła doбира się w nich pod kątem c.w.u.



Rys. 5. Rozkład projektowego obciążenia cieplnego mieszkania w budynku NF15W, kW

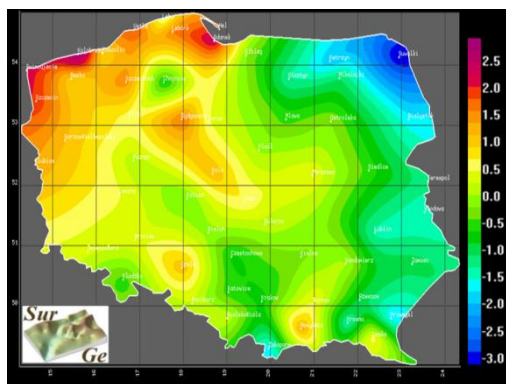


Rys. 6. Rozkład projektowego obciążenia cieplnego mieszkania w budynku WT2014, kW

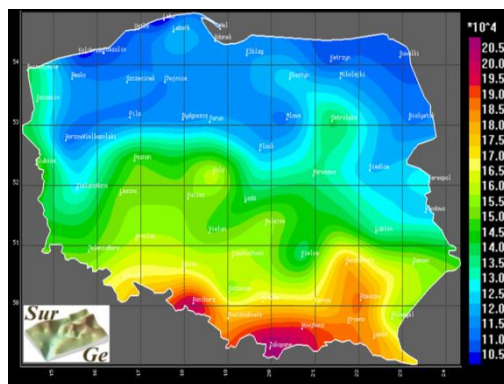
Panuje powszechne przekonanie, iż budynki zlokalizowane w „najzimniejszych” miastach Polski „potrzebują najwięcej ciepła”. Zależność ta sprawdza się w wypadku projektowych obciążeń cieplnych, czyli mocy urządzeń grzewczych (w kW). W wypadku projektowych obciążeń cieplnych, czyli mocy urządzeń grzewczych (w kW). W wypadku sezonowego zapotrzebowania lub zużycia ciepła (w kWh) nie jest już ona widoczna, szczególnie w wypadku budynków energooszczędnych. Obrazują to rozkłady projektowego obciążenia cieplnego (rys. 5 i rys. 6) oraz zapotrzebowania energii użytkowej do ogrzewania i wentylacji EUco (rys. 3).

Tabela 1. Zmiana projektowego obciążenia cieplnego analizowanego mieszkania związana ze zmianą standardu i lokalizacji, % i kW

	WT2014	Zmiana standardu z WT 2014 na NF15	NF15	Zmiana standardu z NF15 na NF15W	NF15W	Zmiana standardu z WT 2014 na NF15W
Strefa klimatyczna V	4,58	30,4%	3,19	9,9%	2,88	37,2%
Zmiana strefy klimatycznej z V na IV	4,9%	34,3%	5,7%	15,4%	6,1%	41,1%
Strefa klimatyczna IV	4,36	30,9%	3,01	10,3%	2,70	38,0%
Zmiana strefy klimatycznej z IV na III	5,2%	33,4%	3,6%	12,6%	2,6%	39,6%
Strefa klimatyczna III	4,13	29,7%	2,90	9,3%	2,63	36,3%
Zmiana strefy klimatycznej z III na II	3,9%	34,2%	6,3%	15,6%	6,9%	40,7%
Strefa klimatyczna II	3,96	31,5%	2,72	9,9%	2,45	38,2%
Zmiana strefy klimatycznej z II na I	5,6%	36,2%	6,8%	16,5%	7,4%	42,8%
Strefa klimatyczna I	3,74	32,4%	2,53	10,4%	2,27	39,4%
Zmiana strefy klimatycznej z V na I	18,3%	44,8%	20,7%	28,9%	21,1%	50,5%



Rys. 7. Rozkład średniej temperatury zewnętrznej dla okresu zimowego (listopad, grudzień, styczeń, luty), °C

