

dr inż. MAGDALENA MŁYNARCZYK (ORCID: 0000-0002-9218-9781)

dr JOANNA ORYSIAK (ORCID: 0000-0002-4998-2274)

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Kontakt: m.mlynarczyk@ciop.pl

DOI: 110.5604/01.3001.0014.8321

Fot. Bigstockphoto



Przestrzenie powietrzne pod odzieżą – ich pomiar i wpływ na poziom ciepłochronności

Wymiana ciepła w układzie odzież – źródło ciepła zależy w dużej mierze od izolacyjności cieplnej odzieży. Jest to podstawowy parametr opisujący użyty zestaw odzieży, na który składa się opór cieplny poszczególnych warstw odzieży. Uwzględnia on także występujące pomiędzy warstwami pustki powietrza, których występowanie związane jest ze stopniem dopasowania odzieży do sylwetki użytkownika. Rozmiar powstałych pustek powietrza może być analizowany za pomocą technik skanowania 3D. W artykule przedstawiono problem występowania pustek powietrza (a więc pośrednio stopnia dopasowania odzieży do sylwetki) i ich znaczenie.

Słowa kluczowe: pustka powietrza, skan 3D, odzież ochronna

Air gaps under the clothing – measurement and impact on the thermal insulation of the clothing

Heat transfer in the clothing – heat source system depends largely on the thermal insulation of the clothing. This is the basic parameter describing the set of clothing used, which consists of the thermal resistance of the individual layers of clothing. It also takes into account the air gaps between the layers. The occurrence of the air gaps is related to the degree of fitting the garment to the user's body shape. The size of the air gaps formed can be analyzed using 3D scanning techniques. The article presents the problem of the occurrence of air gaps (and thus indirectly the degree of fitting the garment to the body shape) and their significance.

Keywords: air gaps, scan 3D, protective clothing

materiałów, ale również warstwy nieruchomego powietrza, zamknięte pomiędzy poszczególnymi warstwami materiałów, jak i odzieży. W warunkach statycznych, pośrednio na poziom ciepłochronności odzieży, a bezpośrednio na przestrzenie powietrzne, wpływają takie czynniki, jak: stopień dopasowania odzieży czy ruch powietrza [3, 4]. Są to czynniki, na które „użytkownik” może świadomie wpływać i tym samym regulować wymianę ciepła między ciałem człowieka a otoczeniem.

Celem artykułu jest przedstawienie problemu występowania przestrzeni powietrznych pod odzieżą (a więc pośrednio stopnia dopasowania odzieży do sylwetki) i ich znaczenia dla poziomu ciepłochronności zastosowanej odzieży.

Wpływ przestrzeni powietrznych na ciepłochronność odzieży

Stopień dopasowania odzieży

Im gorzej dopasowana zostanie odzież do ciała człowieka (gdy odzież jest zbyt luźna), tym powstaną większe przestrzenie wypełnione powietrzem, zamknięte pomiędzy warstwami materiałów (z których składa się badany zestaw odzieży), a także przestrzenie powietrzne pomiędzy skórą a najbliższą ciału warstwą materiału.

Stopień dopasowania odzieży do użytkownika jest parametrem mającym istotny wpływ na poziom ciepłochronności. W zależności od stopnia dopasowania, a więc różnicy między wymiarami ciała człowieka (użytkownika) a wymiarami wykonanego gotowego wyrobu odzieżowego, występują różne rozmiary przestrzeni powietrznych.



Rys. 1. Przedstawienie graficzne podstawowej izolacyjności cieplnej (I_b), granicznej warstwy powietrza (I_a) oraz całkowitej izolacyjności cieplnej (I_t) [1] – schemat uproszczony (jedna warstwa odzieży)

Fig. 1. Graphical shows of basic thermal insulation (I_b), boundary air layer (I_a) and total thermal insulation (I_t) [1] – simplified scheme (one layer of clothing)

