

mł. bryg. dr inż. Anna Prędecka

mgr inż. Magdalena Węgrzyn

mł. kpt. mgr inż. Michał Sowa

mgr inż. Emil Sulak

Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Cywilnego

Szkoła Główna Służby Pożarniczej

Ocena wydatku energetycznego na stanowisku pracy piekarza metodą chronometrażowo-tabelaryczną wg Lehmana

Streszczenie

Ocena obejmuje charakterystykę obciążenia fizycznego pracą, ze szczególnym uwzględnieniem wydatku energetycznego. Przedstawiono również opis metod, które umożliwiają wyliczenie wydatku energetycznego, główny nacisk kładąc na metodę chronometrażowo-tabelaryczną. Nawiązano również do wartości normatywów higienicznych dotyczących wydatku energetycznego obowiązujących w Polsce.

W artykule przedstawiono wyniki pomiaru wydatku energetycznego na stanowisku roboczym – piekarz. Analizę tę wykonano dla mężczyzny oraz dla kobiety, pracujących w czasie tej samej zmiany roboczej (w godzinach 16:00–24:00). Pomiar wydatku energetycznego metodą chronometrażowo-tabelaryczną prowadziły niezależnie dwie osoby. Celem autorów było odniesienie uzyskanych wartości wydatku energetycznego do obowiązujących kryteriów normatywnych. Badania te umożliwiły również porównanie wydatku energetycznego obliczonego wyżej wymienioną metodą przez dwie osoby i przeanalizowanie, jakie są różnice w obliczonych wartościach oraz czym mogły być spowodowane.

Słowa kluczowe: obciążenie fizyczne, wydatek energetyczny

Assessment of Physical Load on the Baker's Stand with the Use of a Chronometric-Tabular Analysis by Lehmann

Abstract

The article includes the characteristics of the load of physical work, especially energy expenditure. It also presents a description of the methods that allow to determinate the energy expenditure on the workplace, with the main emphasis on the chronometric-tabular analysis, which have been used in practice. It also refers to the values of hygienic standards on energy expenditure valid in Poland.

The article presents the study on the energy expenditure at the – baker's stand. The analysis was made for men and for women working during the same work shift. The measurements of energy expenditure with the chronometric-tabular analysis by Lehmann were conducted independently by two people. The aim of this study was to analyze the physical effort in order to compare it with the hygienic standards. The studies also allow to compare the energy expenditure calculated by the mentioned method by two independent persons and indicate what are the differences in the calculated values and what could have they been caused by.

Keywords: physical effort ,energy expenditure

1. WSTĘP

Każda praca dla wykonującego ją człowieka oznacza pewien wysiłek fizyczny i umysłowy. W przypadku pracowników, u których podczas wykonywania czynności zawodowych dominuje wysiłek fizyczny, ważne jest, aby obciążenie było dostosowane do ich możliwości fizycznych, aby mogli wykonywać powierzone im zadania z odpowiednią wydajnością, bez ryzyka konsekwencji zdrowotnych czy ryzyka zaistnienia wypadku z udziałem tzw. czynnika ludzkiego.

Podczas wysiłku fizycznego w organizmie człowieka zachodzą zmiany energetyczne będące podstawą do oceny stanowiska pracy pod kątem obciążenia pracą fizyczną ze znacznym wysiłkiem dynamicznym. Miarą obciążenia fizycznego jest wielkość określająca wartość energii wygenerowanej w celu wykonania określonej pracy. Obciążenie to przedstawiane jest w postaci

wydatku energetycznego, charakteryzującego przemianę materii na energię mechaniczną i ciepło w procesach metabolicznych i chemicznych (zgodnie z układem SI jednostką energii jest 1 dżul – 1 J). Za miarę obciążenia pracą fizyczną na danym stanowisku przyjmuje się wielkość wydatku energetycznego w ciągu zmiany roboczej, która jest sumą ilości energii wykorzystanej do wykonania poszczególnych czynności.

Ocena obciążenia organizmu człowieka pracą fizyczną jest wielowymiarowa, obejmuje: ocenę obciążenia dynamicznego, związanego z wydatkowaniem przez organizm energii w sposób proporcjonalny do wysiłku, ocenę obciążenia statycznego, wynikającego z pozycji ciała przy pracy, ocenę monotypowości ruchów, odczuwanych przez człowieka w sposób dotkliwy nawet podczas niewielkiego zużycia energii. Kompleksowa analiza obciążenia pracą powinna uwzględniać również stosowanie przerw regeneracyjnych, porę doby, w jakiej wykonywana jest praca, długość zmiany oraz warunki fizyczne środowiska pracy, takie jak temperatura otoczenia, mikroklimat, hałas.

