

METODYKA BADANIA PARAMETRÓW ŚRODOWISKOWYCH W OTOCZENIU PRACOWNIKÓW NA RUSZTOWANIU

Iwona SZER¹, Jacek SZER^{1*}, Marek JABŁOŃSKI¹, Michał PIENKO², Ewa BŁAZIK-BOROWA²,
Bożena HOLA³, Krzysztof CZARNOCKI⁴

¹ Politechnika Łódzka, Katedra Fizyki Budowli i Materiałów Budowlanych,
al. Politechniki 6, 90-924 Łódź; iwona.szer@p.lodz.pl

² Politechnika Lubelska, Katedra Mechaniki Budowli,
ul. Nadbystrzycka 40, 20-618 Lublin; e.blazik@pollub.pl

³ Politechnika Wrocławska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego,
ul. plac Grunwaldzki 11, 50-377 Wrocław; bozena.hola@pwr.edu.pl

⁴ Politechnika Lubelska, Wydział Zarządzania,
ul. Zakole, 20-001 Lublin; www.czarnocki.pollub.pl

Streszczenie: Zmieniające się parametry klimatyczne oddziałują niekorzystnie na osoby pracujące na rusztowaniu, mogąc zwiększać ryzyko wystąpienia sytuacji niebezpiecznych. Celowe jest pokazanie, na jakie zmiany narażony jest pracownik. W pracy zaprezentowano przykładowe wyniki badań środowiskowych, jakie otrzymano dla trzech rusztowań zlokalizowanych w Łodzi: temperatury powietrza, wilgotności względnej oraz ciśnienia atmosferycznego. W artykule przedstawiono również opis badań rusztowań budowlanych oraz metodykę badań parametrów środowiskowych w otoczeniu pracowników na rusztowaniu. Wyniki analiz wykazały, że zaproponowana metodyka badań gwarantuje otrzymanie wyników przydatnych w analizie środowiska pracy na rusztowaniu.

Słowa kluczowe: Rusztowania, bezpieczeństwo, badania środowiskowe

1. WPROWADZENIE

Rusztowania stosuje się głównie do obsługi prac budowlanych na wysokości oraz w miejscach trudno dostępnych. Są to często konstrukcje o dużej smukłości, a więc i małej sztywności. Realizacja robót budowlanych na rusztowaniach jest objęta wysokim poziomem ryzyka wystąpienia sytuacji niebezpiecznych, które mogą prowadzić do wystąpienia zdarzeń niepożądanych prowadzących do rozwoju sytuacji potencjalnie wypadkowych, wypadków a nawet katastrof budowlanych. Wypadki podczas pracy pociągają za sobą zarówno straty ludzkie w postaci od lekkich urazów po nawet śmierć osoby

poszkodowanej, jak również straty ekonomiczne [1]. Dlatego bardzo istotnym problemem jest zapewnienie optymalnych warunków pracy na rusztowaniach i w ich otoczeniu. Problem wypadków oraz zagrożeń związanych z użytkowaniem rusztowań występuje na całym świecie, a w wielu krajach jest przedmiotem badań (por. [2], [3], [4] [5]). Naukowcy podejmują próby określenia metodyki działań w celu zmniejszenia tego ryzyka [6], jednocześnie pokazując jak dużo elementów ma wpływ na bezpieczeństwo pracy na rusztowaniu. W Polsce brakuje kompleksowych badań oceniających ryzyko wystąpienia wypadku. W artykule tym przedstawiono metodykę badań parametrów środowiskowych (temperatury powietrza, wilgotności względnej i ciśnienia atmosferycznego) na rusztowaniach.

