

Dr hab. inż. Janusz WOJDALSKI – prof. nadzw. SGGW  
 Dr inż. Bogdan DRÓŻDŹ  
 Mgr inż. Hubert BRZEZIŃSKI  
 Wydział Inżynierii Produkcji, SGGW w Warszawie

## EFEKTYWNOŚĆ ZUŻYCIA ENERGII W ZAKŁADACH PIEKARSKICH®

*W artykule przedstawiono wyniki badań nad efektywnością zużycia energii w trzech dużych zakładach piekarskich. Określono wpływ wielkości produkcji na zużycie nośników energii. Otrzymano równania, które mogą być przydatne do określania zapotrzebowania nośników energii oraz standardów środowiskowych.*

**Słowa kluczowe:** zakłady piekarskie, energia.

### Wykaz stosowanych oznaczeń:

$A_c$	– dobowe zużycie energii cieplnej [GJ];
$A_e$	– dobowe zużycie energii elektrycznej czynnej [kW·h];
$A_{t1} = 0,012 \cdot A_c + A_e$	– całkowite zużycie energii (przyjęto przeliczenie 1 kW·h = 0,012GJ, uwzględniające straty energii podczas wytwarzania i transportu energii elektrycznej) [GJ/24 h];
$A_{t2} = 0,0036 \cdot A_c + A_e$	– całkowite zużycie energii (z uwzględnieniem relacji 1 kW·h = 0,0036GJ) [GJ/24 h];
$A_w$	– dobowe zużycie wody [m <sup>3</sup> ];
$B_{rz}$	– zużycie paliwa rzeczywistego [m <sup>3</sup> oleju opałowego] [m <sup>3</sup> gazu opałowego];
$K_e$	– koszt energii elektrycznej [PLN];
$K_{ej}$	– koszt energii elektrycznej na jednostkę produktu [PLN/Mg pieczywa];
$K_m = P Z^{-1}$	– moc zainstalowana na 1000 kg produkowanego pieczywa w ciągu doby [kW/Mg];
$P$	– całkowita moc zainstalowana zakładu [kW];
$R^2$	– współczynnik determinacji ( $r^2$ );
$W_c = A_c Z^{-1}$	– wskaźnik jednostkowego zużycia energii cieplnej w zakładzie [GJ/Mg pieczywa];
$W_e = A_e Z^{-1}$	– wskaźnik jednostkowego zużycia energii elektrycznej w zakładzie [kW·h /Mg pieczywa];
$W_{rz}$	– wskaźnik jednostkowego zużycia paliwa rzeczywistego [m <sup>3</sup> oleju opałowego/Mg pieczywa] [m <sup>3</sup> gazu opałowego/Mg pieczywa];
$W_{t1} = A_{t1} Z^{-1}$	– wskaźnik jednostkowego zużycia energii ogółem w zakładzie [GJ/Mg pieczywa];
$W_{t2} = A_{t2} Z^{-1}$	– wskaźnik jednostkowego zużycia

energii ogółem w zakładzie [GJ/Mg pieczywa];

$W_u = 29,3076^{-1} \cdot W_{t2}$  – wskaźnik jednostkowego zużycia paliwa umownego [kg p.u./Mg pieczywa];

$W_w$  – wskaźnik jednostkowego zużycia wody [m<sup>3</sup>/Mg pieczywa];

$Z$  – wielkość produkcji pieczywa [Mg].

### WPROWADZENIE

Efektywność można określić jako rezultat działalności gospodarczej będący stosunkiem uzyskanego efektu do nakładu. Jedną z praktycznych możliwości jej wyrażania jest energochłonność produkcji tj. zapotrzebowanie energii do przeprowadzenia określonego procesu produkcyjnego. Literatura [12] posługuje się również określeniem „efektywność energetyczna jako obniżenie zużycia energii, mające miejsce na etapie wytwarzania, przesyłu, dystrybucji lub końcowego zużycia energii, spowodowane zmianami technologicznymi, zapewniające taki sam lub wyższy poziom komfortu lub usług”.

