

Rozliczanie kosztów ogrzewania

Dr inż. Paweł Michnikowski

Mgr inż. Stanisław Matys

Metody podziału indywidualnych kosztów ogrzewania w budynkach wielorodzinnych w świetle znowelizowanego Prawa Energetycznego

W maju bieżącego roku weszła w życie znowelizowana ustawa Prawo Energetyczne (ustawa z dnia 10 kwietnia 1997r. z późniejszymi zmianami), w której znalazły się zapisy dotyczące rozliczania lokali mieszkalnych i użytkowych w oparciu o odczyty urządzeń wskaźnikowych. Jednym z najważniejszych zapisów tej ustawy, dotyczących poruszanej problematyki jest art. 45a. pkt.9 brzmiący: „Właściciel lub zarządca budynku wielolokalowego dokonuje wyboru metody rozliczania całkowitych kosztów zakupu ciepła na poszczególne lokale mieszkalne i użytkowe w tym budynku tak, aby wybrana metoda, uwzględniając współczynniki wyrównawcze zużycia ciepła na ogrzewanie, wynikające z położenia lokalu w bryle budynku przy jednoczesnym zachowaniu prawidłowych warunków eksploatacji budynku określonych w odrębnych przepisach, stymulowała energooszczędne zachowania oraz zapewniała ustalanie opłat, o których mowa w ust. 4, w sposób odpowiadający zużyciu ciepła na ogrzewanie i przygotowanie ciepłej wody użytkowej”.

Zapis ten obliguje Właściciela lub Zarządcę budynku do wyboru takiego sposobu rozliczania, który pozwoli na zachowanie równowagi pomiędzy energooszczędnym i jednocześnie racjonalnym użytkowaniem mieszkań. Pod tym pojęciem rozumiane jest takie racjonowanie zużycia ciepła, które polega na zapewnieniu mieszkańom temperatury, zgodnej z indywidualnym odczuciem komfortu cieplnego, ale także prawidłową wentylację – wietrzenie i nie wychładzanie pomieszczeń poniżej rozsądnej granicy, jaką jest 16 st.C. Jednocześnie zapis ten precyzyjnie określa, jakie kryteria decydować powinny o ustaleniu opłat indywidualnych. Metoda rozliczania całkowitych kosztów zakupu ciepła na poszczególne lokale, oparta na wykorzystaniu urządzeń wskaźnikowych (mogą to być podzielniki), musi zapewniać silną korelację ustalonych opłat z ilością ciepła na ogrzewanie danego lokalu, czyli sezonowym zapotrzebowaniem danego lokalu na ciepło do jego ogrzania.

Dotychczas realizowane w Polsce sposoby rozliczania kosztów indywidualnych ogrzewania bazują tylko na odczycie wskazań wielkości proporcjonalnych do ilości ciepła wyemitowanego przez instalację grzewczą - w przypadku indywidualnych liczników ciepła lub do ilości ciepła wyemitowanego przez grzejniki – w przypadku podzielników.

Tematem tej publikacji jest zbadanie korelacji, pomiędzy wskazaniami podzielników zwanymi w dalszej części klasycznymi, miarodajnymi dla ilości ciepła wydzielonego przez grzejniki danej jednostki użytkowej, a jej sezonowym zapotrzebowaniem na ciepło do ogrzania. Tą samą metodologię zastosowano dla nowej, proponowanej metody podziału kosztów ogrzewania, wykorzystującej jako dodatkowy parametr średnią temperaturę wewnętrzną rozliczanego lokalu w sezonie grzewczym.

1. Wskazania podzielników kosztów ogrzewania jako kryterium podziału indywidualnych kosztów ogrzewania.

Koszty ciepła dostarczonego do budynku na potrzeby centralnego ogrzewania w Polsce były dotychczas dzielone pomiędzy jego użytkowników metodą ryczałtową - w proporcji do zajmowanej powierzchni lokalu lub pomiarową – w proporcji do wskazań ciepłomierzy lokalowych lub podzielników kosztów ogrzewania. Pierwsza z metod nie zachęca do

racjonalnej gospodarki ciepłem i powoduje jego marnotrawstwo, druga, mimo że stymuluje energooszczędne zachowania użytkowników lokali, to jednak jest powszechnie krytykowana. Krytyka metody rozliczania indywidualnych kosztów ogrzewania zgodnego ze zużyciem wynika z faktu, że zasada jej funkcjonowania opiera się na bezkrytycznym przekonaniu, że jedynymi źródłami ciepła w rozliczonym lokalu są grzejniki. Czyli określenie intensywności korzystania z grzejników za pomocą indywidualnych ciepłomierzy lokalowych lub podzielników kosztów ogrzewania. Pierwsza z metod nie zachęca do racjonalnej gospodarki ciepłem i powoduje jego marnotrawstwo, druga, mimo że stymuluje energooszczędne zachowania użytkowników lokali, to jednak jest powszechnie krytykowana. Krytyka metody rozliczania indywidualnych kosztów ogrzewania zgodnego ze zużyciem wynika z faktu, że zasada jej funkcjonowania opiera się na bezkrytycznym przekonaniu, że jedynymi źródłami ciepła w rozliczonym lokalu są grzejniki. Czyli określenie intensywności korzystania z grzejników za pomocą indywidualnych ciepłomierzy lub podzielników na grzejnikach jest wystarczającym kryterium określenia kosztów ogrzewania lokalu.

Tymczasem nawet dla osób nie związanych z ogrzewnictwem jest oczywiste, że ciepło centralnie dostarczone do budynku rozchodzi się do pomieszczeń ogrzewanych nie tylko przez grzejniki, ale także przez nie izolowane piony grzewcze i ściany sąsiednich lokali o zróżnicowanych temperaturach. Udział wymienionych powyżej źródeł ciepła w bilansie energetycznym pomieszczeń zależy do szeregu czynników, a przede wszystkim od jakości przegród zewnętrznych i wewnętrznych, instalacji grzewczej oraz zachowania użytkowników lokali.