2. PROGRAM BADAŃ

Badania prowadzone są przez pięć zespołów z Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Lubelskiej, Wydziału Zarządzania Politechniki Lubelskiej, Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej oraz Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej. Głównymi zadaniami zespołów są badania rusztowań. Badania obejmują trzy obszary badawcze: a) badania rusztowań, ich otoczenia i użytkowników na terenie budów, b) badania liczby użytkowanych rusztowań

* Autor korespondencyjny, e-mail: jacek.szer@p.lodz.pl

w wytypowanych obszarach miast, c) badania dokumentów archiwalnych pod kątem wypadków przy pracy oraz danych opublikowanych przez Główny Urząd Statystyczny i Wojewódzkie Urzędy Statystyczne w zakresie czynników prawno-społeczno-ekonomicznych [7].

3. BADANIA RUSZTOWAŃ

Przedmiotem badań są ramowe, elewacyjne rusztowania budowlane. Badaniami zostanie objętych 120 rusztowań wraz z ich użytkownikami na terenach budów zlokalizowanych w różnych miejscach Polski m. in. w województwie łódzkim. Minimalna powierzchnia rusztowania wynosi 50m².

Każde rusztowanie objęte jest badaniem w ciągu jednego tygodnia roboczego, w ramach którego zbierane są informacje zarówno o samym rusztowaniu, jego otoczeniu, jak i użytkownikach rusztowania.

W ramach działań badawczych rusztowań wykonywane są następujące badania:

- zebranie informacji ogólnych o rusztowaniu, przeprowadzana jest inwentaryzacja rusztowania, inwentaryzacja uszkodzeń, inwentaryzacja obciążeń, geodezyjne badania geometrii rusztowania, pomiary sił w słupkach rusztowania, pomiary zakotwienia, badania nośności gruntu w obrębie posadowienia, pomiary dynamiczne rusztowania,
- rejestracja zdarzeń nietypowych,
- pomiary parametrów życiowych pracowników wraz z przeprowadzaniem badań ankietowych [8].

4. BADANIA PARAMETRÓW ŚRODOWISKOWYCH

Pomiary parametrów środowiskowych w otoczeniu rusztowania i stanowisk pracy na tych rusztowaniach obejmują: natężenie oświetlenia, pomiar ciśnienia atmosferycznego, temperatury powietrza, wilgotności względnej, prędkości wiatru, poziomu dźwięku oraz zapylenia. Pomiary wyżej wymienionych parametrów wykonywane są w sześciu, dziewięciu lub dwunastu miejscach na rusztowaniu zależnie od wielkości rusztowania.

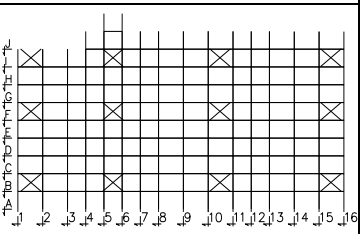
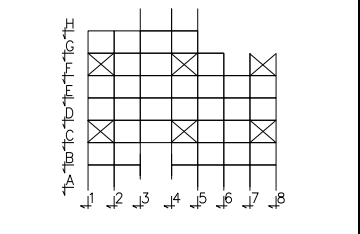
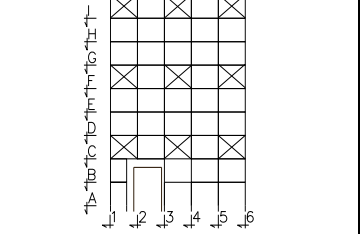
Dobór punktów na pomoście roboczym zależy od liczby pól rusztowania oraz od dostępności – dla 1 pola będzie to 1 punkt badawczy, od 2 do 4 – dwa punkty badawcze (skrajne pola rusztowania), od 5 do 8 – trzy punkty badawcze (skrajne pola rusztowania i jeden środkowy) i dla 9 i więcej pól rusztowania cztery punkty badawcze (skrajne pola rusztowania i dwa środkowe). Liczba badanych poziomów roboczych zależy od wysokości rusztowania i wynosi odpowiednio od 1 do 2 poziomów – 1 badany poziom rusztowania, od 3 do 5 – dwa poziomy

rusztowania (pierwszy i najwyższy poziom rusztowania oraz dla powyżej 6 poziomów badania przeprowadza się na trzech poziomach roboczych (pierwszy, najwyższy i położony w połowie wysokości pomost roboczy).

