

# Szczegółowa analiza zużycia energii wybranej grupy budynków na terenie miasta Zielona Góra i okolic

Dr inż. Abdrahman Alsabry, Wydział Inżynierii i Środowiska, Uniwersytet Zielonogórski, dr inż. Maja Staniec, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Wroclawska

## 1. Wprowadzenie

Dane przedstawione w niniejszym artykule są wynikiem przeprowadzonych analiz dotyczących charakterystyki budynków wybudowanych w różnych latach na terenie Zielonej Góry. Opracowane wyniki są częścią projektu badawczego pt.: „Analiza możliwości i skutków socjoekonomicznych wzrostu efektywności energetycznej w budownictwie” w ramach strategicznego projektu badawczego „Zintegrowany system zmniejszenia eksploatacyjnej energochłonności budynków”.

W poprzednim artykule [1] budynki poddano analizie pod kątem ich konstrukcji, technologii w jakiej zostały zbudowane, funkcji, powierzchni użytkowej, kubatury, wentylacji. Analizowano również możliwości termomodernizacyjne tych obiektów pod kątem już przeprowadzonych działań termomodernizacyjnych jak również tych planowanych. Przedstawiono również ogólne dane dotyczące zużycia energii na c.o., c.w.u. i energii elektrycznej. Wyniki dotyczyły budynków o funkcji mieszalnej i mieszkalno-usługowej.

W niniejszym artykule autorzy prezentują wyniki dotyczące szczegółowej analizy zużycia energii użytkowej, końcowej i pierwotnej we wszystkich analizowanych budynkach, tj. pełniących funkcję mieszkalną, mieszkalno-usługową, usługową i inną (szkoły).

Powyższe dane zebrano przeprowadzając ankietację wśród zarządców analizowanych obiektów. Badania przeprowadzono głównie na budynkach należących do Zakładu Gospodarki Komunalnej i Mieszaniowej ZGKiM w Zielonej Górze. Badania oparto na zestawie pytań skierowanych do zarządców budynków. Ankietowanie przeprowadzono od 15.11.2010 do 30.11.2010 roku na terenie Zielonej Góry.

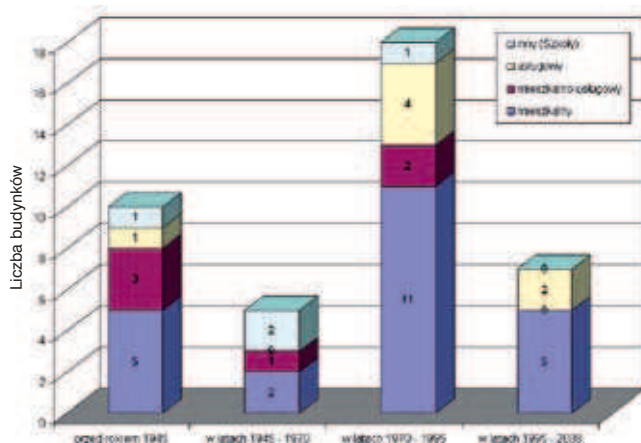
## 2. Charakterystyka analizowanych budynków

Spośród wszystkich budynków na terenie Zielonej Góry wybrano czterdzieści budynków reprezentujących poszczególne grupy budynków. Podzielono je pod kątem pełnionej funkcji oraz roku wybudowania. W grupie wybranych budynków znajdowały się budynki wybudowane głównie w technologii tradycyjnej oraz pełniące różną funkcję, tj. mieszkalną, mieszkalno-usługową, usługową oraz inną (szkoły). Budynki były wybudowane w różnych latach, tj. przed rokiem 1945, w okresie 1945 ÷ 1970, w latach 1970 ÷ 1995 oraz pomiędzy rokiem 1995 a 2008.

W wybranej grupie budynków budynki pełniły różne funkcje, tj.:

- 23 – funkcje mieszkalną,
- 6 – funkcje mieszkalno-usługową,
- 7 – funkcje usługową,
- 4 – inną (szkoły).

Na rysunku 1 przedstawiono funkcję budynków w zależności od roku wybudowania. Większość budynków została wzniesiona w technologii tradycyjnej – murowanej, część w technologii prefabrykowanej. Większość budynków jest podpiwniczona.



