

dr inż. LESZEK PIETRZAK
Centralny Instytut Ochrony Pracy
– Państwowy Instytut Badawczy

Modele wypadków przy pracy

W artykule przedstawiono cechy wybranych modeli wypadku przy pracy. Na podstawie porównania modeli wypadków pokazano cechy, którym powinien odpowiadać model. W oparciu o te cechy zaproponowano uniwersalny model wypadku przy pracy do celów statystycznych i profilaktyki.

Models of occupational accidents

This paper presents features of selected models of occupational accidents. Features of a general model of an accident have been established on the basis of a comparison of models. A universal model of an occupational accident is proposed on the basis of those features.

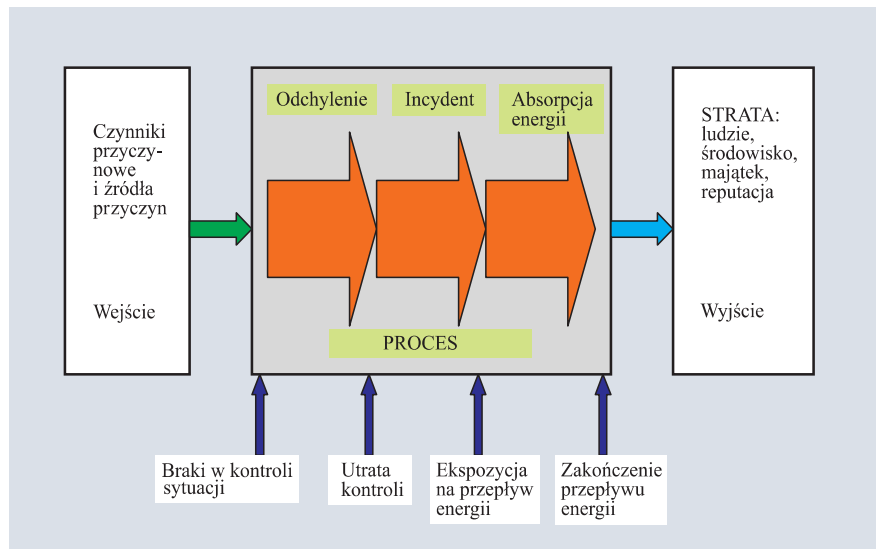
Przeгляд występujących modeli wypadków przy pracy [1] skłania do stosowania takich sposobów postępowania w badaniu wypadków, które łączyłyby podejście sekwencyjne z poszukiwaniem i grupowaniem przyczyn w sferze szeroko pojętego zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy.

Zadaniem modeli wypadków przy pracy jest przedstawianie przebiegu wypadku lub sposobu postępowania przy dochodzeniu do przyczyn oraz umożliwianie projektowania odpowiednich działań korygujących. Graficzne przedstawienie przebiegu zdarzeń prowadzących do wypadku pomaga zespołom powypadkowym w systematycznym analizowaniu poszczególnych faz wypadku. Analiza poszczególnych modeli wypadków kieruje poszukiwaniem uogólnionego modelu wypadku przy pracy, który łączyłby w sobie cechy omówionych niżej modeli.

W modelach służących badaniu wypadków najczęściej wykorzystywana jest systematyka TOL (technika, organizacja, ludzie), za pomocą której analizuje się techniczne, organizacyjne oraz związane z człowiekiem przyczyny wypadków przy pracy.

Oprócz systematyki TOL w modelach wypadku stosuje się często teorię przyjmującą, że wypadek jest wynikiem odchylenia, które jest zdarzeniem, cechą lub warunkiem odbiegającym od normy, określającej prawidłowy i zaplanowany proces produkcyjny. Nie zawsze można opisać dokładnie wszystkie elementy procesu produkcyjnego i określić to, co stanowi odchylenie od stanu „normalnego”. Szczególnie dotyczy to działań człowieka na stanowisku pracy.

z uwzględnieniem osób biorących udział w zdarzeniu wypadkowym oraz modele zdarzeń i czynników przyczynowych, pozwalają oddać przebieg wypadku i uwzględnić znane, a także przypuszczalne okoliczności wypadków. Ten sposób może być zastosowany jako uzupełnienie postępowania na etapie ustalania fak-



Rys. 1. Model procesowy OARU [2]

Zastosowanie w modelu wypadku idei transferu energii i zawadości barier pozwala ukierunkować badanie wypadku na źródła energii i szeroko pojęte bariery. Podejście to sprawdza się w wielu modelach i umożliwia właściwe dobranie i ukierunkowanie środków prewencyjnych. Idea transferu energii może mieć praktyczne zastosowanie pod warunkiem, że członkowie zespołów powypadkowych będą właściwie stosowali to podejście i umieli wyciągnąć odpowiednie wnioski.

