

Marcin Michalak*

ANALIZA WYSTĘPOWANIA WYPADKÓW ŚMIERTELNYCH W GÓRNICTWIE WĘGLA KAMIENNEGO W LATACH 2002–2010

Streszczenie

Artykuł przedstawia nowe podejście do kategoryzacji okoliczności występowania wypadków ze skutkiem śmiertelnym w górnictwie węgla kamiennego.

Bezpieczeństwo określa się, analizując liczbę poszkodowanych bądź ofiar zaistniałych wypadków. W niniejszym artykule zastosowano odmienne podejście, analizując powyższe sytuacje bez uwzględnienia liczby ofiar, odniesiono się jednak do okoliczności zajścia samego zdarzenia. Na podstawie tychże opisów wprowadzono trzy kategorie okoliczności występowania zdarzeń śmiertelnych w górnictwie węgla kamiennego. W oparciu o dostępne dane przeanalizowano także częstotliwość występowania zdarzeń zarówno w wymiarze ogólnym, jak i w ramach każdej z wprowadzonych kategorii okoliczności.

Dla ułatwienia przeprowadzenia analizy rozbudowany został opis każdego zdarzenia przez wprowadzenie szeregu zmiennych zarówno binarnych, jak i ciągłych oraz dyskretnych.

W artykule podjęto także próbę opisu występowania zdarzeń za pomocą technik analizy szeregów czasowych. Analizę przeprowadzono dla szeregu czasowego opisującego liczbę zdarzeń w poszczególnych dniach oraz szeregu opisującego liczbę dni między kolejnymi zdarzeniami. W rezultacie prowadzonych badań sformułowano 15 wniosków opisujących wspomniane zależności. Wszystkie analizy prowadzono w oparciu o zestawienia publikowane każdego roku przez Wyższy Urząd Górniczy.

The analysis of fatal accidents occurrence in hard coal mines between 2002 and 2010

Abstract

In the article the new approach to categorization of the circumstances of fatal accidents in hard coal mining has been presented. Currently, the security is being determined by analyzing the number of injured or victims in the ensuing accidents. In the study there has been applied a completely different approach based on analyzing the above mentioned situations without regard to the number of victims but referring to the circumstances of the accident itself. Consequently to these descriptions, there have been stated three categories of circumstances for the fatal accidents in the hard coal mining. On the basis of the available data, the frequency of events, both generally and within each of the entered category has been analysed. The description of each event has been enhanced for the purpose of analysis, several variables of all binary, continuous and discrete type have been introduced. The attempt has also been taken in order to describe the occurrence of accidents using the techniques of time series analysis. This analysis has been carried out in relation to both the time series describing the number of accidents in each day, and the time series describing the number of days between successive accidents. The 15 presented claims describing these dependencies have been the result of these research. All analysis have been carried out on the basis of the statement published annually by the State Mining Authority (Wyższy Urząd Górniczy).

* Główny Instytut Górnictwa

1. WPROWADZENIE

Proces wydobywania węgla kamiennego niesie ze sobą ryzyko występowania wypadków rodzaju:

- naturalnego, spowodowanych przez czynniki takie, jak górotwór,
- technicznego, związanych z uszkodzeniem lub brakiem konserwacji sprzętu,
- osobowego.

Prognoza zagrożeń związanych z dwiema pierwszymi grupami odbywa się obecnie na podstawie obserwacji parametrów środowiskowych, np. metanometria (Konopko 2010), sejsmoakustyka (Konopko 2010; Dubiński, Konopko 2000), wskaźnikowe metody oznaczania zagrożenia pożarowego (Konopko 2010). W tym celu wykorzystywana jest także diagnostyka urządzeń pod kątem zapobiegania awariom.

Innym podejściem jest zapobieganie zjawiskom, np. w sytuacji zagrożenia pyłowego (Lebecki 2004) lub niebezpieczeństwa tapaniami (Dubiński, Konopko 2000). Z punktu widzenia kompleksowości opisu występowania wypadków, interesujące jest podjęcie badań, których wynikiem byłby opis (rozkład, tendencja) zachodzenia wypadków w czasie. Oprócz typowego podziału ze względu na liczbę poszkodowanych i charakter obrażeń, można stworzyć dokładniejszą klasyfikację, która uwzględniłaby nie tylko skutki, ale również przyczyny i lokalizacje wypadków. Szczegółowy opis wypadku, rozszerzony o wypracowane kategoryzacje określonych zmiennych opisujących go, powinien służyć stworzeniu opisu współwystępowania przyczyn i skutków wypadków. Takie podejście w dalszej perspektywie znacząco przełożyłoby się na zwiększenie bezpieczeństwa w górnictwie węgla kamiennego.

Artykuł jest próbą szerszego spojrzenia na wypadki śmiertelne w górnictwie węgla kamiennego, przez stworzenie opisu statystycznego tego zjawiska. Można zatem potraktować go jako uzupełnienie publikowanych od prawie 20 lat „Raportów rocznych o stanie podstawowych zagrożeń naturalnych i technicznych w górnictwie węgla kamiennego” pod redakcją W. Konopki, w których główny nacisk kładzie się na analizę wypadków jako zjawisk zmieniających się każdego roku. W niniejszym artykule uwzględniono także wypadkowość jako zjawisko zmieniające się w obrębie tygodnia, dekady oraz miesiąca.

W artykule zaproponowano także nowy podział zdarzeń na trzy grupy, będący wynikiem analizy opisów okoliczności wypadków o skutkach śmiertelnych. Jego wprowadzenie pozwoliło dostrzec nietypowe zależności między okolicznościami wypadku a jego wystąpieniem. Analizie poddano opisy wypadków śmiertelnych, dostępne w rocznych zestawieniach publikowanych przez Wyższy Urząd Górniczy (Stan bezpieczeństwa... 2003–2011).