Wiarygodność obecnie stosowanej powszechnie w Polsce metody wyznaczania indywidualnych kosztów ogrzewania na bazie odczytów podzielników oraz jej zgodność z zapisami znowelizowanej ustawy Prawo Energetyczne zależy od korelacji pomiędzy kosztami ogrzewania naliczonymi na jej podstawie, a zużyciem ciepła na ogrzanie danego lokalu.

W tym celu przeprowadzono eksperyment w jednym z budynków wielorodzinnych administrowanych przez Spółdzielnię Mieszkaniową w województwie świętokrzyskim (100 mieszkań, 8 klatek), w którym na podstawie pomiaru średniej temperatury w mieszkaniach w sezonie grzewczym, wyliczono zapotrzebowanie ciepła na ich ogrzanie. Pomiar średniej temperatury mieszkań zrealizowano za pomocą specjalnych podzielników kosztów ogrzewania, które oprócz standardowego wskazania wartości zużycia, umożliwiały także rejestrację średniej temperatury wewnętrznej pomieszczenia [1]. Prezentowany budynek posiadał następujące parametry budowlane:

- ściany zewnętrzne podłużne $U=0,264 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- ściany zewnętrzne szczytowe $U=0,283 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- ściany wewnętrzne $U=2,727 \text{ W/m}^2\text{K}$ (pomiędzy pomieszczeniami),
- stropy pomiędzy kondygnacjami $U=1,415 \text{ W/m}^2\text{K}$. Mimo częściowej wymiany stolarki okiennej, do analizy przyjęto typowe okna $U=2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Na rys. 1 na pionowym przekroju budynku przedstawiono rozkład mieszkań z podanymi zmierzonymi i wyliczonymi parametrami: w górnym wierszu zarejestrowaną średnią temperaturę mieszkania wyznaczoną jako średnią ważoną, poniżej zużycie ciepła na ogrzanie w GJ i sumę wartości zużycia (po uwzględnieniu współczynników oceny). W 15 mieszkaniach nie zostały zamontowane podzielniki i na rys. 1 widoczne są w postaci zacienionej.

Zużycie ciepła na ogrzanie odczytane z ciepłomierza w węźle analizowanego budynku w sezonie grzewczym 2004/2005 wyniosło 2109 GJ. Suma wyliczonego zużycia ciepła przy uwzględnieniu rzeczywistych temperatur wewnętrznych dla mieszkań opomiarowanych wynosi 1136,63 GJ. Wyliczona suma sezonowego zużycia ciepła dla mieszkań, w których nie zostały zamontowane podzielniki i uwzględniono normatywne warunki eksploatacji pomieszczeń wynosi 225,09 GJ. Razem z uwzględnieniem 8 klatek schodowych wyliczone

zapotrzebowanie ciepła na ogrzanie budynku wynosi 1774,60 GJ.

21.02	20.04	20.07	21.09	19.02	19.05	20.06	20.70	19.04	20.04	21.02	19.02	20.06	19.01	19.01	17.10				21.02
17.47	24.00	22.00	21.00	21.00	12.01	22.04	24.47	20.00	22.11	19.00	19.00	22.10	20.00	21.00	12.00				20.00
22.14	24.01	21.70	19.04	24.24	22.04	22.04	27.03	22.24	22.24	22.24	22.24	22.24	22.24	22.24	22.24				22.14
20.00	20.70	20.01	20.04	21.00	20.00	17.00	18.01	18.00	20.00	19.04	20.40	20.00	19.00	20.01	20.00	21.10			
7.84	10.70	10.00	11.74	9.91	9.21	7.42	8.20	10.00	9.32	9.99	9.44	9.91	10.00	9.42	9.44	9.32			
9900	1900	1310	4900	1741	600	160	26	100	2101	6247	2000	1716	2200	2101	1916	2670			
20.47	21.14	19.00	20.70	20.07	22.14	27.01	27.4	22.00	19.00	20.70	19.00	20.00	19.00	18.00			19.00	20.4	
7.00	10.00	9.00	11.70	9.49	7.00	9.01	10.40	11.00	7.00	9.44	9.00	9.00	10.01	9.40			9.00	11.40	
1407	6340	2204	2204	2204	1400	4700	2204	2204	2204	1400	70	2400	1000	601			1000	2400	
20.00	20.00	21.00	19.00	19.01		20.70	19.00	20.04	20.00	22.01	17.47	20	20.0	20.0			19.0		20.00
7.07	10.41	10.00	11.00	8.00		9.21	8.34	11.40	9.91	7.20	7.00	9.00	9.00	17.40	9.00		9.40		10.00
6274	4900	620	2204	2700		1007	207	1400	6000	2000	1004	624	2000	1170			1000		1000
20.00	19.4	20.07	19.01	21.00	21.70	19.00	21.01	20.70	19.00	20.00		21.01	20.00	21.0	21.00	19.41	19.41		
20.47	17.00	19.00	19.71	19.00	19.00	19.00	19.00	22.01	14.01	19.00		19.40	20.00	19.01	19.00	11.70	14.00		
6000	2000	2400	1607	1124	2004	7000	2401	2216	7000	2242		6470	6601	7100	7000	2400	2170		

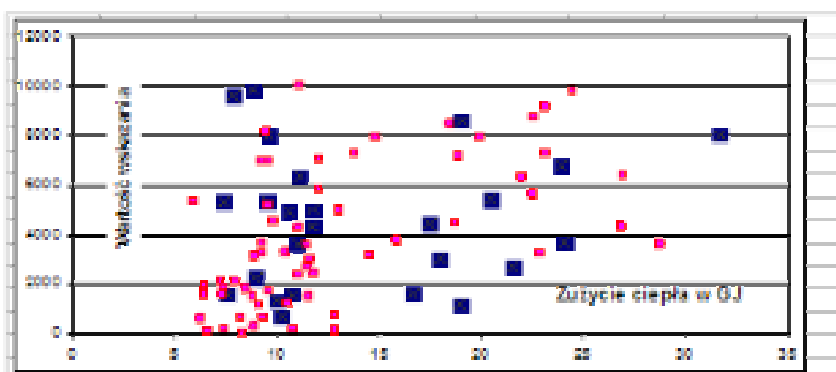
Rys.1. Pionowy przekrój budynku z podanymi wartościami średnich temperatur w sezonie grzewczym, sezonowego zużycia ciepła i sumy wskazań na podzielnikach w mieszkaniach.