Rys. 1. Liczba budynków wybudowanych w danym zakresie lat pełniących różne funkcje

W rozdziałach poniżej przedstawiono rzeczywiste zużycie energii użytkowej, końcowej i pierwotnej w analizowanych budynkach pod kątem pełnionej przez nie funkcji oraz roku wybudowania. Celem przejrzystości i łatwiejszego porównywania wyników, przedstawiono je zachowując tę samą skalę porównawczą. Wszystkie wartości przedstawiono w odniesieniu nie do całego budynku, gdyż uniemożliwiłoby to ich porównywanie, a do 1m<sup>2</sup> jego powierzchni użytkowej o regulowanej temperaturze, stąd wyniki prezentuje się w jednostkach kWh/m<sup>2</sup>rok.

### 3. Energia użytkowa

Całkowita energia użytkowa jest równa sumie energii użytkowej na potrzeby centralnego ogrzewania c.o. i wentylacji – Q<sub>H,nd</sub> [kWh/rok] oraz na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej c.w.u. – Q<sub>W,nd</sub> [kWh/rok] (1). Celem dalszej analizy energii końcowej i pierwotnej rozpatruje się te wartości osobno [2].

$$Q_{nd} = Q_{H,nd} + Q_{W,nd} \quad (1)$$

Wartość obliczeniowa energii użytkowej na potrzeby ogrzewania i wentylacji wynika z bilansu cieplnego, tj. z różnicy pomiędzy stratami ciepła a wykorzystywanymi zyskami ciepła. Do strat ciepła zaliczane są straty ciepła przez przenikanie przez przegrody zewnętrzne – Q<sub>tr</sub> [kWh/rok] (tj. ściany zewnętrzne, dach, stropodach, stolarkę okienną i drzwiową, ściany stykające się z gruntem, podłogę na gruncie, ściany i stropy oddzielające kubaturę ogrzewaną od nie ogrzewanej, itp.) oraz straty ciepła przez wentylację – Q<sub>ve</sub> [kWh/rok]. Do zysków ciepła zalicza się zyski uzyskane z promieniowania słonecznego – Q<sub>sol</sub> [kWh/rok], które zależą głównie od orientacji najbardziej przezierniej elewacji budynku względem stron świata oraz zyski wewnętrzne – Q<sub>int</sub> [kWh/rok] [2].

Zatem energia użytkowa na potrzeby c.o. wyliczana jest jako (2):

$$Q_{H,nd} = (Q_{tr} + Q_{ve}) - \eta(Q_{sol} + Q_{int}) \quad (2)$$

gdzie:  $\eta$  – współczynnik wykorzystania zysków, [-].

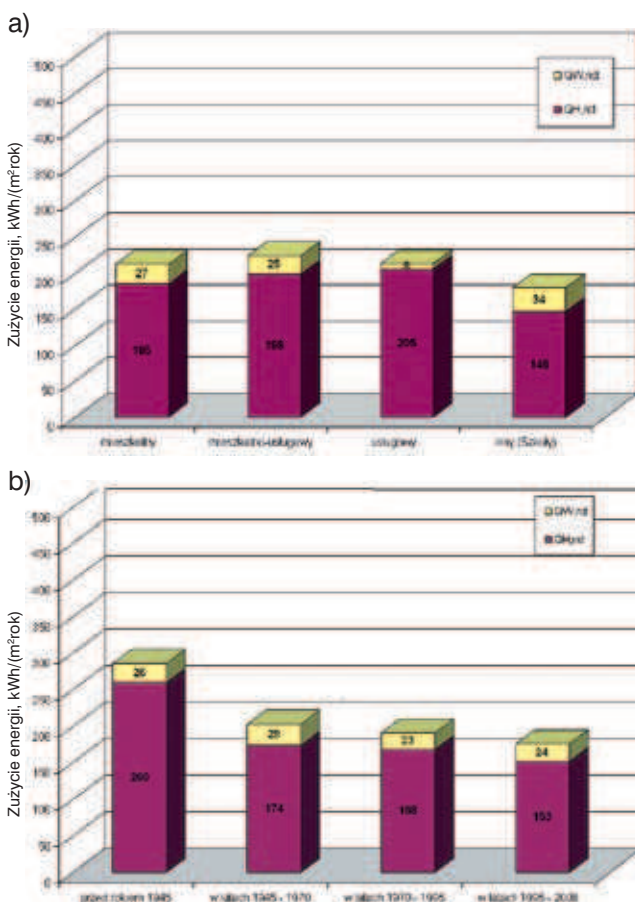
Wartość obliczeniowa energii użytkowej na potrzeby c.w.u. wynika z energii potrzebnej na ogrzanie wody od temperatury 10°C do zakładanej temperatury 55°C w czasie jej użytkowania. Obliczana jest z ogólnego równania (3):