Artykuł podzielono na części. W pierwszej części przedstawiono dane poddane analizie oraz sposób ich wstępnego przetworzenia. Następnie przeprowadzono analizę statystyczną występowania zdarzeń bez uwzględnienia ich okoliczności. Po wprowadzeniu uproszczonej klasyfikacji okoliczności występowania zdarzeń, przeprowadzono analizę statystyczną, grupując zdarzenia ze względu na typ okoliczności. Uzupełnienie badań stanowi prosta analiza dwóch szeregów czasowych związanych z wystę-

powaniem zdarzeń o skutkach śmiertelnych. Artykuł kończy kilkanaście wniosków wynikających z wcześniej przeprowadzonych analiz.

2. CHARAKTERYSTYKA DANYCH

2.1. Opisy danych archiwalnych

Raporty roczne opisujące, m.in. stan bezpieczeństwa w górnictwie węgla kamiennego zorientowane są przede wszystkim na człowieka, jako bezpośredniego poszkodowanego. Przedmiotem niniejszego artykułu są jednak zjawiska powodujące wypadki, w związku z tym bardziej zasadne będzie traktowanie każdego wypadku zbiorowego jako pojedyncze wystąpienie. Takie podejście powoduje zmniejszenie liczby analizowanych wypadków w porównaniu z zestawieniami prezentowanymi przez Wyższy Urząd Górniczy. Każdy osobny przypadek, bez uwzględniania liczby ofiar śmiertelnych, w dalszych analizach określany będzie mianem **zdarzenia**.

Zestawienia zdarzeń, bez rozpatrywania okoliczności ich zajścia, będą stanowiły punkt odniesienia do analiz uwzględniających wspomniane okoliczności.

2.2. Charakterystyka zdarzeń

Dane opisujące wypadki śmiertelne w górnictwie węgla kamiennego w latach 2002–2010 zostały włączone w pojęcie zdarzeń w sposób opisany wcześniej. Przekształcenie to pozwoliło uzyskać liczbę 134 zdarzeń. Każde z nich zostało następnie opisane za pomocą zmiennych:

- binarnych (logicznych), przyjmujących wartości prawda i fałsz,
- dyskretnych, przyjmujących wartości z pewnego skończonego zbioru,
- ciągłych.

Pojęcie zmiennych w dalszym ciągu dotyczy wyłącznie zmiennych związanych z liczbą dni między dwiema wskazanymi datami (datą zdarzenia i odniesienia) oraz zmienną *dzień_miesiąc*, ze względu na liczbę przyjmowanych wartości.

Wprowadzono dwie uzupełniające się zmienne binarne:

- *weekend*, dniem zdarzenia była sobota lub niedziela,
- *roboczy*, dniem zdarzenia był wyłącznie dzień między poniedziałkiem a piątkiem.

Zbiór zmiennych ciągłych to:

- *barbórka_przed*, liczba dni przed nadchodzącym Dniem Górnika,
- *barbórka_po*, liczba dni po Dniu Górnika,
- *dzień_miesiąc*, numer dnia w miesiącu (wartości od 1 do 31),
- *dzień_rok*, numer kolejnego dnia w roku (wartości od 1 do 366).

Zmienne dyskretne to:

- *kwartał*, numer kwartału w roku (cztery wartości: 1, 2, 3, 4),
- *miesiąc*, numer miesiąca w roku (12 wartości),
- *dekada*, numer dekady w miesiącu (dzień 31 zaliczany jest do 3 dekady),
- *dzień_tydzień*, numer dnia w tygodniu (wartości od 1 do 7).

Analizę danych przeprowadzono w dwóch aspektach, porównując histogramy liczności zdarzeń z uwzględnieniem oraz bez poszczególnych zmiennych kategoryzujących. Identyczne dwa aspekty wzięto pod uwagę podczas analizowania szeregu czasowego, związanego z liczbą zdarzeń śmiertelnych danego dnia, a także podczas analizowania szeregu czasowego odstępów między kolejnymi zdarzeniami śmiertelnymi.

Przeprowadzając analizę danych, wykorzystano oprogramowanie o nazwie Statistica firmy StatSoft. W przypadkach, gdy szerokość słupka histogramu nie wynikała bezpośrednio z natury analizowanej zmiennej, jako prawidłową ustalono wartość wyznaczaną w sposób automatyczny przez oprogramowanie, tzn. na podstawie rozkładu danej zmiennej.

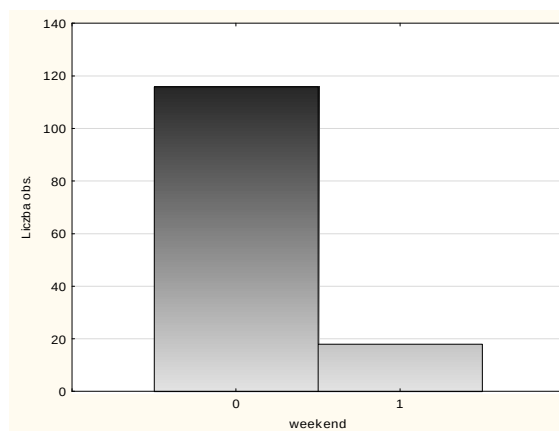
3. ANALIZA STATYSTYCZNA WYBRANYCH ZMIENNYCH

3.1. Analiza bez uwzględnienia okoliczności

3.1.1. Analiza zmiennych binarnych

Ze względu na powiązanie dwóch zmiennych binarnych *robocze* i *weekend* na zasadzie negacji (każda ze zmiennych jest negacją drugiej), ich analiza sprowadza się do analizy jednej z nich. Zmienną zasadniczą w tej części pracy uznano *weekend*. Przyjęto także brak rozróżnienia na dni wolne, tj. soboty i niedziele oraz dodatkowe dni wolne od pracy, tj. Nowy Rok, poniedziałek wielkanocny itp., ponieważ kilka zdarzeń miało miejsce w podanych dniach. Uwzględnienie tego faktu, jako osobnej zmiennej, utrudniłoby rzeczową analizę statystyczną (zbyt mała liczność próby).