Energochłonność produkcji pieczywa jest uwarunkowana głównie kilkoma czynnikami takimi jak np.: wielkość obiektu produkcyjnego, zastosowane wyposażenie techniczne (w tym zwłaszcza piece piekarskie i ich sprawność cieplna) oraz wielkość dobowej produkcji [1, 2, 3, 5, 10]. Publikacje z tego zakresu podają najczęściej wartości wskaźników agregatowych, technologicznych lub produkcyjnych [8, 11, 13]. Wskaźniki te są zdefiniowane m. in. w pracach: [9] s. 17-36, [15] s. 10-11, 180-181, 226-229 oraz [16]. Wartości liczbowe wskaźników są znacznie zróżnicowane. Mogą mieć na to wpływ różnice w wyposażeniu technicznym zakładów. Istnieje też zróżnicowanie w zakresie stosowanych metod badawczych. Zależnie od przyjętej metodyki badań piśmiennictwo w ograniczonym zakresie podaje przyczyny zmienności wskaźników zakładowych i czynniki, które mogą mieć wpływ na ich poziom tj. wartości liczbowe. Autorzy podjęli próbę wyjaśnienia uwarunkowań energochłonności produkcji pieczywa objętej wskaźnikiem zakładowym. Wartość liczbową tego wskaźnika ma związek z charakterystyką ekologiczną stosowanych technologii i oceną oddziaływania na środowisko [16].

## MATERIAŁ I METODY BADAWCZE

Materiały i wyniki pomiarów pochodzą z trzech dużych zakładów piekarskich o mocy zainstalowanej urządzeń elektrycznych od 300 do 400 kW.

Zakres pracy obejmował:

- określenie zmienności zużycia nośników energii,
- obliczenie zakładowych wskaźników jednostkowego zużycia energii i wody,
- obliczenie kosztów zużytej energii elektrycznej na 1 Mg produkowanego pieczywa,
- określenie stopnia wykorzystania mocy zainstalowanej urządzeń elektrycznych stosując wskaźnik  $K_m$ ,
- wyznaczenie równań regresji w celu wyjaśnienia wpływu wielkości produkcji  $Z$  na przyjęte zmienne zależne (tj.  $A_e, A_c, A_w, K_e, K_{ej}, B_{rz}, W_e, W_c, W_w, W_{rz}, W_{tl}, W_{l2}$  i  $K_m$ , których sens fizyczny zawarto w wykazie oznaczeń oraz tablicach) z uwzględnieniem współczynnika determinacji  $R^2$ .

Tok obliczeń jest zgodny z podstawami analizy energochłonności produkcji zawartymi w pracach [14, 15].

### Zakład piekarski „A”

Piekarnia była wyposażona w najnowsze technologicznie maszyny, urządzenia i piece piekarnicze. Zakład był przystosowany do wytwarzania określonego asortymentu w dużych ilościach. Średnia dobowo produkcja kształtowała się na poziomie 21,5 Mg, zaś miesięczna wynosiła ok. 639 Mg, co stanowiło ok. 50% maksymalnej zdolności produkcyjnej. Moc zainstalowana urządzeń elektrycznych w zakładzie wynosiła ok. 400 kW.

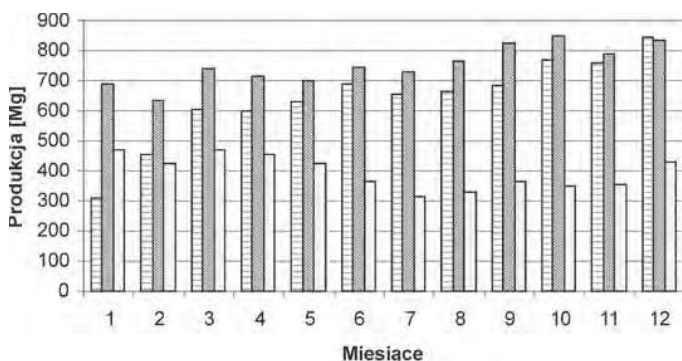
### Zakład piekarski „B”

Średnia dobowo produkcja pieczywa wynosiła około 25,05 Mg, zaś średnia miesięczna produkcja osiągała 751,7 Mg. Moc zainstalowana urządzeń elektrycznych zakładu wynosiła ok. 400 kW.

### Zakład piekarski „C”

Zakład był dostosowany do produkcji wieloseryjnej o profilu wieloasortymentowym. Średnia dobowo produkcja kształtowała się na poziomie 13,21 Mg (396,4 Mg miesięcznie).

Porównanie miesięcznej produkcji w analizowanych zakładach przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Porównanie wielkości produkcji analizowanych zakładów piekarskich w kolejnych miesiącach roku 2005.

