

JOLANTA GINTOWT\*

## EWALUACJA KRYTERIUM EKOLOGICZNEGO I EKONOMICZNEGO ZE WZGLĘDU NA POJEMNOŚĆ CIEPLNĄ NA PRZYKŁADZIE BUDYNKU BIUROWEGO

---

### EVALUATION OF ECOLOGICAL AND ECONOMICAL CRITERIA BECAUSE OF THE HEAT CAPACITY BASED ON THE EXAMPLE OF AN OFFICE BUILDING

---

#### Streszczenie

Określono ilość zanieczyszczeń wprowadzaną do środowiska zewnętrznego jako funkcję pojemności cieplnej budynku i rodzaju nośnika energii. Analizę przeprowadzono dla obiektu rzeczywistego poddanego termomodernizacji. Zmienną decyzyjną był rodzaj konstrukcji. Określono zależność energii końcowej od pojemności cieplnej, a na tej podstawie zmienność ilości zanieczyszczeń. Porównano ilość zanieczyszczeń w zależności od nośnika energii – ogrzewanie budynku użyteczności publicznej węglem lub gazem. Do obliczenia ilości zanieczyszczeń zastosowano metodę wskaźnikową.

*Słowa kluczowe: kryterium ekologiczne, pojemność cieplna, zanieczyszczenia, nośnik energii*

#### Abstract

The paper summarizes the mass of the pollution as a function of heat capacity and as a kind of energy carrier. Three were: kind of construction: from skeleton to the reinforced concrete. Final energy and energy carrier (coal and gas) are the main parameter. Calculation based on the process of the thermo-modernization.

*Keywords: ecological criteria, heat capacity, pollution, energy carrier*

---

\* Mgr inż. Jolanta Gintowt, Instytut Materiałów i Konstrukcji Budowlanych, Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Krakowska.

## 1. Cel pracy

Celem pracy jest ewaluacja ilości zanieczyszczeń wprowadzanych do środowiska zewnętrznego wynikająca z ogrzewania budynków biurowych przy zmiennej pojemności cieplnej budynku, zmiennym nośniku energii, zmiennej grubości termoizolacji.

## 2. Tezy pracy

Zmiana rodzaju konstrukcji budynku znacząco wpływa na ilość zanieczyszczeń wprowadzanych do środowiska zewnętrznego. Dla budynków o konstrukcji ciężkiej zmiana ilości zanieczyszczeń nie jest istotna tak, jak dla budynków o konstrukcji lekkiej. Ilość zanieczyszczeń wprowadzana do środowiska zewnętrznego jest proporcjonalna do pojemności cieplnej budynku.

## 3. Przedmiot analizy

Przedmiotem analizy jest budynek biurowy poddany termomodernizacji, dla którego obliczano oddziaływanie na środowisko w funkcji pojemności cieplnej i 2 różnych nośników energii (węgiel i gaz). Charakterystykę geometryczną i cieplno-wilgotnościową podano w tabeli 1.

Tabela 1

**Charakterystyka geometryczna i cieplna budynku bazowego**

Charakterystyka cieplna			Charakterystyka geometryczna	
Rodzaj	Przed termomodernizacją	Po termomodernizacji	Rodzaj	[m], [m <sup>3</sup> ]
	Współczynnik przenikania ciepła [W/m <sup>2</sup> K]		Powierzchnia zewnętrzna	2127,1
Ściana	1,47	0,23	Kubatura ogrzewana	3912,5
Strop pod nieużytkowym poddaszem	2,78	0,16	Powierzchnia o regulowanej temperaturze	1032,6
Podłoga na gruncie	0,25	0,17	długość	27,8
Okna	1,7	1,7	Szerokość	14,9
Drzwi	1,7	1,7	Wysokość	6,9

Konstrukcja budynku bazowego to konstrukcja murowana. Układ warstw dla ściany zewnętrznej to: tynk cementowo-wapienny 1 cm, cegła pełna 38 cm, tynk cementowo-wapienny 1cm. Po termomodernizacji: przegroda ocieplona styropianem grubości 15 cm. Strop pod nieużytkowym poddaszem to tynk cementowy 1 cm, żelbet 15 cm, folia 1 mm. Po termomodernizacji dodatkową warstwą jest wełna mineralna grubości 30 cm. Podłoga na gruncie to płytki ceramiczne, beton grubości 4cm, papa, żwiroboton 15 cm, żwir 10 cm. Ocieplono ją styropianem o grubości 5 cm. Ścianę stykającą się z gruntem ocieplono styropianem grubości 10 cm.