Model procesowy wypadku

Stosowane w analizie wypadków tzw. modele procesowe, które przedstawiają sekwencje wypadku w ujęciu czasowym,

tów i wzajemnych powiązań między tymi faktami. Graficzne przedstawienie sekwencji wypadkowej, określenie udziału osób w przebiegu wypadku oraz ustalenie rzeczywistych i przypuszczalnych okoliczności wypadku umożliwia lepsze zaprojektowanie działań profilaktycznych. Procesowe modele wypadków pozwalają na uświadomienie, w jaki sposób system produkcyjny przechodzi od fazy normalnej do fazy, w której następuje wypadek.

W typowym modelu procesowym OARU (*Occupational Accident Research Unit*) [2] sekwencja wypadku dzielona jest na trzy fazy: fazę inicjacyjną, fazę realizacji i fazę urazu.

Między tymi fazami można wyróżnić cztery stany przejściowe:

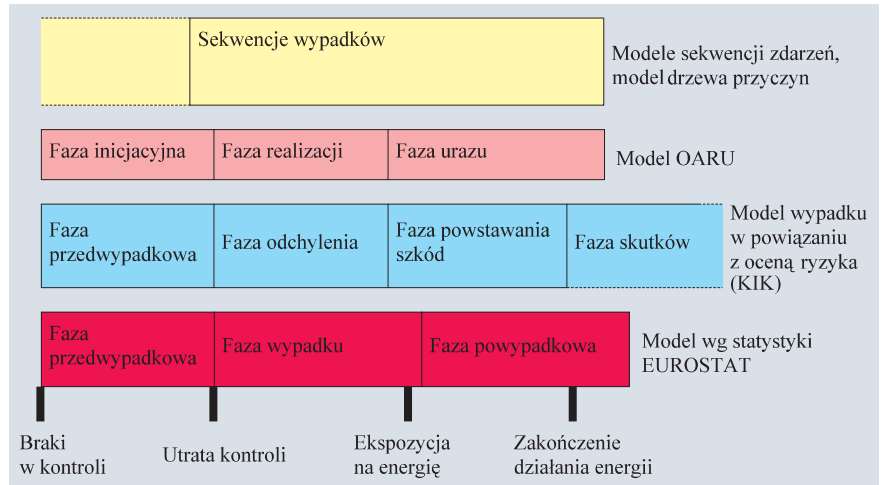
- przejście od normalnych warunków do stanu wystąpienia braków w kontroli sytuacji
- przejście od braków w kontroli do utraty kontroli
- przejście, przy którym organizm ludzki zaczyna absorbować energię
- stan zakończenia procesu absorbowania energii.

Stan braków w kontroli sytuacji stanowi odchylenie od sytuacji normalnej w systemie. Odchyleniem mogą być np. zdarzenia lub warunki pracy różniące się od uznanych za prawidłowe i normalne. Na rysunku 1. (str. 23) przedstawiono model procesowy OARU z uwzględnieniem poszczególnych faz oraz stanów przejściowych. Model ten pozwala podczas analizy wypadku zbierać informacje, które powinny być umieszczane w statystycznej karcie wypadku. **Wydarzenie powodujące wypadek** będzie związane z **odchyleniem** identyfikowanym w modelu OARU, zaś **źródło czynnika niebezpiecznego** i sam **czynnik niebezpieczny** będą widoczne w fazie odchylenia i utraty kontroli. Absorbacja energii opisuje sposób i **miejsce** powstania **urazu**. Ujmowana w statystycznej karcie wypadku **czynność wykonywana w chwili wypadku** będzie w modelu OARU określana przez proces.