Aby móc porównać wyliczone zapotrzebowanie na ciepło do ogrzania z rzeczywistym licznikowym zużyciem ciepła budynku, należy uwzględnić sprawności. Skorzystano z rozporządzenia w sprawie zakresu audytu energetycznego [4] i wyznaczono:

$$Q = Q_A \cdot \frac{\eta_c \cdot \eta_d}{\eta_c \cdot \eta_d \cdot \eta_p \cdot \eta_s} = 1774,6 \cdot \frac{1 \cdot 0,93}{1 \cdot 0,9298 \cdot 0,93 \cdot 0,93} = 2009,03 \text{ GJ} \quad (1)$$

Różnica pomiędzy teoretyczną ilością ciepła 2009,03 GJ, a rzeczywiście pomierzoną 2109,33 GJ w sezonie grzewczym 2004/2005, wynosząca około 5%, może wynikać przede wszystkim z niedoszacowania zużycia w mieszkaniach, w których na skutek braku opomiarowania, założono normatywne warunki eksploatacji pomieszczeń. Jak uczy praktyka w mieszkaniach nie wyposażonych w urządzenia pomiarowe, brakuje ich użytkownikom motywacji do racjonalnego gospodarowania ciepłem.

Na rys.2 pokazano zależność graficzną pomiędzy klasycznymi wskazaniami podzielników (po uwzględnieniu współczynników oceny, bez współczynników redukcyjnych), a sezonowym zużyciem ciepła dla lokali analizowanego budynku.



Wnikliwa analiza obu rysunków pozwala na wyciągnięcie następujących wniosków:

- z analizy rys.1. wynika, że amplituda wahań zapotrzebowania ciepła na jednostkę powierzchni lokali (stosunek wskaźnika maksymalnego do minimalnego) wynosi 4,24, a odpowiadający jej stosunek wskaźnika sumy wskazań podzielników do powierzchni wynosi

602. Według kryterium podawanego w [5] amplituda wskaźnika wskazań podzielników większa od 6 świadczy o nieprawidłowej rejestracji ciepła.

- z analizy rys.2. widać, że w niektórych mieszkaniach wskazania podzielników oscylują w okolicy wartości zerowej, mimo zapotrzebowania ciepła na ogrzanie wahającego się pomiędzy 6 – 13 GJ.

Są to znaczące argumenty przemawiające za krytyczną oceną dotychczasowych metod rozliczania indywidualnych kosztów ogrzewania opartych na odczycie klasycznych wskazań podzielników kosztów ogrzewania. Aby jednoznacznie stwierdzić, czy metoda oparta na klasycznych wskazaniach podzielników, spełnia postulat zapewnienia opłat w sposób odpowiadający zużyciu ciepła na ogrzewanie, należy określić korelację pomiędzy zbiorem sum zredukowanych wskazań podzielników, a sezonowym zapotrzebowaniem na ciepło odpowiadających im lokali.

Korelacja to współzależność liniowa dwóch zmiennych losowych. Liczbową miarą korelacji dwóch zmiennych losowych X i Y jest współczynnik korelacji. Współczynnik korelacji jest zawsze liczbą z przedziału [-1;1]. Przyjmuje wartość 1 lub -1, gdy między rozważanymi zmiennymi losowymi istnieje funkcyjna zależność liniowa; gdy przyjmuje wartość 0, rozważane zmienne losowe nazywa się nie skorelowanymi. W przypadku gdy obie zmienne losowe X i Y mają rozkład normalny, współczynnik korelacji jest miarą zależności (nie tylko zależności liniowej) między tymi zmiennymi losowymi. To czy współczynnik korelacji jest istotny decyduje tzw. test istotności współczynnika korelacji. Współczynnik korelacji „r” pomiędzy zredukowanymi wskazaniem podzielników elektronicznych (bez współczynników redukcyjnych na położenie mieszkania w bryle budynku), a zużyciami ciepła na ogrzanie, wyznaczony dla wszystkich 85 lokali opomiarowanych budynku wynosi 0,42. Oznacza to iż opłaty za centralne ogrzewanie ustalone na poszczególne lokale w 100% w proporcji do wskazań podzielników, są w sposób słaby zależne od zużycia ciepła na ogrzewanie tych lokali. Aby zbadać istotność współczynnika korelacji, wyznaczono z zależności

$$t = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \cdot \sqrt{n-2} = \frac{0,42}{\sqrt{1-0,42^2}} \cdot \sqrt{85-2} = 4,216 \quad (2)$$

dla próby n=85 (ilość mieszkań opomiarowanych) wartość statystyki t = 4,216. Dla przyjętego poziomu istotności $\alpha = 0,05$ (prawdopodobieństwo 95%) można odczytać z tablic rozkładu t - Studenta przy 83 stopniach swobody (85 pomiarów minus 2) wartość krytyczną statystyki wynoszącą $t_{\alpha} = 2$. Ponieważ mamy t = 4,216 to $t_{\alpha} = 2,00$ nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy o istotności współczynnika korelacji.

Ciekawa jest analiza współczynnika korelacji dla pierwszych dwóch klatek (mieszkania od 1 do 25). Wynosi on tylko 0,09 czyli ze statystycznego punktu widzenia zmienne nie są skorelowane (t = 0,433 to $t_{\alpha} = 2,069$). Na rys. 2. zależność dla dwóch pierwszych klatek przedstawiono w postaci dużych kwadratów koloru niebieskiego.