Odpowiednio wysoki poziom obciążenia fizycznego na stanowisku pracy oraz wydajność pracownika są podstawowymi parametrami determinującymi efektywność pracy. Brak dostatecznych informacji o koszcie energetycznym pracy może prowadzić do błędnego gospodarowania czasem pracy, powodować obniżenie efektywności zadań wykonywanych przez pracownika oraz wpływać na jakość i wydajność pracy.

Dla zmniejszenia poziomu zmęczenia pracą fizyczną, pracodawcy wprowadzają, głównie wśród pracowników najbardziej obciążonych czynnościami zawodowymi, doraźne rozwiązania, jak np. podawanie napojów i posiłków regeneracyjnych. Właściwości odżywcze posiłków często ustalane są jedynie na podstawie średniej oceny wartości wydatku energetycznego netto przy obciążeniu dynamicznym, bez uwzględniania monotypowości prac czy też obciążenia statycznego organizmu.

Istnieje kilka metod wyznaczania wydatku energetycznego. Są to:

- metoda tabelaryczno-chronometrażowa (opisana w rozdz. 2.4.2). ,
- metoda fizjologiczna oparta głównie na pomiarze parametrów takich jak częstość skurczów serca, częstość oddechów, temperatury ciała, których wartości wzrastają wraz ze wzrostem obciążenia pracą.
- metoda kalorymetrii, która polega na pomiarach wskaźników wymiany gazowej, to znaczy wentylacji płuc i zużycia tlenu (opisana w rozdz. 2.4.1).

Celem badań było wyznaczenie wartości wydatku energetycznego na stanowisku roboczym – piekarz i porównanie otrzymanego wyniku z obowiązującymi wymaganiami normatywnymi. Ocena różnic wartości wydatku energetycznego, dla pomiarów wykonanych tą samą metodą przez dwie niezależne osoby posiadające podobną wiedzę i doświadczenie zawodowe. Przeanalizowanie, przyczyny różnic w wartościach wydatku energetycznego obliczonego przez dwie niezależne osoby.

2. MATERIAŁ I METODY

2.1 Uczestnicy badań

W badaniu uczestniczyło dwóch pracowników: mężczyzna w wieku 21 lat oraz kobieta w wieku 38 lat; mężczyzna o wzroście 172 cm i wadze 70 kg, kobieta o wzroście 160 cm i wadze 65 kg. Obie osoby pracowały na tej samej zmianie roboczej (w godzinach: 16:00 do 24:00). Pomiary wydatku energetycznego wykonano metodą chronometrażowo-tabelaryczną. Przeprowadziły je niezależnie dwie osoby.

2.2 Opis stanowiska pracy

Piekarnia, w której przeprowadzono badania jest małym zakładem produkcyjnym, w którym wypiekane jest pieczywo tradycyjne. Zatrudnionych jest tam czterech piekarzy, dwie kobiety i dwóch mężczyzn. Teren piekarni jest niewielki, oprócz hali produkcyjnej znajduje się magazyn dodatków, magazyn mąki, pomieszczenie, w którym przechowywane są gotowe wyroby oraz pomieszczenie socjalne, w którym pracownicy mogą odpocząć lub zjeść posiłek. Powierzchnia pomieszczeń wynosi odpowiednio: hala produkcyjna – ok. 100 m², magazyn mąki – ok. 80 m², magazyn dodatków – ok. 30 m², magazyn wyrobów gotowych – ok. 40 m² oraz pomieszczenie socjalne – ok. 20 m². Stanowiska pracy położone są w niewielkiej odległości od siebie.

Na rysunkach 1–4 przedstawiono przykładowe prace wykonywane w piekarni (rys. 1–4).



Rys. 1. Przesiewanie mąki oraz przygotowywanie ciasta

Źródło: fot. M. Węgrzyn



Rys. 2. Formowanie bułek oraz bochenków chleba

Źródło: fot. M. Węgrzyn



Rys. 3. Wkładanie uformowanych i wyrośniętych porcji ciasta do pieca

Źródło: fot. M. Węgrzyn



Rys. 4. Przenoszenie upieczonego chleba z pieca na wózek

Źródło: fot. M. Węgrzyn

2.3 Ocena uciążliwości wysiłku fizycznego na stanowisku piekarza

W piekarni pracownicy pracują w godzinach od 16:00 do 24:00. Zgodnie z Kodeksem pracy [14] pora nocna obejmuje osiem godzin przypadających między godziną 21:00, a 7:00. Osobą pracującą w porze nocnej jest pracownik, którego czas pracy obejmuje w każdej dobie co najmniej 3 godziny pracy w porze nocnej lub którego co najmniej 1/4 czasu pracy w okresie rozliczeniowym przypada na porę nocną. Stąd wniosek, że można zaliczyć pracowników omawianej piekarni do osób pracujących w porze nocnej.