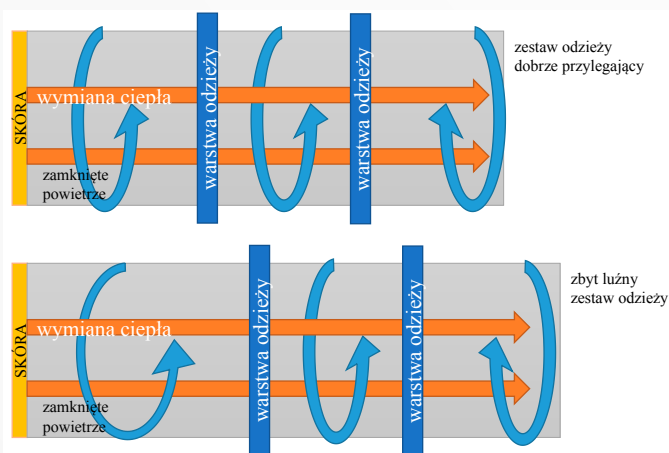
Wstęp

Wymiana ciepła, do której dochodzi w układzie: ciało człowieka – odzież – środowisko zewnętrzne, zależy w dużej mierze od stopnia izolacyjności cieplnej zastosowanej odzieży. Jest to podstawowy parametr opisujący zestaw odzieży, na który składa się m.in. opór cieplny poszczególnych warstw odzieży (który zależy od zastosowanego materiału i jego struktury). Uwzględnia on także występujące pomiędzy warstwami tej odzieży przestrzenie wypełnione powietrzem (ang. *air gaps*) (rys. 1.), [1].

Przestrzenie powietrzne wpływają na końcową wartość ciepłochronności („odczuwanej” izolacyjności cieplnej) odzieży. Występowanie przestrzeni

powietrznych zależy jest od stopnia dopasowania odzieży do sylwetki użytkownika, a ich wielkość może być analizowana za pomocą technik skanowania 3D.

W układzie: ciało człowieka – odzież – środowisko zewnętrzne, ważnymi aspektami w wymianie ciepła są: konstrukcja odzieży, a także zastosowane materiały (ze względu na różne właściwości tekstyliów), a w szczególności poziomy opór cieplny poszczególnych warstw materiałów, które tworzą odzież [2]. Do tej pory powstało wiele publikacji poświęconych tym zagadnieniom. Należy jednak zaznaczyć, że na ciepłochronność cieplnej odzieży wpływ mają nie tylko warstwy



Rys. 2. Wpływ stopnia dopasowania odzieży na wielkość zamkniętych w odzieży przestrzeni wypełnionych powietrzem (opracowanie własne na podstawie [4])
Fig. 2. The influence of the fitting of clothing on the size of air gaps in clothing (own work based on [4])

Generalnie, gazy (w tym powietrze) cechują się niskim przewodnictwem cieplnym, a więc są bardzo dobrym izolatorem ciepła. Współczynnik przewodzenia ciepła przez powietrze wynosi $0,025 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, a dla porównania, współczynnik przewodzenia pianki poliuretanowej wynosi $0,025\text{--}0,029 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$!. Idąc tym tropem można byłoby stwierdzić, że każda wielkość przestrzeni powietrznych w wyrobach odzieżowych jest pożądana. Nic bardziej mylnego. Powietrze owszem, jest dobrym izolatorem, ale tylko w momencie, gdy jest zamknięte w przestrzeni i „nie zmiesza się” z zimniejszym powietrzem z zewnątrz.

W rzeczywistości im większa przestrzeń powietrzna, tym większy przepływ powietrza pod odzieżą, co negatywnie przekłada się na poziom ciepłochronności całego układu [4].

Ruch powietrza

Pod wpływem prędkości otaczającego człowieka powietrza, przestrzenie wypełnione powietrzem zmieniają swą lokalizację [5, 6]. Przez otwory w odzieży (np. rękawy, kołnierze), w zależności od rozmiaru odzieży [7] czy różnych pozycji ciała [8,9], zostaje wtłoczone zimniejsze powietrze z zewnątrz, powodując wzrost intensywności wymiany powietrza z otoczeniem i przenikanie go przez poszczególne warstwy materiału. Na rysunku 2. przedstawiono graficznie wpływ dopasowania odzieży na wielkość zamkniętej przestrzeni powietrznej pomiędzy skórą użytkownika a pierwszą warstwą odzieży.

Im większy rozmiar przestrzeni powietrznej, tym większy wpływ prędkości przepływu powietrza na zewnątrz na spadek ciepłochronności odzieży. Badania wykazały także, że wpływ ruchów ciała lub dynamicznej przestrzeni powietrznej jest mniej istotny dla przypadków o większym rozmiarze przestrzeni, w porównaniu z przypadkami o stosunkowo mniejszym rozmiarze przestrzeni powietrznej [6].

