

*Tomasz Szul*

**STRUKTURA ZUŻYCIA ENERGII  
I EMISJI ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA  
NA OBSZARACH WIEJSKICH GMINY BOCHNIA**

---

***STRUCTURE OF ENERGY CONSUMPTION  
AND EMISSIONS OF AIR POLLUTION  
IN THE BOCHNIA COMMUNE***

**Streszczenie**

Przedstawiono analizę zużycia energii finalnej oraz obliczono wielkość emisji zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego na obszarach wiejskich gminy Bochnia. Dla potrzeb pracy obiekty gminne podzielono na następujące sektory: mieszkaniowy, infrastruktury społecznej, infrastruktury ekonomicznej oraz uprawy pod osłonami. Pozwoliło to na obliczenie wielkości i struktury zużycia nośników energetycznych w poszczególnych grupach odbiorców i na tej podstawie określenie jaki mają wpływ na zanieczyszczenie powietrza na analizowanym terenie. Na podstawie badań i obliczeń modelowych stwierdzono, że największy wpływ na zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego w gminie ma sektor mieszkaniowy, który jest głównym konsumentem energii. Obiekty infrastruktury społecznej praktycznie nie wpływają na stan zanieczyszczenia powietrza, ponieważ przy produkcji ciepła w większości jako paliwo wykorzystują gaz ziemny.

**Słowa kluczowe:** zużycie energii finalnej w gminie, zanieczyszczenie powietrza, niska emisja, emisja równoważna

***Summary***

*The analysis of final energy consumption and computed air pollution emission in the area of Bochnia commune were presented in the work. Energy demand included all groups of objects localized in the commune. For the sake of presented work the commune was divided into the following sectors: housing sectors, social infrastructure, economic infrastructure, and final cultivation under covers. It*

*allowed for computing the Mount and structure of energy carrier consumption In individual recipient groups and on his basis to determine tche the effects they hale on air pollution In the commune area.*

**Key words:** *energy consumption in the commune, air pollution, low emission, equivalent emission*

## WSTĘP

Rosnąca konsumpcja nieodnawialnych paliw kopalnych rodzi poważne problemy w zakresie ochrony środowiska naturalnego, głównie z uwagi na emisję dwutlenku węgla i towarzyszących zanieczyszczeń do atmosfery. Szacuje się, że w globalnym zużyciu energii około 30% potrzeb energetycznych związanych jest z przemysłem, około 30% z transportem i aż 40% przypada na potrzeby komunalno-bytowe [Robakiewicz 1998; Szul 2004]. Bardzo wysokie zużycie energii w tym sektorze związane jest z potrzebami ludzkimi, w tym dostarczeniem energii na cele ogrzewcze lub chłodnicze w zależności od lokalnych warunków klimatycznych. Potrzeby tego sektora szczególnie na obszarach wiejskich zaspokajane są głównie poprzez spalanie paliw stałych, czego efektem ubocznym jest emisja szkodliwych zanieczyszczeń do powietrza atmosferycznego. Na terenach wiejskich największy udział w zanieczyszczeniu powietrza ma tzw. „niska emisja” [Dobrowolski 2000; Lipiński 1997]. Zanieczyszczenia zaliczane do niskiej emisji pochodzą głównie z małych kotłowni i gospodarstw domowych oraz rolnych, co stanowi lokalnie poważny problem na obszarach wiejskich, gdzie dominują indywidualne źródła ciepła [Trojanowska, Szul 2003].

Celem niniejszego opracowania jest oszacowanie zużycia energii finalnej na obszarze wiejskim gminy Bochnia i określenie wielkości oraz wpływu poszczególnych grup obiektów na emisję zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego.

## MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Realizację celu pracy poprzedziła analiza zużycia nośników energetycznych służących do zaspokojenia potrzeb cieplnych na obszarze wiejskim gminy. W szczególności badano wielkość zużycia energii i zróżnicowanie nośników energetycznych służących do zaspokojenia potrzeb energetycznych w gospodarstwach i innych obiektach znajdujących się na terenie gminy. Zapotrzebowanie na energię objęło wszystkie grupy obiektów, w związku z tym dla jego prawidłowego oszacowania należało przeprowadzić odrębną analizę dla każdej z nich. Dla potrzeb pracy obiekty gminne podzielono na następujące sektory:

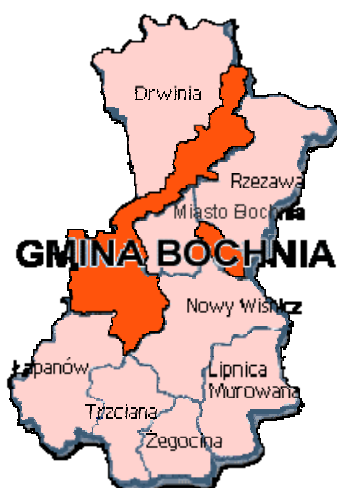
- mieszkaniowy,
- infrastruktury społecznej,

- infrastruktury ekonomicznej,
- upraw pod osłonami (dotyczy obiektów, które są ogrzewane).