Temperatura w czasie pracy zawierała się w przedziale od 19,8°C na początku zmiany roboczej do 30,04°C na koniec zmiany. Wartość wilgotności względnej powietrza rosła w czasie, odpowiednio : 45,5% (godz.16:00), 43,4% (godz. 18:00), 61,8% (godz. 20:00), 66% (godz. 22:00), 96% na koniec pracy.

Określono procentowy udział pozycji ciała w ciągu zmiany roboczej obserwowanych pracowników. Mężczyzna w pozycji stojącej pozostawał przez ok. 58% czasu pracy, w pozycji pochylonej przez około 12% czasu pracy, chodząc, pracował ok. 23% czasu zmiany, a w pozycji siedzącej przebywał przez około 7% czasu pracy. W przypadku kobiety udział procentowy pozycji ciała w czasie zmiany roboczej wyglądał następująco: pozycja stojąca – ok. 70% czasu pracy, pozycja pochylona – ok. 5% czasu pracy, chodzenie to ok. 15% czasu zmiany, siedzenie około 10% czasu pracy. Zauważono, że mężczyzna więcej czasu w pracy chodził oraz więcej czasu pracował w pozycji pochylonej. Natomiast kobieta więcej czasu pracy była w pozycji stojącej oraz dłużej niż mężczyzna siedziała.

Większy procentowy udział chodzenia w czasie zmiany roboczej w przypadku mężczyzny wynikał głównie z faktu wykonywania przez niego takich prac, jak: przewożenie wózków z chlebem, przenoszenie pieczywa z pieca na wózki. Procentowy udział chodzenia u kobiety był niższy. Wykonywała ona w tej pozycji prace pomocnicze, takie jak: przenoszenie lekkich rzeczy, zamiatanie, układanie foremek na chleb na wózkach itd. W pozycji stojącej zarówno mężczyzna, jak i kobieta wykonywali prace, takie jak: dzielenie ciasta, ważenie kęsów ciasta oraz formowanie ciasta przy stolnicy. Zauważono, że kobieta wykonywała w pozycji stojącej dodatkowe czynności pomocnicze, takie jak np.: malowanie olejem blaszek na chleb, posypywanie foremek mąką itd. W pozycji pochylonej mężczyzna najczęściej był w czasie przenoszenia uformowanych i wyrośniętych porcji ciasta do pieca oraz w czasie

cięższych prac porządkowych, takich jak np. czyszczenie blach na bułki. Kobieta pozostawała w pozycji pochylonej najczęściej podczas lżejszych prac porządkowych, takich jak np.: mycie kotła na ciasto, układanie foremek na wózkach. W pozycji siedzącej pracownicy odpoczywali. Podsumowując, kobieta wykonywała w czasie zmiany roboczej prace lżejsze niż mężczyzna, głównie porządkowe, pomocnicze oraz prace przy ważeniu i formowaniu ciasta. Mężczyzna natomiast wykonywał prace, takie jak: ważenie i formowanie ciasta, wkładanie wyrośniętego i uformowanego ciasta do pieca, wyjmowanie pieczywa z pieca, przewożenie wózków itd.

2.4 Metody wyznaczenia wydatku energetycznego

2.4.1. Metoda gazometryczna

Metoda gazometryczna oceny wydatku energetycznego jest pochodną kalorymetrii pośredniej. Opiera się na pomiarze wskaźników wymiany gazowej O_2 lub CO_2 w trakcie wykonywania pracy. Stosując niniejszą metodę, szacowana jest ilość pobieranego lub wydalanego przez pracownika powietrza, czyli możliwe jest określenie ilości zużywanego powietrza do wykonywania czynności zawodowych w wyznaczonym roboczym przedziale czasowym. Pomiedzy wartością minutowej wentylacji płuc, a wielkością zużytego gazu istnieje silna liniowa zależność. Wraz ze wzrostem jednego czynnika, wzrasta też druga wartość [5].

Metodę gazometryczną stosuje się dla prac o stałym, średnim, lecz niezbyt dużym i przy względnie mało ruchliwym wysiłku. W zależności od zużycia tlenu pracę dzieli się na:

- lekką – zużycie wynosi 0,5 do 1 l/min,
- umiarkowanie ciężką – zużycie 1 do 2 l/min,
- ciężką – zużycie większe niż 2l/min.

