

Zeszyty Naukowe *Pro Publico Bono* 2021

2021, Nr 1 (1), s. 201–223

ISSN: 2719-3403

E-ISSN: 2720-2216

CC-BY

DOI: 10.5604/01.3001.0015.5519

**SPOSOBY OGRANICZANIA
WYDATKU ENERGETYCZNEGO
DLA PRACOWNIKÓW PRODUKCYJNYCH.
CZĘŚĆ I**

**WAYS OF LIMITING THE ENERGY EXPENDITURE
ON PRODUCTION EMPLOYEES.
PART I**

inż. Aleksandra Zagórska

Szkoła Główna Służby Pożarniczej

Abstrakt

Niniejszy artykuł przedstawia definicje związane z obciążeniem fizycznym pracowników, w tym termin wydatku energetycznego. Przytoczone zostały metody, które pozwalają na zbadanie wydatku energetycznego na różnych stanowiskach pracy, z uwzględnieniem warunków, w jakich pracownicy wykonują pracę. Przedstawiono również dopuszczalne normy higieniczne, które obowiązują w Polsce. W artykule przeprowadzono badanie wydatku energetycznego na stanowisku pracownika produkcji mącznej w hali ciastowni oraz pracownika w hali farszowni. Analiza została przeprowadzona u mężczyzn, a pomiary wykonano metodą wentylacji płuc, za pomocą miernika *mWE*. Na podstawie otrzymanych wyników dokonano oceny na podstawie klasyfikacji tempa metabolizmu.

Słowa kluczowe: wydatek energetyczny, obciążenie fizyczne, tempo metabolizmu, działania techniczne

Abstract

The paper presents the definitions related to the physical load to which employees are subjected, including the term of energy expenditure. A presentation was made of methods that allow studies of the energy expenditure at various workplaces, taking into account the conditions in which employees work. The values of hygienic standards that are in force in Poland are also presented. A study was conducted of energy expenditure on the position of a flour production worker in a pastry shop and an employee in the stuffing shop. The analysis was carried out for males, and measurements were carried out using the method of lung ventilation using an MWE meter. On the basis of the obtained results, an evaluation was made based on the classification of the metabolic rate.

Key words: energy expenditure, physical effort, metabolic rate, technical activities

Wprowadzenie

Od wielu lat zaczęto obserwować wzrost ciężkiej pracy fizycznej na wielu stanowiskach pracy. Spowodowane jest to rozwojem technologicznym i technicznym, w różnych gałęziach przemysłowych, m.in. w gnieździe produkcyjnym. Maszyny i urządzenia wspomagają pracowników przy wykonywaniu czynności roboczych, ale równocześnie zwiększają one tempo wydajności pracy, co wiąże się ze zwiększeniem jego tempa. Aktywność ruchowa, którą pracownik jest w stanie wykonać podczas całej zmiany roboczej, w przeliczeniu na całą jego aktywność zawodową, może doprowadzić do wielu urazów i schorzeń związanych z nadmiernym wysiłkiem fizycznym. Zaburzenia szkieletowo-mięśniowe są najbardziej znanymi i powszechnymi przyczynami silnego i długotrwałego bólu, sztywności mięśni, parestezji, a w ostateczności mogą doprowadzić do niepełnosprawności fizycznej. Źle zaprojektowana ergonomia pracy oraz brak świadomości pracowników dotyczący prawidłowej postawy ciała podczas wykonywania m.in. ręcznych prac transportowych mogą wpływać negatywnie na stan zdrowia innych części ciała¹. Przyjęło się, że przerwy w pracy wystarczająco minimalizują ryzyko związane z ręcznym transportem ładunków. Niestety nie eliminują ryzyka zdrowotnego, jeżeli pozycja ciała oraz ciężar ładunków przekraczają dopuszczalne normy. Dlatego ważne jest, by pracodawcy, oprócz

¹ Sherry, 1997; US Department of Labor, 1978.

działań organizacyjnych, jak posiłki i napoje profilaktyczne oraz przerwy w pracy, wprowadzali działania techniczne, które mimo kosztów pozostawiają pracowników w dłuższej aktywności zawodowej, a tym samym zwiększą wydajność oraz poniosą mniejsze koszty spowodowane zwolnieniami lekarskimi z powodu urazów.

1. Czym jest wydatek energetyczny?

Wiele zawodów i prac związanych jest z obciążeniem biologicznym organizmu człowieka. Informacje podane przez Główny Urząd Statystyczny w kwestii wypadków przy pracy w I półroczu 2020 r. (poszkodowani w wypadkach według zdarzeń powodujących urazy) pokazują, że ponad 15% wypadków spowodowanych jest nadmiernym obciążeniem fizycznym lub psychicznym pracownika.

W ogólnym pojęciu „praca” oznacza proces, w którym dla określonych zadań i celów występują po sobie, w czasie i przestrzeni, współpraca między ludźmi, środki pracy, a także przedmioty pracy. Pracownik wykonuje pracę fizyczną oraz umysłową. Wykonywanie jej ponad swoje siły może skutkować obciążeniem fizycznym. Przez pracę fizyczną rozumie się pracę, w której zaangażowane są mięśnie połączone z układem szkieletowym. W wyniku skurczów mięśni powstaje ruch, a przy nadmiernym jego zaangażowaniu może dojść do ich obciążenia.

Pod względem skutków oddziaływania na organizm praca fizyczna może być:

- **uciążliwa** – nie stanowi zagrożenia dla życia i zdrowia, ale utrudnia pracę pod względem dyskomfortu obniżenia sprawności psychofizycznej oraz zmęczenia,
- **szkodliwa** – może powodować pogorszenie stanu zdrowia, w tym choroby zawodowe, m.in. układu mięśniowo-szkieletowego,
- **niebezpieczna (urazowa)** – spowodowanie wypadku przy pracy jest bardzo prawdopodobne. Zaliczany jest tu nadmierny wysiłek fizyczny².