Pomiar przestrzeni powietrznych pod odzieżą – skanowanie 3D

Technika skanowania 3D

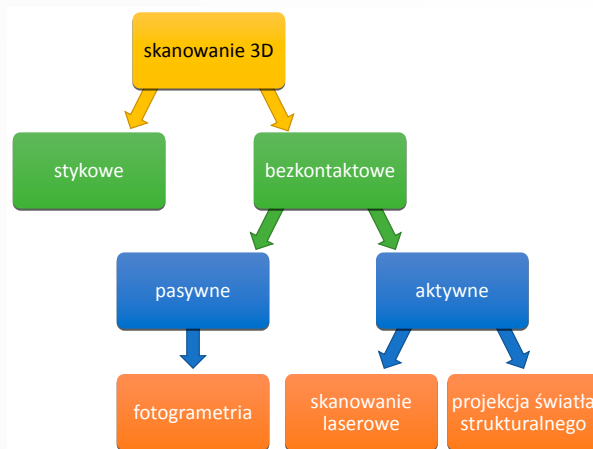
Skaner 3D ma za zadanie odwzorować kształt rzeczywistego obiektu przez zbiór punktów opisujących jego powierzchnię. W efekcie pomiaru otrzymywana jest chmura punktów o współrzędnych X, Y, Z, opisujących cały obiekt. Skaner 3D jest zatem urządzeniem umożliwiającym przekształcenie geometrii obiektu rzeczywistego do pliku cyfrowego (dyskretyzacja, kwantowanie, digitalizacja).

Technika skanowania 3D wykorzystywana jest w wielu dziedzinach życia, m.in.: w medycynie, inżynierii lądowej, kulturze i sztuce, a nawet w sporcie.

Skanowanie 3D możemy podzielić na bezkontaktowe i stykowe. Przy technologii stykowej następuje fizyczny dotyk – skanowany przedmiot umieszczony jest na wyszlifowanej płycie pomiarowej. Natomiast w pomiarach bezkontaktowych nośnikiem informacji jest światło. Bazuje one na zjawisku jego rozproszenia lub odbicia od powierzchni skanowanego obiektu. Skanowanie bezkontaktowe (nieinwazyjne) dzielimy z kolei na pasywne i aktywne (rys. 3.).

Bezkontaktowe aktywne metody pomiaru projektują wzory świetlne na badanym przedmiocie, a następnie analizują deformację tych wzorów. W skanerze znajduje się zarówno źródło światła, jak i jego detektor (w którym następuje rejestracja i analiza wygenerowanego światła). Natomiast bezkontaktowe pasywne metody pomiaru polegają jedynie na detekcji odbitego światła otoczenia². Bezkontaktowa pasywna metoda – fotogrametria – to metoda odtwarzania kształtów, rozmiarów i wzajemnego położenia obiektów na podstawie zdjęć fotograficznych (fotogramów).

Najbardziej rozpowszechnianą metodą skanowania (w odniesieniu do pomiarów bezkon-



Rys. 3. Uproszczony/podstawowy podział technik skanowania 3D² (opracowanie własne)
Fig. 3. Simplified/basic classification of 3D scanning techniques² (own work)

taktowych) jest skanowanie laserowe. Wówczas promień lasera jest kierowany na dany obiekt, po czym jego odbicie zostaje odebrane przez sensor umieszczony w ściśle określonym położeniu i odległości. Na podstawie otrzymanego kąta odbicia obliczany jest trójwymiarowy pomiar skanowanego obiektu. W przypadku skanowania poprzez projekcje światła strukturalnego, wykorzystuje się efekt zniekształcenia linii białego światła oświetlającego powierzchnię skanowanego obiektu. Przedmiot jest oświetlany światłem o określonych parametrach, a linie proste ulegają zniekształceniu w zależności od struktury i kształtu powierzchni. Następnie obraz oświetlonego przedmiotu odczytywany jest przez kamerę i przesyłany do bazy danych do dalszej analizy².