Zużycie tlenu powyżej wartości 2 litrów na minutę, czyli praca ciężka powoduje tzw. deficyt tlenowy, co w efekcie może doprowadzić do spadku wydolności organizmu i ograniczeniu zdolności do wykonywania pracy.

Dzięki wspomnianej wcześniej korelacji dwóch wartości, przy zastosowaniu wzoru Datta-Ramanathana można obliczyć przybliżoną wartość wydatku energetycznego:

$$E = 0,21 \times V_{E(STPD)} \quad (1)$$

gdzie:

E – wydatek energetyczny w kJ/min;

$V_{E(STPD)}$ – wentylacja płuc, w l/min w warunkach STPD (objętość gazu suchego w temperaturze 0°C i ciśnieniu atmosferycznym 101,3 kPa).

W obszarze metody gazometrycznej można umieścić pomiar wydatku energetycznego przy użyciu miernika MWE-1 (rys. 5). Urządzenie stworzone na licencji CIOP-PIB ma za zadanie wskazać wartość WE na podstawie wspomnianej wcześniej zależności liniowej pomiędzy wielkością wentylacji płuc, pobieraniem tlenu i wydatkiem energetycznym, w przypadku gdy utrudnione jest bezpośrednie określanie ilości pobieranego tlenu i wydalanego dwutlenku węgla [9].



Rys. 5. Miernik MWE-1 zbudowany z trzech podstawowych podzespołów: półmaska twarzowa (dostępna w dwóch rozmiarach), turbina – przepływomierz, miernik. Źródło : <http://arkadia.kalisz.pl/wp-content/uploads/2016/03/2.png>

Pomiar realizowany jest w momencie, gdy badana osoba, mając założoną na twarzy półmaskę, bierze wdech (rys. 5) Urządzenie, po wcześniejszym wprowadzeniu wartości, takich jak: wiek, waga, płeć, wzrost, dokonuje przeliczeń liczby obrotów turbiny, które następnie konwertowane są na objętość gazu w STPD. Miernik automatycznie wprowadza niezbędne dla takiego przeliczenia dane dotyczące temperatury otoczenia oraz współczynnik dla ciśnienia atmosferycznego uśrednionego dla obszaru Polski. Urządzenie, po zakończeniu pomiaru, weryfikuje wyniki wentylacji minutowej płuc i dokonuje korekcji do wartości uzyskanych w klasycznej metodzie obliczania WE w procesie pomiaru pobierania tlenu. Miernik przedstawia na wyświetlaczu wartości wydatku energetycznego netto i brutto poszczególnych pomiarów w wyrażone w: kcal/min, kJ/min, W/m²,l/min.

2.4.2. Metoda tabelaryczno-chronometrażowa

Do oceny obciążenia pracą fizyczną na stanowisku piekarza posłużono się metodą tabelaryczno-chronometrażową według Lehmana. Zgodnie z założeniami ergonomii oraz wytycznymi wynikającymi z obowiązujących norm i aktów prawnych, oszacowano wartość wydatku energetycznego najczęściej stosowaną metodą oceny uciążliwości pracy – metodą tabelaryczno-chronometrażową, opracowaną w XX wieku przez niemieckiego fizjologa Gunthera Lehmana. Metoda ta obarczona jest błędem pomiarowym, możliwym do zaakceptowania na etapie praktycznego szacowania wydatku energetycznego i jest narzędziem ogólnodostępnym, prostym w obsłudze. Realizowano ją w dwóch etapach. Pierwszy polegał na określeniu zbioru czynności wykonywanych w trakcie cyklu pracy (tzw. fotografia dnia roboczego) i wskazaniu wartości energii wydatkowanej na wykonanie każdej z nich. Wybrane czynności zostały rozdzielone tak, by osobno ocenić ilość energii zużywanej na pracę kończyn i zajmowaną w danej chwili pozycję ciała. Po zsumowaniu wszystkich wartości, w całym cyklu roboczym, uzyskano wynik – koszt energetyczny wyrażający pracę mechaniczną w trakcie zmiany roboczej (kJ/8h). Fotografię dnia roboczego przedstawiono w formie tabeli 1.

Tabela 1. Fotografia dnia roboczego – chronometraż

Rodzaj/stanowisko pracy:						
Płeć: kobieta/mężczyzna		Czas t	Wa	Wb	Wa + Wb	Wc = Wa+Wb)*t
Lp.	Czynność	(min)	(kJ/min)	(kJ/ min)	(kJ/min)	(kJ)
1.	Wejście do magazynu	2				
2.	Przebieranie się	5				
3.				
...						
Suma Wc (kJ/8h)						...

Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów projektowych [1]

Legenda:

t – czas trwania danej czynności [min]

Wa – wydatek energetyczny z uwagi na pozycję tułowia [kJ/min],

Wb – wydatek energetyczny z uwagi na pracę kończyn [kJ/min],

Wc – wydatek energetyczny na daną czynność roboczą [kJ]

Wartości jednostkowe dla parametrów Wa oraz Wb odczytano z tabel 2 i 3, w których przedstawiono szacunkowe ilości energii potrzebnej na realizację danych czynności w jednostce czasu.

Tabela 2. Wydatek energetyczny Wa z uwagi na pozycję przy pracy

Pozycja ciała	Wa (kJ/min)
Siedząca	1,2
Klęcząca	2,1
Stojąca	2,5
Stojąca pochylona	4,2
Chodzenie	7,2–14,8
Chodzenie bez obciążenia po pochyłości 10°	3,5 na metr wzniesienia

Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów projektowych [1]

Tabela 3. Wydatek energetyczny Wb z uwagi na pracę kończyn

Rodzaj pracy	Wb (kJ/min)	
Praca palców dłoni i przedramienia	lekka	1,2–2,5
	średnia	2,5–3,8
	ciężka	3,8–5,2
Prace jednego ramienia	lekka	3,0–5,0
	średnia	5,0–7,2
	ciężka	7,2–9,3
Praca obu ramion	lekka	6,3–8,4
	średnia	8,4–10,5
	ciężka	10,5–12,6
Praca całego ciała	lekka	10,5–16,8
	średnia	16,8–25,1
	ciężka	25,1–35,6
	b. ciężka	35,6–48,2

Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów projektowych [1]

Po opracowaniu tabeli z fotografią dnia roboczego oraz uzyskaniu wyniku sumarycznego obciążenia wydatkiem energetycznym, osoba realizująca pomiar wykonała ocenę punktową uzyskanego wyniku, stosując dane z tabeli 4, czyli ocenę słowną i punktową oszacowanego wydatku energetycznego, jednocześnie wpisując wynik do tabeli 7.

Tabela 4. Punktowa i słowna ocena WE

Wydatek energetyczny [kJ/8h]	Ocena wydatku energetycznego	
	słowna	punktowa
do 1260	bardzo mały	0
1260–3350	mały	1–25
3350–6300	średni	25–50
6300–8400	duży	51–75
ponad 8400	bardzo duży	76–100

Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów projektowych [1]

Tabela 5. Energetyczne kryteria ciężkości pracy fizycznej dla kobiet i mężczyzn

Stopień ciężkości pracy	Wydatek energetyczny netto na zmianę roboczą (kJ)	
	kobiety	mężczyźni
Lekka – średnio ciężka	< 3700	< 6300
Ciężka	3700–5000	6300–8400
Bardzo ciężka	> 5000	> 8400

Źródło: [10]

Kolejnym krokiem w realizowanym procesie było wykonanie oceny stopnia obciążenia statycznego pracownika przy wykonywanych pracach. Proces ten wiąże się z rodzajem aktywności fizycznej organizmu związanej ze skurczami izometrycznymi mięśni szkieletowych, tj. zmianą napięcia mięśni bez zmiany ich długości. Skurcze izometryczne w przeważającej części dotyczą mięśni stabilizujących postawę ciała, przykładami tego typu skurczu jest utrzymywanie przedmiotów w miejscu bez poruszania nimi bądź też samo zjawisko stania w miejscu. Do oceny obciążenia statycznego pracownika posłużono się tabelą 6; na podstawie opisanych przykładów i przedstawionych rodzajów pozycji ciała przy pracy dobierano wartość punktową, którą zapisywano w odpowiednim wierszu tabeli 7.