Zmienna *weekend* przyjmuje tylko dwie wartości 0 i 1. Określa czy dane zdarzenie miało miejsce w dzień wolny od pracy (sobota lub niedziela – 1) bądź w dzień roboczy (0).



Rys. 1. Histogram wartości zmiennej logicznej *weekend*

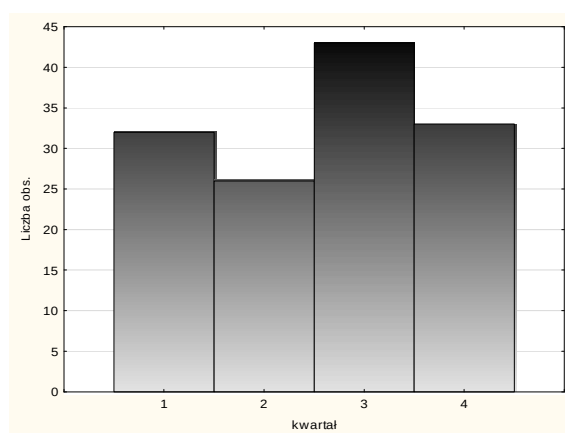
Fig. 1. Histogram of the *weekend* logical variable values

Na rysunku 1 zauważalna jest zdecydowana przewaga występowania zdarzeń w dni robocze, ze względu na spadek intensyfikacji prac w pozostałe dni. Dysproporcja jest wynikiem rozkładu liczby zdarzeń w funkcji dnia tygodnia. Charakter tej dysproporcji zostanie zachowany również podczas analizy zdarzeń pod względem ich okoliczności.

3.1.2. Analiza zmiennych dyskretnych

Na rysunku 2 przedstawiono histogram wartości przyjmowanych przez zmienną *kwartał*. Jako wartość 1 określono miesiące: styczeń, luty, marzec. Kolejne wartości to: 2 – kwiecień, maj, czerwiec, 3 – lipiec, sierpień, wrzesień oraz 4 – październik, listopad, grudzień.

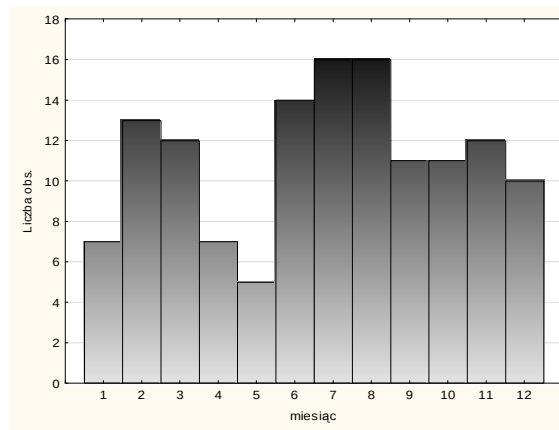
Jak wynika z poniższych rysunków rozkład liczby zdarzeń jest jednostajny, z niewielką dysproporcją między drugim i trzecim kwartałem. Nie uwzględniając okoliczności, zdarzenia występują około 33% częściej latem (trzeci kwartał) niż w pozostałych kwartałach.



Rys. 2. Histogram wartości zmiennej dyskretnej *kwartał*

Fig. 2. Histogram of the *quarter* discrete variable values

Do zmiennych dyskretnych zaliczana jest także zmienna *miesiąc* – kolejny numer miesiąca, w którym nastąpiło zdarzenie ze skutkiem śmiertelnym. Histogram wartości przyjmowanych przez tę zmienną, został przedstawiony na rysunku 3. Najbardziej zauważalny jest nierównomierny rozkład wartości. Zakładając wystąpienie 134 zdarzeń w ciągu 12 miesięcy, spodziewana średnia powinna wynosić 11,16 zdarzenia w miesiącu.



Rys. 3. Histogram wartości zmiennej dyskretnej *miesiąc*

Fig. 3. Histogram of the *month* discrete variable values

Porównano rozkład empiryczny z założonym rozkładem prostokątnym (jednostajnym). Wykonując test Kołmogorowa-Smirnowa otrzymano wartość $p = 0,05834$, natomiast dla testu chi-kwadrat $p = 0,09815$. Oznacza to, że na poziomie istotności $p = 0,1$ wynik testu chi-kwadrat wskazywałby na odrzucenie hipotezy zerowej o równomiernym rozkładzie zmiennej. Jeszcze niższą wartość p uzyskano na podstawie testu Kołmogorowa-Smirnowa. Wyniki obu przeprowadzonych testów wskazują na odrzucenie hipotezy zerowej.

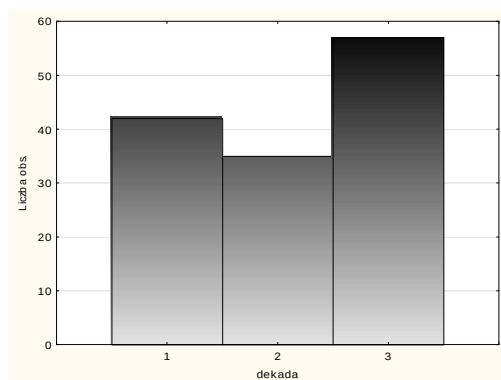
Nawiązując do wyników pobieżnej analizy rozkładu zmiennej *kwartał* można uzasadnić dysproporcję między liczbą zdarzeń w drugim i trzecim kwartale. Wynika ona z niejednostajnego rozkładu liczby zdarzeń w miesiącu. Maksymalne wartości przypadają zdecydowanie na miesiące trzeciego kwartału, jednocześnie dwie minimalne wartości dotyczą drugiego kwartału.