Z dotychczasowej praktyki realizacyjnej wynika, że firmy rozliczeniowe niwelują brak korelacji pomiędzy kosztami ogrzewania wyznaczonymi na podstawie klasycznych wskazań podzielników, a zużyciem ciepła na ogrzewanie, zwiększając udział kosztów stałych, dzielonych w proporcji do powierzchni lokalu. Aby sprawdzić jak zwiększanie udziału kosztów stałych zmienia korelację pomiędzy kosztami ogrzewania, a zużyciem ciepła, w tabeli 1 przedstawiono zależność współczynnika korelacji w funkcji procentowego udziału kosztów stałych rozliczanego budynku. Symulacji dokonano dla wszystkich 85 opomiarowanych mieszkań.

Tabela 1. Zależność współczynnika korelacji od udziału kosztów stałych ogrzewania.

Koszty stałe w %	0	30	40	50	60	70	80	90	100
Współczynnik korelacji r	0.419	0.454	0.468	0.485	0.499	0.503	0.491	0.473	0.394

Jak wynika z analizy powyższej tabeli, siła zależności pomiędzy kosztami ogrzewania wyznaczonymi w oparciu o odczyt klasyczny podzielnika z uwzględnieniem udziału kosztów stałych, a zapotrzebowaniem lokalu na ciepło do ogrzania, posiada wartość ekstremalną. Dla poszczególnych budynków może się ona różnić w zależności od parametrów budowlanych oraz zachowania użytkowników. W analizowanym budynku w woj. świętokrzyskim optymalną wartością jest przyjęcie 70% udziału kosztów stałych, co postrzegane może być jako rozliczania prawie ryczałtowe. Godnym zaakcentowania natomiast jest fakt, że dla 100% kosztów stałych korelacja pomiędzy tzw. ryczałtowymi kosztami ogrzewania, a ciepłem na ogrzanie jest mniejsza niż w przypadku przyjęcia 100% kosztów zmiennych uzależnionych od klasycznych wskazań podzielników, co zdecydowanie przemawia za wyższością rozliczania zależnego od zużycia nad rozliczaniem zależnym tylko od powierzchni.

2. Metoda rozliczania całkowitych kosztów ogrzewania na poszczególne lokale zgodna z aktualną ustawą Prawo energetyczne.

Celem umożliwienia kontroli i porównywania zużycia ciepła w sezonie grzewczym, wprowadzono w ogrzewnictwie pojęcie liczby stopniodni S_d [3]. Jest ona iloczynem liczby dni ogrzewania i różnicy pomiędzy średnią temperaturą ogrzewanego pomieszczenia, a średnią temperaturą zewnętrzną w sezonie grzewczym, czyli

$$S_d = \sum_{i=1}^n (t_i - t_e) \quad (3)$$

gdzie: n - liczba dni grzewczych
 t_i - średnia temperatura pomieszczenia
 t_e - średnia temperatura zewnętrzna danego dnia grzewczego.

Zależność opisująca miesięczne, jednostkowe zapotrzebowanie na ciepło grzewcze dla pomieszczenia ma postać:

$$Q = [C \cdot \sum (t_i - t_e) - Z] \cdot \tau \quad (4)$$

gdzie: C - całkowite straty ciepła pomieszczenia, obejmujące charakterystykę obudowy oraz potrzeby wentylacyjne w WVK
 Z - średnie miesięczne zyski ciepła,
 τ - liczba sekund w dobie

Zależność (4) można uprościć zakładając podobne zyski ciepła dla wszystkich pomieszczeń oraz podstawiając zamiast średnich dobowych temperatur pomieszczenia oraz zewnętrznej, średnią temperaturę pomieszczenia i zewnętrzną z całego sezonu grzewczego. Następnie aby zsumować sezonowe zapotrzebowania na ciepło dla poszczególnych pomieszczeń tworzących lokal lub mieszkanie, trzeba wyznaczyć średnią ważoną temperatur wewnętrznych. Rozpisując wskaźnik C jako iloczyn jednostkowego zapotrzebowania na moc grzewczą i powierzchni, podzielonych przez różnicę obliczeniowych temperatur: wewnętrznych i zewnętrznej danej strefy klimatycznej, otrzymano ostateczną postać zależności na ciepło do ogrzania jednostki użytkowej w trakcie sezonu grzewczego:

$$Q = \frac{\dot{Q}_j \cdot F}{(t_{iz} - t_{ze})} (t_{iz} - t_{ze}) \cdot \tau_g \quad (5)$$

gdzie:

t_{iz} – średnia ważona temperatura wewnętrzna lokalu w sezonie grzewczym,

t_{ze} – średnia temperatura zewnętrzna w sezonie grzewczym,

t_{iz} - obliczeniowa temperatura wewnętrzna,

t_{ze} - obliczeniowa temperatura zewnętrzna danej strefy klimatycznej,

τ_g - liczba sekund w sezonie grzewczym

\dot{Q}_j - jednostkowe zapotrzebowanie na moc grzewczą lokalu w [W/m²],

F - powierzchnia ogrzewanego lokalu w [m²].

Dla rozpatrywanego sezonu grzewczego i danej strefy klimatycznej, iloraz $\tau_g / (t_{iz} - t_{ze}) = k$ jest stały, dlatego można przyjąć ostateczną postać równania na zapotrzebowanie ciepła w sezonie grzewczym dla jednostki użytkowej:

$$Q = k \cdot \dot{Q}_j \cdot F (t_{iz} - t_{ze}) \quad (6)$$

Dla analizowanego budynku, dla którego przytoczono już w tej publikacji zależność pomiędzy klasycznymi wskazaniemmi podzielników elektronicznych, a zużyciami ciepła na ogrzanie poszczególnych lokali, zgromadzono dane potrzebne do wyznaczenia zużycia ciepła w sezonie grzewczym zgodnie z równaniem (6). W tym celu sporządzono projekt Obliczania Zapotrzebowania na Ciepło (OZC), z którego otrzymano jednostkowe zapotrzebowania na moc grzewczą w warunkach obliczeniowych, wyznaczono średnie ważne temperatury i na tej podstawie nadwyżkę temperatur średnich w lokalach nad średnimi temperaturami zewnętrznymi sezonu grzewczego. Powyższe dane zestawiono ze zbiorem zapotrzebowań ciepła dla lokali i dla pierwszych dwóch klatek analizowanego budynku przedstawiono w tabeli 2.