Do oszacowania potrzeb cieplnych na obszarach wiejskich gminy Bochnia wykorzystano model zapotrzebowania na energię, odwzorowujący tylko te procesy, dla których potrzeby energetyczne mogą być zaspokajane poprzez zużycie różnych nośników [Trojanowska, Szul 2006, 2006a]. Procesami tymi są ogrzewanie obiektów, przygotowanie ciepłej wody użytkowej i przygotowanie posiłków. Dobór zmiennych modelu oparto na analizie merytorycznej, starając się znaleźć takie zmienne, które dobrze opisują zużycie energii i są dostępne w zestawieniach statystycznych gmin. Należą do nich: liczba mieszkańców, liczba gospodarstw i ich struktura ze względu na liczbę osób w gospodarstwie, liczba budynków i rok ich budowy, kubatura budynków mieszkalnych, kubatura obiektów infrastruktury społecznej i ekonomicznej, powierzchnia i rodzaj upraw pod osłonami. Źródłem danych były informacje z Urzędu Gminy Bochnia dotyczące budynków indywidualnych, wielorodzinnych, użyteczności publicznej oraz podmiotów gospodarczych. Wyniki Spisu Powszechnego [GUS 2003, 2008], Spisu Rolnego [GUS 2003] oraz badania własne.

#### CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Gmina Bochnia (rys. 1) położona jest w środkowej Małopolsce, na granicy dwóch krain geograficznych: Kotliny Sandomierskiej (część północna gminy) oraz Pogórza Wielickiego (część południowa). Jest częścią powiatu bocheńskiego, zajmuje powierzchnię ok. 13 tys. ha, co stanowi 18% powierzchni powiatu. W jej skład wchodzi 31 sołectw, które zamieszkuje ponad 18 tys. mieszkańców.



**Rysunek 1.** Lokalizacja gminy Bochnia na tle powiatu bocheńskiego  
**Figure 1.** Location of the Bochnia commune

Źródło: Urząd gminy Bochnia, source: Bochnia commune Office

W tabeli 1 przedstawiono ogólną charakterystykę obiektów gminnych w poszczególnych sektorach. Zestawienie zawiera również powierzchnię upraw pod osłonami, ponieważ część gospodarstw zajmuje się uprawą warzyw wczesnych w szklarniach i tunelach foliowych dogrzewanych paliwami stałymi.

**Tabela 1.** Zestawienie zabudowy w gminie Bochnia  
**Table 1.** Specification of built-up areas in the Bochnia commune

Wyszczególnienie	Liczba obiektów [szt.]	Powierzchnia użytkowa [tys. m <sup>2</sup> ]	Kubatura [tys. m <sup>3</sup> ]
Sektor mieszkaniowy	4247	393	1022
Sektor infrastruktury społecznej	45	35	123
Sektor infrastruktury ekonomicznej	94	53	211
Sektor ogrodniczy	18	23	–

Zródło: Urząd gminy Bochnia, source; Bochnia commune Office.

## WYNIKI BADAŃ I DISKUSJA

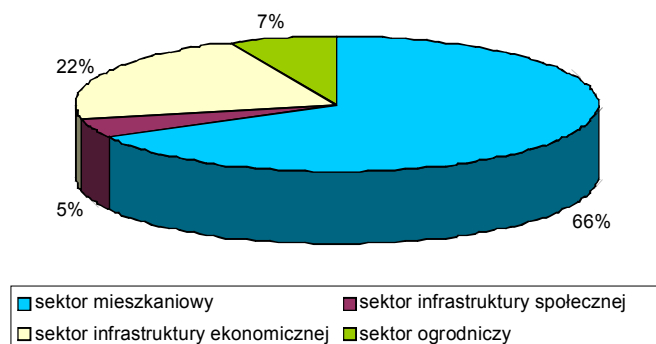
**Zużycie energii finalnej w gminie.** Obliczenia oparte na zastosowanym modelu wykorzystującym metodę końcowego zużycia [Trojanowska, Szul 2006, 2006a] pozwoliły na obliczenie całkowitego zużycia energii finalnej na analizowanym obszarze. Całkowite zużycie energii w poszczególnych grupach obiektów wyrażone w tonach paliwa umownego (1 tpu = 29,3 GJ) [Górniak, Szymczyk 1982] na obszarze wiejskim gminy Bochnia zestawiono w tabeli 2.

