

# CHARAKTERYSTYKA ENERGETYCZNA BUDYNKÓW WIEJSKICH POWSTAŁYCH PRZED ROKIEM 1918

Streszczenie

Oszacowano wskaźnik jednostkowego zapotrzebowania na energię użytkową i końcową do ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej w budynkach wiejskich, wzniesionych przed rokiem 1918 zgodnie z aktualną metodą obliczania charakterystyki energetycznej dla budynków mieszkalnych. Wyznaczono rzeczywisty współczynnik przenikania ciepła  $U$ , którego wartość przeciętna w przypadku ścian wynosi  $1,19 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , a dla stropów  $1,34 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Wskaźnik jednostkowego zapotrzebowania na energię użytkową  $EU$  wynosi przeciętnie  $355 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$ , natomiast po uwzględnieniu sprawności systemów grzewczych (ogrzewanie i przygotowanie ciepłej wody użytkowej), wartość przeciętna wskaźnika jednostkowego zapotrzebowania na energię końcową  $EK$  wynosi  $470 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$ .

**Słowa kluczowe:** budynki wiejskie, budynki powstałe przed rokiem 1918, współczynnik przenikania ciepła, charakterystyka energetyczna

## Wprowadzenie

Obowiązkowa certyfikacja energetyczna budynków w krajach Unii Europejskiej jest wynikiem bardzo rozpropagowanej już dyrektywy 2010/31/UE [1]. Implementacją prawa unijnego na gruncie polskim jest wprowadzona w 2014 roku Ustawa o charakterystyce energetycznej budynków [14], w której określono m.in.: zasady sporządzania świadectw charakterystyki energetycznej, rodzaje budynków, dla których powinno być wykonane świadectwo, oraz okoliczności, w jakich należy je wykonać, tj. dla budynków nowych, a także w określonych okolicznościach dla budynków istniejących. Na mocy tej ustawy Minister Infrastruktury i Rozwoju wydał nowe rozporządzenie w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącego samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw charakterystyki energetycznej [11], w której wprowadzono dwa sposoby wyznaczania charakterystyki energetycznej, tj. opartą na standardowym sposobie użytkowania oraz na danych klimatycznych przyjętych z bazy danych klimatycznych najbliższej stacji meteorologicznej (nowoprojektowane i istniejące budynki) i drugą, opartą na faktycznej ilości zużytej energii (budynki istniejące eksploatowane co najmniej trzy lata - metoda ta ma zastosowanie w przypadku budynków ogrzewanych gazem lub ciepłem sieciowym). Chociaż bezpośrednim celem dyrektywy i wynikającej z niej ustawy jest jedynie znakowanie energetyczne budynków, to widniejące w niej zapisy dotyczące sposobu szacowania zapotrzebowania na energię w budynkach mogą być pomocne również w przypadku planowania energetycznego wynikającego z ustawy z o samorządzie terytorialnym [15] oraz ustawy prawo energetyczne [13], gdzie jednym z kluczowych elementów jest określenie wielkości zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków w danym regionie [12]. Ocena tego zapotrzebowania jest zadaniem szczególnie trudnym na obszarach wiejskich, gdzie dominują budynki jednorodzinne w większości wyposażone w indywidualne źródła ciepła, a władze gminne nie dysponują danymi na temat wielkości i struktury zużycia energii cieplnej w budynkach mieszkalnych szczególnie tych wybudowanych przed 1918 rokiem. Według danych GUS 2011 [2] budynki mieszkalne wybudowane przed 1918 rokiem stanowią 8,8% udziału wśród budynków znajdujących się na

obszarach wiejskich. W istniejących opracowaniach można znaleźć informację na temat wskaźników jednostkowego zapotrzebowania na energię końcową do ogrzewania budynków z tego okresu, która według [10] zawiera się w przedziale 240-350 kWh/(m<sup>2</sup>·rok), lub według [16] 518-894 kWh/(m<sup>2</sup>·rok). Natomiast w przypadku ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej wartość tego wskaźnika zawiera się w przedziale 615-991 kWh/(m<sup>2</sup>·rok) [16]. Jak można zauważyć, wartości przedstawionych wskaźników znacznie różnią się od siebie, a także nie ma informacji dla jakiego typu budynków zostały wyznaczone. Dlatego celem pracy było oszacowanie wskaźnika zapotrzebowania na energię użytkową i końcową do ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej w budynkach wiejskich wzniesionych przed rokiem 1918 zgodnie z aktualną metodologią obliczania charakterystyki energetycznej dla budynków mieszkalnych.