## WYNIKI

W tabeli 1 przedstawiono syntezę wyników badań nad energochłonnością produkcji przyjmując jako zmienną niezależną miesięczną wielkość produkcji pieczywa  $Z$ . Największy stopień wyjaśnienia przyczyn energochłonności produkcji uzyskano w przypadku zakładu „A”, w którym zarówno gospodarka elektroenergetyczna jak i ciepła były najbardziej efektywne. Zużycie oleju opałowego i zmienność jednostkowego zużycia ciepła w ponad 93% było uzależnione od wielkości produkcji. W pozostałych zakładach przyczyny zmienności zużycia energii były wyjaśnione w znacznie mniejszym stopniu lub nie występowała istotna korelacja między wielkością produkcji a określoną zmienną niezależną.

Łączne zużycie energii wyrażone wskaźnikiem  $W_{l2}$  w zakładzie „A” było wyjaśnione w 95%, przy czym w zakładach „B” i „C” było ono znacznie mniejsze wynosząc odpowiednio 21% i 34%. W tabeli 2 przedstawiono występujące zakresy zmienności poszczególnych wskaźników oraz ich średnie wartości w ciągu okresu rocznego. W zakładzie „A” poddano więc bardziej wnikliwej analizie energochłonności produkcji w ciągu kolejnych 12 dni roboczych w maju (tabela 3). W tym przypadku uzyskano szczegółowy przebieg zmienności produkcji jak i zużycia energii w poszczególnych dniach tygodnia. W niedzielę produkcja wynosiła ok. 9,4 Mg pieczywa zaś w pozostałych dniach była zbliżona do siebie i wynosiła od 21,24 Mg do 23,42 Mg. Dobowe zużycie energii elektrycznej wynosiło odpowiednio 1406 kW·h oraz 2200-2920 kW·h. Analogiczne dobowe zużycie gazu opałowego wynosiło 750 m<sup>3</sup> oraz 1683-1907 m<sup>3</sup>. W przypadku jednostkowego zużycia gazu opałowego ( $W_{rz}$ ), jednostkowego zużycia energii cieplnej ( $W_c$ ) i łącznego zużycia energii ( $W_{l2}$ ) korelacja z wielkością produkcji była nieistotna. W praktyce niewielkim zmianom wielkości produkcji w ciągu poszczególnych dni tygodnia (do 10%) towarzyszyło nieco większe zróżnicowanie jednostkowego zużycia energii cieplnej wynoszące w granicach 1,17 – 1,40 GJ/Mg pieczywa (tj. różnica 19,6%). Produkcja 21,5-23,0 Mg pieczywa w ciągu doby wymagała bowiem doprowadzenia niewiele różniących się ilości gazu opałowego. W przypadku dolnego zakresu wielkości produkcji występowało niepełne wykorzystanie pieców piekarskich związane między innymi z poszerzonym asortymentem wyrobów. W przypadku wskaźnika  $W_{l2}$  zróżnicowanie było jeszcze większe (26,1%) przy zakresie zmienności 1510,37-1905,12 MJ/Mg pieczywa. Jest to łączne zużycie energii uwzględniające niejednoczesność pracy urządzeń produkcyjnych oraz organizację procesów technologicznych.

W tabeli 4 dla porównania przytoczono przykładowe wyniki badań energochłonności produkcji w dwóch małych zakładach piekarskich (rzemieślniczych).

Z przeprowadzonych badań wynika, że mimo znacznych różnic dobowej wielkości produkcji pieczywa jednostkowe zużycie energii elektrycznej zarówno w dużych jak i małych zakładach było zbliżone do siebie i wynosiło w granicach 117,75 – 134,80 kW·h/Mg pieczywa. Koszty jednostkowe energii elektrycznej według cen z 2005 roku w poszczególnych zakładach także były zbliżone do siebie wynosząc w granicach 25,5 – 30,6 zł/Mg. Istotę analizowanego zagadnienia w praktyce przemysłowej poruszano