Zmienna *dekada* przyjmuje trzy wartości:

- 1 dla zdarzeń między 1 a 10 dniem miesiąca,
- 2 dla zdarzeń między 11 a 20 dniem miesiąca,
- 3 dla pozostałych zdarzeń.

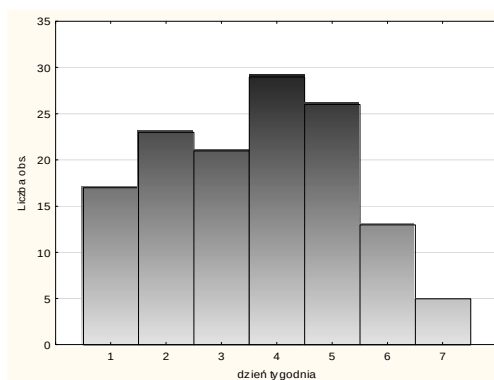
Histogram powyższych wartości został przedstawiony na rysunku 4. Wskazuje on na dużą dysproporcję między liczbą zdarzeń w zależności od dekady, tzn. średni poziom na początku, spadek w połowie oraz gwałtowny wzrost pod koniec miesiąca. Zjawisko to będzie łatwiejsze do wyjaśnienia po przeprowadzeniu analizy zmiennej *dzień_miesiąc*.

Zmienna *dzień_tydzień* przyjmuje wartości od 1 do 7. Oznacza kolejne dni tygodnia, rozpoczynając od poniedziałku. Przyjęty sposób kodowania pozwala lepiej zobrazować rozkład wartości, gdyż licznosci odpowiadające dniom wolnym od pracy (soboty i niedziele) zostały zestawione obok siebie. Widoczna jest zatem przyczyna spadku liczby zdarzeń w weekendy (zmienna binarna *weekend*).



Rys. 4. Histogram wartości zmiennej dyskretnej *dekada*

Fig. 4. Histogram of the *decade* discrete variable values



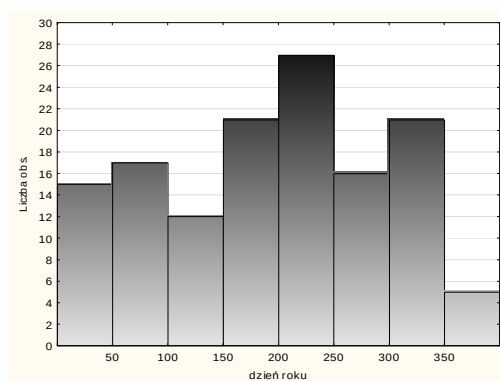
Rys. 5. Histogram wartości zmiennej dyskretnej *dzień_tydzień*

Fig. 5. Histogram of the *day_week* discrete variable values

3.1.3. Analiza zmiennych ciągłych

Przyjęto założenie, w którym zmienna *dzień_rok* ma charakter ciągły, mimo że jej wartość jest całkowita. Liczba możliwych do przyjęcia wartości (365) w odniesieniu do całkowitej liczby zdarzeń (134) nakazuje traktować ją jako realizację zmiennej ciągłej. Histogram wartości dla zmiennej *dzień_rok* ilustruje rysunek 6.

Zakładając hipotezę zerową, mówiącą o jednostajności rozkładu liczby zdarzeń w ciągu roku (w zależności od kolejnego dnia roku) oraz wykorzystując testy chi-kwadrat i Kołmogorowa-Smirnowa uzyskano wartości odpowiednio $p = 0,10322$ oraz $p = 0,08161$. Oznacza to, że istnieją przesłanki do odrzucenia niniejszej hipotezy.

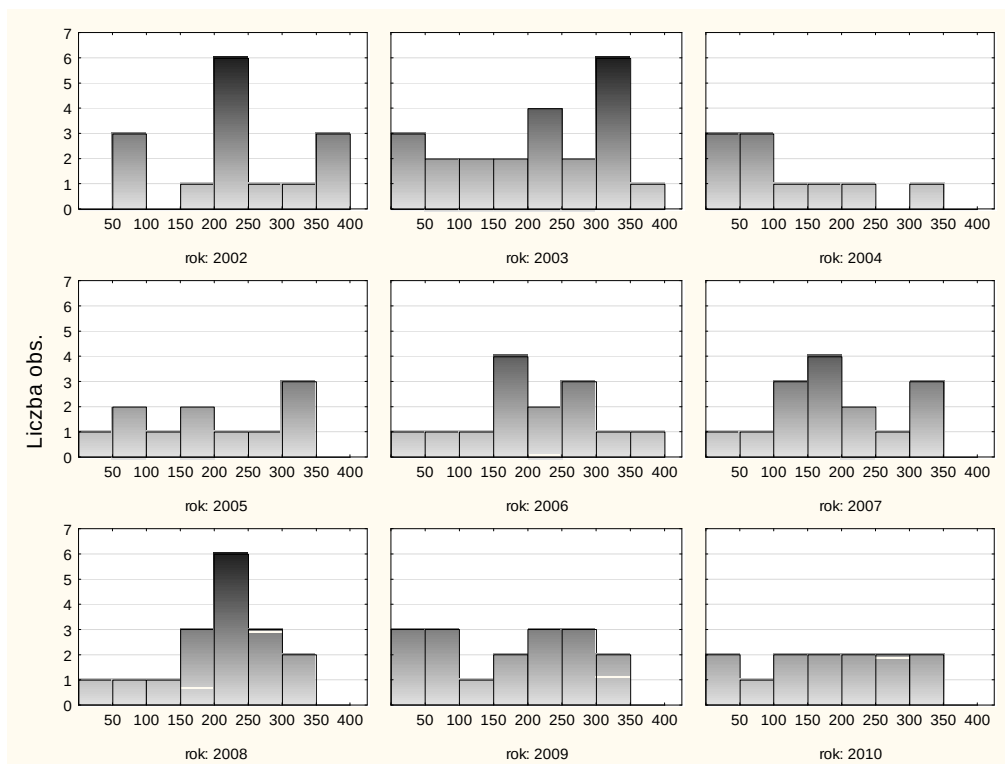


Rys. 6. Histogram wartości zmiennej ciągłej *dzień_rok*

Fig. 6. Histogram of the *day_year* continuous variable values

Jednocześnie po raz kolejny zauważono znaczący wzrost liczby obserwacji zdarzeń, przypadającej na okres letni – dwa przedziały: 150, 200 oraz 200, 250.