## Obiekty badań

Obliczenia wykonano dla dziewięciu przykładowych budynków mieszkalnych, zlokalizowanych na terenie gmin wiejskich powiatu krakowskiego. W tab. 1 zestawiono podstawowe informacje (zebrane na podstawie obmiaru) o analizowanych budynkach, takie jak: powierzchnia użytkowa  $A_u$ , powierzchnia ogrzewana  $A_f$ , kubatura budynku  $V$ , wskaźnik zwartości budynku  $A/V$ , powierzchnia okien  $A_o$  oraz rodzaj ogrzewania (PK - piece kaflowe, c.o. - centralne ogrzewanie z kotłem na paliwo stałe, El-elektryczne piece akumulacyjne). Ciepła woda użytkowa w budynkach wyposażonych w kocioł centralnego ogrzewania była przygotowywana w systemie zasobnikowym, w pozostałych budynkach zainstalowane były termy elektryczne. Ściany zewnętrzne budynków były wykonane z bali drewnianych, z drewna wykonane również były stropy pod poddaszem (nieużytkowym). Budynki były niepodpiwniczone (z podłogą na gruncie). Zastosowane oszklenie w budynkach (lp. 1, 2, 3, 4, 7) to okna krosnowe pojedynczo oszkłone, w pozostałych zamontowane były okna skrzynkowe - oszkłone podwójnie.

Pierwszym etapem obliczeń charakterystyki energetycznej budynku jest oszacowanie współczynników przenikania ciepła dla przegród zewnętrznych. W literaturze [5] można znaleźć informacje na temat wielkości teoretycznych dla ścian zewnętrznych budynków mieszkalnych wykonanych z bali

Tab. 1. Charakterystyka obiektów poddanych analizie  
Table 1. Characteristics of analyzed objects

Lp.	Wymiary charakterystyczne					Sposób ogrzewania
	Au m <sup>2</sup>	Af m <sup>2</sup>	V m <sup>3</sup>	A/V 1/m	Ao m <sup>2</sup>	
1	88,2	58,6	181,8	1,06	9,5	PK
2	86,6	57,1	171,1	1,11	9,3	PK
3	70,3	59,9	185,9	0,98	6,3	PK
4	72,4	58,6	166,2	1,16	10,6	PK
5	108,9	74,0	229,6	1,01	12,6	c.o.
6	63,0	55,6	172,5	1,07	7,9	EI
7	73,6	55,3	150,3	1,26	4,0	PK
8	82,8	63,9	198,3	0,89	11,8	PK
9	84,6	57,9	179,7	0,92	9,3	c.o.

ródło: obliczenia własne / Source: own work

sosnowych prostokątnych i okrągłych, gdzie dla grubości ścian podobnych jak w analizowanych budynkach, tj. zawierających się w przedziale 18-30 cm współczynnik przenikania ciepła waha się od 0,52 do 0,78 W/(m<sup>2</sup>·K). W opracowaniu [4] wskazano, że w budynkach polskich wzniesionych przed rokiem 1918 wartość współczynnika przenikania ciepła U wynosi odpowiednio dla ścian 1,75 W/(m<sup>2</sup>·K), dla stropów 1,15 W/(m<sup>2</sup>·K). Według archiwalnej normy PN B-02105:1953 [6] współczynnik przenikania ciepła dla ścian zewnętrznych nie powinien przekraczać 1,163 W/(m<sup>2</sup>·K), natomiast w przypadku stropów 1,04 W/(m<sup>2</sup>·K). Analizowane w pracy budynki nie posiadały dokumentacji projektowej, a z uwagi na wiek budynków nie można było wykonać rzetelnych obliczeń współczynnika przenikania ciepła U przez ściany zewnętrzne oraz stropy, w związku z tym postanowiono wyznaczyć rzeczywistą wartość tego współczynnika korzystając z zależności [3]:

$$U = \frac{h_{si} \cdot (T_i - T_{si})}{T_i - T_e},$$

gdzie:

T<sub>i</sub> - temperatura powietrza w pomieszczeniu, °C,

T<sub>si</sub> - temperatura na wewnętrznej powierzchni ściany, °C,

T<sub>e</sub> - temperatura powietrza na zewnątrz budynku, °C,

h<sub>si</sub> - współczynnik przejmowania ciepła na wewnętrznej powierzchni ściany, W/(m<sup>2</sup>·K).

Dla wyznaczenia współczynnika przenikania ciepła U wartość współczynnika h<sub>si</sub> przyjęto na podstawie normy PN-EN ISO 6946 [7], jako odwrotność oporów przejmowania ciepła.

### Omówienie wyników obliczeń i ich analiza

Temperaturę wewnętrznej powierzchni przegród mierzono termometrem na podczerwień Testboy TV325 z odległości

2,5 m (płamka pomiaru o średnicy 0,25 m), co dało 4 pomiary na każdy m<sup>2</sup>. W wyniku przeprowadzonych odczytów otrzymano mapę rozkładu temperatury na wewnętrznej powierzchni ścian oraz stropów - zawierała ona dane o wartości temperatury oraz odpowiadającej jej powierzchni. Następnie obliczono temperaturę T<sub>si</sub> dla powierzchni ścian całego budynku jako średnią ważoną z uzyskanych pomiarów. Temperaturę powietrza w pomieszczeniach oraz na zewnątrz mierzono za pomocą przenośnego miernika temperatury TES-1319. Zmierzona temperatura powietrza wewnętrznego w poszczególnych pomieszczeniach mieszkalnych analizowanych budynków różniła się między sobą, a zatem i w tym przypadku temperaturę T<sub>i</sub> wyznaczono jako średnią ważoną odczytanej temperatury i pola powierzchni ogrzewanej Af. W tab. 2 zestawiono wyniki pomiarów temperatury oraz współczynnik przenikania ciepła dla analizowanych przegród.

Wartość przeciętna obliczonego współczynnika przenikania ciepła U dla ścian zewnętrznych w analizowanych budynkach wynosi 1,19 W/(m<sup>2</sup>·K), przy czym przedział ufności (dla α = 0,1) zawiera się w granicach od 0,93 do 1,44 W/(m<sup>2</sup>·K). W przypadku stropów jej wartość jest większa i wynosi 1,34 W/(m<sup>2</sup>·K). Przedział ufności dla tego współczynnika to 1,01 do 1,67 W/(m<sup>2</sup>·K). Współczynniki przenikania ciepła dla okien i drzwi przyjęto zgodnie z [9], współczynnik przenikania ciepła dla podłogi na gruncie obliczono zgodnie z normą PN ISO 12831 [8] w oparciu o informacje uzyskane od właścicieli budynków. Z wagi na to, że analizowane budynki są ogrzewane głównie paliwami stałymi (drewnem oraz węglem) ich charakterystyka energetyczna musiała być sprawdzona metodą opartą na standardowym sposobie użytkowania. Dane klimatyczne przyjęto ze stacji meteorologicznej Kraków-Balice. Przeprowadzone obliczenia pozwoliły na oszacowanie jednostkowego wskaźnika zapotrzebowania na energię użytkową EU oraz końcową EK dla ogrzewania i przygotowania ciepłej

Tab. 2. Wartość temperatury (T<sub>i</sub>, T<sub>si</sub>, T<sub>e</sub>) i współczynnik przenikania ciepła U  
Table 2. The temperature value (T<sub>i</sub>, T<sub>si</sub>, T<sub>e</sub>) and a heat transfer coefficient U