#### 4. Metodyka obliczeń

Wariantowo zmieniano konstrukcję budynku w celu określenia zależności zmian zapotrzebowania na ciepło [1] w funkcji pojemności cieplnej budynku oraz zmieniano rodzaj sytemu ogrzewania (nośnika energii), aby ocenić zmienność oddziaływania na środowisko zewnętrzne (rodzaj i ilość zanieczyszczeń powstających w procesie spalania nośnika energii do celów ogrzewania). Analizowano dwa rodzaje nośnika energii: węgiel i gaz. Obliczenia zapotrzebowania na ciepło wykonano zgodnie z PN EN ISO 13790:2009<sup>1</sup>. Analizowano również zmianę ilości zanieczyszczeń jako funkcję dwóch parametrów jednocześnie: pojemności cieplnej i grubości termoizolacji [2]. Pojemność cieplną obliczano, stosując wzór (1) zgodnie z [3]:

$$C_m = \sum_j \sum_i (c_{ij} \cdot \rho_{ij} \cdot d_{ij} \cdot A_j) \quad (1)$$

gdzie:

- $c_{ij}$  – ciepło właściwe materiału warstwy i-tej w elemencie j-tym, J/kgK,
- $\rho_{ij}$  – gęstość materiału warstwy i-tej w elemencie j-tym, kg/m<sup>3</sup>,
- $d_{ij}$  – grubość warstwy i-tej w elemencie j-tym, m,
- $A_j$  – pole powierzchni j-tego elementu budynku, m<sup>2</sup>.

Ilość zanieczyszczeń obliczona została metoda wskaźnikową [4]. System odprowadzania gazów odlotowych bez urządzenia oczyszczającego według wzoru:

$$E = w \cdot B \quad (2)$$

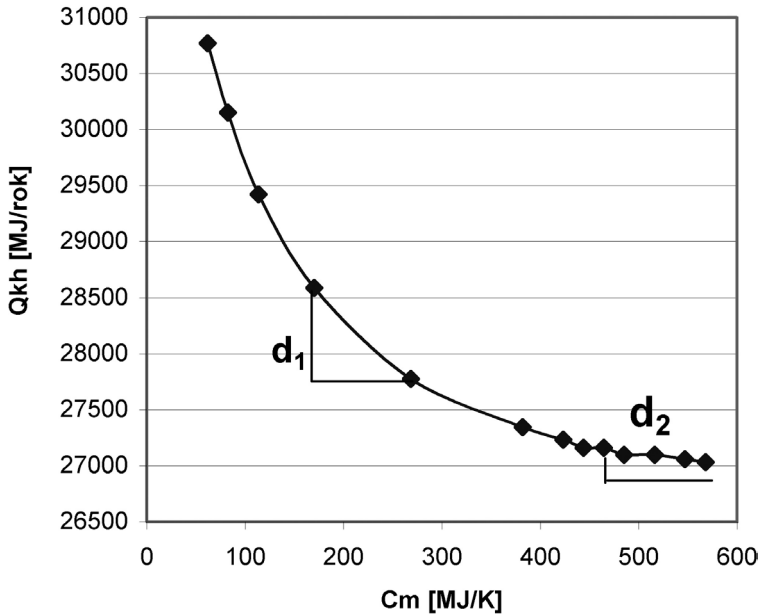
gdzie:

- $w$  – wskaźnik unosu, kg/Mg, kg/m<sup>3</sup>\*10<sup>-6</sup>,
- $B$  – ilość nośnika energii, Mg, m<sup>3</sup>\*10<sup>-6</sup>.