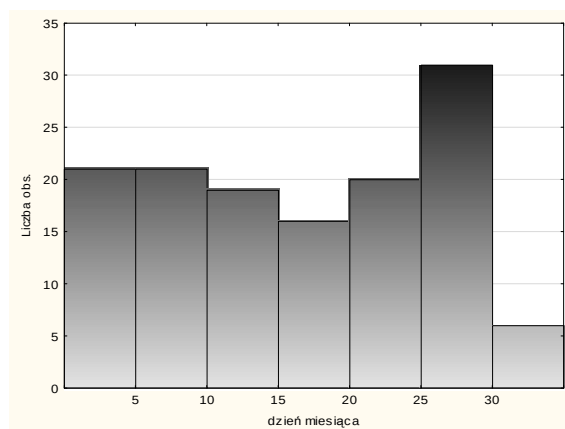
Rysunek 7 pokazujący histogramy zmiennej *dzień_rok* dla poszczególnych lat, sugeruje, że w ostatnim czasie rozkład ulega coraz większemu wyrównaniu. W rezultacie dalsza analiza w oparciu o dane z kolejnych lat, pozwoli wykazać, że rozkład liczby zdarzeń jest jednostajny.



Rys. 7. Histogram wartości zmiennej ciągłej *dzień_rok* w rozbiciu na kolejne lata kalendarzowe

Fig. 7. Histogram of the *day_year* continuous variable values with division into successive calendar years

Zmienna *dzień_miesiąc* przyjmuje wartości od 1 do 31. Mimo że jest to wartość całkowita, uznana została za zmienną ciągłą, analogicznie do zmiennej *dzień_rok*. Histogram tej zmiennej został przedstawiony na rysunku 8.



Rys. 8. Histogram wartości zmiennej ciągłej *dzień_miesiąc*

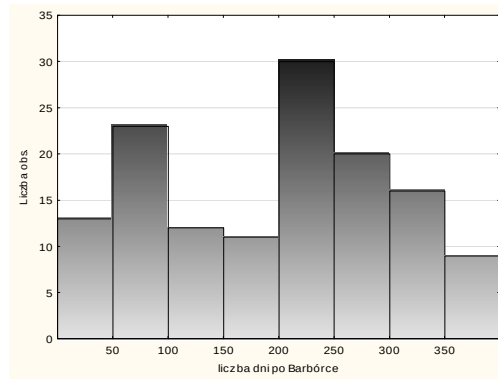
Fig. 8. Histogram of the *day_month* continuous variable values

Próby odrzucenia hipotezy zerowej, mówiącej o równomiernym rozkładzie liczby zdarzeń w miesiącu nie zostały poparte żadnymi testami statystycznymi, wynikają jedynie z przesłanek intuicyjnych. Test Kołmogorowa-Smirnowa wskazuje wprawdzie wartość $p = 0,10945$, jednak już test chi-kwadrat – wartość znacznie większą, tj. $p = 0,14392$. Wyłącznie dalsza obserwacja częstości występowania zdarzeń w poszczególnych dniach miesiąca (w ciągu kolejnych lat) może dostarczyć danych, które pozwolą statystycznie potwierdzić nierównomierność owego rozkładu.

Funkcjonującym stereotypem związanym z wypadkowością w kopalniach węgla kamiennego jest związek między liczbą lub też częstotliwością występowania zdarzeń, a nadchodzącym bądź mijającym Dniem Górnika, popularnie zwanym Barbórką. W związku z tym zostały skonstruowane dwie zmienne ciągłe, które stanowią modyfikację zmiennej *dzień_rok*:

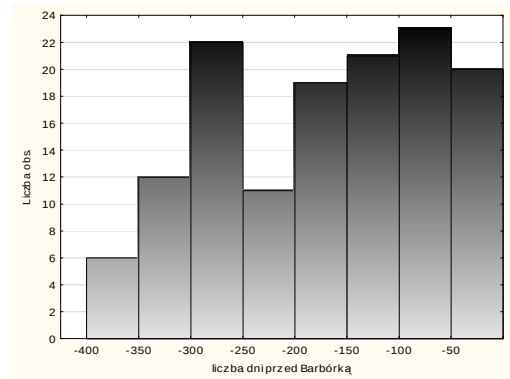
- pierwsza informuje o liczbie dni od ostatniej Barbórki, czyli *barbórka_po*,
- druga odlicza dni pozostałe do kolejnej Barbórki, czyli *barbórka_przed*.

Histogram pierwszej z nich został przedstawiony na rysunku 9.



Rys. 9. Histogram wartości zmiennej ciągłej *barbórka_po*

Fig. 9. Histogram of the after 4th December (*barbórka_day_after*) continuous variable values



Rys. 10. Histogram wartości zmiennej ciągłej *barbórka_przed*

Fig. 10. Histogram of the before 4th December (*barbórka_day_before*) continuous variable values

Zaobserwowano dużą zgodność histogramu zmiennej *barbórka_po* z histogramem przedstawionym na rysunku 6 (zmienna *dzień_rok*), tzn. spadek dla dni przypadających na końcówkę roku oraz wzrost dla okresu letniego. Próba dopasowania znanych niesymetrycznych (skośnych) rozkładów, takich jak Gamma, log-normalny, chi-kwadrat nie dały oczekiwanych rezultatów. Trudno zatem wnioskować o określonym lokalnym maksimum częstości zdarzeń w okresie bezpośrednio po Dniu Górnika.