**Tabela 1.** Wpływ wielkości produkcji pieczywa na czynniki istotne w ocenie energochłonności zakładów

Wyszczególnienie	Zakład „A”		Zakład „B”		Zakład „C”	
	Równanie	R <sup>2</sup>	Równanie	R <sup>2</sup>	Równanie	R <sup>2</sup>
Zużycie energii elektrycznej A <sub>e</sub>	$A_e = 38,842Z + 61302$	0,37	$A_e = 64,552Z + 41487$	Regresja nieistotna	$A_e = -39,723Z + 63387$	Regresja nieistotna
Wskaźnik jednostkowego zużycia energii elektrycznej W <sub>e</sub>	$W_e = 5 \cdot 10^{-4}Z^2 - 0,8127Z + 445,72$	0,9	$W_e = -55,9 \cdot 10^{-3}Z + 162,03$	Regresja nieistotna	$W_e = -427,9 \cdot 10^{-3}Z + 292,84$	0,53
Koszt netto energii elektrycznej K <sub>e</sub>	$K_e = 9,1598Z + 12121$	0,35	$K_e = 11,097Z + 10819$	Regresja nieistotna	$K_e = -11,588Z + 16722$	Regresja nieistotna
Koszt energii elektrycznej na jednostkę produktu K <sub>ej</sub>	$K_{ej} = 2 \cdot 10^{-4}Z^2 - 0,2265Z + 108,65$	0,95	$K_{ej} = -16,6 \cdot 10^{-3}Z + 38,041$	Regresja nieistotna	$K_{ej} = -112,6 \cdot 10^{-3}Z + 76,042$	0,58
Zużycie gazu, oleju opałowego B <sub>z</sub>	$B_z = 51,088Z + 19876$	0,93	$B_z = 22,467Z + 29109$	Regresja nieistotna	$B_z = 237,42Z - 39029$	0,8
Wskaźnik jednostkowego zużycia gazu, oleju opałowego W <sub>z</sub>	$W_z = -75,3 \cdot 10^{-3}Z + 132,52$	0,83	$W_z = -55,2 \cdot 10^{-3}Z + 103,01$	Regresja nieistotna	$W_z = 267 \cdot 10^{-3}Z + 31,226$	0,43
Zużycie energii cieplnej A <sub>c</sub>	$A_c = 812,3Z + 316023$	0,93	$A_c = 959,3 \cdot 10^{-3}Z + 1243$	Regresja nieistotna	$A_c = 10,138Z - 1666,5$	0,8
Wskaźnik jednostkowego zużycia energii cieplnej W <sub>c</sub>	$W_c = 2,5 \cdot 10^{-6}Z^2 - 4033,8 \cdot 10^{-6}Z + 2,865$	0,95	$W_c = -2,4 \cdot 10^{-3}Z + 4,3984$	Regresja nieistotna	$W_c = 11,4 \cdot 10^{-3}Z + 1,333$	0,43
Zużycie wody A <sub>w</sub>	$A_w = -493,8 \cdot 10^{-3}Z + 1357,4$	0,27	$A_w = 1,842Z - 520,73$	0,58	$A_w = 2,267Z - 95,874$	0,56
Wskaźnik jednostkowego zużycia wody W <sub>w</sub>	$W_w = -4,9 \cdot 10^{-3}Z + 4,91$	0,89	$W_w = 0,1 \cdot 10^{-2}Z + 0,396$	Regresja nieistotna	$W_w = 5 \cdot 10^{-4}Z + 1,805$	Regresja nieistotna
Wskaźnik K <sub>m</sub> (dla okresu miesięcznego)	$K_m = 2,5 \cdot 10^{-6}Z^2 - 4388,1 \cdot 10^{-6}Z + 2,390$	0,99	$K_m = 0,1 \cdot 10^{-5}Z^2 - 2240,5 \cdot 10^{-6}Z + 1,644$	0,99	$K_m = 5,1 \cdot 10^{-6}Z^2 - 6004,5 \cdot 10^{-6}Z + 2,336$	0,99
Wskaźnik W <sub>11</sub>	$W_{11} = 8,5 \cdot 10^{-3}Z^2 - 13,786Z + 8213,3$	0,94	$W_{11} = -3,0296Z + 6342,7$	Regresja nieistotna	$W_{11} = 6,2658Z + 4847,4$	Regresja nieistotna
Wskaźnik W <sub>12</sub>	$W_{12} = 4,3 \cdot 10^{-3}Z^2 - 6,959Z + 4469,3$	0,95	$W_{12} = -2,5603Z + 4981,7$	Regresja nieistotna	$W_{12} = 9,860Z + 2387,6$	0,34
Zakresy zmienności miesięcznej produkcji Z [Mg]	454,01 – 845,11		633,24 – 847,77		315,95 – 467,75	