#### 5. Analiza wyników

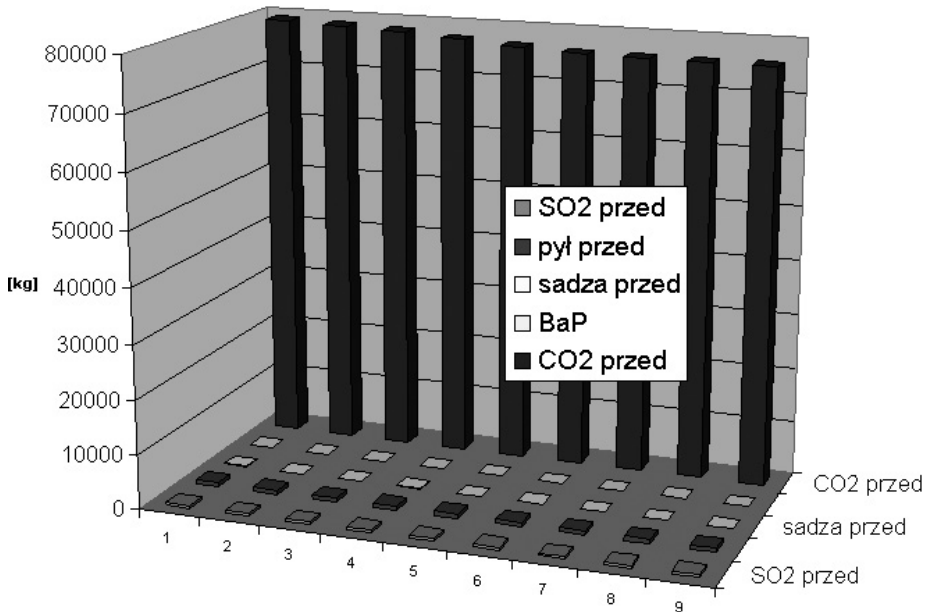
Zależność zapotrzebowania na ciepło od pojemności cieplnej przedstawiono na rysunku 1. Dla dużych pojemności cieplnych zmiana zapotrzebowania na ciepło nie jest tak znacząca (oznaczenie na rysunku  $d_2$ ) jak dla małych pojemności cieplnych (oznaczenie na rysunku

<sup>1</sup> PN EN ISO 13790:2009 Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii do ogrzewania i chłodzenia.



Rys. 1. Zależność zapotrzebowania na ciepło od pojemności cieplnej

Fig. 1. Dependence of the heat demand of the heat capacity



Rys. 2. Zależność ilości zanieczyszczeń od pojemności cieplnej

Fig. 2. Dependence of the amount of pollutant of the heat capacity

d.), ponieważ dla różnicy pojemności cieplnej wynoszącej 100 MJ/K różnica zapotrzebowania na ciepło dla budynku o dużej i małej pojemności cieplnej wynosi odpowiednio: 1546 MJ i 9976 MJ, co jest 0,16 razy mniejsze.

Emisja zanieczyszczeń emitowana do środowiska na skutek spalania nośnika energii w celu ogrzewania budynku przedstawiona została na rysunku 2.

Ilość dwutlenku węgla wprowadzana do środowiska zewnętrznego w porównaniu z ilością np. dwutlenku siarki, sadzy czy pyłów jest odpowiednio około 156 i 97,7 razy większa. Dynamikę zmiany ilości zanieczyszczeń jako funkcji pojemności cieplnej przedstawiono na rysunku nr 3. Gdy różnica pojemności cieplnej wynosi 20 MJ/K w przypadku budynku o konstrukcji lekkiej, ilość wyemitowanego CO<sub>2</sub> wynosi 620,1 kg, dla tej samej różnicy pojemności cieplnej 20 MJ/K, ale dla konstrukcji ciężkiej różnica wyemitowanej ilości CO<sub>2</sub> wynosi 70,3 kg. Jest to 6,5 razy więcej.

Przy analizie ilości zanieczyszczeń przed termomodernizacją i po termomodernizacji jako funkcji pojemności cieplnej, co przedstawiono na rysunku 4, widać, że zdecydowanie większe znaczenie ma wartość pojemności cieplnej dla obiektu poddanego termomodernizacji niż w przypadku obiektu przed termomodernizacją (nie oznacza to jednak, że są to pomijalne wartości) i obliczenie pojemności cieplnej budynku o dużej np. pojemności cieplnej może być wykonane niedokładnie lub metodą prostszą, np. według PN EN ISO 12831.

Z porównania, niezależnie od rodzaju konstrukcji budynku (a tym samym pojemności cieplnej) ilości zanieczyszczeń (tabela 2), widać, że docieplenie przegród zewnętrznych poniżej wartości  $U_{max} = W/m^2K$ , zgodnej z zapisem zawartym w [5] oraz wymiana podwyższenie sprawności systemu ogrzewania (wymiana węglowego na gazowy), powoduje zmniejszenie ilości CO<sub>2</sub> o 73%, SO<sub>2</sub> o 99,9% i pyłu o 99,9%. Zmiana nośnika energii ma znaczenie także, a może przede wszystkim ze względu na ograniczenie emisji pyłów, szczególnie znaczenie ma mniejsza emisja pyłów respirabilnych. Drugą zaletą jest eliminacja toksycznych BaP.