Lp.	Ściany zewnętrzne				Strop pod poddaszem			
	T <sub>i</sub> °C	T <sub>si</sub> °C	T <sub>e</sub> °C	U W/(m <sup>2</sup> ·K)	T <sub>i</sub> °C	T <sub>si</sub> °C	T <sub>e</sub> °C	U W/(m <sup>2</sup> ·K)
1	18,52	14,95	-2,6	1,35	18,52	15,11	-1,9	1,44
2	20,1	16,68	-1,4	1,19	20,1	15,05	-1,1	2,37
3	19,22	15,49	0,8	1,51	19,22	15,01	0,5	2,13
4	19,03	16,06	1,2	1,24	19,03	16,63	1,0	1,34
5	19,93	17,97	-2,1	0,65	19,93	17,39	-1,8	1,17
6	18,07	15,76	-2,9	0,83	18,07	16,92	-2,1	0,85
7	18,34	14,92	3,2	1,74	18,34	16,13	2,8	1,42
8	21,3	18,95	-0,7	0,81	21,3	18,61	-0,5	1,23
9	20,6	18,27	-1,8	0,79	20,6	17,89	-1,7	1,21
	wartość przeciętna			1,19	wartość przeciętna			1,34

ródło: obliczenia własne / Source: own work

Tab. 3. Wskaźnik jednostkowego zapotrzebowania na energię do ogrzewania i przygotowania c.w.u.

Table 3. The unit rate of energy demand for heating and hot water

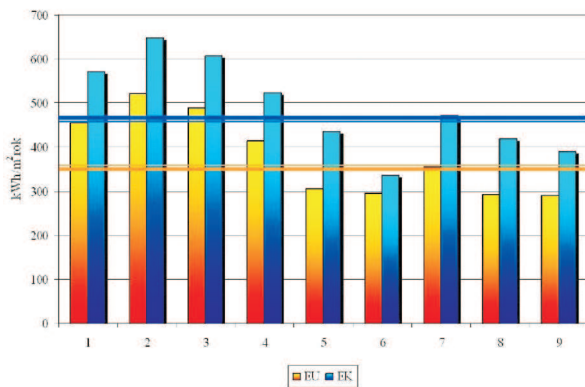
Lp.	Ogrzewanie budynku		Przygotowanie c.w.u.	
	EU <sub>H</sub> kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)	EK <sub>H</sub> kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)	EU <sub>w</sub> kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)	EK <sub>w</sub> kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)
1	430,7	534,3	24,10	35,78
2	496	612,9	24,08	35,76
3	464,3	572,3	24,09	35,78
4	390,6	486,7	24,10	35,78
5	282,4	372,4	24,08	62,27
6	269,3	299,2	24,08	35,77
7	331,1	434,3	24,09	35,79
8	268,7	356,6	24,08	62,27
9	266,1	353,5	24,09	35,79
wartość przeciętna	331,1	434	24,09	35,78

ródlto: obliczenia własne / Source: own work

wody użytkowej. Wyniki obliczeń zestawiono w tab. 3.

Wartość przeciętna wskaźnika zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania EU<sub>H</sub> wynosi 331 kWh/(m<sup>2</sup>·rok), natomiast wskaźnik zapotrzebowania na energię końcową EK<sub>H</sub> wynosi 434 kWh/(m<sup>2</sup>·rok). Przedział ufności wynosi odpowiednio 292-484 kWh/(m<sup>2</sup>·rok) dla energii użytkowej i 397-542 kWh/(m<sup>2</sup>·rok) dla energii końcowej. W przypadku ciepłej wody użytkowej wartość przeciętna wskaźnika EU<sub>w</sub> wynosi 24 kWh/(m<sup>2</sup>·rok), natomiast wskaźnika EK<sub>w</sub> wynosi 35,78 kWh/(m<sup>2</sup>·rok).

Zgodnie z metodą [11] charakterystyka energetyczna budynku stanowi sumę zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej. Na rysunku 1 przedstawiono charakterystykę energetyczną wyrażoną za pomocą wskaźników jednostkowego zapotrzebowania na energię użytkową EU i końcową EK wraz ich wartościami przeciętnymi.