Występujące przy pracy fizycznej skurcze mięśni dzielą się na:

- **izotoniczne** – charakteryzujące się zmianą długości mięśnia, ale stałym poziomem napięcia mięśniowego (np. zgięcie ręki w stawie łokciowym),
- **izometryczne** – charakteryzujące się stałą długością mięśnia, ale zmiennym poziomem napięcia mięśniowego. Wynikiem nie jest ruch, lecz utrzymanie ciała na stałym położeniu (np. trzymanie ciężarków),

² M. Krause i in., *Aktualne wytyczne oceny ryzyka zawodowego dla obciążenia pracą fizyczną*, „Systemy Wspomagania w Inżynierii Produkcji” 2012, nr 2, s. 101-111.

- **auksotoniczne** – połączenie cech skurczów izotonicznego oraz izometrycznego. Charakteryzuje się zmianą długości mięśnia oraz zmianą napięcia mięśniowego (np. bieganie, chodzenie)³.

Biorąc pod uwagę kryterium skurczów mięśni, pracę fizyczną możemy rozłożyć na:

- **pracę statyczną** – mięśnie pozostają w stałym napięciu mimo braku ruchu na zewnątrz (np. podczas stania czy siedzenia). Wysiłek statyczny wykonywany jest przy użyciu skurczów izometrycznych i związany jest z koniecznością utrzymania często niewygodnej, wymuszonej pozycji ciała. Skutki, które niesie ze sobą praca statyczna, to osłabienie mięśni, aż do pojawienia się reakcji bólowych, co powoduje uczucie dyskomfortu u pracownika oraz wydłużenia czasu wypoczynku,
- **praca dynamiczna** – wysiłek dynamiczny powstaje w warunkach ruchu z udziałem izotonicznych skurczów mięśni podczas przemieszczania się ciała w przestrzeni (np. w trakcie chodzenia), co powoduje podwyższenie przemiany materii w organizmie. Skutki nadmiernej pracy dynamicznej to m.in.:
 - problemy z wydzielaniem soków trawiennych,
 - zmniejszona ilość produkowanej wody ustrojowej poprzez pocenie,
 - pojawienie się tzw. białkomoczu wysiłkowego,
 - zwiększenie prędkości przepływu krwi poprzez zmniejszenie objętości krwi bieżącej⁴.

Przy takim samym wysiłku energetycznym praca dynamiczna jest korzystniejsza dla organizmu niż praca statyczna. Przy dynamicznej skurcz i rozkurcz mięśni powoduje dostawę świeżej krwi wraz z zawartym w niej tlenem i innymi substancjami odżywczymi, natomiast przy statycznej, gdzie skurcz mięśni trwa dłużej, nowa krew nie może dopłynąć, w wyniku czego gromadzą się w niej produkty spalania powodujące szybsze zmęczenie i niezdolność mięśni do dalszej pracy.

Mówiąc o pracy fizycznej, należy wspomnieć o pracy monotonnej, inaczej powtarzalnej. Niezmieniające się warunki pracy, nuda, spadek czujności, a w konsekwencji senność i zmęczenie prowadzi do spadku wydajności pracy oraz zwiększenia prawdopodobieństwa wystąpienia błędu, aż do wypadku przy pracy.

Angażując jednostajnie tylko pewną grupę mięśni w krótkim odstępie czasu, bez możliwości odnowy skurczów mięśni, mówimy o monotypowości. Jej skutkiem jest obciążenie podczas pracy dla narządu ruchu. Im więcej trzeba ich wykonać i im większa jest wymagana siła, tym obciążenie staje się większe. Taka praca najczęściej

3 B. Czarkowska-Pączek i in., *Zarys fizjologii wysiłku fizycznego*, Wrocław 2006.

4 <http://www.mamz.pl/bhp/text1.4.htm>, dostęp 15.11.2020 r.

pojawia się na stanowiskach pracy przy liniach produkcyjnych bądź tam, gdzie występują ręczne prace transportowe, np. w magazynach⁵.

2. Metody określania wydatku energetycznego

Każda praca fizyczna wiąże się z utratą energii. Energia, która produkowana jest podczas wysiłku fizycznego, zamieniana jest na energię mechaniczną (do 25%) oraz ciepło. Według J. Bugajskiej wydatek energetyczny możemy zdefiniować jako „ilość energii produkowanej przez organizm podczas wykonywania czynności roboczej”⁶. Za jednostkę wydatku energetycznego stosuje się jednostki kalorymetryczne – kilokalorie [kcal] lub kilodżule [kJ].

Efektym nadmiernego wysiłku fizycznego jest obciążenie pracą narządów ruchu, co skutkuje uciążliwością i szkodliwością pracy. Ocena obciążenia fizycznego polega na analizie zmian energetycznych podczas wysiłku fizycznego wykonywanego podczas czynności roboczych. Wyróżniamy wydatek energetyczny netto i brutto. Wydatek energetyczny netto to ilość energii, jaką pracownik zużywa do wykonania czynności roboczych, bez uwzględniania przerw w pracy. Natomiast wydatek energetyczny brutto to ilość całkowitej energii, jaką pracownik zużywa podczas całej zmiany roboczej, w tym włączając przerwy⁷.

W rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Społecznej z 14 marca 2000 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy ręcznych pracach transportowych oraz innych pracach związanych z wysiłkiem fizycznym w rozdziale 2 pt. Przepisy ogólne dotyczące organizacji ręcznych prac transportowych w § 6 ust. 35) i ust. 45) zostały wymienione normy wydatku energetycznego netto podczas podnoszenia i przenoszenia przez kobiety i mężczyzn, co przedstawia tabela 1.

Wydatek energetyczny jest często stosowany jako energetyczne kryterium ciężkości pracy fizycznej. Na stopień ciężkości pracy składają się następujące czynniki:

- pozycja ciała,
- tempo wykonywania czynności,

5 T. Makowiec-Dąbrowska, J. Iżycki, Z. Radwan-Włodarczyk, W. Koszada-Włodarczyk, *Poradnik metodyczny oceny obciążenia fizycznego oraz stosowania przerw w pracy*, Warszawa 1994.