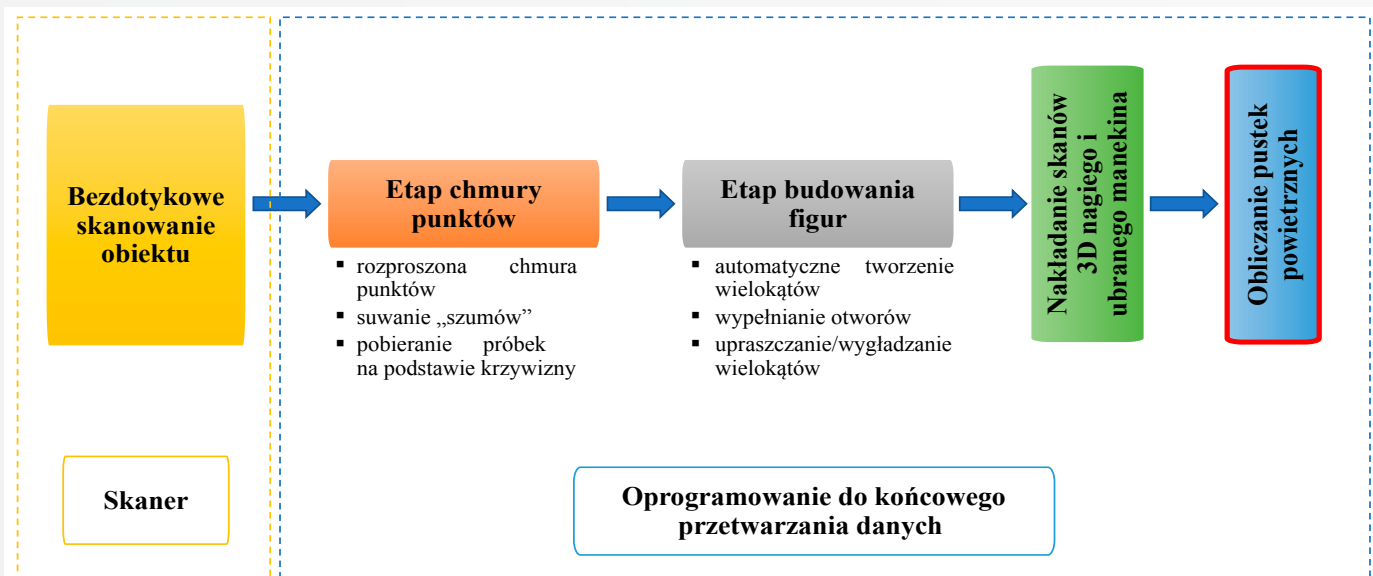
Należy również zaznaczyć, że rodzaj (technika) skanowania ma znaczenie i jest zależny od wielkości skanowanego obiektu. Badania porównujące 4 metody bezkontaktowego optycznego skanowania 3D, gdzie źródłem światła były: wiązka lasera, widzialne światło strukturalne, podczerwone światło strukturalne (metody aktywne) oraz fotogrametria (metoda pasywna) wykazały, którą technikę dla jakiego obiektu należy zastosować [10]. Skanowanie głowicą laserową sprawdza się w przypadku małych obiektów, gdzie wymagana jest duża dokładność pomiaru. Skanowanie skanerem widzialnego światła strukturalnego można stosować do obiektów o wielkości od kilkudziesięciu milimetrów do 2-3 metrów, przy dokładności pomiaru poniżej $0,05 \text{ mm}$. Skanowanie skanerem podczerwonego światła strukturalnego sprawdza się dla obiektów o wielkości 3-4 metrów. Pomiar wówczas jest szybki, ale mniej dokładny. Fotogrametria umożliwia natomiast skanowanie obiektów o dowolnej wielkości [10].

Badanie przestrzeni powietrznych

Do badań przestrzeni powietrznych można zastosować zarówno skaner laserowy, jak i wykorzystujący wiązkę widzialnego światła strukturalnego. W celu prawidłowego wykonania pomiarów można posłużyć się wskazówkami zawartymi w PN-EN

¹<https://domenergooszczedny.eu/pl/content/16-wspolczynnik-lambda-dost.29.10.2020>

²<http://www.skany3d.pl/skanowanie3d/dost.29.10.2020>



Rys. 4. Proces techniki skanowania 3D (opracowanie własne na podstawie [12])
 Fig. 4. The process of 3D scanning technique (own work based on [12])

ISO 20685-1:2019-01 - Metodyka skanowania 3D do celów międzynarodowych baz danych antropometrycznych - Część 1: Protokół oceny wymiarów ciała ludzkiego uzyskanych ze skanowania 3D [11].