Przyjęto taką wartość współczynnika k, która wynika z podstawienia rzeczywistych danych - 222 dni sezonu grzewczego i przekształceniu jednostek na GJ/a. Jako QH oznaczono wyliczone zapotrzebowanie ciepła na ogrzanie lokalu, natomiast jako Q parametr wyznaczony zgodnie z zależnością (6).

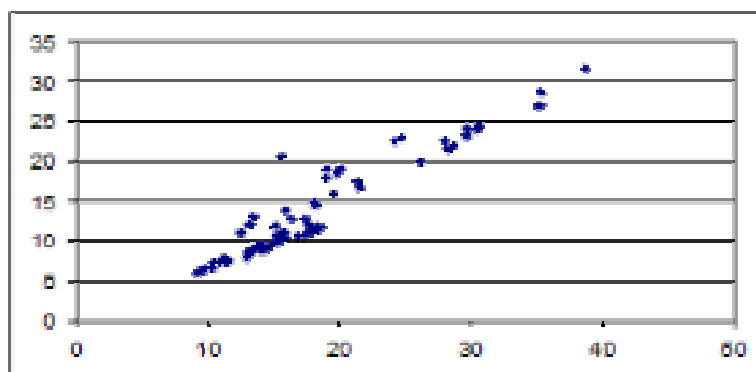
Tabela 2. Porównanie parametrów wyznaczonych z zależności (6) i zapotrzebowań ciepła na ogrzanie dla rzeczywistych temperatur wewnętrznych dla pierwszych dwóch klatek budynku.

F	\dot{Q}_i	$t_{in} - t_{ex}$	Q	Q_H
[m ²]	[W/m ²]	[°C]	[GJ/a]	[GJ/a]
27,8	58,99	19,89	15,69	20,47
37,8	67,04	18,34	18,96	17,95
45,6	45,44	19,11	18,99	19,03
27,8	43,06	18,93	10,87	7,37
37,8	43,39	19,4	15,26	10,61
45,6	35,90	20,08	15,75	10,28
27,8	43,06	19,31	11,08	7,60
37,8	43,39	20,02	15,74	11,09
45,6	35,92	17,82	14,00	8,92
27,8	43,06	19,69	11,30	7,84
37,8	43,39	19,82	15,43	10,70
45,6	35,90	19,65	15,42	10,03
27,8	78,92	20,36	21,42	17,47
37,8	83,89	19,48	29,62	24,03
45,6	71,16	19,64	30,40	23,92
57,2	45,87	17,05	21,45	18,71
45,6	45,11	20,23	19,95	18,95
57,2	34,37	19,82	17,74	11,05
45,6	34,54	18,74	14,15	8,80
57,2	34,37	19,69	18,47	11,72
45,6	34,54	19,71	14,89	9,49
57,2	34,37	19,68	18,66	11,74
45,6	34,54	19,87	15,01	9,61
57,2	69,93	20,13	38,61	31,68
45,6	69,76	18,5	28,22	21,52

Podobnie jak dla klasycznych wskazań podzielników wyznaczono współczynnik korelacji pomiędzy parametrem Q otrzymanym z równania (6), a zapotrzebowaniem ciepła Q_H dla analizowanych lokali. Dla zbioru mieszkań z pierwszych dwóch klatek (25 lokali), współczynnik korelacji wyniósł 0,91 co w porównaniu ze współczynnikiem korelacji dla klasycznych wskazań podzielnika wynoszącym 0,09, świadczy o silnej zależności obu parametrów. Dla wszystkich 85 opomiarowanych lokali współczynnik korelacji wyniósł 0,94 (dla porównania dla klasycznych wskazań podzielnika 0,42). Graficzny obraz zależności pomiędzy wyznaczonymi parametrami Q , a zużyciami ciepła na ogrzanie lokali Q_H przedstawiono na rys. 3.

Z pozoru może się wydawać, że trudno było oczekiwać innego wyniku, ponieważ metoda rozliczania kosztów całkowitych na poszczególne lokale za pomocą kryterium pomiaru ich temperatury wewnętrznej, przy jednoczesnym posiadaniu wiedzy o ich parametrach termicznych (zużycie energii na przenikanie i podgrzanie powietrza wentylacyjnego) już z definicji wydaje się najbardziej oczywista. Ma ona jednak podstawową wadę, bazuje na stałych, normatywnych warunkach wentylacji.

Inną cechą charakterystyczną takiego kryterium wyznaczenia indywidualnych kosztów ogrzewania jest jego wrażliwość na wpływ innych źródeł ciepła, co w przypadku nie izolowanych pionów oraz strumieni ciepła przenikającego przez przegrody wewnętrzne jest zaletą, natomiast w przypadku zróżnicowanych wewnętrznych zysków ciepła jest wadą. Do wad tej metody rozliczenia kosztów ogrzewania można zaliczyć także fakt, że prowadzi do braku motywacji lokatorów do prywatnych inwestycji w podniesienie standardu cieplnego mieszkania np. wymianę stolarki okiennej, bo nie przekłada się to bezpośrednio na obniżenie kosztów ogrzewania lokalu.



Rys. 3. Zależność pomiędzy parametrem Q z równania (6), a zużyciem ciepła Q_h .

Aby wyeliminować wady metody rozdziału kosztów ogrzewania wykorzystującej tylko iloczyn różnicy nadwyżki średniej temperatury pomieszczenia nad średnią zewnętrzną temperaturą sezonu grzewczego oraz wskaźnika całkowitego zapotrzebowania pomieszczenia na pokrycie strat na przenikanie i wentylację zwanej dalej metodą komfortu cieplnego, wprowadzono do opisanego powyżej systemu, klasyczne wskazania podzielników. Po tej modyfikacji metoda podziału całkowitych kosztów dostawy ciepła do budynku składa się z trzech składników:

- udział stały dzielony w proporcji do powierzchni (20-30%),
- udział komfortu dzielony w proporcji do iloczynu różnicy średnich temperatur: wewnętrznej lokalu i zewnętrznej sezonu grzewczego oraz powierzchni (35-40%).
- udział grzejnika dzielony w proporcji do klasycznego wskazania podzielnika (35-40%),

Korelacja kosztów ogrzewania wyznaczonych w oparciu o metodę uwzględniającą np. 30% udziału stałego, 35% udziału komfortu i 35% udziału grzejnika i zużycia ciepła na ogrzanie, wynosi 0,73.