Tabela 6. Stopień obciążenia statycznego dla różnych pozycji ciała, na wybranych stanowiskach pracy

Ocena stopnia obciążenia statycznego		Pozycja ciała przy pracy	Przykłady
Słownie	punkty		
	1–10	siedząca niewymuszona	praca biurowa
Mały 1–30	11–20	stojąca niewymuszona z możliwością okresowej zmiany na siedzącą	ślusarz, stolarz
	21–30	siedząca lub stojąca na przemian z chodzeniem	nadzór techniczny
Średni 31–60	31–40	siedząca wymuszona, niepochylona / nieznacznie pochylona	obsługa prasy mech
	41–50	stojąca niewymuszona, bez możliwości okresowej zmiany pozycji na siedzącą	malowanie, praca ekspedienta
	51–60	stojąca wymuszona niepochylona z możliwością okresowej zmiany pozycji na siedzącą	motorniczy, suwnicowy

cd. Tabeli 6

Ocena stopnia obciążenia statycznego		Pozycja ciała przy pracy	Przykłady
Słownie	punkty		
Duży 61–90	61–70	siedząca, wymuszona bardzo pochylona	szwaczka, zegarmistrz
	71–80	stojąca wymuszona, niepochylona bez możliwości okresowej zmiany pozycji na siedzącą	piaskowanie
	81–90	stojąca wymuszona, pochylona, niezależnie od możliwości zmiany pozycji	górnictwo, obróbka drewna
b. duży 91–100	91–100	klęcząca, w przysiadzie i inne nienaturalne pozycje	formowanie ręczne, górnictwo

Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów projektowych [1]

Następnym etapem oceny obciążenia pracą fizyczną była weryfikacja uciążliwości pracy fizycznej w aspekcie powtarzalności ruchów. Aby prawidłowo oszacować przedstawione w tabeli 6 wartości, wzięto pod uwagę fakt, że zgodnie z definicją, 1 niuton (1 N), jest to ilość siły potrzebnej od nadania przedmiotowi o masie 1 kilograma przyspieszenia równego 1 m/s^2 . Jeden niuton jest to w przybliżeniu ilość siły, jaką trzeba włożyć w utrzymanie w powietrzu przedmiotu o masie 100 gram, np. nowoczesnego telefonu komórkowego.

Tabela 7. Ocena stopnia uciążliwości pracy fizycznej wskutek powtarzalności ruchów

Liczba powtórzeń ruchów stereotypowych na zmianę roboczą		Stopień uciążliwości	
Wywierana siła			
do 100 N	ponad 100 N	Słownie	w pkt.
do 800	do 300	mały	1–30
800–1600	300–800	średni	31–60
ponad 1600	ponad 800	duży	61–100

Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów projektowych [1]

Ostatnim krokiem było obliczenie sumy wszystkich wartości punktowych wyznaczonych we wcześniejszym procesie i na podstawie wyniku przedstawienie w formie punktowej i słownej łącznej oceny uciążliwości wysiłku fizycznego, adaptując odpowiednią wartość z tabeli 8.

Tabela 8. Ocena uciążliwości wysiłku fizycznego

Składnik wysiłku Punktowa	OCENA	
	Słowna	
Wydatek energetycznykJ/8h		
Obciążenie statyczne		
Powtarzalność ruchów		
	Σ pkt.	wysiłek

Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów projektowych [1]

Tabela 9. Ocena sumaryczna pracy fizycznej w postaci opisu słownego

Ocena wysiłku	
Słowna	W punktach
Bardzo lekki	1–30
Lekki	31–70
Średni	71–120
Ciężki	121–190
Bardzo ciężki	191–300

Źródło: Opracowanie własne na podstawie materiałów projektowych [1]

Uzyskana wartość wydatku energetycznego w ciągu zmiany roboczej lub w wyznaczonym czasie pracy powinna mieścić się w optymalnym przedziale dla obu płci 3300kJ/8h – 6500kJ/8h. Chcąc uszczegółowić uzyskaną wartość wydatku energetycznego, można zastosować określone przedziały:

- do 3500 kJ/8h – dla prac lekkich,
- od 3500 do 6500 kJ/8h – dla prac średnio ciężkich,
- od 6500 do 10000 kJ/8h – dla prac ciężkich.

Dla osób o przeciętnej sile fizycznej za granicę dopuszczalną wydatku przyjmuje się:

- ok. 8400 kJ/8h dla mężczyzn,
- ok. 7100 kJ/8h dla kobiet.

Po przekroczeniu granicznych wartości, pracodawca jest zobligowany wprowadzić w życie wytyczne wynikające z aktów prawnych, celem ograniczenia obciążenia fizycznego.

Istnieje możliwość wykonania oceny obciążenia wysiłkiem fizycznym i wydatku energetycznego metodą tabelaryczno-chronometryczową przy zastosowaniu innych wartości i jednostek energii. W celu konwersji uzyskanego wyniku można posłużyć się tabelą 10.