6 J. Bugajska, *Fizjologiczne kryteria zdolności do pracy fizycznej osób starszych – wydatek energetyczny*, Warszawa 2010, s. 154.

7 A. Uzarczyk, *Pomiary tempa metabolizmu metodą wentylacji płuc*, Laboratorium Ochrony Środowiska, System Zarządzania Jakością, 2013, instrukcja nr 06.

- aktywność ruchowa,
- ciężar podnoszonych i przemieszczanych ładunków⁸.

Tab. 1. Normy wydatku energetycznego netto podczas pracy stałej i dorywczej

Wydatek energetyczny netto [kJ]			
Mężczyźni		Kobiety	
1	2	3	4
1	2	3	4
Praca stała	Praca dorywcza	Praca stała	Praca dorywcza
8400 kJ	30 kJ/min	5000 kJ	20 kJ/min

Źródło: opracowane własne na podstawie rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Społecznej z 14 marca 2000 r. (Dz.U. Nr 2018 r. poz. 1139)

Do określenia oceny ciężkości pracy wykorzystywana jest wielkość wydatku energetycznego w ciągu całej zmiany roboczej (8 godzin) i jest podawana w kaloriach efektywnych, czyli bez wliczania przerw regeneracyjnych. Tabela 2 przedstawia klasyfikację ciężkości pracy z podziałem na mężczyzn i kobiety.

Tab. 2. Klasyfikacja ciężkości pracy na podstawie wartości wydatku energetycznego w ciągu zmiany roboczej

Klasa ciężkości	Mężczyźni		Kobiety	
	kcal/8godz	kJ/8godz	kcal/8godz	kJ/8godz
1	2	3	4	5
Bardzo lekka	do 300	do 1250	do 200	do 850
Lekka	300–800	1250–3350	200–700	850–2900
Średnio-ciężka	800–1500	3350–6300	700–1000	2900–4200
Ciężka	1500–2000	6300–8400	1000–1200	4200–5000
Bardzo ciężka	> 2000	> 8400	> 1200	> 5000

Źródło: opracowanie na podstawie T. Makowiec-Dąbrowska, J. Iżycki, Z. Radwan-Włodarczyk, W. Koszada-Włodarczyk, *Poradnik metodyczny...*, dz. cyt.

⁸ <http://activebhp.pl/pomiary-i-uprawnienia/wydatek-energetyczny/>, dostęp 15.11.2020 r.

Dzięki tej klasyfikacji możemy wskazać grupę pracowników, którzy stale wykonują pracę z nadmiernym wysiłkiem fizycznym. Dla mężczyzn granica stanowi 2000 kcal/8 godz. oraz 1200 kcal/8 godz. dla kobiet. Dla tych grup przeznaczone są dodatkowe świadczenia, jak nieodpłatne profilaktyczne posiłki i napoje.

Do obliczania wydatku energetycznego stosuje się kilka metod:

- metodę tabelaryczno-chronometrażową,
- metodę gazometryczną,
- metodę bazującą na pomiarze parametrów fizjologicznych (np. częstość skurczów serca),
- metodę kalorymetrii pośredniej,
- metodę kalorymetrii bezpośredniej.

W artykule do przeprowadzenia badań na stanowiskach produkcyjnych posłużono się metodą wentylacji płuc, czyli metodą kalorymetrii pośredniej.

2.1. Metoda kalorymetrii pośredniej

Metoda kalorymetrii pośredniej jest klasyczną metodą oceny wysiłku fizycznego. „Opiera się ona na zależności między ilością pobieranego przez organizm tlenu w jednostce czasu a ilością energii uwolnionej w procesach metabolicznych”⁹. Kalorymetria pośrednia zakłada, że energia podczas wysiłku pozyskiwana jest w wyniku utleniania składników odżywczych, takich jak białek, tłuszczów i węglowodanów. W zależności od rodzaju spalanej substancji w procesach metabolicznych, przy użyciu 1 litra tlenu, określa się ilość wytworzonej energii. Metoda wentylacji płuc jest przykładem metody kalorymetrii pośredniej. Do badań potrzebny jest specjalistyczny sprzęt, jak np. miernik MWE. „Pomiędzy wielkością zużycia tlenu podczas wysiłku i wielkością minutowej wentylacji istnieje wysoki współczynnik korelacji i prawie liniowa zależność”¹⁰, jak na rysunku nr 1.

Korzystając ze wzoru, można obliczyć przybliżony koszt energetyczny (wzór 1):

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

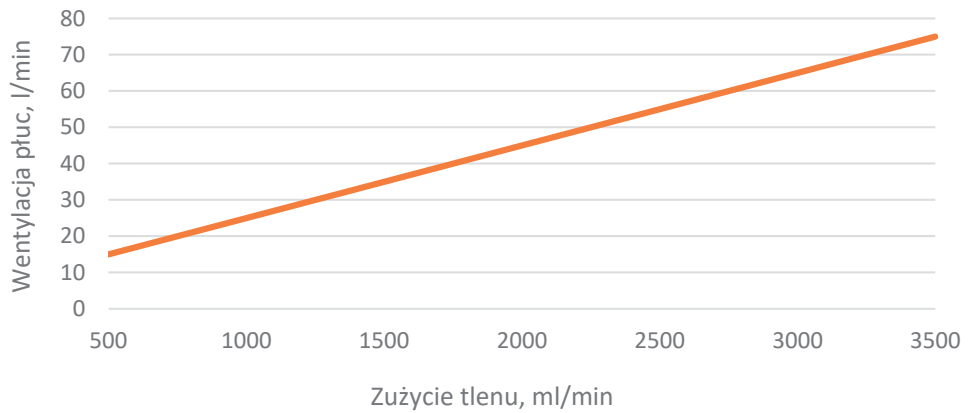
gdzie:

E – wydatek energetyczny [kJ/min]

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

⁹ J. Bugajska, *Fizjologiczne kryteria...*, dz. cyt.