$$Q_{W,nd} = (V_{CW} \cdot L \cdot c_w \cdot \rho_w (\theta_{CW} - \theta_0) \cdot k_t \cdot t_{UZ}) / (1000 \cdot 3600) \quad (3)$$

gdzie: V<sub>CW</sub> – jednostkowe dobowe zużycie ciepłej wody użytkowej, [dm<sup>3</sup>/(osoba\*doba)],  
L – liczba jednostek odniesienia (ludzi), [osoby],  
c<sub>w</sub> – ciepło właściwe wody, [kJ/(kgK)],  
ρ<sub>w</sub> – gęstość wody, [kg/(m<sup>3</sup>)],  
θ<sub>CW</sub>, θ<sub>0</sub> – temperatura wody odpowiednio: ciepłej i zimnej, [°C],  
k<sub>t</sub> – mnożnik korekcyjny, [-],  
t<sub>uz</sub> – czas użytkowania ciepłej wody użytkowej, [doby].

Na rysunku 2 przedstawiono rzeczywiste zużycie energii użytkowej na ogrzewanie Q<sub>H,nd</sub> i na przygotowanie ciepłej wody użytkowej c.w.u. Q<sub>W,nd</sub> w analizowanych budynkach w zależności odpowiednio od pełnionej funkcji oraz roku wybudowania.

Jak widać (Rys. 2.a) najwięcej sumarycznej energii użytkowej zużywają budynki o przeznaczeniu mieszkalno-usługowym, łącznie ok. 223 [kWh/m<sup>2</sup>rok]. Następnie budynki mieszkalne i usługowe – średnio ok. 213 [kWh/m<sup>2</sup>rok] i inne (w tym przypadku szkoły i bursy) – łącznie 180 [kWh/m<sup>2</sup>rok]. Stosunek energii na potrzeby c.o. do energii na potrzeby c.w.u. waha się w granicach ok. 81% w przypadku szkół i burs, a ok. 96% w przypadku budynków usługowych. W budynkach mieszkalnych i mieszkalno-usługowych stosunek ten wynosi średnio ok. 88%.



**Rys. 2.** Zużycie energii użytkowej w analizowanych budynkach w zależności od: a) pełnionej funkcji, b) roku wybudowania

Analizując zużycie energii użytkowej pod kątem roku wybudowania budynku (Rys. 2.b) można wnioskować, że sumaryczne zużycie energii spada wraz ze wzrostem roku wybudowania. W budynkach wzniesionych przed rokiem 1945 sumaryczne zużycie energii użytkowej wynosi łącznie ok. 286 [kWh/m<sup>2</sup>rok] i spada poprzez wartości 203 [kWh/m<sup>2</sup>rok] w budynkach wybudowanych w latach 1945 ÷ 1970 oraz 191 [kWh/m<sup>2</sup>rok] w budynkach wybudowanych w latach 1970 ÷ 1995 aż do wartości 176 [kWh/m<sup>2</sup>rok] w budynkach wzniesionych w latach 1995 ÷ 2008. Tutaj stosunek zużycia energii na c.o. do energii na c.w.u. wynosi od ok. 90% w budynkach wybudowanych przed rokiem 1945 i waha się w okolicach wartości 85% w budynkach wzniesionych w latach 1945 ÷ 2008.