**Tabela 2.** Zużycie energii finalnej w poszczególnych sektorach  
**Table 2.** Final energy consumption in individual sectors

Wyszczególnienie	Zużycie energii finalnej [tys. tpu]
Sektor mieszkaniowy	16,8
Sektor infrastruktury społecznej	0,8
Sektor infrastruktury ekonomicznej	5,6
Sektor ogrodniczy	1,7
Suma	24,9
Jednostkowe zużycie energii w przeliczeniu na jeden hektar powierzchni gminy [tpu/ha]	<b>1,9</b>

Zródło: opracowanie własne, source; own elaboration.

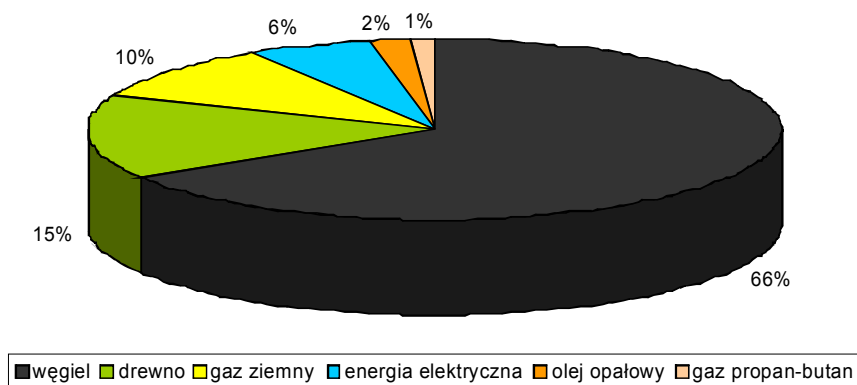
Sumaryczne roczne zużycie energii finalnej na obszarze wiejskim gminy Bochnia wynosi ok. 25 tys. tpu. Strukturę zużycia energii finalnej w gminie przedstawiono na rysunku 3. Największym zużyciem energii finalnej w gminie charakteryzują się sektory mieszkaniowy (66%) oraz infrastruktury ekonomicznej (22%). Sektor infrastruktury społecznej zużywa najmniej energii – jest to zasługą sukcesywnej termomodernizacji obiektów oświatowych administrowanych przez gminę.



**Rysunek 2.** Struktura zużycia energii finalnej  
**Figure 2.** Structure of final energy consumption

Źródło: opracowanie własne, source; own elaboration.

Na rysunku 3 przedstawiono strukturę nośników energetycznych zużywanych na terenie gminy. Przy szacowaniu udziału paliw zużywanych przez poszczególne grupy odbiorców w gminie brano pod uwagę dane pochodzące bezpośrednio od dostawców (Zakład Gazowniczy, Zakład Energetyczny), jak również informacje uzyskane od konsumentów energii.



**Rysunek 3.** Struktura zużycia poszczególnych nośników energetycznych  
**Figure 3.** Structure of energy carriers consumption

Źródło: opracowanie własne, source; own elaboration.

W gminie Bochnia podstawowym nośnikiem energetycznym jest węgiel kamienny, którego udział w bilansie energetycznym wynosi 66%. Drugim, co do wielkości zużycia surowcem jest drewno, które stanowi 15%. Zużycie gazu ziemnego stanowi 10%, co stawia go na trzecim miejscu w strukturze zużycia energii finalnej. Udział energii elektrycznej to 6%. Najmniejsze zużycie odnotowano dla gazu propan-butan, które wynosi zaledwie 1%.