¹⁰ J. Bugajska, 4–3. „Ocena obciążenia pracą fizyczną dynamiczną na stanowisku pracy”, CIOP.



Rys. 1. Korelacja wielkości zużycia tlenu i wentylacji płuc według Hansena
 Źródło: opracowanie na podstawie J. Bugajska, *Fizjologiczne kryteria...*, dz. cyt.

Miernik MWE umożliwia wykonanie pomiaru w czasie pracy dynamicznej. Zdjęcie miernika przedstawia rysunek nr 2.



Rys. 2. Miernik MWE
 Źródło: opracowanie własne

3. Ręczne prace transportowe

Ręczne prace transportowe zaliczane są do prac uciążliwych. Nadmierny wysiłek fizyczny, który występuje, stanowi około 59% wszystkich zagrożeń związanych z uciąż-

liwością pracy (według danych GUS z 2019 r.). Najwięcej przypadków odnotowano w przedsiębiorstwach przemysłowych (aż 63,8%).

Zgodnie z załącznikiem do obwieszczenia Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z 11 maja 2018 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy ręcznych pracach transportowych oraz innych pracach związanych z wysiłkiem fizycznym (Dz.U. Nr 2018, poz. 1139) ręczne prace transportowe definiuje się jako „każdy rodzaj transportowania lub podtrzymywania przedmiotów, ładunków lub materiałów przez jednego, lub więcej pracowników, w tym przemieszczanie ich poprzez: unoszenie, podnoszenie, układanie, pchanie, ciągnięcie, przenoszenie, przesuwanie, przetaczanie lub przewożenie”¹¹.

W ww. rozporządzeniu znajduje się również rozgraniczenie pomiędzy pracą stałą a pracą dorywczą. Praca dorywcza „to ręczne przemieszczanie przedmiotów, ładunków lub materiałów nie częściej niż 4 razy na godzinę, jeżeli łączny czas wykonywania tych prac nie przekracza 4 godzin na dobę”¹², analogicznie praca stała wykonywana jest „bezustannie 4 razy na godzinę i dłużej niż 4 godziny na dobę”¹³.

Przepisy wymagają podjęcia odpowiednich środków organizacyjnych, z uwzględnieniem warunków ergonomicznych lub zastosowania odpowiednich środków, takich jak sprzęt mechaniczny, w celu zmniejszenia ręcznego przenoszenia ciężarów przez pracownika. Jeżeli nie ma takiej możliwości, do obowiązków pracodawcy należy zminimalizować ryzyko na tyle, by praca była bezpieczna.

Według danych GUS poszkodowanych według czynności, które wykonywali oni w chwili wypadku, ręczny transport stanowił 15% wszystkich wypadków. Idąc dalej, na urazy, które powstały w chwili wypadku, najczęściej narażone były kończyny dolne i górne oraz głowa (aż 89,4% wszystkich wymienionych dolegliwości).

4. Ocena ryzyka zawodowego

Zagrożenia związane z czynnikami środowiska pracy (np. nadmierny wysiłek fizyczny czy źle przyjmowane, powtarzalne pozycje ciała), a także czynniki psychospołeczne

¹¹ Obwieszczenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z 11 maja 2018 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Społecznej w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy ręcznych pracach transportowych oraz innych pracach związanych z wysiłkiem fizycznym (Dz.U. z 2018 r. poz. 1139).

¹² Tamże.

¹³ Tamże.

i organizacyjne związane są z rozwojem chorób układu mięśniowo-szkieletowego. Zgodnie z przepisami i zaleceniami dotyczącymi bezpieczeństwa i zdrowia należy regularnie zapobiegać potencjalnie szkodliwym zadaniom w pracy. Ocena ryzyka jest ważnym narzędziem przy planowaniu i ustalaniu priorytetów w celu poprawy technik pracy, organizacji pracy lub projektowaniu miejsca pracy¹⁴.

W rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Socjalnej w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz.U. z 2003 nr 169, poz. 1650) ryzyko zawodowe definiuje się jako „prawdopodobieństwo wystąpienia niepożądanych zdarzeń związanych z wykonywaną pracą, powodujących straty, w szczególności wystąpienia u pracowników niekorzystnych skutków zdrowotnych w wyniku zagrożeń zawodowych występujących w środowisku pracy lub sposobu wykonywania pracy”¹⁵.

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Pracy i Polityki Społecznej z 14 marca 2000 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy ręcznych pracach transportowych oraz innych pracach związanych z wysiłkiem fizycznym obowiązkiem pracodawcy jest przeprowadzenie oceny ryzyka na stanowiskach, gdzie odbywają się ręczne prace transportowe, w tym:

- określić rodzaj, ciężar oraz położenie środka ciężkości ładunku,
- uwzględnić warunki środowiska pracy (mikroklimat, hałas itp.),
- podać sposoby wykonywania czynności zawodowych,
- uwzględnić indywidualne predyspozycje pracownika (wiek, płeć, stan zdrowia)¹⁶.

Metodą, którą została przeprowadzona ocena w trakcie badania, jest metoda oceny ryzyka PHA (*Preliminary Hazards Analysis*).

4.1. Ocena ryzyka zawodowego metodą PHA

Metoda PHA jest wstępną jakościową oceną ryzyka. Pomaga przy identyfikacji zagrożeń i sytuacji niebezpiecznych związanych głównie z maszynami i urządzeniami.

14 K. Eliasson, P. Palm, T. Nyman, M. Forsman, *Inter- and intra – observer reliability of risk assessment of repetitive work without an explicit method*, “Applied Ergonomics” 2017, 62, 1–8.

15 Obwieszczenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z 28 sierpnia 2003 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Socjalnej w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy, Dz.U. z 2003 r. nr 169, poz. 1650.

16 Obwieszczenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z 11 maja 2018 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Społecznej w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy ręcznych pracach transportowych oraz innych pracach związanych z wysiłkiem fizycznym, Dz.U. z 2018 r. poz. 1139.