Mniejsze zużycie energii na ogrzewanie wspólczesnych budynków w porównaniu z budynkami wybudowanymi przed rokiem 1945 świadczy o coraz lepszej izolacyjności przegród zewnętrznych w tym stolarki okiennej i drzwiowej oraz o lepszej szczelności przegród. Możliwy wpływ na zmniejszenie tej wartości ma również fakt, że współczesne budynki są bardziej świadomie kształtowane pod kątem usytuowania względem stron świata.

#### 4. Energia końcowa i wskaźnik energii końcowej

Energia końcowa jest miarą efektywności energetycznej budynku, uwzględniając nie tylko jakość obudowy termicznej ale również jakość jego instalacji. Obliczeniowo jest ona równa energii użytkowej podzielonej przez sprawność instalacji, czyli określa ilość energii, która musi być dostarczona do granicy budynku [2]. Jej część przeznaczona jest na pokrycie strat energii na całej drodze instalacji c.o. i c.w.u. Pozostała część, „wyemitowana” z instalacji jest energią użytkową. Mała różnica pomiędzy wartością energii użytkowej a końcowej oznacza zwykle wysoką sprawność systemu.

Zatem energię końcową wylicza się w następujący sposób:

$$Q_{K,H} = \frac{Q_{H,nd}}{\eta_{H,tot}} \quad (4)$$

gdzie:  $\eta_{H,tot}$  – całkowita sprawność instalacji c.o., [-].

W analogiczny sposób obliczana jest energia końcowa na potrzeby c.w.u.

Wartość energii końcowej podawana jest zwykle w jednostkach [kWh/rok] i dotyczy ona całego budynku. Jednak tu – podobnie jak w przypadku energii użytkowej – wyniki przedstawia się w odniesieniu do 1m<sup>2</sup> powierzchni o regulowanej temperaturze,

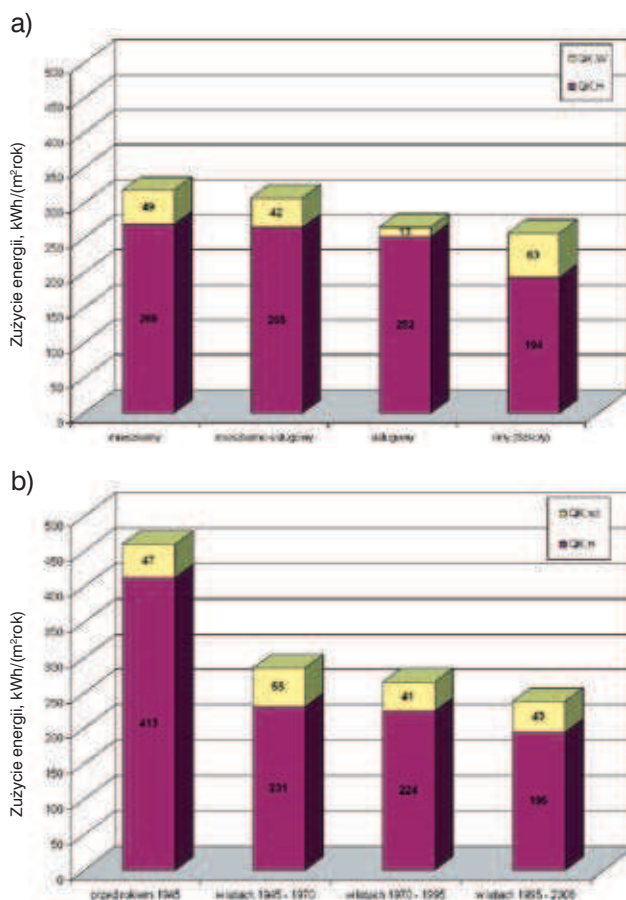
co oznacza, że są one równe tym samym wskaźnikowi energii końcowej EK, który wylicza się z równania:

$$EK = \frac{Q_{K,H} + Q_{K,W}}{A_f} \quad (5)$$

gdzie:  $A_f$  – powierzchnia o regulowanej temperaturze, m<sup>2</sup>.