Opisana powyżej metoda nie uwzględnia redukcji kosztów ze względu na położenie lokalu, ponieważ służyła do stwierdzenia siły zależności pomiędzy wyznaczonymi kosztami, a rzeczywistym zużyciem ciepła na ogrzanie. W praktyce, aby spełnić wymagania ustawy Prawo energetyczne należy uwzględnić w rzeczywistym systemie współczynniki wyrównawcze, zakładające nie zawinione przez użytkowników zróżnicowanie jakości energetycznej lokali. W tym celu wystarczy w systemie opisanym powyżej w równaniu (6) pominąć - jednostkowe zapotrzebowanie na moc grzewczą lokalu, aby otrzymać obiektywne kryterium zachowania użytkownika lokalu, zależne tylko od średniej temperatury wewnętrznej i powierzchni mieszkania.

Ostatecznie udział komfortu w metodzie podziału kosztów sprowadza się do równania:

$$Q^1 = F(t_{in} - t_{st}) \quad (7)$$

Porównując współczynnik korelacji dla cytowanych w tej publikacji metod rozliczania kosztów ogrzewania w budynku wielorodzinnym trzeba obiektywnie stwierdzić, że najbardziej skorelowana z użyciem ciepła na ogrzewanie jest metoda wykorzystująca tylko iloczyn różnicy średnich temperatur, czyli metoda komfortu cieplnego.

Niestety posiada ona poważną wadę, a mianowicie zakłada stałą dla danej kubatury wentylację dla wszystkich lokali zlokalizowanych w rozliczanym budynku. Dlatego zaproponowano metodę mieszaną, wykorzystującą dobrodziejstwo czystej metody opartej na

średniej temperaturze pomieszczenia, czyli silną korelację z rzeczywistym zużyciem ciepła na ogrzanie, połączoną z klasycznym odczytem podzielników.

Osobną kwestią jest decyzja wyboru udziału procentowego każdego z kryterium, co powinno wiązać się z analizą stanu realizacji wymagań ochrony cieplnej rozliczanego budynku.

Budynki bez izolacji termicznej i wymiany stolarki okiennej posiadają duży udział strat ciepłych na przenikanie (niezależnych od woli użytkownika) w całkowitych stratach ciepła, co pozwala na zwiększenie udziału kryterium nadwyżki średniej temperatury wewnętrznej.

Budynki ocieplone, w których rośnie znaczenie strat wentylacji w bilansie strat całkowitych, rośnie jednocześnie udział parametru zależnego od użytkownika. Można obrazowo powiedzieć, że różnice w zużyciach ciepła na grzejnikach są odpowiedzialne za różny stopień wentylacji, czyli także za różną intensywność wietrzenia.

Aby móc zrealizować proponowany nowy system rozliczeniowy w budynkach wyposażonych w standardowe podzielniki wyparkowe lub elektroniczne, należy wyposażyć dodatkowo wszystkie opomiarowane pomieszczenia w rejestratory temperatury wewnętrznej. Z punktu widzenia wiarygodności pomiaru oraz optymalizacji kosztów inwestycji, korzystniejsze jest zainwestowanie w specjalne elektroniczne podzielniki kosztów ogrzewania posiadające jednocześnie funkcję rejestracji średniej temperatury pomieszczenia. Taki podzielnik trudniej „oszukać” stwarzając w pobliżu czujnika temperatury od strony pomieszczenia mikroklimat, czyli obniżając w jego otoczeniu temperaturę. Każdy podzielnik elektroniczny wyposażony jest w oprogramowanie wykluczające manipulację lub tzw. zakłócenia cieplne w okolicy grzejnika [2].

3. Praktyczna realizacja nowego systemu rozliczeniowego.

Opisany w tej publikacji nowy sposób rozliczania indywidualnych kosztów ogrzewania został oparty na dwóch parametrach: klasycznej wartości wskazań podzielników oraz różnicy średniej temperatury pomieszczenia i średniej temperatury zewnętrznej w sezonie grzewczym. Jako kryterium wyznaczenia opłaty zmiennej, został sprawdzony w praktyce w kilku budynkach administrowanych przez jedną ze spółdzielni mieszkaniowej w województwie świętokrzyskim. Wyniki analizy z jednego z budynków zostały opisane w dwóch poprzednich rozdziałach.

Poniżej przedstawiono wyniki konkretnego rozliczenia indywidualnych kosztów ogrzewania wykonane dla analizowanego budynku dla następujących parametrów:

całkowite koszty ogrzewania składają się z 30% kosztów stałych dzielonych według powierzchni, 35% kosztów proporcjonalnych do iloczynu nadwyżki średniej temperatury pomieszczenia nad temperaturą zewnętrzną i powierzchni oraz 35% kosztów grzejnika (wskazania podzielnika po uwzględnieniu współczynników oceny i redukcyjnych na położenie lokalu). Fragment zestawienia kosztów dla budynku przedstawiono na rys. 4.