Stosuję się ją przy wstępnej analizie ryzyka na stanowiskach pracy. Do oszacowania wartości ryzyka wykorzystuje się wzór (2):

$$R = P \times S \quad (2)$$

gdzie:

R – wartość ryzyka

S – stopień szkód

P – prawdopodobieństwo wystąpienia szkód.

Interpretacje stopnia szkód i prawdopodobieństwa ich wystąpienia przedstawiono w tabeli 3.

Tab. 3. Stopnie oceny ryzyka według PHA

Poziom	Stopień szkód (s)	Prawdopodobieństwo (p)
1	2	3
1	Znikome urazy, lekkie szkody	Bardzo nieprawdopodobne
2	Lekkie uszkodzenia, wymierne szkody	Mało prawdopodobne, zdarzające się raz na 10 lat
3	Ciężkie uszkodzenia ciała, znaczne szkody	Doraźne wydarzenia, zdarzające się raz w roku
4	Pojedyncze wypadki śmiertelne, ciężkie szkody	Okazjonalnie, zdarzające się raz w miesiącu
5	Zbiorowe wypadki śmiertelne, szkody na bardzo dużą skalę na terenie zakładu	Częste, regularne wydarzenie, zdarzające się raz w tygodniu
6	Zbiorowe wypadki śmiertelne, szkody na dużą skalę poza terenem zakładu	Duże prawdopodobieństwo wydarzenia

Źródło: R. Bryła, *BHP dobre praktyki*, Katowice 2020

Wyniki otrzymane z iloczynu porównujemy do wartości ryzyka, które przedstawia tabela 4.

Tab. 4. Szacowanie wartości ryzyka według metody PHA

		Prawdopodobieństwo wystąpienia szkód (p)					
Stopień szkód (s)	Poziom	1	2	3	4	5	6
	1	1	2	3	4	5	6
	2	2	4	6	8	10	12
	3	3	6	9	12	15	18
	4	4	8	12	16	20	24
	5	5	10	15	20	25	30
	6	6	12	18	24	30	36

Źródło: R. Bryła, *BHP dobre praktyki*, Katowice 2020

5. Opis czynności roboczych oraz chronometraż na badanych stanowiskach pracy

Pracownicy zatrudnieni na stanowiskach produkcji mącznej w hali ciastowni i w hali farszowni wykonują pracę związaną z nadmiernym wysiłkiem fizycznym oraz nieergonomicznymi przeciążeniami, która polega na transporcie ręcznym wpływającym na przeciążenia mięśniowo-szkieletowe. Prace te wykonują mężczyźni. Do obowiązków pracownika w hali ciastowni należy przede wszystkim: ręczne przemieszczanie komponentów stałych, przygotowanie ciasta w mięsiarce zgodnie z zatwierdzonymi recepturami, przygotowanie ciasta z surowców na ugniatarce, transport ręczny dzieży z ciastem po gładkiej posadce. Czynności, które wykonuje pracownik na stanowisku pracy w hali ciastowni, to: obsługa mięsiarki, obsługa ugniatarki do ciasta, obsługa linii transportującej mąkę pszenną, obsługa urządzenia dozującego wodę, przygotowanie surowców do produkcji, ważenie oraz napełnienie dzieży i pojemników z surowcami, transport ręczny dzieży, kontrola wizualna ciasta, przygotowanie pomieszczenia i urządzeń do mycia i produkcji, mycie pomieszczenia oraz urządzeń ciastowni (prace porządkowe), zapisywanie informacji o zużyciu surowców.

Do zobrazowania pracy, jaką wykonuje pracownik w hali ciastowni, wykonano fotografie od 3 do 7 z przykładowymi czynnościami w zakładzie.



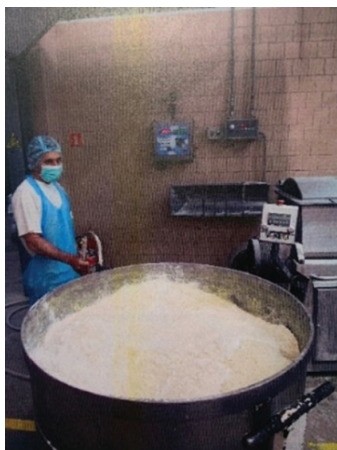
Rys. 3. Przygotowanie surowców do produkcji w hali ciastowni

Źródło: opracowanie własne



Rys. 4. Ważenie oraz napełnianie dzieży i pojemników surowcami

Źródło: opracowanie własne



Rys. 5. Napełnianie dzieży wodą w celu przygotowania ciasta

Źródło: opracowanie własne



Rys. 6. Transport ręczny dzieży z ciastem

Źródło: opracowanie własne



Rys. 7. Transport ręczny dzieży z ciastem wykonywany zespołowo

Źródło: opracowanie własne

Do obowiązków pracownika w hali farszowni należy: produkcja farszu z zatwierdzonych surowców na mieszalce próżniowej i urządzeniu rozdrabiającym typu „WILK”, ręczne przemieszczanie komponentów do farszów w wózkach cyंबरowskich z hali kuchni do hali wychładzalni i z hali wychładzalni na halę farszowni, z hali linii masy ziemniaczanej do hali wychładzalni, z hali wychładzalni do pomieszczenia ciastowni, ręczny transport pustych wózków cyंबरowskich do hali myjni i z hali myjni na halę farszowni lub kuchni, lub linii masy ziemniaczanej. Wykonywane czynności na stanowisku w hali farszowni to: obsługa mieszalarki próżniowej, obsługa urządzenia rozdrabiającego typu „WILK”, przygotowanie surowców do produkcji, napełnienie i ważenie wózków z farszem, wywożenie gotowego farszu do hali produkcyjnej lub wychładzalni, kontrola wizualna farszu, surowców oraz stanu technicznego urządzeń

farszowni, przygotowanie i mycie pomieszczenia oraz urządzeń farszowni (prace porządkowe) obsługa skanera wms (*Warehouse Management System*), zapisywanie informacji o zużyciu surowców.