Zgodnie z wymienioną normą, po każdej zmianie ustawienia skanera należy wykonać kalibrację całego systemu. Należy wówczas wykonać skan przedmiotu o znanych wymiarach, najlepiej zbliżony kształtem do skanowanego docelowo obiektu. W celu oceny powtarzalności pomiaru, wykonuje się co najmniej 3 skany obiektu [11].

Proces techniki skanowania 3D stosowany do oceny przestrzeni powietrznych został szczegółowo opisany przez Deng i wsp. (rys. 4.), [12].

Schemat przedstawiony na rys. 4. wskazuje, jak ważne w procesie uzyskiwania obrazu podczas skanowania jest oprogramowanie służące do przetwarzania uzyskanych danych. Po wykonaniu skanu obiektu uzyskuje się chmurę punktów, które następnie są analizowane odpowiednim oprogramowaniem. Z uzyskanej chmury punktów usuwane są pozycje nie związane ze skanowanym obiektem (tzw. szumy, tło), a następnie na podstawie pozostałych punktów „budowane” są krzywizny i formowane kształty (figury) skanowanego obiektu. W przypadku różnych wariantów badania, w warunkach statycznych, opracowane w ten sposób obrazy porównuje się ze sobą (np. nagi manekin – ubrany manekin, znając grubość materiału, z którego wykonana jest odzież), uzyskując informację o rozmiarach zaobserwowanych różnic (np. przestrzeni powietrznych).

Technikę skanowania 3D w procesie pomiarów przestrzeni wypełnionych powietrzem, w warunkach statycznych, zaczęli wykorzystywać w 2002 r. Kim i wsp. [13]. Określali oni wówczas lokalny i globalny rozkład przestrzeni powietrznych w układzie odzież ochronna – manekin. W 2007 r. Song [14], stosując technikę skanowania 3D, określał rozmiar i rozmieszczenie przestrzeni powietrznych dla jednowarstwowej odzieży ochronnej [14]. Dostępne wyniki badań w fachowej literaturze (m.in. [13,

15-17]) potwierdzają, iż technika skanowania 3D zapewnia skuteczny sposób wizualizacji i kwantyfikacji przestrzeni powietrznych między ubraniem a ciałem człowieka. Należy jednak pamiętać także o ograniczeniach tej metody. Badania prowadzone przez Lu i wsp. [18] czy Psikuta i wsp. [19] wskazują na potrzebę stosowania pewnych zasad podczas użytkowania różnego rodzaju skanerów i oprogramowania. Lu i wsp. [18] zwrócili uwagę m.in. na wymaganą odległość badanego przedmiotu od skanera, w celu przeprowadzenia prawidłowego pomiaru. Psikuta i wsp. [19] porównali dwa skanery: pierwszy z nich był ograniczony do stałego pola pomiaru, drugi natomiast miał ograniczony obszar pomiarowy. Samo oprogramowanie używane ze skanerem 3D może także powodować niedokładność określania przestrzeni powietrznej. Większość z tych programów jest zaprojektowana dla prawie równoległych powierzchni (proste przestrzenie, a nie do tak nieregularnych kształtów przestrzeni, jakie powstają między ciałem człowieka a odzieżą [19].

Podsumowanie

Poziom ciepłochronności (odczuwalnej izolacyjności cieplnej) odzieży jest wypadkową kilku takich czynników, jak: konstrukcja odzieży, stopień dopasowania do kształtu ciała człowieka, struktura odzieży, właściwości materiałów, z których jest wykonana, a także warunków mikroklimatu panującego na zewnątrz [2].

Konstrukcja, czy stopień dopasowania odzieży, przekłada się na występowanie przestrzeni powietrznych między jej warstwami, a także między ciałem człowieka a odzieżą. Zatem nieprawidłowo dobrana bielizna oraz odzież wierzchnia, która ma wpływ na tworzenie się przestrzeni powietrznych, może znacząco wpływać na poziom ciepłochronności całego zestawu.

Do wyznaczenia rozmiaru powstałych przestrzeni powietrznych można wykorzystać technikę skanowania 3D, która zapewnia skuteczny sposób

wizualizacji i kwantyfikacji przestrzeni powietrznej między ubraniem a ciałem człowieka.