Godziny pomiarów dostosowane są do użytkowników rusztowania i wykonywane są w odstępach 3 godzinnych – I tura badań jest wykonywana od godz. 8.00, II tura badań od godz. 11.00, III tura badań od godz. 14.00 a IV tura badań od godz. 17.00. Każda tura badań trwa około godziny i uzależniona jest od liczby punktów pomiarowych.

Zestawienie trzech przykładowych schematów rusztowań E01, E02, E03 z zaznaczeniem badanych punktów i podstawowymi informacjami o wielkości oraz pomiarach umieszczono w Tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie rusztowań
Table 1. The list of scaffolding

Symbol	Schemat rusztowania	Powierzchnia [m ²]	Liczba poziomów × liczba ramek	Liczba punktów pomiarowych
E01		775	9 x 15	12
E02		248	6 x 7	6
E03		415	8 x 5	9

Rusztowanie E01 było zamontowane przy elewacji nowo wznoszonego budynku mieszkalnego. Montaż rusztowania

wykonano na podstawie katalogu producenta systemu rusztowania RR-0.8 firmy Termosprzęt. Rusztowanie E02 zlokalizowane było przy elewacji budynku remontowanego, montaż rusztowania odbywał się na podstawie katalogu producenta systemu rusztowania Plettac SL 70, natomiast rusztowanie E03 znajdowało się przy elewacji starej kamienicy, której elewacja poddawana była remontowi. Montaż tego rusztowania wykonano także na podstawie katalogu producenta systemu rusztowania Plettac SL 70. Wszystkie rusztowania posiadały zabezpieczenia w postaci poręczy, bortnic, oraz siatek.

5. APARATURA POMIAROWA

Do pomiaru parametrów środowiskowych wykorzystywane jest urządzenie wielofunkcyjne AMI310 wraz z sondami:

- dwie sondy luksometryczne do pomiaru natężenia oświetlenia,
- moduł warunków klimatycznych do pomiaru ciśnienia atmosferycznego, temperatury powietrza, wilgotności względnej,
- sonda wiatraczkowa do pomiaru prędkości wiatru.

W każdym polu pomiarowym wykonywany jest pomiar jednocześnie dwoma sondami luksometrycznymi na wysokości 0,5 m i 1,5 m powyżej poziomu pomostu na wewnętrznych słupkach rusztowania (łącznie 4 punkty).

Czas trwania pomiaru na jednej wysokości wynosi 1 minutę z okresem próbkowania 1sekunda.

Po wykonaniu pomiarów sondy luksometryczne w urządzeniu AMI310 są wymieniane na sondę wiatrakową. Pomiar prędkości wiatru prowadzony jest w jednym punkcie pomiarowym w obrębie danego pola rusztowania – w środku rozpiętości pomostu po kolei w kierunku prostym i równoległym do fasady – na wysokości twarzy pracownika (ok. 1,5 m ponad poziomem pomostu). Rejestracja prędkości wiatru w każdym kierunku wynosi 1 minutę z okresem próbkowania 1sekunda

W każdym polu pomiarowym wykonywany jest jednocześnie pomiar ciśnienia, temperatury i wilgotności przy użyciu modułu warunków klimatycznych. Czas trwania pomiaru wynosi 4 minuty z okresem próbkowania 1sekunda.

6. PRZYKŁADOWE WYNIKI BADAŃ

Pomiary, których wyniki są prezentowane w pracy, wykonane były w miesiącu czerwcu - E01 i E02, oraz w miesiącu lipcu - E03.

Poniżej zamieszczono przykładowe wartości temperatury powietrza, wilgotności względnej oraz ciśnienia atmosferycznego zmierzone na tych rusztowaniach. Dla każdego parametru zamieszczono wartości minimalne, maksymalne oraz średnie.