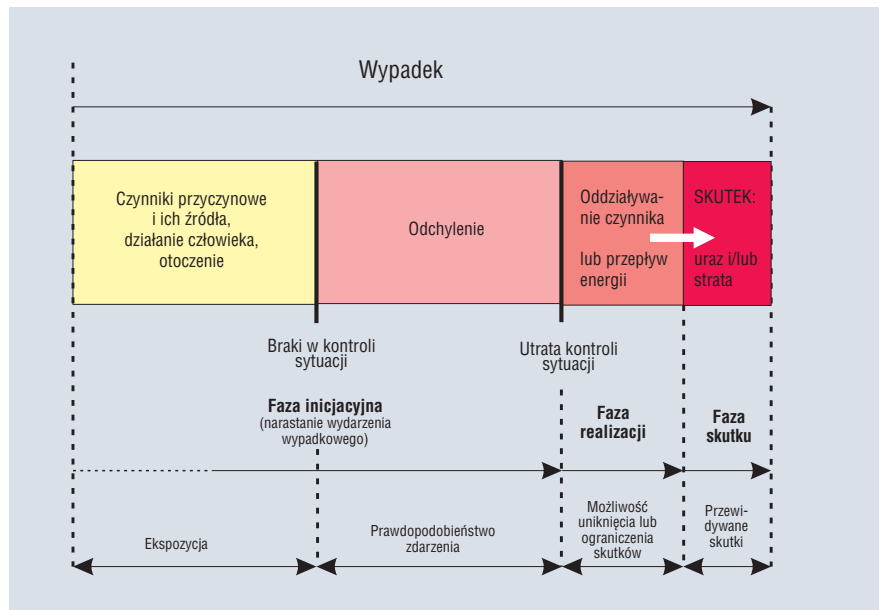
Zastosowanie tego modelu umożliwia także wyodrębnienie informacji potrzebnych do statystyki europejskiej EUROSTAT [3]. Na wejściu identyfikujemy dane dotyczące **środowiska pracy** oraz wykonywanej pracy i towarzyszącej jej **czynności fizycznej** związanej z **czynnikiem materialnym**. **Odchylenie** i **czynnik odchylenia** są tu identyfikowalne w fazach odchylenia, utraty kontroli i incydentu. **Kontakt z czynnikiem, sposób urazu** i sam **czynnik materialny** powodujący uraz można wyodrębnić w fazie absorbowania energii.

Model drzewa MORT

W celu lepszego opisu zjawisk, w badaniu wypadków istotną rolę pełnią połączenia modeli (np. modele odchyżeń oraz model energetyczny w połączeniu z techniką drzewa błędów, drzewa zdarzeń lub drzewa przyczyn, metoda drzewa MORT – *Management Oversight and Risk Tree*). Model drzewa MORT umoż-



Rys. 2. Relacje pomiędzy fazami wypadków w wybranych modelach



Rys. 3. Proponowany podstawowy model wypadku przy pracy

liwia śledzenie przepływu energii i zawodności barier, a także poszukiwanie przyczyn ukrytych w systemie zarządzania w przedsiębiorstwie. Do tego celu MORT wykorzystuje: analizę zmian, analizę przepływu energii oraz zawodności barier, a także analizę zdarzeń i czynników przyczynowych. MORT, ze względu na swoją złożoność w postępowaniu, może być trudny w zastosowaniu, szczególnie w odniesieniu do prostych wydarzeń wypadkowych. Aby sprawnie poru-

zać się po drzewie MORT, dobrze jest korzystać z odpowiedniego oprogramowania.

Model KIK

Inny model wypadku, tzw model KIK [4] uwzględnia elementy ryzyka zawodowego według normy PN-EN 1050 *Maszyny. Bezpieczeństwo. Zasady oceny ryzyka*. Wyodrębnione w tym modelu cztery fazy: faza przedwypadkowa, faza po-

wstawania odchylenia, faza powstawania szkód oraz faza skutków pozwalają na podstawie wyników badania wypadku zastosować właściwe środki bezpieczeństwa i właściwie je umiejscowić w zarządzaniu ryzykiem. Powiązanie elementów modelu wypadku z elementami oceny ryzyka pozwala zadawać odpowiednie pytania w celu wyjaśnienia co zawiodło, w którym elemencie oceny ryzyka tkwią pośrednie przyczyny wypadku.

Porównanie modeli wypadków

Z analiz modeli wypadków przy pracy, mając na uwadze szczegółowość opisu zdarzeń wypadkowych oraz konieczność zbierania danych do analiz wypadkowych i statystyk państwowych wynika, że do praktycznego zastosowania najlepiej nadają się modele OARU, model KIK oraz tworzenie sekwencji zdarzeń z zastosowaniem drzewa przyczyn. Obejmują one najpełniej poszczególne fazy wypadku i pozwalają dokładniej umiejscowić pośrednie przyczyny wypadku w sferze zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy. W tworzeniu sekwencji zdarzeń do celów prewencyjnych za najbardziej przydatną można uznać technikę drzewa przyczyn.