W przyszłych badaniach planowane jest wyznaczenie zależności pomiędzy rozmiarem przestrzeni powietrznych a poziomem ciepłochronności wytypowanych zestawów odzieży, z uwzględnieniem 3 rozmiarów: S, M, L według ogólnie przyjętych tabel (przy znajomości grubości materiałów, z których zestaw odzieży jest wykonany).

BIBLIOGRAFIA

[1] ZWOLIŃSKA, M., BOGDAN, A. Izolacyjność cieplna odzieży. *Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka*. 2010,461(2): 17-20.
 [2] MIŚKIEWICZ, P., CICHOCKA, A. Wpływ personalizacji odzieży na komfort cieplny użytkownika. Wpływ stopnia dopasowania na izolacyjność cieplną odzieży. *Przegląd Włókienniczy. Włókno. Skóra. Odzież*. 2017,11: 34-37.
 [3] BOGDAN, A., ZWOLIŃSKA, M. Wpływ odzieży na wymianę ciepła między człowiekiem a otoczeniem. *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja*. 2010, 1: 27-31
 [4] HAVENITH, G. Heat balance when wearing protective clothing. *The Annals of Occupational Hygiene*. 1999, 43(5),289-296.
 [5] GHAZY, A. Dynamic air gap in protective clothing during fire exposure. *Proceedings CFD Society of Canada Conference*. 2012,1-8.
 [6] RAY, U., TALUKDAR, P., DAS, A., ALAGIRUSAMY, R. Numerical modeling of heat transfer and fluid motion in air gap between clothing and human body: effect of air gap orientation and body movement. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2017, 108 (Part A): 271-291.
 [7] SONG, G. Clothing air gap layers and thermal protective performance in single layer garment. *Journal of Industrial Textiles*. 2007, 36(3): 193-205.
 [8] LI, X., WANG, Y., LU, Y. Effect of body postures on clothing air gap in protective clothing, *Journal of Fiber*

Bioengineering & Informatics. 2011, 4(3): 277-283.

[9] CHOI, J., KIM, H., KANG, B., NAMA, Y., CHUNG, MK., JUNG, H. Analysis of clothing air gap in a protective suit according to the body postures. Journal of Fiber Bioengineering and Informatics. 2014,7(4): 573-581.

[10] DEREJCZYK, K., SIEMIŃSKI, P. Analiza dokładności metod optycznego skanowania 3D, DOI: 10.17814/mechanik.2016.4.41; XIII forum inżynierskie ProCAX 2015; http://www.mechanik.media.pl/pliki/do_pobrania/artykuly/22/derejczyk.pdf.

[11] PN-EN ISO 20685-1:2019-01 Metodyka skanowania 3D do celów międzynarodowych baz danych antropometrycznych -- Część 1: Protokół oceny wymiarów ciała ludzkiego uzyskanych ze skanowania 3-D.

[12] DENG, M., WANG, Y., LI, P. Effect of air gaps characteristics on thermal protective performance of firefighters' clothing: A review. International Journal of Clothing Science and Technology. 2018, 30(2): 246-267.

[13] KIM, Y., LEE, C., LI, P., CORNER, B.D., PAQUETTE, S. Investigation of air gaps entrapped in protective clothing systems. Fire and Materials. 2002, 26(3): 121-126.

[14] SONG, G. Clothing air gap layers and thermal protective performance in single layer garment. Journal of Industrial Textiles. 2007, 36(3): 193-205.

[15] SONG, G, BARKER, RL, HAMOUDA, H., KUZNETSOV, A.V., CHITRPHIROMSRI, P, GRIMES, R.V. Modeling the thermal protective performance of heat resistant garments in flash fire exposures. Textile Research Journal. 2004, 74(12): 1033-1040.

[16] MAH, T, SONG, G. Investigation of the contribution of garment design to thermal protection. Part 1: characterizing air gaps using three-dimensional body scanning for women's protective clothing. Textile Research Journal. 2010, 80(13): 1317-1329.

[17] MAH, T., SONG, G. Investigation of the contribution of garment design to thermal protection. Part 2: instrumented female mannequin flash-fire evaluation system. Textile Research Journal. 2010, 80(14): 1473-1487.

[18] LU, Y., LI, J., LI, X., SONG, G. The effect of air gaps in moist protective clothing on protection from heat and flame. Journal of Fire Sciences. 2013, 31(2): 99-111.