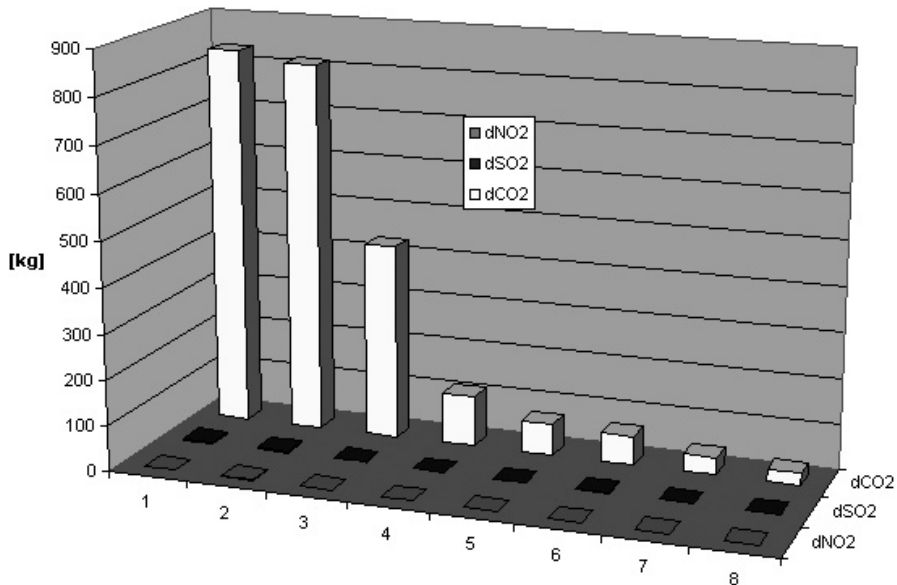
Rodzaj konstrukcji a ilość zanieczyszczeń: różnica między lekką a ciężką konstrukcją to: ponad 2,5 mniej CO<sub>2</sub>, 12,5 kg mniej SO<sub>2</sub> i 20,5 kg pyłu mniej.

Opłata za użytkowanie środowiska [6] (wyliczenia dla roku – należy zwrócić uwagę na obowiązek półrocznych rozliczeń) dla CO<sub>2</sub> wynosi 0,66 zł, dla SO<sub>2</sub> 6 zł, dla pyłów 6,54 zł (pominięto obowiązkowe zaokrąglenie do pełnych złotych).

Tabela 2

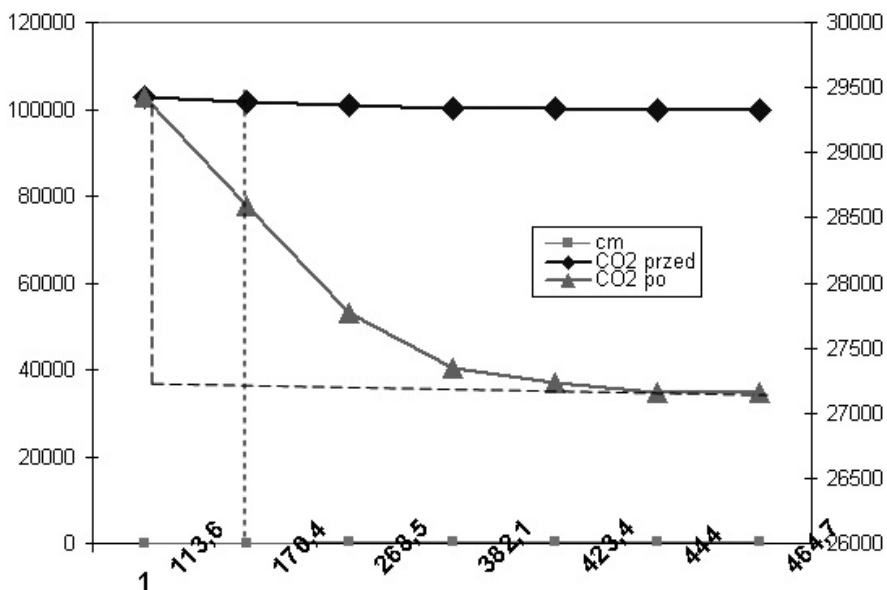
**Wartości ilości zanieczyszczeń wprowadzanych do środowiska zewnętrznego ze spalania węgla i gazu do celów ogrzewania budynku**