Tabela 10. Przelicznik jednostek

	[W]	[kcal/min]	[kJ/min]
1W	1,0	0,014335	0,06
1 kcal/min	69,759	1,0	4,1855
1 kJ/min	16,667	0,23892	1,0

Źródło: Opracowanie własne na podstawie instrukcji [8]

3. OMÓWIENIE WYNIKÓW

Badania wydatku energetycznego na stanowisku piekarza dla kobiety i mężczyzny wykonano metodą chronometryczowo-tabelaryczną wg tabel Lehmana. Na podstawie chronometrażu i obliczeń sporządzonych przez pierwszą osobę, wydatek energetyczny na tym stanowisku pracy wyniósł: dla kobiety minimalnie 3902 kJ/8 h, a maksymalnie 4776 kJ/8 h natomiast dla mężczyzny minimalnie 5568 kJ/8 h, a maksymalnie 6856 kJ/8 h. Natomiast według drugiej osoby przeprowadzającej te same badania, w tym samym czasie, dla tych samych pracowników wydatek energetyczny wyniósł: dla kobiety 3647 kJ/8 h, a dla mężczyzny 5209 kJ/8 h.

Pierwsza osoba opracowująca chronometraż do oceny wydatku energetycznego wskazała 88 czynności dla mężczyzny – piekarza oraz 71 czynności dla kobiety. Najwyższą wartość wydatku energetycznego, zarówno

dla mężczyzny, jak i kobiety, wskazano przy czynnościach związanych z przenoszeniem półproduktów oraz transportem gotowych wyrobów.

Druga osoba opracowująca chronometraż do oceny wydatku energetycznego wskazała 65 czynności dla mężczyzny – piekarza oraz 63 czynności dla kobiety. Najwyższą wartość wydatku energetycznego wskazano przy czynnościach związanych z utrzymaniem czystości stanowisk pracy, ważeniem porcji ciasta, formowaniem wyrobów piekarniczych, wyjmowaniem chleba z pieca oraz transportem gotowych wyrobów.

Podsumowując, należy stwierdzić, że większość prac wykonywanych przez kobietę i mężczyznę ma charakter dynamiczny. Na wartości wydatków energetycznych mają również wpływ warunki termiczne panujące w piekarni. Wysoka temperatura oraz wilgotność wpływają na wzrost wydatku energetycznego. Na wzrost wydatku energetycznego wpływa również praca w porze nocnej. Koszt energetyczny wysiłku w porze nocnej jest wyższy w porównaniu z kosztem tego samego wysiłku w porze dziennej. Szacuje się, że wydatek energetyczny związany z wykonywaniem takiej samej pracy jest o 10–15% większy w nocy niż w dzień. Wynika to z pogorszenia koordynacji ruchów, zaangażowania dodatkowych grup mięśniowych do wykonania tego samego ruchu, co powoduje zwiększone zapotrzebowanie tlenowe w porze nocnej. Ponadto w nocy pochłanianie tlenu określane metodą bezpośrednią jest obniżone o około 200 ml/min w porównaniu z dniem, co jest tłumaczone mniejszą kurczliwością mięśnia sercowego, zmianami w krążeniu obwodowym, upośledzeniem wymiany tlenu pomiędzy krwią, a pracującymi mięśniami [11].

PODSUMOWANIE

Otrzymane wyniki oceny wydatku energetycznego na stanowisku piekarza skłoniły autorów do przeprowadzenia następującej analizy:

- Otrzymane wyniki wydatku energetycznego porównano z tabelą 4 (Punktowa i słowna ocena WE) i na tej podstawie stwierdzono, że wyniki otrzymane przez drugą osobę mieszczą się w przedziale klasyfikującym wydatek energetyczny na badanych stanowiskach pracy jako średni (3350–6300 kJ/8 h). Wyniki otrzymane przez pierwszą osobę, w przypadku kobiety, klasyfikują ten wydatek w przedziale średnim, do tej kategorii należy również minimalny wydatek energetyczny dla

mężczyzny, ale maksymalna jego wartość w przypadku mężczyzny przekracza już wartości zawarte w przedziale dla wysiłku średniego i wchodzi w zakres wysiłku dużego (6300–8400 kJ/8 h).