Tabela 2. Temperatura powietrza
Table 2. Air temperature

Symbol rusztowania	Temperatura minimalna [°C]	Temperatura maksymalna [°C]	Temperatura średnia [°C]
E01	14,3	30,1	20,8
E02	17,4	39,0	25,6
E03	15,9	35,3	24,4

Tabela 3. Wilgotność względna
Table 3. Relative humidity

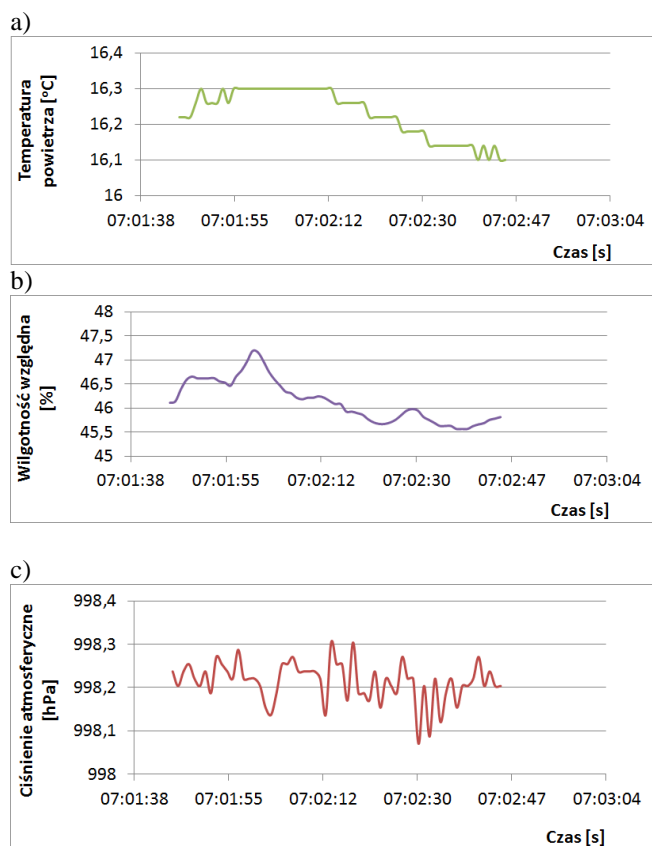
Symbol rusztowania	Wilgotność minimalna [%]	Wilgotność maksymalna [%]	Wilgotność średnia [%]
E01	20,5	76,4	38,5
E02	23,6	85,5	53,7
E03	18,0	75,51	38,5

T

Tabela 4. Ciśnienie atmosferyczne
Table 4. Atmospheric pressure

Symbol rusztowania	Ciśnienie minimalna [%]	Ciśnienie maksymalna [%]	Ciśnienie średnia [%]
E01	982,0	1001,5	993,2
E02	991,7	1002,8	997,5
E03	982,7	996,1	990,8

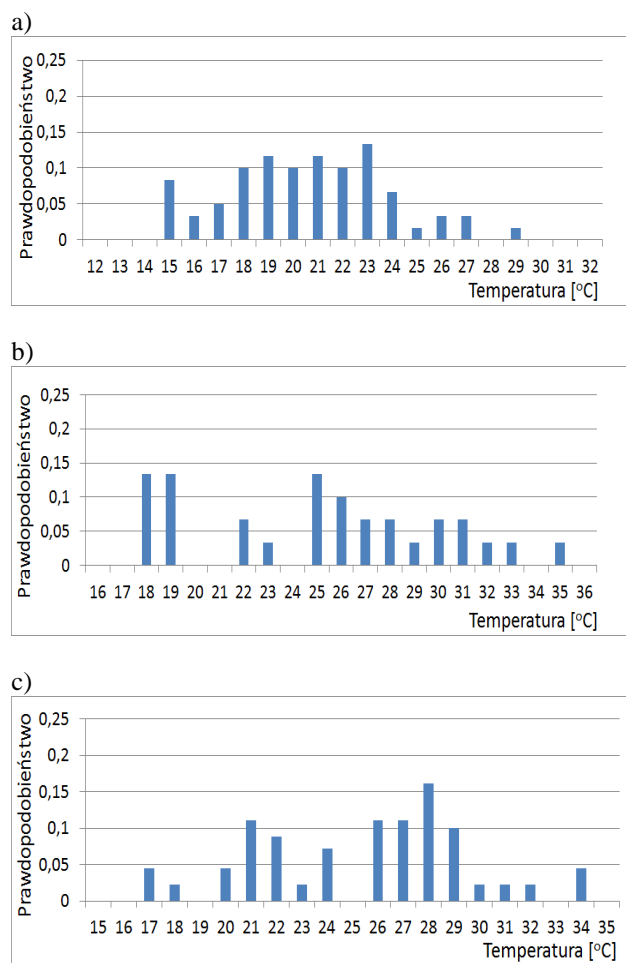
Na wykresach na Rys. 1 zamieszczono przykładowe wartości temperatury powietrza, wilgotności względnej oraz ciśnienia atmosferycznego, jakie zarejestrowano w ciągu 1 minuty na rusztowaniu E01.