Rys. 8. Transport ręczny wózka cymberowskiego z farszem

Źródło: opracowanie własne

Tab. 5. Chronometraż czynności dla pracownika w hali ciastowni

Chronometraż czynności dla pracownika w ciastowni		
1	2	3
<i>płeć: mężczyzna</i>		
Lp.	Czynność	Czas [min]
1.	Oczekiwanie w pozycji stojącej na wymieszanie ciasta przez mieszalnię	130
2.	Przejście po płaskim terenie	30
3.	Ręczna obsługa urządzeń, tj. ugniataarki do ciasta oraz ważenie soli, ok. 2 kg, zgodnie z recepturą	80
4.	Przerwa	15
5.	Ręczne przemieszczanie komponentów stałych zgodnie z recepturą – faza przygotowania ciasta. Worki – grys o wadze 20 kg, płatki ziemniaczane 25 kg, mąka ziemniaczana 77 kg	120
6.	Przerwa	15
7.	Ręczne przemieszczanie dzieży z ciastem po gładkiej posadzce. Łączna waga wózka i ciasta to ok. 450 kg	90
		Suma = 480 min

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z firmy

Tab. 6. Chronometraż czynności dla pracownika w hali farszowni

Chronometraż czynności dla pracownika w hali farszowni		
płeć: <i>mężczyzna</i>		
Lp.	Czynność	Czas [min]
1	2	3
1.	Ręczne przemieszczanie komponentów do farszów w wózkach cymberowskich z hali kuchni do hali wychładzalni, z hali wychładzalni na halę farszowni, z hali linii masy ziemniaczanej do hali wychładzalni, z hali wychładzalni do pomieszczenia ciastowni	15
2.	Przerwa	15
3.	Ręczny transport pustych wózków cymberowskich do hali myjni i z hali myjni na halę: farszowni lub kuchni, lub innej linii masy ziemniaczanej	60
		Suma = 480 min

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z firmy

Pracownicy na obu stanowiskach pracy wykonują czynności w pozycji stojącej oraz przemieszczając ładunki ręcznie.

6. Ocena wydatku energetycznego dla czynności roboczych na badanych stanowiskach pracy

Ocena wydatku energetycznego została przeprowadzona metodą wentylacji płuc. Przy ocenie zostały uwzględnione czynności zawodowe, tempo metabolizmu [W/m^2], całkowite tempo metabolizmu [W/m^2] oraz wydatek energetyczny netto i brutto [kJ]. Otrzymane wyniki dla pracownika w hali ciastowni przedstawia tabela 7, a dla pracownika w hali farszowni tabela 8.

Czas wszystkich czynności wynosi 450 min, bez uwzględniania przerw. Około 64% czynności stanowią ręczne prace transportowe, a 36% praca w pozycji stojącej. Największe średnie tempo metabolizmu wynosi dla ręcznego przemieszczania dzieży z ciastem po gładkiej posadce $293 W/m^2$.

Tab. 7. Wyniki pomiaru WE metodą wentylacji płuc dla pracownika w hali ciastowni

Wyniki pomiarów wydatku energetycznego dla pracownika w hali ciastowni						
płeć: męzczyzna						
Lp.	Czynności zawodowe	Czas trwania [min]	Tempo metabolizmu [W/m ²]			Średnie tempo metabolizmu [W/m ²]
1	2	3	4			5
1.	Oczekiwanie w pozycji stojącej na wymieszanie ciasta przez mieszalnię	130	86	91	95	90,67
2.	Przejścia po płaskim terenie	30	123	115	117	118,33
3.	Ręczna obsługa urządzeń, tj. ugniatarki do ciasta oraz ważenie soli, ok. 2 kg, zgodnie z recepturą	80	142	151	158	150,33
4.	Ręczne przemieszczanie komponentów stałych zgodnie z recepturą – faza przygotowania ciasta. Worki – grys o wadze 20 kg, płatki ziemniaczane 25 kg, mąka ziemniaczana 77 kg	120	264	289	275	276
5.	Ręczne przemieszczanie dzieży z ciastem po gładkiej posadzce. Łączna waga wózka i ciasta to ok. 450 kg	90	284	296	299	293
						Suma = 185,66

Źródło: opracowanie na podstawie otrzymanych wyników

Czas trwania wszystkich czynności wynosi 465 min, bez uwzględniania przerw. Praktycznie 100% pracy stanowi ręczny transport. Największe średnie tempo metabolizmu wynosi dla ręcznego przemieszczania komponentów do farszów w wózkach cymberowskich z hali kuchni do hali wychładzalni, z hali wychładzalni na halę farszowni, z hali linii masy ziemniaczanej do hali wychładzalni, z hali wychładzalni do pomieszczenia ciastowni 197,33 W/m².

Całkowite tempo metabolizmu dla standardowego mężczyzny wynosi 44 [W/m²]¹⁷.

Po przeprowadzonych badaniach dokonano oceny ciężkości pracy na tych stanowiskach. Ocenę ciężkości pracy przedstawia tabela 9.

¹⁷ A. Uzarczyk, *Pomiary tempa metabolizmu metodą wentylacji płuc*, Laboratorium Ochrony Środowiska, „System Zarządzania Jakością”, 2013, instrukcja nr 06.