W zbieraniu i kodowaniu informacji do celów statystycznych bardzo dobrze spełniają swoją rolę zarówno model OARU jak i model oparty na elementach ryzyka zawodowego (KIK).

Każdy z tych modeli wymaga ustalenia faktów. Bardzo ważne jest, aby członkowie zespołów powypadkowych, zanim rozpoczną analizę wypadku z zastosowaniem konkretnego modelu uzyskali przekonanie, że zidentyfikowane zostały rzeczywiste fakty, a nie ich interpretacje. Zidentyfikowane fakty należy przyporządkować poszczególnym elementom modelu lub ułożyć w logiczną sekwencję drzewa przyczyn.

Wyniki analiz rzeczywistych wypadków przy pracy z zastosowaniem modelu OARU wykazały, że jest to model z pozoru łatwy do zastosowania, lecz w przypadku prostych wydarzeń wypadkowych i małej liczby zidentyfikowanych faktów trudno jest przyporządkować je odpowiednim fazom przebiegu

wypadku. Zwykle, granice między poszczególnymi fazami są nieostre i wyodrębnienie poszczególnych stanów przejściowych, np. stanu przejściowego (inicjującego daną fazę) od fazy, którą poprzedza może stanowić trudność. Przyjęta w tym modelu formuła przepływu energii ułatwia sporządzenie wniosków i projektowanie profilaktycznych działań korygujących.

Analizy wypadków przy pracy z zastosowaniem modelu KIK wykazały dużą przydatność tego modelu w identyfikowaniu przyczyn wypadków. Powiązanie elementów modelu z oceną ryzyka zawodowego powoduje, że przyczyny pośrednie dają się w prosty sposób zidentyfikować i powiązać z elementami ryzyka zawodowego. Przy dobrze wykonanej analizie i prawidłowej ocenie ryzyka zawodowego, odniesienie przyczyn do poszczególnych elementów ryzyka pozwala stwierdzić co zawiodło i jakie działania należy podjąć, aby podobne wypadki już się nie zdarzały.

Sporządzenie diagramu drzewa przyczyn prowadzi do ustalenia związków przyczynowo-skutkowych, które pozwalają zaprojektować, odpowiednie do zidentyfikowanych przyczyn pośrednich, działania profilaktyczne i umieścić je we właściwych miejscach drzewa przyczyn. Graficzne przedstawienie logicznego schematu przyczyn umożliwia zrozumienie mechanizmu powstania wypadku i jego przebiegu. Spory problem stanowi jednak to, co ze zbudowanego drzewa przyczyn możemy przenieść do statystycznej karty wypadku. Dobrze zbudowany schemat logiczny pozwala zidentyfikować przyczyny, ale może przysporzyć trudności w wyborze właściwych elementów zapisywanych do celów statystycznych. Zalety drzewa przyczyn przemawiają za jego stosowaniem w wypadkach, wymagających pogłębionej analizy (rys. 2.).

Proponowany model wypadku przy pracy

Przeprowadzone analizy wypadków przy pracy pokazują, że modele OARU i KIK pokrywają się w pewnym obszarze (odchylenie, przepływ energii), a w innych się uzupełniają. Wydaje się, że jest

potrzebne opracowanie połączonego modelu wypadku przy pracy, który łączyłby cechy opisanych modeli, a przeprowadzona z jego zastosowaniem analiza pozwoliłaby zidentyfikować przyczyny i okoliczności wypadku, a także dostarczyłaby danych do profilaktyki. Zidentyfikowane przyczyny i okoliczności wypadków powinny umożliwiać wypełnienie statystycznej karty wypadku, a także uzyskiwać dane do statystyk europejskich, z którymi statystyki polskie będą w przyszłości ujednolicone.