Dla zmiennej *barbórka_przed*, odliczającej czas do zbliżającego się Dnia Górnika, przeprowadzono podobną analizę. Histogram zmiennej przedstawiono na rysunku 10. Także i w tej sytuacji dopasowanie znanych niesymetrycznych rozkładów nie przyniosło spodziewanych efektów. Z drugiej strony zachowanie zmiennej także potwierdza związek ze zmienną *dzień_rok*, gdyż maksimum przypada na okres letni.

3.2. Kategoryzacja okoliczności zdarzeń śmiertelnych

Szczegółowa analiza opisów wypadków ze skutkiem śmiertelnym, udostępnionych przez Wyższy Urząd Górniczy, prowadzi do wskazania następujących okoliczności ich występowania:

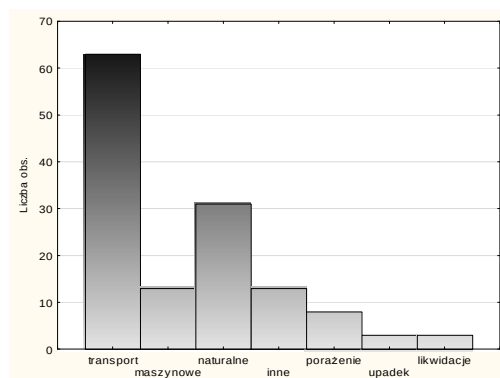
- zetknięcie się z maszynami ładującymi i urabiającymi,
- zetknięcie się z maszynami i urządzeniami mechanicznymi w ruchu,
- zawał skał stropowych,
- zagrożenie tąpniętami,
- zagrożenie metanowe oraz wybuchem pyłu węglowego,
- zagrożenie metanowe,
- wykonywanie robót likwidacyjnych ścian,
- wejście do atmosfery,
- upadek z wysokości,
- transport w wyrobiskach pionowych,

- transport ręczny,
- transport przenośnikiem zgrzeblowym,
- transport przenośnikiem taśmowym,
- transport przenośnikami,
- transport lokomotywowy,
- transport linowy,
- transport kolejką spągową zębatą elektryczną,
- transport kolejką spągową,
- transport kolejkami podwieszonymi i spagowymi,
- transport kolejką podziemną,
- transport,
- spadnięcie, wywrócenie obudowy lub jej elementów,
- porażenie prądem elektrycznym,
- oberwanie się skał ze stropu i ociosów,
- inne.

Przedstawiona kategoryzacja powstała w oparciu o roczne zestawienia, jednak już teraz zauważalna jest niekonsekwencja w przypisywaniu wypadków do poszczególnych okoliczności. Pomijając jednak ten fakt, zasadne wydaje się stwierdzenie, że stosowanie aż 25 etykiet okoliczności dla zachodzących zjawisk jest, z punktu widzenia dalszej analizy, rozwiązaniem niewłaściwym.

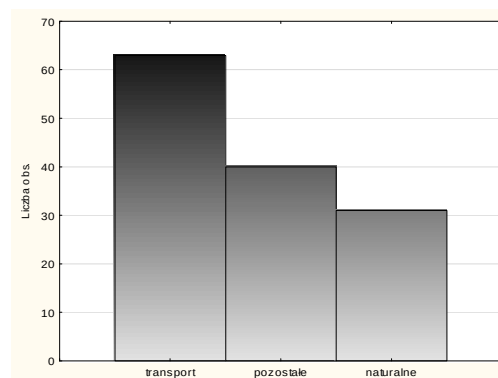
Pierwszy etap agregowania okoliczności polegał na połączeniu wszystkich zdarzeń związanych z transportem w jedną grupę (kategorię), określoną następnie jako *transport*. Druga kategoria to okoliczności *naturalne*, obejmująca zdarzenia, takie jak: oberwanie się skał ze stropu i ociosów, zawał skał stropowych, zagrożenia metanowe, tąpniętami i wybuchem pyłu węglowego oraz wejście do atmosfery niezdanej do oddychania¹. Połączone w grupę okoliczności *maszynowe* zostały również: zetknięcie się z maszynami i urządzeniami mechanicznymi w ruchu oraz spadnięcie, wywrócenie obudowy lub jej elementów. Pozostałe kategorie nie zostały połączone. Pierwszy poziom agregacji odbył się zatem z uwzględnieniem charakteru okoliczności. Histogram nowej kategoryzacji został przedstawiony na rysunku 11.

¹ Zdarzenie polegające na wejściu do atmosfery niezdanej do oddychania jest zdarzeniem o dwojakiej naturze. Z jednej strony atmosfera taka pojawia się bez bezpośredniej ingerencji człowieka, co sugeruje zaklasyfikowanie zdarzenia jako naturalne. Z drugiej strony świadome wejście pracownika w taki rejon może przemawiać za uznaniem zdarzenia jako wywołane przez czynnik ludzki. W ramach przeprowadzonych badań przyjęto pierwszą interpretację.



Rys. 11. Histogram okoliczności zdarzeń
– pierwszy poziom agregacji

Fig. 11. Histogram of the accident circumstances
– the first level of aggregation



Rys. 12. Histogram okoliczności zdarzeń
– drugi poziom agregacji

Fig. 12. Histogram of the accident circumstances
– the second level of aggregation

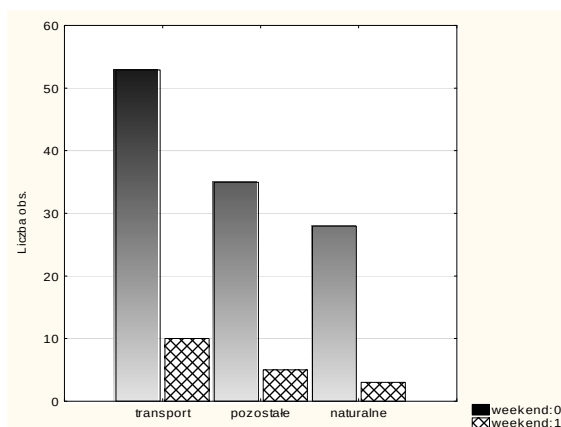
Drugi etap agregowania okoliczności został podyktowany silnym niezrównoważeniem liczności poszczególnych grup. W związku z tym zdecydowano się na połączenie kategorii o liczności poniżej 20 w jedną o nazwie *pozostałe*. Histogram okoliczności zdarzeń na drugim stopniu agregacji przedstawia rysunek 12.