**Emisja zanieczyszczeń powietrza.** W celu określenia uciążliwości produkcji energii cieplnej w gminie dla stanu zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego obliczono wielkość emisji substancji zanieczyszczających na terenie gminy, z podziałem na poszczególne grupy odbiorców. Wielkość emisji poszczególnych zanieczyszczeń obliczono metodą wskaźnikową, uwzględniając wielkości wskaźników emisji, zgodnie z zaleceniami Ministerstwa Środowiska dotyczącymi sposobu szacowania wielkości zanieczyszczeń [Ministerstwo... 2003]. W pracy zastosowano wskaźniki emisji dla różnych paliw będące stosunkiem ilości emitowanych zanieczyszczeń do ilości zużywanego paliwa [SOZAT 2002; EMEP 2001; Ministerstwo... 2003]. Aby móc porównać uciążliwość emisji różnych gazów wprowadzono dodatkowy wskaźnik, tzw. emisję równoważną  $E_r$  [Butcher, Pierce 1995; Górka, Kowalski 2000]. Emisja równoważna jest to emisja dwu lub więcej rodzajów gazów z jednego źródła emisji, przeliczonych na dwutlenek siarki ( $SO_2$ ).  $E_r$  oblicza się, mnożąc masę każdego z osobna składnika emisji przez współczynnik jego toksyczności, a następnie dodając otrzymane iloczyny. Współczynnik toksyczności jest to stosunek dopuszczalnego stężenia średniorocznego  $SO_2$  do wartości dopuszczalnego stężenia średniorocznego danego gazu. Emisję równoważną oblicza się według wzoru:

$$E_r = \sum E_i \cdot k_i$$

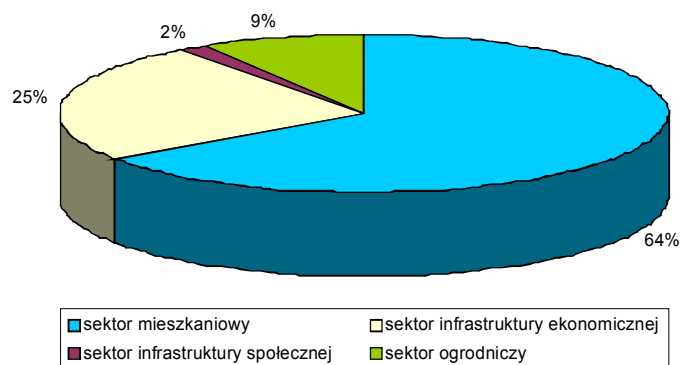
gdzie:

- $E_r$  – emisja równoważna [Mg],
- $E_i$  – emisja danego zanieczyszczenia [Mg],
- $k_i$  – współczynnik toksyczności danego zanieczyszczenia, wynoszący dla  $SO_2$  – 1; dla  $NO_2$  – 2,9; dla CO – 0,5, dla pyłu – 2,9.

Wielkość emisji poszczególnych zanieczyszczeń na terenie gminy przedstawia tabela 3. Procentowy udział poszczególnych sektorów w emisji całkowitej na terenie gminy obrazuje rysunek 4.

Na podstawie przedstawionych wyników obliczeń można stwierdzić, że na terenie wiejskim gminy Bochnia sektor mieszkaniowy jest głównym źródłem zanieczyszczeń (64%). Duży wpływ na zanieczyszczenie powietrza ma również sektor infrastruktury ekonomicznej (25%). Wysoki udział tych dwóch sektorów wynika z niekorzystnej struktury paliwowej, gdzie potrzeby grzewcze są zaspokajane głównie poprzez spalanie węgla. Sektor infrastruktury społecznej nie-

znacznie wpływa na stan zanieczyszczenia powietrza, ponieważ w większości opiera się na wykorzystaniu gazu ziemnego.



**Rysunek 4.** Udział poszczególnych sektorów w emisji zanieczyszczeń powietrza na obszarze wiejskim gminy Bochnia

**Figure 4.** Share of individual sectors in air pollution emission in the are of Bochnia commune

Źródło: opracowanie własne, Source; own elaboration.

**Tabela 3.** Wielkość emisji zanieczyszczeń powietrza na obszarze wiejskim gminy Bochnia

**Table 3.** Air pollution emission in the Bochnia commune

Emisja zanieczyszczeń powietrza [Mg/a]						
Wyszczególnienie	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	Pył	Er
Sektor mieszkaniowy	124	18	586	29746	205	1063
Sektor infrastruktury społecznej	3	1	14	1358	5	27
Sektor infrastruktury ekonomicznej	48	8	205	10130	78	400
Sektor ogrodniczy	18	2	85	3800	25	139
Razem	193	29	890	45034	313	1629
wielkość emisji zanieczyszczeń w przeliczeniu na 1 ha powierzchni gminy						
Wyszczególnienie	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	Pył	Er
[kg/ha]	15	2	68	3441	24	124

Źródło: opracowanie własne, source; own elaboration.