Tak więc w niniejszym artykule suma energii końcowej na ogrzewanie i przygotowanie ciepłej wody użytkowej jest – na skutek formy prezentacji wyników – jednocześnie wskaźnikiem energii końcowej EK. W tabeli 1 przedstawiono wartości dotyczące energii użytkowej, końcowej, całkowitej sprawności instalacji c.o. i c.w.u. oraz wartości wskaźnika energii końcowej. Wartości te – podobnie jak na rysunkach – dotyczą typowego budynku z danej grupy.

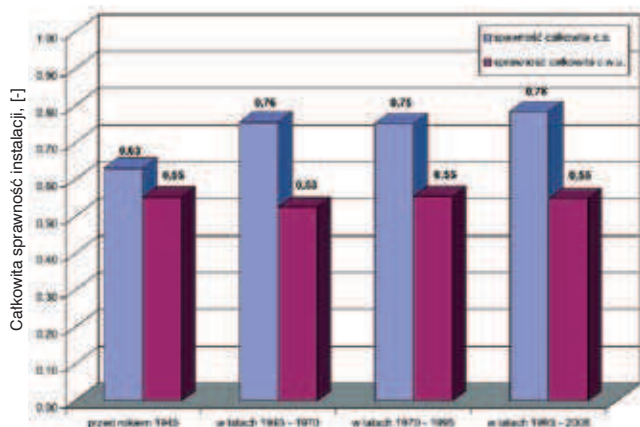
W analizowanej grupie budynków najwięcej energii końcowej (Rys. 3.a) zużywają budynki pełniące funkcję mieszkalną, tj. ok. 320 [kWh/m<sup>2</sup>rok]. Nieznacznie mniej zużywają budynki o funkcji mieszkalno-usługowej – ok. 310 [kWh/m<sup>2</sup>rok]. W budynkach usługowych zużycie energii końcowej kształtuje się na poziomie ok. 265 [kWh/m<sup>2</sup>rok] a w budynkach innych (tu: Szkoły) – 260 [kWh/m<sup>2</sup>rok].



**Rys. 3.** Zużycie energii końcowej w analizowanych budynkach w zależności od: a) pełnionej funkcji, b) roku wybudowania



Analizując wartości energii końcowej pod kątem roku wzniesienia budynku (Rys. 3.b) widać – podobnie jak w przypadku energii użytkowej – że maleje ona wraz z rokiem wzniesienia budynku. W budynkach wybudowanych przed 1945 rokiem wynosi ona ok. 460 [kWh/m<sup>2</sup>rok] i spada aż do ok. 290 [kWh/m<sup>2</sup>rok] w latach wzniesionych w latach 1945 ÷ 1970. W kolejnych latach wartość ta wynosi nieznacznie mniej, tj. ok. 265 [kWh/m<sup>2</sup>rok], a w budynkach wybudowanych w latach 1995 ÷ 2008 wynosi ok. 240 [kWh/m<sup>2</sup>rok]. Zużycie energii końcowej na przygotowanie ciepłej wody użytkowej waha się pomiędzy wartościami ok. 41 [kWh/m<sup>2</sup>rok] do ok. 55 [kWh/m<sup>2</sup>rok].



Rys. 4. Całkowita sprawność instalacji c.o. i c.w.u.

Ciekawsze wyniki oraz szerszy obraz daje jednak analiza sprawności instalacji c.o. i c.w.u. w wybranej grupie budynków. Wartości całkowitej sprawności obu instalacji przedstawiono na rysunku 4, a wartości dotyczące energii użytkowej, sprawności instalacji i energii końcowej przedstawiono w tabeli 1.

Analizując wartości całkowitych sprawności instalacji centralnego ogrzewania c.o. w badanej grupie budynków, można zauważyć że sprawność instalacji c.o. jest coraz wyższa w budynkach wybudowanych po roku 1945, co bezpośrednio wpływa na coraz mniejsze wartości energii końcowej. Całkowita sprawność instalacji c.o. w budynkach wybudowanych przed rokiem 1945 wynosi ok. 0,63 [-] i osiąga wartość ok. 0,78 [-] w budynkach wzniesionych w latach 1995 ÷ 2008.