**Tabela 2.** Zakresy zmienności wskaźników służących do oceny energochłonności produkcji badanych zakładów w okresach miesięcznych – zakres zmienności dobowej produkcji pieczywa Z w granicach 9,35 – 23,42 Mg

Wyszczególnienie	Wskaźniki							
	W <sub>e</sub> [kWh/Mg]	K <sub>ej</sub> [zł/Mg]	W <sub>z</sub> [m <sup>3</sup> /Mg]	W <sub>c</sub> [GJ/Mg]	W <sub>w</sub> [m <sup>3</sup> /Mg]	K <sub>m</sub> * [kW/Mg]	W <sub>11</sub> [MJ/Mg]	W <sub>12</sub> [MJ/Mg]
<b>Zakład „A”</b>								
<b>Zakres zmienności</b>	109,8-241,9	23,07-52,73	74,13-116,17	1,18-1,85	1,10-3,71	13,2-36,26	2496,7-4749,6	1574,0-2717,8
<b>Średnio w ciągu roku</b>	134,8	28,13	82,19	1,31	1,63	18,73	2924,0	1792,0
<b>Zakład „B”</b>								
<b>Zakres zmienności</b>	66,88-154,80	15,69-32,00	45,58-74,97	1,95-3,20	0,97-1,42	13,21-17,69	3310,8-4859,0	2476,2-3698,6
<b>Średnio w ciągu roku</b>	119,74	25,49	61,19	2,61	1,15	15,00	4049,7	3043,9
<b>Zakład „C”</b>								
<b>Zakres zmienności</b>	92,43-181,81	19,17-46,26	90,62-164,51	3,87-7,02	1,28-2,40	17,92-23,52	5842,8-8468,7	4461,3-7392,6
<b>Średnio w ciągu roku</b>	120,18	30,60	138,96	5,93	2,02	21,59	7375,9	6366,4

\* – wskaźnik obliczony dla okresów dobowych

**Tabela 3.** Uwarunkowania energochłonności produkcji\* w zakładzie „A” (dla okresów dobowych)

Wyszczególnienie	Równanie	R <sup>2</sup>
Zużycie energii elektrycznej A <sub>e</sub>	A <sub>e</sub> = 94,518Z + 586,39	0,71
Wskaźnik jednostkowego zużycia energii elektrycznej W <sub>e</sub>	W <sub>e</sub> = -2,3849Z + 174,27	0,45
Koszt netto energii elektrycznej K <sub>e</sub>	K <sub>e</sub> = 18,809Z + 116,69	0,71
Koszt energii elektrycznej na jednostkę produktu K <sub>ej</sub>	K <sub>ej</sub> = -0,4746Z + 34,68	0,45
Zużycie gazu opałowego B <sub>rz</sub>	B <sub>rz</sub> = 83,84Z - 22,673	0,95
Wskaźnik jednostkowego zużycia gazu, oleju opałowego W <sub>rz</sub>	W <sub>rz</sub> = 0,2167Z + 78,121	regresja nieistotna
Zużycie energii cieplnej A <sub>c</sub>	A <sub>c</sub> = 1,333Z - 0,3605	0,95
Wskaźnik jednostkowego zużycia energii cieplnej W <sub>c</sub>	W <sub>c</sub> = 0,0034Z + 1,2421	regresja nieistotna
Wskaźnik K <sub>m</sub>	K <sub>m</sub> = 0,0863Z <sup>2</sup> - 4,6393Z + 78,459	0,99
Wskaźnik W <sub>11</sub>	W <sub>11</sub> = -25,173Z + 3333,4	regresja nieistotna
Wskaźnik W <sub>12</sub>	W <sub>12</sub> = -5,14Z + 1869,5	regresja nieistotna