Proponowany model wypadku powinien spełniać określone cechy, a mianowicie:

- umożliwienie opisu wydarzenia wypadkowego
 - zidentyfikowanie przyczyny bezpośredniej i pośrednich przyczyn wypadku
 - określenie wzajemnych powiązań pomiędzy przyczynami
 - umożliwienie ustalenia działań profilaktycznych, właściwych dla danego wydarzenia
 - odpowiednie umiejscowienie tych działań we wszystkich fazach wypadku
 - powiązanie z elementami ryzyka zawodowego
 - dostarczanie danych potrzebnych do wypełniania statystycznej karty wypadku
 - łatwe dostosowanie do przyszłego systemu statystyk europejskich.
- Model spełniający te cechy przedstawiono na rysunku 3. Zawiera on trzy fazy:
- fazę inicjacyjną, obejmującą narastanie wydarzenia wypadkowego
 - fazę realizacji, w której następuje oddziaływanie czynnika lub energii
 - fazę skutku, w której występują urazy i/lub straty materialne.

Faza inicjacyjna (przedwypadkowa) obejmuje obszar dotyczący czynników i ich źródeł, środowiska pracy oraz działań człowieka wykonywanych przed wypadkiem. W obszarze tym ujmowane są także zagadnienia dotyczące zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy. W sferze ryzyka obszar ten odpowiada (podobnie jak w modelu KIK) ekspozycji pracownika na czynniki niebezpieczne, szkodliwe i uciążliwe. Czynniki szkodliwe i uciążliwe, jakkolwiek nie stanowią bezpośrednich przyczyn wypadków, jednak wpływają na samopoczucie i zachowanie pracownika. Zostają tu określone także

uwarunkowania ekspozycji wynikające z organizacji pracy i zarządzania bezpieczeństwem. Obszar odchylenia, w którym następuje dysfunkcja systemu obejmująca działanie człowieka, organizację pracy oraz obszar techniki, jest uwarunkowany brakiem szeroko pojętej kontroli sytuacji. Wystąpienie odchylenia ma charakter przypadkowy i może wynikać także z niewłaściwego zaprojektowania stanowiska pracy oraz nieodpowiednich do sytuacji środków bezpieczeństwa przyjętych w wyniku niewłaściwego szacowania prawdopodobieństwa zdarzenia w ocenie ryzyka zawodowego.

Faza realizacji to obszar, w którym następuje kontakt z czynnikiem i jego oddziaływanie na pracownika. Faza ta w sferze ryzyka zawodowego obejmuje element prawdopodobieństwa urazu lub

utruty zdrowia, związany z możliwością uniknięcia lub ograniczenia szkody. Jest to bardzo ważny i często niedoceniany element prawdopodobieństwa w ocenie ryzyka zawodowego. Jego prawidłowe oszacowanie i uwzględnienie w projektowaniu środków bezpieczeństwa może spowodować nie tylko zmniejszenie skutków wydarzenia wypadkowego, ale także zapobiegać powstawaniu zdarzenia.

W **fazie skutków** oddziaływanie czynników powoduje uraz i/lub stratę materialną. W obszarze ryzyka zawodowego odpowiada to przewidywanym skutkom. Wystąpienie wydarzenia wypadkowego i powstanie określonych skutków jest uwarunkowane także racjonalnym oszacowaniem możliwych skutków w toku przeprowadzanej oceny ryzyka zawodowego.