Jednak niepokojące są wartości całkowitej sprawności instalacji ciepłej wody użytkowej c.w.u. Tu wartość ta kształtuje się we wszystkich budynkach na podobnym poziomie, tj. ok. 0,55 [-]. Ten fakt właśnie wpływa na w miarę stałe wartości energii końcowej dla c.w.u. Wskaźnik energii końcowej EK maleje od wartości ok. 460 [kWh/m<sup>2</sup>rok] dla budynków wybudowanych przed rokiem 1945 do wartości ok. 240 [kWh/m<sup>2</sup>rok] w budynkach wybudowanych pomiędzy rokiem 1995 a 2008. Wynika to zarówno z poprawy sprawności

Tabela 1. Porównanie średniego zużycia energii użytkowej, końcowej, średnich całkowitych sprawności instalacji w analizowanych budynkach oraz wskaźnika energii końcowej zależności od roku wybudowania (wartości przybliżone)

Rok wybudowania:	Energia użytkowa, Q <sub>ud</sub> [kWh/m <sup>2</sup> rok]	Całkowita sprawność instalacji, η <sub>tot</sub> [-]	Energia końcowa, Q <sub>k</sub> [kWh/m <sup>2</sup> rok]
Energia na ogrzewanie i wentylację, c.o.			
przed 1945	260	0,63	413
1945 ÷ 1970	174	0,76	231
1970 ÷ 1995	168	0,75	224
1995 ÷ 2008	153	0,78	195
Energia na przygotowanie ciepłej wody użytkowej, c.w.u.			
przed 1945	26	0,55	47
1945 ÷ 1970	29	0,53	55
1970 ÷ 1995	23	0,55	41
1995 ÷ 2008	24	0,55	43
Wskaźnik energii końcowej EK [kWh/m <sup>2</sup> rok]			
przed 1945			460
1945 ÷ 1970			285
1970 ÷ 1995			265
1995 ÷ 2008			240

instalacji c.o. lub/i c.w.u. oraz z lepszej izolacyjności cieplnej przegród zewnętrznych (patrz: energia użytkowa, Tabela 1).

### 5. Energia pierwotna i wskaźnik energii pierwotnej

Energia pierwotna jest – podobnie do energii końcowej – miarą efektywności energetycznej budynku. Jednak oprócz sprawności instalacji uwzględnia ona dodatkowo nakłady nieodnawialnej energii pierwotnej, potrzebnej na dostarczenie do granicy budynku któregośkolwiek z nośników energii, przykładowo gazu, oleju opałowego, drewna, energii elektrycznej, itp. [2].

Obliczeniowo jest ona równa energii końcowej pomnożonej przez współczynnik nakładu energii nieodnawialnej w [-]. Niskie wartości energii pierwotnej w porównaniu z energią końcową oznaczają wysoką efektywność budynku i małą ingerencję w nieodnawialne źródła energii.

Zatem energię pierwotną wylicza się w następujący sposób [2]:

$$Q_P = Q_K \cdot w \tag{6}$$

gdzie: w – współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej na wytworzenie i dostarczenie nośnika energii, [-].

Tu również energię pierwotną oblicza się osobno na potrzeby c.o. i c.w.u., oznaczając je odpowiednio Q<sub>PH</sub> oraz Q<sub>PH</sub>.

Wartość energii pierwotnej podawana jest zwykle w jednostkach [kWh/rok] i dotyczy ona całego budynku. Jednak tu – podobnie jak w przypadku energii użytkowej i końcowej – wyniki przedstawiono w odniesieniu do 1m<sup>2</sup> powierzchni o regulowanej temperaturze, co oznacza, że są one równe tym samym wskaźnikowi energii pierwotnej EP, który wyliczany jest z równania:

$$EP = \frac{Q_{P,H} + Q_{P,W}}{A_f} \quad (7)$$

gdzie: A<sub>f</sub> – powierzchnia o regulowanej temperaturze, m<sup>2</sup>.