Rys. 1. Wykres a) temperatury powietrza b) wilgotności względnej c) ciśnienia atmosferycznego w funkcji czasu dla E01
 Fig. 1 Graph of a) air temperature b) relative humidity, c) atmospheric pressure as a function of time for E01

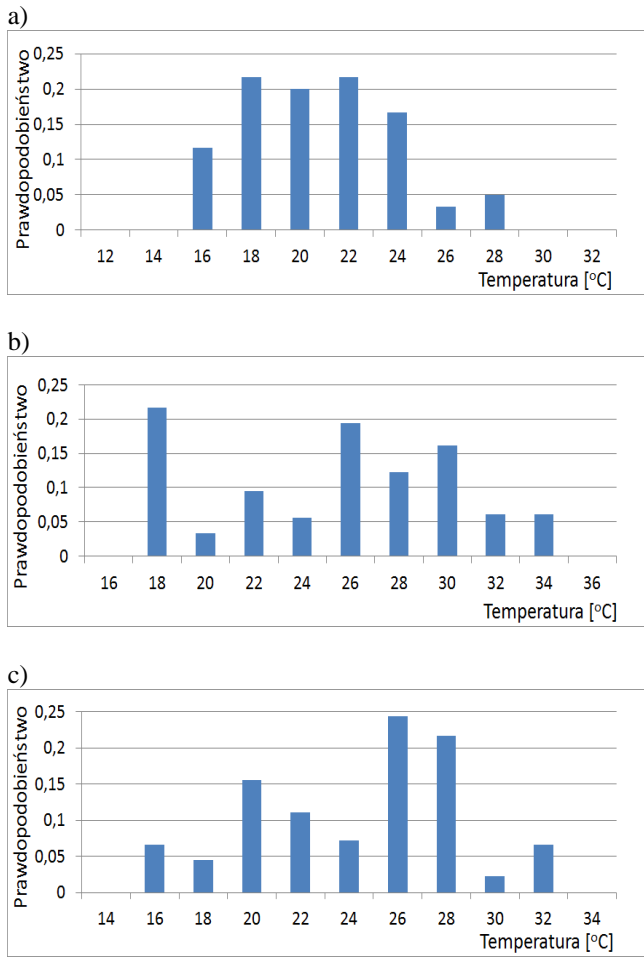
7. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Oceny liczebności prób wyników pomiarowych wykonano na podstawie liczby pomiarów środowiskowych z badań dziesięciu rusztowań. Przykładowo temperaturę analizowano, jako wartość uśrednioną z pomiarów wykonanych dla każdego dnia, godziny i każdego poziomu, aproksymując jednocześnie wyniki w celu uzyskania zbliżonych odległości pomiędzy badanymi poziomami. Następnie dokonano wstępnego doboru rozkładów prawdopodobieństwa. Obliczono prawdopodobieństwo wystąpienia danej temperatury w przedziale od -10°C do 40°C z próbkowaniem co 1°C , 2°C i 5°C . Na Rys. 2, Rys. 3 i Rys. 4 zamieszczono histogramy rozkładu temperatury dla trzech rusztowań zlokalizowanych w Łodzi (E01, E02, E03), odpowiednio, z próbkowaniem co 1°C , 2°C i 5°C .