\* – zakres zmienności dobowej produkcji pieczywa Z w granicach 9,35 – 23,42 Mg

**Tabela 4.** Przykładowe wyniki badań zużycia energii w małych piekarniach

Wyszczególnienie	wg [12]	wg [6]
Z – Produkcja dobową [Mg]	1,40	1,55
W <sub>c</sub> – Wskaźnik jednostkowego zużycia energii cieplnej wprowadzonej w paliwie [MJ/Mg]	1985,88	4287,71
K <sub>m</sub> – [kW/Mg]	16,58	22,84
W <sub>e</sub> – Wskaźnik jednostkowego zużycia energii elektrycznej [kWh/Mg]	117,75	120,92
W <sub>12</sub> – [MJ/Mg]	3396,84	5738,74
W <sub>0</sub> – Wskaźnik jednostkowego zużycia paliwa umownego [kg p.u./Mg]	115,90	195,81

także w literaturze [7]. W przypadku jednostkowego zużycia energii cieplnej występowały znaczne różnice wartości liczbowych tego wskaźnika. Zakład „C” miał ponad 4-krotnie większe wskaźniki W<sub>c</sub> w porównaniu z zakładem „A”. Przyczyną tego stanu była głównie mniejsza sprawność pieców piekarskich oraz organizacja pracy i zwiększona liczba wyrobów składających się na asortyment produkcji. W przypadku małych zakładów wskaźniki te także wykazywały zróżnicowanie w przybliżeniu jak 2:1. Na zwiększone zużycie energii cieplnej miała wpływ produkcja krótkich serii dużej liczby wyrobów

(galanterii cukierniczej). Prowadzi to do wniosku, że koszty jednostkowe paliwa zużywanego do produkcji pieczywa różniły się między sobą także w zbliżonych proporcjach. Wskaźniki W<sub>12</sub> (tablica 2) dla zakładów „C”/”A” i „B”/”A” pozostają w następujących przybliżonych proporcjach jak 3,5/1 oraz 1,7/1. Należy również zaznaczyć, że wartości dobowego wskaźnika K<sub>m</sub> dla tych zakładów były zbliżone do siebie i wynosiły w granicach 15-21 kW/Mg pieczywa. Według literatury [9] wartość liczbową tego wskaźnika stanowi uzupełniającą informację przy analizie energochłonności produkcji.

Z tabeli 1 można określić minimalne wartości K<sub>m</sub>, przy których stosując dany zestaw urządzeń o mocy zainstalowanej P, zdolność produkcyjna piekarni była wykorzystywana w największym stopniu. Posługując się tym wskaźnikiem można w znacznym stopniu ocenić prawidłowość łącznego doboru odbiorników energii elektrycznej do zdolności produkcyjnych. Analizując efektywność zużycia energii przy zastosowaniu wskaźnika W<sub>12</sub> można także stwierdzić, że przy wykorzystaniu 1 Mg paliwa umownego można było w skrajnych przypadkach uzyskać 4,6 Mg pieczywa i 16,4 Mg pieczywa.

Z tabeli 4 wynika, że stopień wykorzystania mocy zainstalowanej urządzeń elektrycznych w małych zakładach kształtował się także na poziomie zbliżonym do dużych zakładów (tabela 2). Świadczy to o prawidłowym doborze urządzeń zasilanych energią elektryczną dostosowanym do zdolności produkcyjnych badanych zakładów.

Z literatury [8] wynika, że wyprodukowanie 1 Mg pieczywa wymaga dostarczenia 2470 MJ energii, z czego 98% stanowi energia wnoszona z paliwem. Z kolei autorzy [4] podają, że jednostkowe zużycie energii elektrycznej w zależności od rodzaju pieczywa wynosi od 16,2 – 30,5 kW·h/Mg. Zaś zużycie energii cieplnej zawiera się w granicach 3323 – 4105 MJ/Mg pieczywa.

Jednostkowe zużycie wody w badanych dużych zakładach zawierało się w granicach 1,15-2,02 m<sup>3</sup>/Mg pieczywa. W literaturze nie odnaleziono analogicznych wskaźników, które pozwoliłyby wnioskować na temat optymalnego zużycia wody w zakładach tej branży.

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przeprowadzone badania wskazują na duże zróżnicowanie jednostkowego zużycia energii cieplnej w procesie produkcji pieczywa. W dużych zakładach różniło się ono ponad 4-krotnie, co świadczy że także koszty paliwa ponoszone na wyprodukowanie 1 Mg pieczywa różnią się między sobą w podobnych proporcjach. Podobne zróżnicowanie występuje w przypadku przeliczenia łącznego zużycia energii na paliwo umowne. Wynika to z dużych różnic w zapotrzebowaniu na pieczywo w ciągu tygodnia, jak też z konieczności utrzymywania pieca taśmowego w gotowości do prowadzenia wypieku. Występuje duża różnica w efektywności wykorzystania energii w poszczególnych zakładach. Dla energii elektrycznej jednostkowy jej koszt związany z wyprodukowaniem 1 Mg pieczywa w badanych zakładach był zbliżony do siebie. Zmniejszenie jednostkowego zużycia energii zwłaszcza cieplnej można osiągnąć przez stosowanie w większym stopniu rozwiązań technicznych do odzyskiwania energii odpadowej, której znaczne ilości występują w zakładach mających dużą zdolność produkcyjną. Prowadzi to w pewnym stopniu do poprawy sprawności cieplnej pieców piekarskich jak