Większość analizowanych budynków zasilana jest z elektrociepłowni, która wytwarza energię ciepłą i elektryczną w sposób skojarzony, oparta o węgiel i gaz. Zaledwie kilka budynków posiada indywidualne ogrzewanie gazem i indywidualne miejscowe podgrzewanie ciepłej wody użytkowej. Do większości analizowanych budynków, tj. 45% budynków ciepło do ich ogrzania dostarczane jest przez elektrociepłownię. Duża grupa budynków, tj. 36% posiada własną kotłownię gazową, a 15% kotłownię węglową. Pozostała część budynków ogrzewana jest piecami kaflowymi, kominkami lub w inny sposób. W przypadku źródła energii do podgrzania ciepłej wody użytkowej tu również większość budynków, tj. 43% ma dostarczoną ciepłą wodę z elektrociepłowni. 23% budynków podgrzewa wodę indywidualnie gazowo. 12% budynków podgrzewa wodę elektrycznie (indywidualnie). 11% budynków wykorzystuje kotłownię gazową, tyle samo procent – kotłownię węglową. W tabeli 2 przedstawiono wartości dotyczące rzeczywistego zużycia energii pierwotnej (a tym samym wskaźnika energii pierwotnej EP) w analizowanych budynkach.

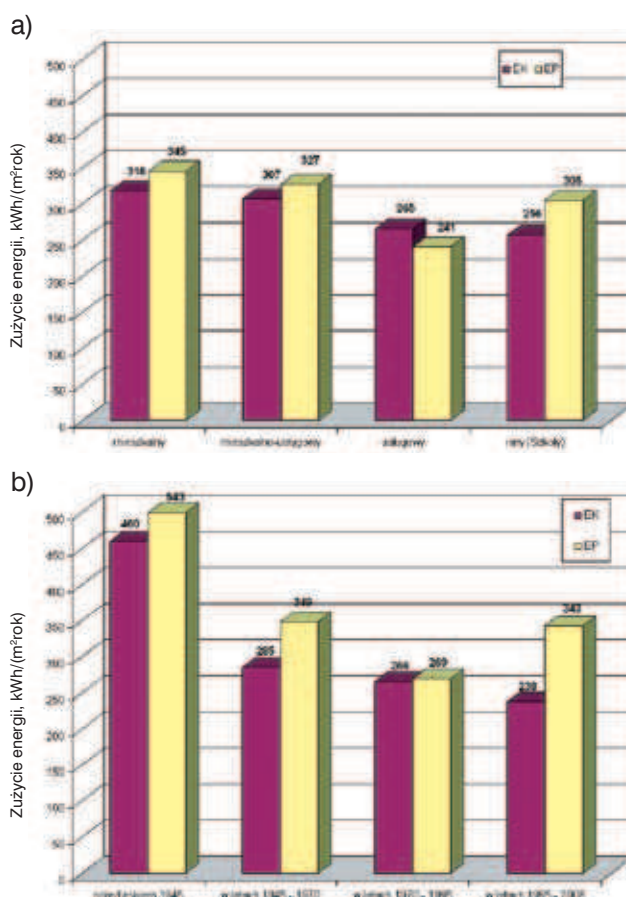
Wartość wskaźnika energii pierwotnej EP (Rys. 5) waha się od ok. 340 [kWh/m<sup>2</sup>rok] w budynkach nowoczesnych aż do wartości blisko dwa razy większej, tj. ok. 540 [kWh/m<sup>2</sup>rok] w budynkach wybudowanych przed rokiem 1945. Nie wskazuje to jednak na nieoprawnie dobrane źródło ogrzewania (wartość w) gdyż różnica w wynikach sięga zaledwie ok. 10%. Wpływ na wysoką wartość ma tu niechybnie sprawność instalacji (energia końcowa) oraz jakość termiczna obudowy (energia użytkowa).

## 6. Podsumowanie

W artykule przedstawiono szczegółową analizę rzeczywistego zużycia energii do ogrzewania budynku i przeznaczonej na przygotowanie ciepłej wody użytkowej. Przedstawiono je jako energię użytkową, końcową na następnie pierwotną. Analizie poddano również wskaźniki energii końcowej i pierwotnej.