Rys. 2. Histogram rozkładu temperatury z próbkowaniem co 1°C dla a) E01, b) E02, c) E03
 Fig. 2. Temperature histogram with sampling every 1°C for a) E01, b) E02, c) E03

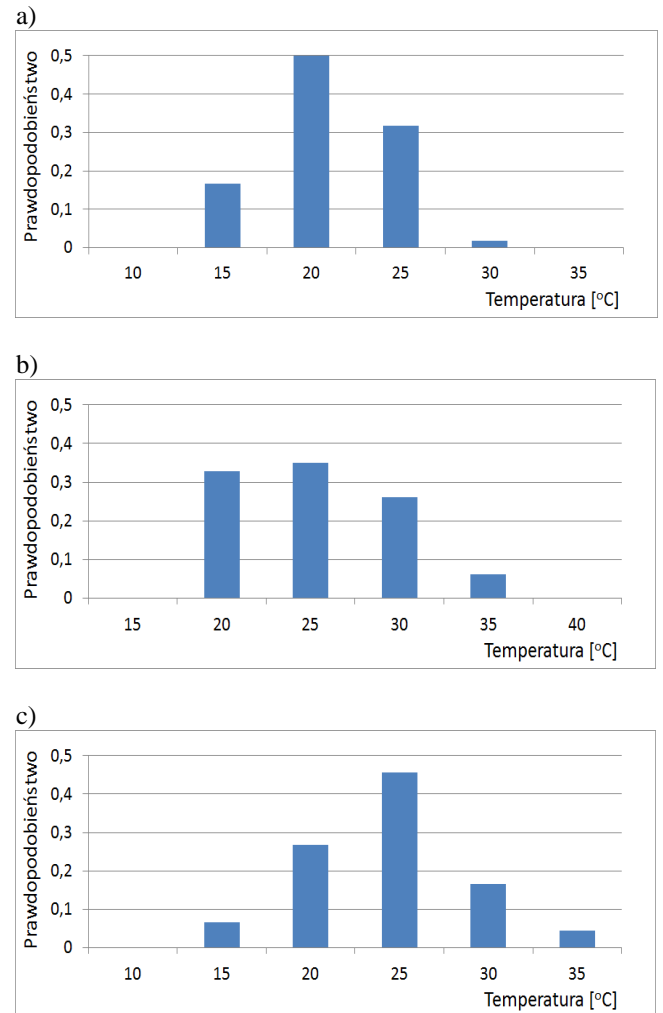
Na podstawie liczby obserwacji i histogramów oszacowano rozpiętość oraz liczbę przedziałów klasowych oraz dobrano granice przedziałów klasowych [9]. Ze względu na najkorzystniejszą możliwość analizy danych wybrano przedział od -10 do 40°C z próbkowaniem, co 2°C . W dużym stopniu pokrywa się to z założeniami przyjmowanymi w literaturze.



Rys. 3. Histogram rozkładu temperatury z próbkowaniem co 2°C dla a) E01, b) E02, c) E03

Fig. 3. Temperature histogram with sampling every 2°C for a) E01, b) E02, c) E03

Właściwy dobór przedziału jest niezbędny w odniesieniu do wszystkich badań. Przyjęcie zbyt dużego przedziału powoduje, że na wykresach nie są widoczne ważne zmiany danych wielkości, np. w przypadku temperatury na rozkładzie prawdopodobieństwa widać obniżenie wystąpienia wartości prawdopodobieństwa w środkowej części zakresu, wynikającej z porannego skoku temperatury. Podobna analiza została wykonana dla pozostałych parametrów. W odniesieniu do ciśnienia, jako rozpiętość przedziału klasowego przyjęto wartości od 970 hPa do 1030 hPa, a w przypadku wilgotności względnej przedział od 0% do 100%.