3.3. Analiza z uwzględnieniem okoliczności

3.3.1. Analiza zmiennych binarnych

Rysunek 13 przedstawia dwa histogramy, opisujące liczbę zdarzeń w zależności od okoliczności oraz dnia zajścia zdarzenia – w dzień roboczy lub weekend. Zauważyć można, że proporcjonalny rozkład kategorii względem wartości zmiennej *weekend* nie zależy od wartości tej zmiennej. Zjawisko to jest zdecydowanie bardziej widoczne w tabeli 1 dwudzielczej. Pozwala ona odczytać, jaka część zdarzeń każdej z kategorii przypada na ogół zdarzeń, przy konkretnej wartości zmiennej *weekend*. W ten sposób uzyskano następujące informacje:

- udział kategorii *transport* w kategorii *dni robocze* to około 46%,
- udział kategorii *pozostałe* to około 30%,
- udział kategorii *naturalne* to około 24%,
- analogiczne wartości udziałów w kategorii *dni wolne* od pracy to odpowiednio 56%, 28% oraz 17%.



Rys. 13. Skategoryzowany histogram okoliczności zdarzeń (wg zmiennej *weekend*)

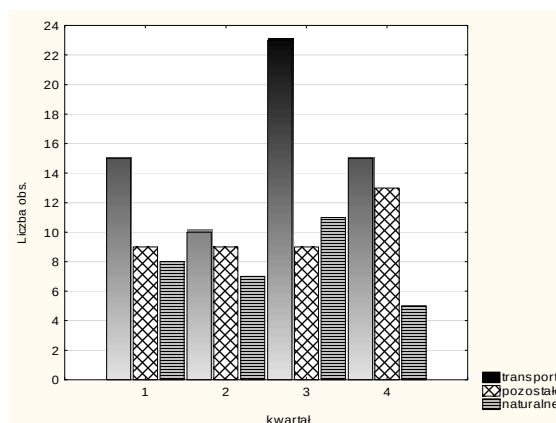
Fig. 13. Categorized histogram of the accident circumstances (by a *weekend* variable)

Tabela 1. Tabela dwudzielcza rozkładu kategorii okoliczności względem zmiennej *weekend*

	nadkategoria	weekend 0	weekend 1	Wiersz Razem
Liczba	transport	53	10	63
% z kolumny		45,69%	55,56%	
% z wiersza		84,13%	15,87%	
% z całości		39,55%	7,46%	47,01%
Liczba	pozostałe	35	5	40
% z kolumny		30,17%	27,78%	
% z wiersza		87,50%	12,50%	
% z całości		26,12%	3,73%	29,85%
Liczba	naturalne	28	3	31
% z kolumny		24,14%	16,67%	
% z wiersza		90,32%	9,68%	
% z całości		20,90%	2,24%	23,13%
Liczba	Ogół	116	18	134
% z całości		86,57%	13,43%	

3.3.2. Analiza zmiennych dyskretnych

Dokonując rozdziału częstości względem zmiennej *kwartał* otrzymano skategoryzowany histogram, tak jak na rysunku 14. Można zauważyć, że w przypadku kategorii *transport* oraz *naturalne* charakter liczności zdarzeń w *kwartale* jest niemal identyczny, jak w przypadku, gdy kategoria *okoliczności* nie była brana pod uwagę (porównaj z rys. 2). Oznacza to, iż rozkład kategorii *pozostałe* powinien być w miarę jednostajny, co znajduje potwierdzenie na niniejszym wykresie.



Rys. 14. Skategoryzowany histogram liczności zdarzeń w poszczególnych kwartałach roku

Fig. 14. Categorized histogram of the number of accidents in particular quarters of the year

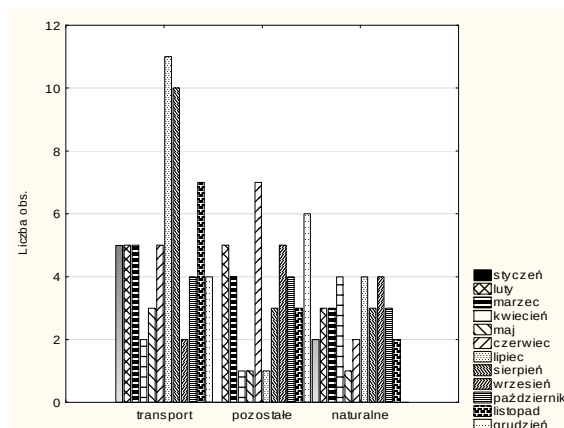
Inne zależności zauważono, obserwując zestawienie liczby zdarzeń w kontekście poszczególnych kwartałów (rys. 14). W trzecim kwartale zanotowano znaczący przyrost liczby zdarzeń w kategorii *transport*, przy niewielkim wzroście liczby zdarzeń w kategorii *naturalne*. Oznacza to, że zwiększona liczba zdarzeń w okresie letnim jest efektem wzrostu liczby zdarzeń tylko o charakterze transportowym. Zjawisko to jest widoczne w tabeli dwudzielczej 2. W kategorii *pozostałe* w każdym kwartale udział liczby zdarzeń z tej kategorii kształtuje się na poziomie 22–32%, udział zdarzeń o charakterze naturalnym na poziomie 25–35%, podczas gdy udział zdarzeń o charakterze transportowym zmienia się znacząco od 15 do niemal 36%.