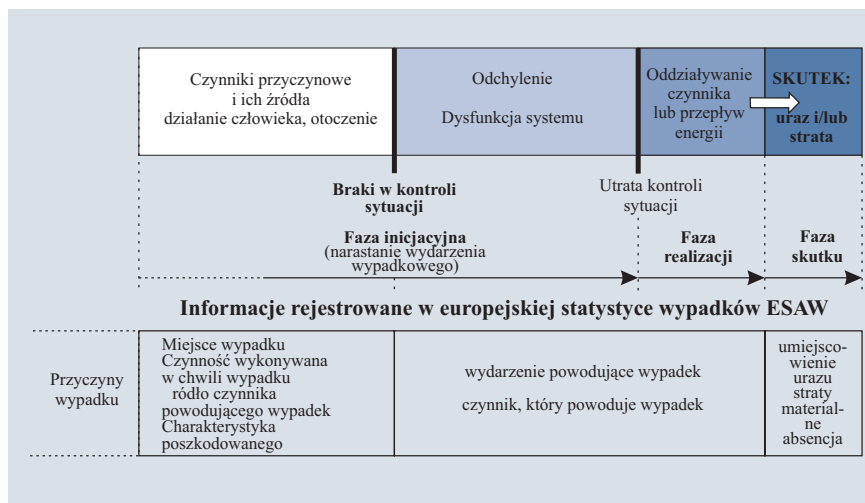
Model ten, oprócz możliwości śledze-

nia rozwoju wypadku, identyfikowania przyczyn we wszystkich jego fazach, a także odniesienia do poszczególnych elementów ryzyka zawodowego dostarcza również danych do statystyki państwowej. Dane te, uzyskiwane z analizy poszczególnych faz wypadku, mogą być wprowadzane do statystycznej karty wypadku. Na rysunku 4. przedstawiono, z których faz wypadku uzyskujemy informacje potrzebne do wypełnienia statystycznej karty wypadku przy pracy.

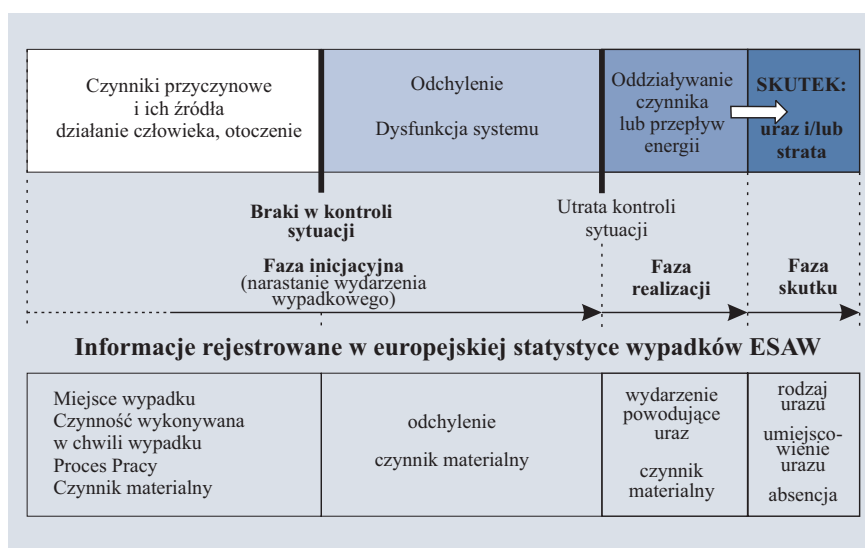
Proponowany model wypadku przy pracy pozwala wyodrębnić i zarejestrować wszystkie te informacje, które są wymagane przez europejski system rejestracji wypadków przy pracy (European Statistics on Accident at Work – ESAW), (rys. 5.).

Podsumowanie

Analiza teoretyczna modeli wypadków oraz rzeczywistych wydarzeń wypadkowych pozwala wybrać modele najbardziej przydatne do badania wypadków przy pracy i projektowania działań profilaktycznych. Przedstawiony projekt modelu wypadku przy pracy spełniający przedstawione cechy pozwala identyfikować pośrednie przyczyny wypadku i miejsca ich wystąpienia oraz projektować właściwe w danej sytuacji działania profilaktyczne. Zastosowanie tego modelu ułatwia identyfikowanie informacji potrzebnych do wypełnienia statystycznej karty wypadku, a także umożliwia gromadzenie danych o wypadku dla potrzeb europejskiej statystyki wypadków przy pracy.



Rys. 4. Informacje do statystycznej karty wypadku pochodzące z różnych faz w proponowanym modelu wypadku



Rys. 5. Informacje pozyskiwane do statystyki europejskiej z badania poszczególnych faz wypadku, z zastosowaniem proponowanego modelu

PIŚMIENNICTWO

[1] Pietrzak L. *Modelowanie wypadków przy pracy*. „Bezpieczeństwo Pracy” 4 i 5 (369 i 370), 2002
 [2] Kjellen U. *Prevention of accidents through experience feedback*. Taylor & Francis, London 2000
 [3] *Methodology for the harmonization of European occupational accident statistics*. Luxembourg, Commission of the European Communities (Eurostat), 1992
 [4] Kowalewski S. *Model badania wypadków*. „Atest” 5, 2000
 [5] Harms-Ringdahl L. *Safety Analysis. Principles and practice in occupational safety*. ELSEVIER, London 1993

Publikacja opracowana na podstawie wyników zadań badawczych wykonanych w ramach projektu celowego zamawianego nr 16-21 pn. „System analizy wydarzeń wypadkowych w środowisku pracy dla potrzeb profilaktyki”