Nośnik energii	Przed termomodernizacją			Po termomodernizacji		
	[kg]			[kg]		
Rodzaj	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	pył	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	pył
Węgiel budynek bazowy	100192,2	488,9	779	27344	133,4	212,8
Gaz	76	0,54	0,58	20788,5	0,15	0,16
Węgiel budynek o konstrukcji lekkiej	102742,1	501,4	799,46	29423	143,6	228,95



Rys. 3. Różnica pojemności cieplnej a różnica ilości zanieczyszczeń

Fig. 3. Heat capacity difference and the difference in the amount of pollution



Rys. 4. Ilość zanieczyszczeń przed termomodernizacją i po termomodernizacji jako funkcja pojemności cieplnej

Fig. 4. Amount of impurities before and after thermal efficiency modernization as a function of heat capacity

## 6. Wnioski

1. Wykazano zależność ilości zanieczyszczeń od pojemności cieplnej dla budynków o różnej konstrukcji.
2. Pojemność cieplna budynku ma znaczenie dla poprawności wyliczenia ilości zanieczyszczeń wprowadzanych do środowiska zewnętrznego, na skutek spalania konwencjonalnych nośników energii w celu wytworzenia energii do celów ogrzewania budynków.
3. Zdecydowanie większe znaczenie ma pojemność cieplna budynków o konstrukcji lekkiej w porównaniu do obiektów o konstrukcji ciężkiej.
4. Wybór rodzaju konstrukcji (a tym samym decyzja o pojemności cieplnej) na etapie projektowania może być podejmowany na podstawie ilości zanieczyszczeń.
5. Ewentualna decyzja przedsiębiorcy o realizacji obiektu np. socjalnego, biurowego w oparciu o rodzaj konstrukcji budynku w kontekście późniejszych ewentualnych opłat za użytkowanie sadowiska nie jest wystarczającą motywacją do podjęcia analizy, w jaki sposób konstrukcja budynków wpłynie na środowisko.
6. Ewentualna decyzja przedsiębiorcy o termomodernizacji obiektu np. socjalnego, biurowego w oparciu o rodzaj konstrukcji budynku w kontekście późniejszych ewentualnych opłat za użytkowanie sadowiska nie jest wystarczającą motywacją do podjęcia takich działań.
7. Rodzaj podatku, jakim jest opłata za użytkowanie środowiska za ogrzewanie budynków biurowych w przypadku przedsiębiorców w celu ochrony środowiska naturalnego, jest marginalny, a tym samym konieczność analizy tego zagadnienia ze względu na pojemność cieplną budynków. Decyzja na etapie projektowym lub użytkowania obiektu i podjęcia termomodernizacji wymaga od przedsiębiorcy dużej świadomości ekologicznej.
8. Motywacją do uwzględnienia pojemności cieplnej budynku może być podjęcie kroków w celu uzyskania dotacji, premii termomodernizacyjnych lub bezzwrotnych pożyczek proponowanych przez np. Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska. Procedura taka wymaga dokładności przeprowadzanych analiz i każda ilość zaoszczędzonego nośnika energii, a więc efekt ekologiczny ma przełożenie na uzyskanie lub nie dotacji.

## Literatura

- [1] Recknagel, Sprenger, Hönnmann, Schramek, *Poradnik Ogrzewanie + klimatyzacja*, EWFE, Biblioteka Fundacji Poszanowania Energii, Warszawa 1994.
- [2] Gintowt J., Łopata S., Maludziński B., Mika Ł., *Audyt energetyczny na potrzeby termomodernizacji oraz oceny energetycznej budynków*, praca zbiorowa pod red. Adama Tabora, Centrum Szkolenia i Organizacji Systemów Jakości Politechniki Krakowskiej, tom I, Kraków 2009.
- [3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 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 ich charakterystyki energetycznej.
- [4] Ministerstwo Ochrony Środowiska, Zasobów naturalnych i Leśnictwa, Materiały informacyjno-instruktażowe, 1/96, Warszawa, kwiecień 1996.

- [5] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z dnia 15 czerwca 2002 r.) z późniejszymi zmianami.
- [6] Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 18 sierpnia 2009 w sprawie wysokości stawek opłat za korzystanie ze środowiska na rok 2010.