## STWIERDZENIA I WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonej analizy zużycia energii finalnej i jej wpływu na zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego na obszarze wiejskim gminy Bochnia można sformułować następujące stwierdzenia i wnioski:

1. Całkowite roczne zużycie energii finalnej w gminie wynosi ok. 25 tys. ton paliwa umownego, co w przeliczeniu daje 1,9 tpu/ha powierzchni i 1,38 tpu na jednego mieszkańca gminy.

2. Największym odbiorcą energii w gminie jest sektor mieszkaniowy, którego udział wynosi 66%.

3. Podstawowymi nośnikami energetycznymi wykorzystywanymi do produkcji ciepła na terenie gminy są: węgiel kamienny (66%), drewno (15%) oraz gaz ziemny (10%).

4. Sektory mieszkaniowy oraz infrastruktury ekonomicznej przy produkcji ciepła opierają się głównie na wykorzystaniu węgla, natomiast sektor infrastruktury społecznej do tego celu w większości wykorzystuje gaz ziemny.

5. Sektor mieszkaniowy jest głównym (64%) emitorem zanieczyszczeń do powietrza atmosferycznego, duży wpływ (25%) ma również sektor infrastruktury. Wykorzystanie gazu ziemnego do ogrzewania budynków infrastruktury społecznej administrowanych przez Urząd gminy Bochnia i Starostwo Powiatowe, zaowocowało niewielką bo zaledwie 2% emisją zanieczyszczeń.

## BIBLIOGRAFIA

- Butcher T, Pierce B. *Kraków Clean Fossil Fuels and Energy Efficiency Program*. Office of Fossil Energy. United States Department of Energy. Washington, D.C. 20585, 1995.
- Dobrowolski G. *Ochrona powietrza*. Zagadnienia administracyjno-prawne. Kantor Wydawniczy Zakamycze. Zakamycze 2000.
- EMEP / CORINAIR. *Emission Inventory Guidebook – 3rd edition*, European Environment Agency. Copenhagen 2001.
- Górnica H., Szymczyk J. *Podstawy termodynamiki, cz. II*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 1982.
- Górka P., Kowalski S. *Badania zanieczyszczeń powietrza, cz. I*. Gazowe substancje zanieczyszczające. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 2000.
- Lipiński A. *Dlaczego nie ma zakazów*. Niska emisja przed sądem. Ekoprofit nr 1. Katowice 1997.
- Ministerstwo Środowiska Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. *Wskazówki dla wojewódzkich inwentaryzacji emisji na potrzeby ocen bieżących i programów ochrony powietrza*. Warszawa 2003.
- Robakiewicz A. *Jak zmniejszyć koszt ogrzewania budynków*. Biblioteka Fundacji Poszanowania Energii. Warszawa 1998.
- Rocznik Statystyczny. Wyniki Narodowego Spisu Powszechnego i Spisu Rolnego w gminie Bochnia. GUS Kraków 2003.
- Rocznik Statystyczny Województw. GUS 2008.
- SOZAT 2002. *Zintegrowana Baza Zanieczyszczeń Środowiska*, ATMOTERM S.A. Opole 2002.



- Szul T. *Zużycie energii a poziom zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego na obszarach wiejskich na przykładzie gminy Koniusza*. Inżynieria Rolnicza 2(57), Warszawa 2004, s. 55–67.
- Trojanowska M., Szul T. *Techniczna i gospodarcza analiza oraz prognozowanie nakładów energetycznych na ogrzewanie budynków mieszkalnych na terenach wiejskich*. Acta Scientiarum Polonorum. Technica Agralia2 (2). Lublin 2003, s. 69–77.
- Trojanowska M., Szul T. *Modelling of energy demand for heating buildings, heating tap water and cooking in rural households*. TEKA Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa. Lublin Vol. Via, 2006, s. 184–190.
- Trojanowska M., Szul T. *Zapotrzebowanie na energię do ogrzewania obiektów użyteczności publicznej na terenach wiejskich*. Technika rolnicza ogrodnicza leśna 05/2006. 2006a, s. 19–20.

Dr inż. Tomasz Szul  
Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie  
Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki  
Katedra Energetyki i Automatykacji Procesów Rolniczych  
ul. Balicka 116B, 30-149 Kraków  
e-mail: Tomasz.Szul@ur.krakow.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Zdzisław Wójcicki*