Rys. 1. Charakterystyka energetyczna analizowanych obiektów  
Fig. 1. Energy performance of the analyzed objects

Roczne zapotrzebowanie na energię, wyrażone za pomocą jednostkowego wskaźnika zapotrzebowania na energię użytkową EU dla analizowanej grupy budynków wynosi przeciętnie 355 kWh/(m<sup>2</sup>·rok), natomiast po uwzględnieniu sprawności systemów grzewczych (ogrzewanie i przygotowanie c.w.u) wartość przeciętna wskaźnika jednostkowego zapotrzebowania na energię końcową EK wynosi 470 kWh/(m<sup>2</sup>·rok). Przedział ufności dla tych wskaźników zawiera się w granicach od 292 do 418 kWh/(m<sup>2</sup>·rok) dla energii użytkowej oraz od 397 do 543 kWh/(m<sup>2</sup>·rok) dla zużycia energii końcowej. Otrzymane wyniki można porównać z wartościami wskaźników budynków powstałych po 2010 roku, które wg [9] są następujące:

- wskaźnik jednostkowego zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i przygotowania ciepłej wody

- użytkowej EU zawiera się w granicach 109-116 kWh/(m<sup>2</sup>·rok), przy wartości przeciętnej 112 kWh/(m<sup>2</sup>·rok).
  - wskaźnik jednostkowego zapotrzebowania na energię końcową do ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej EK zawiera się w granicach 144-155 kWh/(m<sup>2</sup>·rok), przy wartości przeciętnej 149 kWh/(m<sup>2</sup>·rok).
- A zatem zużycie energii w budynkach powstałych przed 1918 rokiem jest 3-krotnie wyższe niż w budynkach powstałych zgodnie z aktualnie obowiązującymi normami.

## Wnioski

Na podstawie wykonanych obliczeń dla budynków większych powstałych przed 1918 rokiem można sformułować następujące wnioski:

- Rzeczywisty współczynnik przenikania ciepła U dla ścian zewnętrznych zawiera się w granicach od 0,93 do 1,44 W/(m<sup>2</sup>·K), przy przeciętnej wartości 1,19 W/(m<sup>2</sup>·K). W przypadku stropów pod nieogrzewanym poddaszem wartość współczynnika U wynosi od 1,01 do 1,67 W/(m<sup>2</sup>·K), przy wartości przeciętnej 1,34 W/(m<sup>2</sup>·K).
- Wskaźnik jednostkowego zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania EU<sub>H</sub> zawiera się w granicach 292-484 kWh/(m<sup>2</sup>·rok), przy wartości przeciętnej 331 kWh/(m<sup>2</sup>·rok).
- Wskaźnik jednostkowego zapotrzebowania na energię końcową do ogrzewania EK<sub>H</sub> zawiera się w granicach 397-542 kWh/(m<sup>2</sup>·rok), przy wartości przeciętnej 434 kWh/(m<sup>2</sup>·rok).
- Wskaźnik jednostkowego zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej EU zawiera się w granicach 292-418 kWh/(m<sup>2</sup>·rok), przy wartości przeciętnej 355 kWh/(m<sup>2</sup>·rok).
- Wskaźnik jednostkowego zapotrzebowania na energię końcową do ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej EK zawiera się w granicach 397-543 kWh/(m<sup>2</sup>·rok), przy wartości przeciętnej 470 kWh/(m<sup>2</sup>·rok).
- W świetle obowiązujących rozporządzeń analizowane budynki charakteryzują się ok. trzykrotnie wyższym zużyciem energii w porównaniu do budynków nowopowstałych.

## Bibliografia

- [1] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków.
- [2] Główny Urząd Statystyczny. 2011. Wyniki Narodowego Spisu Powszechnego. Mieszkania. <http://www.stat.gov.pl>.