Tab. 8. Wyniki WE metodą wentylacji płuc dla pracownika w hali farszowni

Wyniki pomiarów wydatku energetycznego dla pracownika w hali farszowni						
płeć: <i>mężczyzna</i>						
Lp.	Czynności zawodowe	Czas trwania [min]	Tempo metabolizmu [W/m ²]			Średnie tempo metabolizmu [W/m ²]
1	2	3	4			5
1.	Ręczne pomieszczanie komponentów do farszów w wózkach cymberowskich z hali kuchni do hali wychładzalni, z hali wychładzalni na halę farszowni, z hali linii masy ziemniaczanej do hali wychładzalni, z hali wychładzalni do pomieszczenia ciastowni	405	189	196	207	197,33
2.	Ręczny transport pustych wózków cymberowskich do hali myjni i z hali myjni na halę: farszowni lub kuchni, lub innej linii masy ziemniaczanej	60	135	141	145	140,33
Suma = 168,83						

Źródło: opracowanie na podstawie otrzymanych wyników

Tab. 9. Ocena ciężkości pracy dla pracownika w hali ciastowni i hali farszowni

Ocena ciężkości pracy					
płeć: <i>mężczyzna</i>					
1	2	3	4	5	6
Lp.	Stanowisko	Tempo metabolizmu związane z pracą T _{sr} [W/m ²]	Całkowite tempo metabolizmu M [W/m ²]	Wydatek energetyczny na pracę (netto) [kJ]	Wydatek energetyczny na zmianę roboczą (brutto) [kJ]
1.	Pracownik produkcji mącznej w hali ciastowni	185,66	229,66 (185,66 + 44)	9023,07 (0,06 × 185,66 × 1,8 × 450)	9624,614 (0,06 × 185,66 × 1,8 × 480)
2.	Pracownik produkcji mącznej w hali farszowni	168,83	212,83 (168,83 + 44)	8478,64 (0,06 × 168,83 × 1,8 × 465)	8752,14 (0,06 × 168,83 × 1,8 × 480)

Źródło: opracowanie na podstawie otrzymanych wyników

Porównanie wyników z klasą tempa metabolizmu przedstawia tabela 10.

Tab. 10. Klasyfikacja tempa metabolizmu w odniesieniu do stanowiska pracy w hali ciastowni i farszowni

Klasa tempa metabolizmu				
płeć: <i>męzczyzna</i>				
Lp.	Stanowisko	Całkowite tempo metabolizmu M [W/m ²]	Odniesienie do jednostki powierzchni skóry [W/m ²]	Klasa tempa metabolizmu
1	2	3	4	5
1.	Pracownik produkcji mącznej w hali ciastowni	229,66	200<M<260	3 (praca ciężka)
2.	Pracownik produkcji mącznej w hali farszowni	212,83	200<M<260	3 (praca ciężka)

Źródło: opracowanie na podstawie otrzymanych wyników

Klasyfikacja tempa metabolizmu na obu stanowiskach pracy wyniosła 3, co sugeruje pracę ciężką.

Praca ciężka wynikała przede wszystkim z ręcznego transportu wózków cymberowskich oraz dzieży z ciastem. Przemieszczanie wózka cymberowskiego, o wadze ok. 150 kg, oburęcznie przez jednego pracownika, powodował już spore zmęczenie. Przemieszczanie dzieży z ciastem, o łącznej wadze ok. 450 kg, przekraczało dopuszczalne normy. Pozycja ciała przyjmowana przez pracowników w trakcie transportu była niepoprawna, a tym samym powodowała szybsze zmęczenie oraz bóle w kręgosłupie.

7. Ocena ryzyka zawodowego dla czynności roboczych na badanych stanowiskach pracy

Oceny ryzyka na stanowiskach pracy pracownika produkcji mącznej w hali ciastowni oraz farszowni przeprowadzono metodą PHA (*Preliminary Hazards Analysis*) dla wysiłku fizycznego. Pierwszym etapem była charakterystyka stanowiska pracy dla pracownika w hali ciastowni oraz farszowni.

Tab. 11. Charakterystyka stanowisk pracy dla pracownika w hali ciastowni oraz pracownika hali farszowni

Charakterystyka stanowiska pracy	
1	2
Pracownik hali ciastowni	Pracownik hali farszowni
Opis stanowiska pracy	
Produkcja ciasta z zatwierdzonych surowców na ugniatarce i mięsiarce spiralnej w obszarze mieszalni ciasta	Produkcja farszu z zatwierdzonych surowców na mieszalce próżniowej i urządzeniu rozdrabniającego typu „WILK” w obszarze farszowni
Środowisko pracy	
Rodzaj oświetlenia: sztuczne; natężenie oświetlenia – w normie; temperatura pomieszczenia – 14°C; rodzaj zapylenia: pył mączny, hałas	
Sytuowanie stanowiska pracy (pomieszczenie)	
Mieszalnia ciasta	Farszownia
Faza użytkowania	
1	2
1	2
Produkcja ciasta	Produkcja farszu
Wykonywane czynności	
obsługa mięsiarki; obsługa ugniatarci; obsługa linii transportującej mąkę pszenną; obsługa urządzenia dozującego wodę; przygotowanie surowców do produkcji; ważenie oraz napełnianie dzieży i pojemników surowcami; kontrola wizualna ciasta; przygotowanie pomieszczenia i urządzeń do mycia i produkcji; mycie pomieszczenia oraz urządzeń; zapisywanie informacji o zużyciu surowców	obsługa mieszalarki próżniowej; obsługa urządzenia rozdrabniającego typu „WILK”; przygotowanie surowców do produkcji; napełnianie wychładzalni; kontrola wizualna farszu, surowców oraz stanu technicznego urządzeń farszowni; mycie pomieszczenia oraz urządzeń; zapisywanie informacji o zużyciu surowców; przygotowanie pomieszczeń i urządzeń do mycia; obsługa skanera wms
Osoby pracujące na stanowisku	
Osoby pełnoletnie; zdolność do pracy – orzeczenie do celów sanitarno-epidemiologicznych; szkolenie wstępne ogólne oraz instruktaż stanowiskowy; zapoznanie z instrukcjami i procedurami obsługi maszyn i sposobami wykonywania czynności	
Niedogodności wykryte w czasie wykonywania pracy	
alergeny (gluten, lateks); praca zmianowa; praca w śOI (gogle, ochronniki słuchu, rękawice, odzież); hałas; zapylenie; wydatek energetyczny	alergeny (gluten, soja, laktoza, lateks); praca zmianowa; praca w śOI (gogle, ochronniki słuchu, rękawice, odzież); hałas; wydatek energetyczny

Źródło: opracowanie na podstawie danych z firmy

W niedogodnościach wykrytych na stanowisku pracy w obu przypadkach występuje przeciążenie dynamiczne oraz przeciążenie układu kostno-stawowego.