Lokalizacja	Informacje absolutowe						Powierzchnia, m ² (zmienn. I / zmienn. II)	Koszty [zł]	Zaliczki koszty rzucane [zł]	Saldo (z) / (w) [zł]	Zaliczka koszt [zł/m ²]
	Uwagi do lokalu										
	Zone (pocz.)	Typ (m)	Wys. (m)	Rm	PKO	okn.					
ZEK							26,70 529,4610 3774,7234	128,50 192,93 318,90	18,00 788,16	99,77	2,46 2,13
	19.83	0	0,7000	2	2				688,09		
KA (PANEL)							59,90 792,3060 2247,7849	236,86 266,72 169,90	27,00 1177,80	457,31	2,46 1,51
	18.34	0	0,7500	3	3				720,49		
							46,20 682,8850 7295,7715	274,26 321,89 616,36	36,00 1363,80	115,27	2,46 2,23
	19.01	0	0,8500	4	4				1248,43		
3A							26,70 502,4310 4483,0461	128,50 184,22 378,74	18,00 788,16	48,69	2,46 2,31
	18.93	1	0,8500	2	2				738,47		
4DRA (KRZYŻ)							59,90 774,0900 4409,8191	236,86 282,14 371,79	27,00 1177,80	269,01	2,46 1,92
	19.40	1	0,9000	3	3				917,79		
							46,20 926,3720 634,3292	274,26 327,89 33,61	27,00 1363,80	671,13	2,46 1,23
	20.06	1	1,0000	3	3				692,67		
5A							26,70 512,5770 1282,3656	128,50 187,92 688,23	18,00 788,16	319,48	2,46 1,48
	19.31	2	0,8500	2	2				472,68		
6WA							59,90 798,7060 5712,3066	236,86 291,13 483,63	27,00 1177,80	139,73	2,46 2,17
	20.02	2	0,9000	3	3				1038,63		

Rys. 4. Fragment zestawienia kosztów ogrzewania dla nowego sposobu rozliczania.

Stosunek maksymalnego kosztu jednostkowego do minimalnego w analizowanym budynku wyniósł 3,25, kiedy dla klasycznego sposobu rozliczania, przy podobnym udziale kosztów stałych (30%), wyniósł 8,81.

Podział kosztów całej nieruchomości: wprost 774 Q3 Słoneczne I

Całkowite koszty dostawy ciepła do lokali rozliczanych wg. podzielników kosztów				73 252,23 zł	
Koszty : stałe	21 975,66 zł	zmienn. I	25 638,28 zł	zmienn. II	25 638,28 zł

Zestawienie jednostek rozliczeniowych kosztów grzewczych I lokala

Suma wskazań	Wzrost średnich temperatur wewnątrz / zewnętrznej	Wzrost średnich temperatur wewnątrz / zewnętrznej	Wzrost średnich temperatur wewnątrz / zewnętrznej	Wzrost średnich temperatur wewnątrz / zewnętrznej
od: 30,00/20,00	do: 20,04/20,00	14,80°C	*	39,90m ² = 590,5200

Zestawienie jednostek rozliczeniowych kosztów grzewczych II lokala

Wzrost wskazań	Wzrost wskazań	Wzrost wskazań	Wzrost wskazań	Wzrost wskazań	Wzrost wskazań	Wzrost wskazań	Wzrost wskazań	Wzrost wskazań
Podzielnik	Wzrost wskazań	Wzrost wskazań	Wzrost wskazań	Wzrost wskazań	Wzrost wskazań	Wzrost wskazań	Wzrost wskazań	Wzrost wskazań
Podzielnik	06000087	(2,53 + 0)	*	0,3084	*	1,0000	=	71,8572
Podzielnik	06000088	(0 + 0)	*	0,1287	*	1,0000	=	0,0000
Podzielnik	06000102	(0 + 0)	*	0,1287	*	1,0000	=	0,0000

Suma jednostek rozliczeniowych kosztów grzewczych II lokala : 71,8572

Zestawienie rzeczywistych składowych kosztów dostawy ciepła do lokala

Powierzchnia lokala :	39,90m ²	Jednostki rozlicz. kosztów grzewczych :	590,5200	Jednostki rozlicz. kosztów grzewczych (z) :	71,8572
Powierzchnia lokali całości (wg. podzielników kosztów) :	3 701,90m ²	Suma jedn. rozlicz. k. (zmienn. I) w całym budynku :	70 339,0800	Suma jedn. rozlicz. k. (zmienn. II) w całym budynku :	303 475,4647
Udział lokala w kosztach stałych :	1,0778249%	Udział lokala w kosztach zmiennych I :	0,8395333%	Udział lokala w kosztach zmiennych II :	0,0236781%

Koszt stały	1,0778249%	*	21 975,66 zł	=	236,86 zł
Koszt zmienny I	0,8395333%	*	25 638,28 zł	=	219,24 zł
Koszt zmienny II	0,0236781%	*	25 638,28 zł	=	6,07 zł
Koszt obsługi systemu:	3	*	9,00 zł	=	27,00 zł
			Koszty razem:	489,17 zł	
			Przedpłata:	1 177,80 zł	
			Należność:	692,63 zł	

Rys. 5. Rachunek indywidualny dla nowego sposobu rozliczania kosztów ogrzewania.

Powyżej na rys. 5. pokazano rachunek indywidualny dla mieszkania o najniższej średniej temperaturze wewnętrznej 15,960C (różnica temperatur 14,800C) i niskiej sumie wskazań podzielników równej 71,8 jednostek zredukowanych (po uwzględnieniu współczynników oceny i redukcyjnych ze względu na położenie mieszkania). Maksymalna suma wskazań podzielników wynosiła w tym budynku ponad 10000 jednostek, przy podobnej powierzchni grzewczej. Jako koszty zmienn. I uwzględniono udział iloczynu różnicy średniej temperatury wewnętrznej i zewnętrznej lokalu oraz powierzchni, w całkowitym iloczynie dla budynku, natomiast koszty zmienn. II udział sumy zredukowanych jednostek zużycia lokalu w

całkowitej sumie jednostek dla całego budynku.