Rys. 4. Histogram rozkładu temperatury z próbkowaniem co 5°C dla a) E01, b) E02, c) E03

Fig. 4. Temperature histogram with sampling every 5°C for a) E01, b) E02, c) E03

8. WNIOSKI

Osoby pracujące na budowach a w szczególności na rusztowaniach wykonują często pracę na wysokości. Praca ta wymaga wysiłku fizycznego i objęta jest wysokim poziomem ryzyka. Niekorzystne warunki środowiskowe mogą wpływać na sposób zachowania się pracowników, powodują zmęczenie, obniżają czas reakcji. Ważnym elementem jest więc monitorowanie parametrów klimatycznych. W związku z tym badania w otoczeniu pracowników na rusztowaniu powinny być rozwijane. Po wykonaniu badań pięćdziesięciu rusztowań i analizie wyników stwierdzono, że zaproponowana metodyka badań gwarantuje otrzymanie wyników przydatnych w analizie środowiska pracy na rusztowaniu.

METHODOLOGY OF RESEARCH OF ENVIRONMENTAL PARAMETERS ON SCAFFOLDING

Summary: People working on scaffolding are exposed to changing climatic parameters. They can increase the risk of dangerous situations. It is important to what changes a worker is exposed to. The article presents the sample results of environmental tests (air temperature, relative humidity, atmospheric pressure) performed on three scaffolding located in Lodz. The article presents a description of the research of construction scaffolding and methodology of research of environmental parameters. Analysis results showed that the proposed test methodology guarantees obtaining results useful in analyzing the working environment on scaffolding.

budowlanych, wypadków i zdarzeń niebezpiecznych na stanowiskach pracy z wykorzystaniem rusztowań” finansowanego przez NCBiR w ramach PBS3 na podstawie umowy nr PBS3/A2/19/2015.

Literatura

- [1] Hoła A., Hoła B., Sawicki M., Szóstak M., *Analiza wypadkowości w Polskim budownictwie w aspekcie wybranych czynników generujących koszty*. Materiały budowlane 11 (2016) 152–154
- [2] Whitaker S.M., Graves R.J., James M., McCann P. *Safety with access scaffolds: development of a prototype decision aid based on accident analysis*. Journal of Safety Research 34 (2003) 249–261
- [3] Halperin, K.M. and McCann M. *An evaluation of scaffold safety at construction sites*. Journal of Safety Research 35 (2004) 141–150
- [4] Bellamy Linda Janet, *Exploring the relationship between major hazard, fatal and non-fatal accidents through outcomes and causes*. Safety Science 71 (2015) 93–203
- [5] Jagielski P., Szer J., Błazik-Borowa E. *Bezpieczeństwo i zagrożenia użytkowników rusztowań budowlanych na świecie*. Materiały budowlane 9 (2015) 128–131
- [6] Błazik-Borowa E, Szer J. *The analysis of the stages of scaffolding “life” with regard to the decrease in the hazard at building works*. Archives of Civil and Mechanical Engineering 15 (2015) 516–524
- [7] Błazik-Borowa E., Czarnocki K., Hoła B., Szer, J. *Projekt badawczy „Model oceny ryzyka wystąpienia katastrof budowlanych, wypadków i zdarzeń niebezpiecznych na stanowiskach pracy z wykorzystaniem rusztowań budowlanych*. Rusztowania 1 (40) (2016) 18-20
- [8] Hoła B., Sawicki M., Szóstak M., Błazik Borowa E., Czarnocki K., Szer J. *Badania rusztowań na placu budowy*. Builder grudzień (2016) 80–83
- [9] Krysicki W., Bartos J., Dyczka W., Królikowska K., Wasilewski M. *Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna w zadaniach, cz. 2*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1999.

Artykuł jest wynikiem realizacji przez autorów projektu badawczego „Model oceny ryzyka wystąpienia katastrof