**Tabela 2.** Wskaźnik energii pierwotnej EP w budynkach w zależności od roku wybudowania

Rok wybudowania:	Wskaźnik energii końcowej EP [kWh/m <sup>2</sup> rok]
przed 1945	543
1945 ÷ 1970	348
1970 ÷ 1995	269
1995 ÷ 2008	342



**Rys. 5.** Wskaźnik energii pierwotnej w analizowanych budynkach w zależności od: a) pełnionej funkcji, b) roku wybudowania

Wszystkie wyniki dotyczą typowego budynku reprezentującego daną grupę, np. budynki mieszkalne lub wybudowane w latach 1970 ÷ 1995.

Analiza potwierdza przypuszczenia, że najwięcej energii użytkowej – wynikającej bezpośrednio z jakości przegród zewnętrznych – zużywają budynki stare, tj. wybudowane przed rokiem 1945. Przyczyną nadmiernej konsumpcji energii jest niechybnie brak izolacji termicznej zewnętrznych przegród budynku. Jednak optymistycznie wartość zużycia energii użytkowej spada wraz z rokiem wybudowania budynku. Najmniej energii użytkowej zużywają budynki nowe, tj. wybudowane w latach 1995 ÷ 2008. Najwyraźniej wynika to z coraz lepszej jakości termicznej przegród zewnętrznych budynków. Natomiast różnica w zuży-

ciu energii użytkowej wynikająca z pełnionej przez budynek funkcji nie jest tu duża i wynosi zaledwie kilka procent.

Analiza energii końcowej wykazała, że analizowane budynki mają generalnie niskie sprawności obu instalacji. W przypadku instalacji c.o. średnia sprawność wszystkich analizowanych budynków wynosi ok. 0,73 [-]. Gorzej jest w przypadku instalacji c.w.u. Tu średnia całkowita sprawność wynosi zaledwie ok. 0,55 [-]. Stąd zużycie energii końcowej na potrzeby ciepłej wody użytkowej jest blisko dwa razy większe niż energii użytkowej.

Jednak w przypadku całkowitej sprawności instalacji c.o. sprawność ta rośnie, od wartości 0,63 [-] w budynkach wybudowanych przed rokiem 1945, poprzez wartości 0,76 [-] oraz 0,75 [-] aż do wartości 0,78 [-] w budynkach nowoczesnych. Jednocześnie wartość całkowitej sprawności instalacji c.w.u. pozostaje na stałym poziomie, tj. ok. 0,55 [-].

Zatem wartość wskaźnika energii końcowej EK waha się od ok. 210 [kWh/m<sup>2</sup>rok] w budynkach nowoczesnych aż do wartości blisko dwa razy większej, tj. ok. 380 [kWh/m<sup>2</sup>rok] w budynkach wybudowanych przed rokiem 1945.

Analiza wartości wskaźnika energii pierwotnej wykazała, że spada ona od ok. 543 [kWh/m<sup>2</sup>rok] w budynkach starych (wzniesionych przed rokiem 1945) do ok. 342 [kWh/m<sup>2</sup>rok] w budynkach nowoczesnych (lata 1995 ÷ 2008).

Przedstawiona analiza zużycia energii w wybranej grupie budynków na terenie miasta Zielona Góra i jej okolic przedstawia szeroki obraz charakterystyki energetycznej typowych budynków wzniesionych w różnych latach i pełniących różne funkcje. Dane te mogą się przyczynić do efektywniejszego planowania termomodernizacji budynków.

### BIBLIOGRAFIA

[1] Alsabry A., Staniec M., „Analiza typologii budynków oraz możliwości termomodernizacyjnych w budynkach mieszkalnych i mieszkalno-usługowych na terenie Zielonej Góry”, Przegląd Budowlany, 5/2011

[2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej

**DOBRE NOCLEGI** dla Twoich pracowników

Do Państwa dyspozycji:

- HOSTELE SŁUŻEWIEC i TO-TU
- HOTELE ATOS i ARAMIS

noclegi pracownicze  
w Warszawie już od  
**30 zł/osobę**

[www.puhit.pl](http://www.puhit.pl)  
[zakwaterowanie@puhit.pl](mailto:zakwaterowanie@puhit.pl)

Rezerwacja: 22 20 76 550