Zestawienie kosztów całej nieruchomości : wjezel774 Ok. Słoneczne I

Całkowite koszty ogrzewania lokali rozliczanych wg. podzielników kosztów		73 252,29 zł	
Koszty stałe	21 975,66 zł	Koszty zmienne	51 276,56 zł

Indywidualne zestawienie kosztów ogrzewania lokalu

Podzielnik	Suma podzielnika	Uwaga / opis	($\frac{\text{Średnia temp.}}{\text{Średnia temp.}} \times \text{Współczynnik}$)	Współczynnik	Współczynnik	Jednostki rozliczeniowe	
Pokój	060000087		(21,3 + 0) x 0,2084 x	1,0000	=	71,8572	
Pokój	060000088		(0 + 0) x 0,1287 x	1,0000	=	0,0000	
Kuchnia	06000102		(0 + 0) x 0,1287 x	1,0000	=	0,0000	
Powierzchnia lokalu ¹⁾	39,90m ²					Suma jedn.rozliczeniowych lokalu 71,8572	
Powierzchnia lokali rozliczanych wg. podzielników kosztów	3 701,90m ²					Suma jednostek rozliczeniowych całej nieruchomości 903 475,6637	
Udział lokalu w kosztach stałych ²⁾	1,0778249%					Udział lokalu w kosztach zmiennych ³⁾ 0,0256781%	
Koszt stały	1,0778249%	x	21 975,66 zł	=		236,86 zł	
Koszt zmienny	0,0256781%	x	51 276,56 zł	=		12,14 zł	
Koszt obsługi systemu:	3	x	9,00 zł	=		27,00 zł	
						Koszty razem:	276,00 zł
						Przedpłata:	1 177,80 zł
						Nadpłata:	901,80 zł

Rys. 6. Rachunek indywidualny dla klasycznego sposobu rozliczania kosztów

Dla porównania na rys. 6. przedstawiono rachunek indywidualny dla tego samego mieszkania wykonany metodą klasyczną, czyli uwzględniającą 70% kosztów zmiennych, wyznaczonych tylko w oparciu o wskazania podzielnika. Jak widać z porównania tych rachunków przy średniej temperaturze w tym mieszkaniu wynoszącej 15,960C i sumie wskazań podzielników 71,8 jednostek, dla klasycznego sposobu rozliczania koszty zmienne wyniosły tylko 12,14 zł, a nadpłata 901,80 zł, natomiast dla nowego sposobu rozliczania suma kosztów zmiennych wyniosła 215,24 + 6,07 = 221,31 zł, a nadpłata spadła do 692,63 zł.

Mieszkanie o średniej temperaturze wewnętrznej wynoszącej 15,960C wbrew temu co wskazywały podzielniki, także zużywało ciepło. Z kolei duże wskazanie podzielników wynoszące powyżej 10000 jednostek, w mieszkaniu o średniej temperaturze wewnętrznej 20,060C, może wynikać nie tylko z intensywnego wietrzenia, lecz także z faktu sąsiedztwa mieszkań nie zamieszkałych, które w większości mają zakręcone grzejniki.

4. Wnioski.

Analiza dotychczasowego sposobu rozliczania w budynku wielorodzinnym wykazała niską korelację pomiędzy kosztami indywidualnymi ogrzewania wyznaczonymi w oparciu o klasyczne wskazania podzielników elektronicznych, a zużyciem ciepła dla lokali w tym budynku. Świadczy to o braku wypełniania wymagań znowelizowanej ustawy Prawo Energetyczne przez obecnie stosowane metody rozliczania kosztów ogrzewania w budynkach wielorodzinnych z zastosowaniem wskazań podzielników kosztów ogrzewania. Przeprowadzona analiza potwierdza negatywne oceny fachowców i użytkowników, wyrażane często na łamach prasy codziennej lub w publikacjach naukowych.

W artykule zaproponowano zupełnie nowy sposób wyznaczania kosztów ogrzewania lokali zaopatrywanych w energię ciepłą dostarczoną centralnie do budynku. Opiera się on na wykorzystaniu dodatkowego parametru w postaci średniej temperatury wewnętrznej z sezonu grzewczego, która przy zachowaniu określonych warunków (stała krotność wentylacji) jest miarodajna dla zużycia ciepła na ogrzanie danego pomieszczenia lub lokalu. Z uwagi na

zapewnienie obiektywnego kryterium uwzględniającego zmienny parametr wentylacji oraz stworzenie mechanizmu zachęcającego do inwestycji w podniesienie jakości energetycznej lokalu, zachowano w systemie rozliczeniowym udział klasycznych wskaźników podzielników. Otrzymano całkowicie nowy system rozliczeniowy, który dzięki wysokiej korelacji pomiędzy wyznaczonymi na jego podstawie opłatami a zużyciem ciepła na ogrzewanie, zapewnia pełną zgodność z zapisami znowelizowanego w 2005 roku Prawa Energetycznego.

Dzięki wykorzystaniu specjalnych podzielników elektronicznych z dodatkową funkcją rejestracji średniej temperatury pomieszczenia zapewniono nowej metodzie rozliczeniowej małą wrażliwość na manipulację oraz spełnienie kryterium dostępności (cena podzielników minimalnie wyższa od standardowych podzielników). Jednocześnie z uwagi na prostotę i przejrzystość systemu rozliczeniowego oraz jego matematyczną logiczność, nowa metoda rozliczeniowa jest łatwiejsza do wyjaśnienia potencjalnym użytkownikom, czyli Lokatorom.

LITERATURA

1. Michnikowski P., Sposób pośredniego pomiaru temperatury pomieszczenia w dwuczujnikowym elektronicznym podzielniku kosztów ogrzewania, Zgłoszenie patentowe P 369857.
2. Michnikowski P., Elektroniczne podzielniki kosztów ogrzewania w warunkach polskiego budownictwa wielorodzinnego, CIEPŁOWNICTWO, OGRZEWNICTWO, WENTYLACJA, 3/2005.
3. Recknagel, Sprenger, Hoenmann, Schramek, Poradnik Ogrzewnictwo i Klimatyzacja, E, Wydanie 1, Gdańsk 1994.
4. Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 15 stycznia 2002r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego (Dz.U. nr 12 poz. 114).
5. Zoellner G., Przewymiarowane grzejniki i znaczenie ciepła oddawanego przez rury grzewcze w rozliczaniu kosztów ogrzewania z zastosowaniem podzielników kosztów, V Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Rozliczanie kosztów ciepła i wody w aspekcie członkostwa Polski w Unii Europejskiej, Krynica Zdrój, 26-28 maja 2004r.