[19] PSIKUTA, A., FRACKIEWICZ-KACZMAREK, J., MERT, E., BUENO, MA., ROSSI, RM. Validation of a novel 3D scanning method for determination of the air gap in clothing. Measurement. 2015, 67: 61-70.

Publikacja opracowana na podstawie wyników V etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2021-2022 w zakresie zadań służb państwowych ze środków Ministerstwa Rozwoju, Pracy i Technologii. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.



Bhp w zakładzie aktywności zawodowej

Nie każda osoba z niepełnosprawnością (OzN) jest w stanie znaleźć pracę i pracować na otwartym rynku pracy. Dla wielu możliwość zatrudnienia stwarzają zakłady pracy chronionej (ZPCh) i zakłady aktywności zawodowej (ZAZ), które tworzą chroniony rynek pracy. Zarówno ZPCh, jak i ZAZ dają możliwość przygotowania osób z niepełnosprawnościami do zatrudnienia w przyszłości na otwartym rynku pracy. Ważnym elementem w tych zakładach jest bezpieczeństwo pracy, zwłaszcza w kontekście faktu, że 80% pracowników ZAZ i ZPCh to osoby z niepełnosprawnościami, a więc wymagające często specjalnego dostosowania miejsca pracy, także w zakresie bhp.

Zakład aktywności zawodowej (ZAZ) jest szczególnym typem jednostki organizacyjnej, której działalność może przysłużyć się zarówno pracodawcy, jak i zatrudnionym w niej osobom z niepełnosprawnościami. W ZAZ pracą mogą znaleźć osoby ze znacznym i umiarkowanym stopniem niepełnosprawności, również z takimi schorzeniami, jak autyzm, choroba psychiczna czy upośledzenie umysłowe. 70% załogi pracowniczej ZAZ musi posiadać orzeczenie o stopniu niepełnosprawności¹, wówczas zakład działa na podstawie ustawy z dnia 27 sierpnia 1997 r. o rehabilitacji zawodowej i społecznej oraz zatrudnianiu osób niepełnosprawnych². Na koniec grudnia 2019 r. w Polsce funkcjonowało 867 zakładów pracy chronionej, w których pracowało ogółem 138 483 osób, z czego 107 903 osób z niepełnosprawnościami (OzN).

Podmioty, które mogą utworzyć zakład aktywności zawodowej (organizatorzy), to: powiat, gmina, fundacja, stowarzyszenie, inna organizacja społeczna, której statutowym zadaniem jest rehabilitacja zawodowa i społeczna osób niepełnosprawnych. ZAZ może być utworzony na terenie, gdzie są problemy ze stanowiskami pracy chronionej i starosta wyda opinię o potrzebie utworzenia zakładu aktywności zawodowej.

O przyznanie statusu zakładu pracy chronionej mogą ubiegać się pracodawcy prowadzący działalność gospodarczą przez okres co najmniej 12 miesięcy, zatrudniający nie mniej niż 25 pracowników w przeliczeniu na pełny wymiar czasu pracy. Ponadto przez co najmniej 6 miesięcy przed złożeniem wniosku, wskaźnik zatrudnienia OzN powinien wynosić co najmniej 50%, a w tym co najmniej 20% ogółu zatrudnionych powinny stanowić osoby posiadające orzeczenie o znacznym lub umiarkowanym stopniu niepełnosprawności, albo co najmniej 30% powinny stanowić osoby niewidome lub psychicznie chore, czy też upośledzone umysłowo posiadające orzeczenie o znacznym, albo umiarkowanym stopniu niepełnosprawności.

Na rys. 1 i 2. pokazano rozkład zakładów pracy chronionej w naszym kraju w 2019 i 2020 z podziałem na województwa.

Analizując te dwa wykresy można jednoznacznie stwierdzić, że województwami z największą liczbą ZPCh, są wielkopolskie i śląskie, w których występuje kumulacja dużych miast. Województwami z najmniejszą liczbą zakładów pracy chronionej, to opolskie, podlaskie, zachodnio-pomorskie.

¹<https://sip.lex.pl/procedury/zaklad-aktywnosci-zawodowej-prawa-i-obowiazki-1610618131> z dnia 17.12.2020.

²Ustawa z dn. 27.08.1997 r. o rehabilitacji zawodowej i społecznej osób niepełnosprawnych (tekst jedn.: Dz.U. z 2011 r. Nr 127, poz. 721 z późn. zm.).