Rys. 8. Rozkład całkowitego promieniowania słonecznego dla okresu zimowego (listopad, grudzień, styczeń, luty), kWh/(m<sup>2</sup>·a)

Projektowe obciążenia cieplne układają się analogicznie do granic stref klimatycznych – najniższe moce cieplne występują w pasie nadmorskim, najwyższe w obszarach górskich i kontynentalnych. Rozkład EUco nie odzwierciedla umownych stref klima-



tycznych, lecz jest kształtowany przez rozkład nasłonecznienia i temperatur powietrza zewnętrznego w sezonie zimowym (por. rys. 3 z rys. 7 i rys. 8): najniższe potrzeby cieplne wykazują budynki w pasie przy zachodniej granicy Polski, Opolszczyzny, Ziemi Łódzkiej oraz Tarnowskiej.

## 5. PODSUMOWANIE

Zapotrzebowanie mieszkania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji EUco zmienia się wraz ze zmianą standardu energetycznego budynku i warunków klimatycznych jego lokalizacji. Zmiany mogą sięgać od 0 do 75% w wypadku lokalizacji budynku, od 76 do 91% w wypadku standardu energetycznego oraz od 61% do 94% w wypadku jednoczesnej zmiany obu parametrów. Pociąga to za sobą liczne wymagania i konsekwencje projektowe oraz znacząco ogranicza możliwość uniwersalnego stosowania typowych projektów budynków energooszczędnych i ich systemów energetycznych dla wszystkich lokalizacji w Polsce. W skrajnych wypadkach to samo mieszkanie będzie potrzebować czterokrotnie więcej energii do ogrzewania.

Ze względu na typoszereg dostępnych źródeł ciepła wszystkie analizowane mieszkania zasilane będą źródłem ciepła o tej samej lub podobnej mocy – projektowe obciążenia cieplne zmieniają się w zakresie od 2,3 do 4,6 kW. W wypadku układów dwufunkcyjnych dobór źródła ciepła opierać się będzie o potrzeby cieplne c.w.u. wynoszące około 20 kW (układ zasobnikowy dla 4-osobowej rodziny) [6].

Obszerność wykonanej analizy dla mieszkania w budynkach o trzech standardach energetycznych, w 58 lokalizacjach na terenie Polski, pozwoliła na uszeregowanie miejscowości pod kątem „najbardziej” i „najmniej” energochłonnej (rys. 4). W przypadku różnych standardów energetycznych kolejność miejscowości nie jest taka sama.

*Praca współfinansowana w ramach badań statutowych S40-012.*

## LITERATURA

- [1] BRZEZIŃSKA S., *Obliczanie zapotrzebowania na ciepło*, Wydawnictwo Dashoffer, 2011.
- [2] Dz.U. 2002 nr 75 poz. 690 - Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie wraz z Dz.U. 2013 poz. 926 - Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 r. zmieniającym rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.
- [3] Dz.U. 2014 poz. 888 - Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 3 czerwca 2014 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw charakterystyki energetycznej.



- [4] KOSTKA M., ZAJĄC A., *Systemy wentylacji mechaniczno nawiewno-wywiewnej w budownictwie jednorodnym*, [w:] Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii i ochronie środowiska, Tom 4, pod red. T.M. TRACZEWSKIEJ i B. KAŻMIERCZAKA, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2014.
- [5] MINISTERSTWO INFRASTRUKTURY I ROZWOJU , *Typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków*.
- [6] MIZIELIŃSKA K., OLSZAK J., *Gazowe i olejowe źródła ciepła małej mocy*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006.
- [7] PN-EN 12831:2006 - Instalacje ogrzewcze w budynkach – Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego.
- [8] Program dopłat do kredytów na budowę domów energooszczędnych – wymagania techniczne określone w załączniku nr 3 do programu.

#### THE ENERGY CONSUMPTION OF TRADITIONAL AND LOW-ENERGY MULTIFAMILY BUILDINGS IN POLISH CLIMATIC CONDITIONS

The article presents the variability of usable energy demand for heating and ventilation EUco in standard and low-energy apartments in multifamily building located in 58 cities in Poland.