- Uzyskane wielkości zestawiono również z wynikami wydatku energetycznego otrzymanego w opracowaniu ZUS dotyczącym stanowiska pracy piekarza i cukiernika [7]. W tym opracowaniu wartość wydatku energetycznego dla piekarza (mężczyzny) obliczona metodą Lehmana wyniosła 6090,2 kJ/8 h, czyli wyniki otrzymane w badaniach zamieszczonych w niniejszym artykule są zbliżone.
- Odnosząc otrzymane wyniki wydatku energetycznego do *Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 10 września 1996r. w sprawie wykazu prac wzbronionych kobietom* [12], można stwierdzić, że otrzymane wartości wydatków energetycznych dla kobiety są dopuszczalne, tzn. nie przekraczają wartości 5000 kJ na zmianę roboczą.
- Zestawiając uzyskane wyniki wydatków energetycznych z wartościami z *Rozporządzenia Rady Ministrów z 28 maja 1996 r. w sprawie profilaktycznych posiłków i napojów* [13], należy wziąć pod uwagę zapis, że posiłki należy zapewnić pracownikom, jeżeli praca związana jest z efektywnym wydatkiem energetycznym powyżej 2000 kcal (8374 kJ) u mężczyzn i powyżej 1100 kcal (4605kJ) u kobiet. W związku z tym, że według jednej z osób maksymalny wydatek energetyczny u kobiety wyniósł 4776 kJ/8 h, należy zapewnić jej posiłek profilaktyczny.
- Faktem, na który należy zwrócić szczególną uwagę jest to, że występują różnice w wyliczonym wydatku energetycznym dla tych samych pracowników, w czasie tych samych czynności, gdy badania są wykonywane przez różne osoby. W przypadku przedstawionych w artykule badań nie wpłynęło to na zmianę kwalifikacji wysiłku fizycznego, tzn. zakwalifikowano go jako wysiłek średni zarówno w przypadku kobiety, jak i mężczyzny. Mogło to wynikać z intencji badaczy, którzy nie mieli potrzeby manipulowania wynikami, lecz przede wszystkim osiągnięcie celu badawczego. Na tej podstawie można wywnioskować, że metoda chronometryczowo-tabelaryczna wg tabel Lehmana jest bardzo pomocna oraz potrzebna do obliczania wydatku energetycznego, ale w przypadku badania warunków pracy powinna być uzupełniona innymi metodami, np. metodą gazometryczną przy użyciu miernika MWE.

LITERATURA:

- [1] Janisz A. Ocena uciążliwości wysiłku fizycznego na stanowiskach pracy metodą szacunkowo-tabelaryczną wg Lehmana, materiały projektowe. PWSZ Nowy Sącz.
- [2] Rączkowski B. BHP w praktyce. Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr Sp. z o.o. Gdańsk 2009.
- [3] Makowiec-Dąbrowska T., Radwan-Włodarczyk Z., Koszada-Włodarczyk W., Józwiak Z. Koszt energetyczny pracy – wytyczne dotyczące określania. Łódź 1999.
- [4] Romanowska-Słomka I., Jędruszczak J., Ocena uciążliwości wysiłku fizycznego na stanowisku kelnera metodą chronometrażowo-tabelaryczną Lehmana oraz metodą OWAS. *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Zarządzania Ochroną Pracy* 2011, nr 1(7).
- [5] Pławiak J., Ergonomia i fizjologia pracy cz. 1, konspekt. Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.
- [6] PN-EN ISO 8996:2005 (u) Ergonomics – Determination of metabolic heat production.
- [7] Słota K., Słota Z., Wyniki pracy naukowo-badawczej z zakresu prewencji wypadkowej dotyczącej oceny obciążenia termicznego pracowników zatrudnionych w piekarniach i cukierniach oraz opracowanie wytycznych i ograniczających zagrożenia. http://www.zus.pl/files/dpir/20081206_Piekarnie.pdf (dostęp 15.09.2016).
- [8] Uzarczyk A., Pomiary tempa metabolizmu metodą tabelaryczną, instrukcja. Laboratorium Ochrony Środowiska An-Lab 2013.
- [9] Bugajska J., Ocena obciążenia pracą fizyczną dynamiczną na stanowisku pracy. http://nop.ciop.pl/m4-3/m4-3_3.htm (dostęp 15.09.2016).
- [10] Makowiec-Dąbrowska T., Radwan-Włodarczyk Z., Koszada-Włodarczyk W., Józwiak Z., Obciążenie fizyczne – praktyczne zastosowanie różnych metod oceny. Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera, Łódź 2000.
- [11] <http://asystentbhp.pl/art/wydatek-energetyczny>.
- [12] Rozporządzenie Rady Ministrów z 10 września 1996 r. w sprawie wykazu prac wzbronionych kobietom (DzU 1996 nr 114 poz. 545).
- [13] Rozporządzenie Rady Ministrów z 28 maja 1996 r. w sprawie profilaktycznych posiłków i napojów (DzU 1996 nr 60 poz. 279).
- [14] Ustawa z 26 czerwca 1974 r. Kodeks pracy (DzU 1974, nr 24, poz. 141 z późn. zm.).