Tab. 12. Identyfikacja i charakterystyka wydatku energetycznego dla pracownika hali ciastowni oraz farszowni

Lp.	Stanowisko pracy	Zagrożenie	Źródło zagrożenia	Możliwe skutki zagrożenia	ŚOI
1	2	3	4	5	6
1.	Pracownik hali ciastowni	Wydatek energetyczny	Zaopatrzenie linii produkcyjnej w ciasto	Ból mięśni; zerwane ścięgna i więzadła; uszkodzenie lub zapalenie nerwów; urazy kręgosłupa	Przestrzeganie norm obowiązujących podczas transportu ręcznego; monitoring stanu zdrowia przez lekarza sprawującego profilaktyczną opiekę zdrowotną; przerwy w pracy; praca zespołowa; posiłki i napoje profilaktyczne; wzmożona uwaga podczas pracy
2.	Pracownik hali farszowni	Wydatek energetyczny	Produkcja półproduktu (farszu)	Ból mięśni, zerwane ścięgna i więzadła; uszkodzenie lub zapalenie	Przestrzeganie norm obowiązujących podczas transportu ręcznego; monitoring stanu zdrowia przez lekarza sprawującego

Źródło: opracowanie na podstawie materiałów z firmy

Do oszacowania ryzyka posłużono się wzorem do oceny ryzyka metodą PHA.

Na obu stanowiskach pracy stopień szkód wyniósł 2 (lekkie obrażenia, wymierne szkody), a prawdopodobieństwo na poziomie 3 (doraźne wydarzenia, np. raz w roku). Iloczyn dwóch wartości dał ryzyko na poziomie 6, co oznacza ryzyko dopuszczalne.

Tab. 13. Szacowanie ryzyka zawodowego w hali ciastowni oraz farszowni

Lp.	Stanowisko	Zagrożenie	Stopień szkód (s)	Prawdopodobieństwo szkód (P)	Ryzyko (R) s × P
1	2	3	4	5	6
1.	Pracownik hali ciastowni	Wydatek energetyczny	2	3	6
2.	Pracownik hali farszowni	Wydatek energetyczny	2	3	6

Źródło: opracowanie własne podstawie materiałów pozyskanych z firmy

Podsumowanie

Praca w wielu zawodach, w tym. m.in. w zakładach produkcyjnych, gdzie przeważa ręczny transport, skutkuje tym, że pracownicy zostają w krótszej aktywności zawodowej. Pracodawcy, by zaoszczędzić, często nie doszukują się żadnych działań, m.in. technicznych, lecz ograniczają się tylko do działań organizacyjnych (przerwy w czasie pracy), co jest dużym błędem.

Ocena wydatku energetycznego na stanowisku pracownika produkcji mącznej w hali ciastowni oraz hali farszowni ma duże znaczenie przy ocenie ryzyka zawodowego oraz może być pomocna przy odpowiednim doborze pracowników do tej pracy. Przy ręcznym przemieszczaniu wózków cymberowskich lub dzieży z ciastem pracownicy, by przetransportować ładunek, przyjmują złe pozycje ciała, m.in. pozycję z pochylonymi plecami. Ta powoduje bóle w kręgosłupie oraz szybsze zmęczenie podczas całej zmiany roboczej. Transport dzieży o łącznej wadze ok. 450 kg przekracza dopuszczalne normy. Po badaniu wydatku energetycznego metodą wentylacji płuc wykazano, że praca na tych stanowiskach jest pracą ciężką. Na ten wynik składały się również inne czynniki, jak pozycja ciała przyjmowana przez pracowników, tempo wykonywania czynności czy ciężar ładunków, który przekraczał dopuszczalne normy.

Bibliografia

1. Bugajska J., *Fizjologiczne kryteria zdolności do pracy fizycznej osób starszych – wydatek energetyczny*, Warszawa 2010, s. 154.
2. Bryła R., *BHP dobre praktyki*, Katowice 2020.

3. Czarkowska-Pączek B., Przybylski J., *Zarys fizjologii wysiłku fizycznego*, Wrocław 2006.
4. Eliasson K., Palm P., Nyman T., Forsman M., *Inter- and intra – observer reliability of risk assessment of repetitive work without an explicit method*, “Applied Ergonomics” 2017, 62, s. 1–8.
5. Krause M., Profaska M., *Aktualne wytyczne oceny ryzyka zawodowego dla obciążenia pracą fizyczną*, „Systemy Wspomagania w Inżynierii Produkcji” 2012, nr 2, s. 101–111.
6. Makowiec-Dąbrowska T., Iżycki J., Radwan-Włodarczyk Z., Koszada-Włodarczyk W., *Poradnik metodyczny oceny obciążenia fizycznego oraz stosowania przerw w pracy*, Warszawa 1994.
7. Uzarczyk A., *Pomiary tempa metabolizmu metodą tabelaryczną, instrukcja*, Laboratorium Ochrony Środowiska An-Lab 2013.

Akty prawne i normy

8. Obwieszczenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z 11 maja 2018 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Społecznej w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy ręcznych pracach transportowych oraz innych pracach związanych z wysiłkiem fizycznym (Dz.U. z 2018 r. poz. 1139) oraz załącznik do obwieszczenia Ministra Rodziny i Polityki Społecznej z 11 maja 2018 r. (poz. 1139).
9. Obwieszczenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z 28 sierpnia 2003 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Socjalnej w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz.U. z 2003 r. nr 169 poz. 1650).

Źródła internetowe

10. <http://www.mamz.pl/bhp/text1.4.htm>.
11. <http://activebhp.pl/pomiary-i-uprawnienia/wydatek-energetyczny/>.