- [3] Kisielewicz T., Wróbel A., Wróbel A.: Inwentaryzacja rzeczywistych strat ciepła przez przegrody budynków z wykorzystaniem termografii. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, 2008, Vol. 18, s. 231-240.
- [4] Loga T., Diefenbach N. (red.), DATAMINE-Collecting Data From Energy Certification To Monitor Performance Indicators for New and Existing Buildings, Final report, 197 p., January 2009. Available on line: [http://env.meteo.noa.gr/datamine/DATAMINE\\_Final\\_Report.pdf](http://env.meteo.noa.gr/datamine/DATAMINE_Final_Report.pdf).
- [5] Nitka W. 2009. Izolacyjność cieplna ścian z bali. Energia i Budynek. 01(22). S.27-32.
- [6] PN B-02105:1953. Współczynniki przenikania ciepła k dla przegród budowlanych - Wartości liczbowe. Norma archiwalna.
- [7] PN-EN ISO 6946:2007 Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Sposób obliczania.
- [8] PN-EN ISO 12831:2006. Instalacje ogrzewcze w budynkach Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego.
- [9] Raport Builddesk Analyticycs - Stan energetyczny budynków w Polsce. 2012. <http://www.builddesk.pl/files/BuildDesk/Consultancy/PL%20BD%20Analytics/2010-12-stan-energetyczny-budynkow.pdf>
- [10] Robakiewicz M.: Ocena cech energetycznych budynków. Biblioteka Fundacji Poszanowania Energii, Warszawa, 2009.
- [11] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 2 lipca 2014 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej. Dz. U. 2014 Poz. 888.
- [12] Trojanowska M., Szul T.: Techniczna i gospodarcza analiza oraz prognozowanie nakładów energetycznych na ogrzewanie budynków mieszkalnych na terenach wiejskich. Acta Scientiarum Polonorum. Technica Agraria, 2003, 2(2), s. 69-75.
- [13] Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne (Dz.U. z 1997 r. nr 54 wraz z późn. zm.).
- [14] Ustawa z dnia 29 sierpnia 2014 r. o charakterystyce energetycznej budynków. Dz.U. 2014 poz. 1200.
- [15] Ustawa z dnia 8 marca 1990 r. o samorządzie terytorialnym (Tekst jednolity: Dz.U. z 1996 r. nr 13, poz. 74, zmiany: Dz.U. z 1996 r. nr 58, poz. 261, nr 106, poz. 596, nr 132, poz. 662; z 1997 r. nr 9, poz. 43).
- [16] Żurawski J.: Budownictwo zero- lub prawie zeroenergetyczne w warunkach polskich. Izolacje, 2012, R17, nr 9, s. 14-19.

## ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS IN RURAL AREAS BUILT BEFORE 1918

### Summary

*An indicator of the individual demand for the functional and final energy was estimated for warming and preparing warm functional water in country buildings raised before 1918 according to the current methodology of calculating energy characteristics for residential buildings. A real rate of the permeation of the warmth was set, which the average value in case of walls is taking out 1.19 W/(m<sup>2</sup>·K), and for ceilings 1.34 W/(m<sup>2</sup>·K). The indicator of the individual demand for the functional EU energy is on average 355 kWh/(m<sup>2</sup>·year), however after taking the efficiency of heating systems into account the average of the indicator of the individual demand for the final EK energy amounts to the value 470 kWh/(m<sup>2</sup>·year).*

**Key words:** rural buildings, buildings built before 1918, heat transfer coefficient, energy performance



# KOSZTY PRACY MASZYN LEŚNYCH

ISBN 978-83-927505-2-9

Książka adresowana jest przede wszystkim do prywatnych przedsiębiorców Leśnych, Służb Leśnych i pracowników technicznych w Nadleśnictwach, Dyrekcjach Regionalnych oraz Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych i ma na celu przedstawienie sposobu wyliczenia kosztów usług maszynowych wykonywanych w lasach.

Wydawca: Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych  
60-963 Poznań, ul. Starołęcka 31  
tel. 061 87-12-200; fax 061 879-32-62;  
e-mail: [office@pimr.poznan.pl](mailto:office@pimr.poznan.pl); Internet: <http://www.pimr.poznan.pl>