również daje możliwość wykorzystania ciepła odpadowego na cele pozaprodukcyjne. Przedstawione wyniki badań mogą w praktyce przemysłowej posłużyć do analizy mającej na celu określenie czynników wpływających na zwiększenie efektywności zużycia nośników energii.

Zainteresowanych wynikami badań autorzy zapraszają na konsultacje: e-mail bogdan\_drozd@sggw.pl.

## LITERATURA

- [1] Domysławski W.: Piekarnie wiejskie i osiedlowe, Informator Branżowy, IBMER, Warszawa, 1992.
- [2] GIKO : Systemy transportu i magazynowania mąki, Przegląd Piekarski i Cukierniczy, 3, 2005, 30-31.
- [3] Grudziński K.: Racjonalna produkcja pieczywa, Cukiernictwo i Piekarstwo, 2005, 9, 54-56.
- [4] Grzybek A., Rogulska M.: Nakłady materiałowo-energetyczne i energochłonność skumulowana produkcji pieczywa, Instrukcja wdrożeniowa, IBMER, Warszawa, 1991.
- [5] Italmarco :Mieszarka – najważniejszy element w piekarni, Przegląd Piekarski i Cukierniczy, 11, 2004, 40-41.
- [6] Kowalski K.: Analiza użytkowania energii w małym zakładzie piekarskim, Praca inżynierska, SGGW. Warszawa, 2005.
- [7] Kownacki J.: Oszczędność energii (paliw) źródłem obniżki kosztów produkcji, Przegląd Piekarski i Cukierniczy, 5, 1996, 16-17.
- [8] Krzysztofik B.: Nakłady energetyczne poniesione na produkcję pieczywa w wybranej piekarni, Inżynieria Rolnicza, 10, 2005, 227 – 233.
- [9] Neryng A., Wojdalski J., Budny J., Krasowski E.: Energia i woda w przemyśle rolno-spożywczym, WNT, Warszawa, 1990, 17- 41, 196 – 199.
- [10] Pachole Z.: Problemy gospodarki energetycznej w piekarni, Przegląd Piekarski i Cukierniczy , 11, 2003, 28-32.
- [11] Singh R.P.: Energy in Food Processing, Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York – Tokyo, 1986, 44-45.
- [12] Skoczkowski T.: Potencjał efektywności energetycznej gospodarki Polski i sposób jego wykorzystania, Wiadomości Elektrotechniczne, 8, 2007.
- [13] Słabik: Analiza energochłonności produkcji pieczywa, Praca inżynierska, SGGW, Warszawa, 1999.
- [14] Wojdalski J.: Energetyczne aspekty produkcji pieczywa, Gospodarka Paliwami i Energią, 11, 1992, 14-17.
- [15] Wojdalski J., Domagała A., Kaleta A., Janus P.: Energia i jej użytkowanie w przemyśle rolno-spożywczym (praca pod redakcją naukową J. Wojdalskiego), Wyd. SGGW, Warszawa, 10-11, 1998, 171-186, 226-229.
- [16] Wojdalski J., Drózd B.: Podstawy analizy energochłonności produkcji zakładów przemysłu rolno-spożywczego, MOTROL, Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa, Tom 8A, Lublin, 2006, 294-304.
- [17] WS Atkins International: Ochrona środowiska w przemyśle rolno-spożywczym, Standardy środowiskowe, FAPA, Warszawa, 1998, 57, 87.

## EFFECTIVENESS OF ENERGY CONSUMPTION IN PLANT BAKERIES

### SUMMARY

*Effects of research on the effectiveness of energy consumption in three large plant bakeries. The effect of the production volume on the consumption of energy carriers. Equations were obtained for the determination of demand for energy carriers as well as environmental standards.*

**Key words:** plant bakeries, energy.