Tabela 2. Tabela dwudzielcza rozkładu kategorii okoliczności względem zmiennej *kwartał*

	nadkategoria	kwartał 1	kwartał 2	kwartał 3	kwartał 4	Wiersz Razem
Liczba	transport	15	10	23	15	63
% z kolumny		46,88%	38,46%	53,49%	45,45%	
% z wiersza		23,81%	15,87%	36,51%	23,81%	
% z całości		11,19%	7,46%	17,16%	11,19%	47,01%
Liczba	pozostałe	9	9	9	13	40
% z kolumny		28,13%	34,62%	20,93%	39,39%	
% z wiersza		22,50%	22,50%	22,50%	32,50%	
% z całości		6,72%	6,72%	6,72%	9,70%	29,85%
Liczba	naturalne	8	7	11	5	31
% z kolumny		25,00%	26,92%	25,58%	15,15%	
% z wiersza		25,81%	22,58%	35,48%	16,13%	
% z całości		5,97%	5,22%	8,21%	3,73%	23,13%
Liczba	Ogół	32	26	43	33	134
% z całości		23,88%	19,40%	32,09%	24,63%	

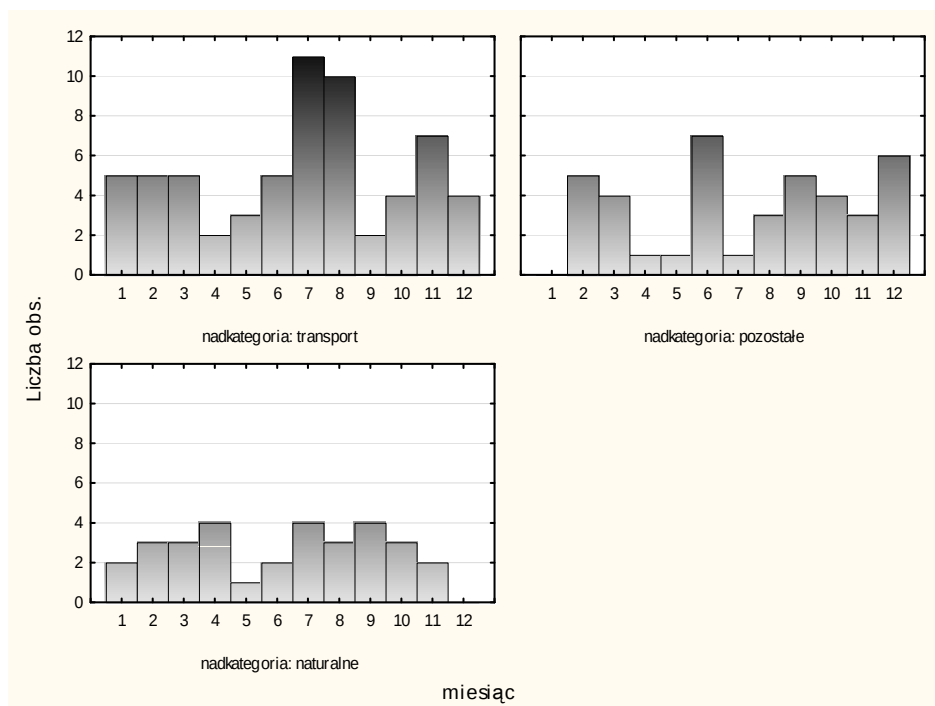
Warto przyjrzeć się także rozkładowi liczby zdarzeń poszczególnych kategorii na przestrzeni kolejnych miesięcy w roku (rys. 15). Ze względu na dużą liczbę wartości

zmiennej grupującej (12), analizę zależności można uprościć, przedstawiając ją w postaci rodziny odwróconych histogramów (histogram licznosci zdarzeń w miesiącu dla każdej z kategorii osobno). Zostało to zobrazowane na rysunku 16.



Rys. 15. Skategoryzowany histogram okoliczności zdarzeń (wg zmiennej *miesiąc*)

Fig. 15. Categorized histogram of the accident circumstances (by a *month* variable)

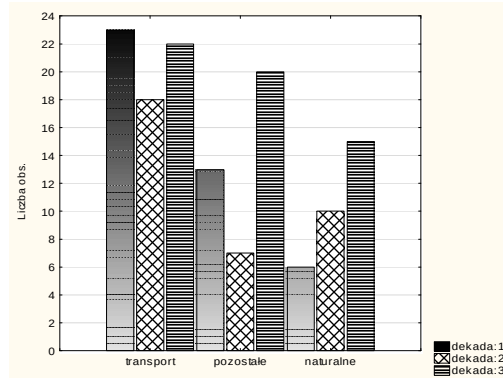


Rys. 16. Skategoryzowany histogram licznosci zdarzeń w miesiącu

Fig. 16. Categorized histogram of number of accidents in a month

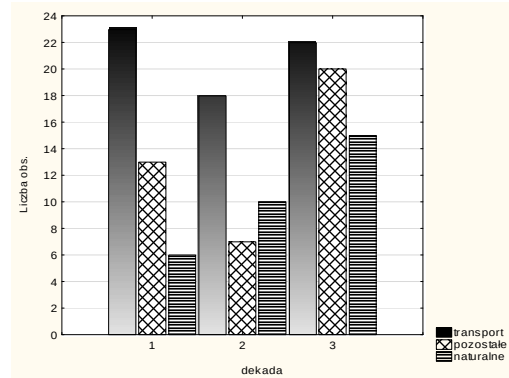
Zauważono po raz kolejny znaczący wzrost liczby zdarzeń z kategorii *transport*, przypadający na miesiące lipiec i sierpień. Widać także, że charakter częstości występowania zdarzeń o przyczynach naturalnych ma stały roczny rozkład.

Histogram rozkładu liczebności zdarzeń względem zmiennej *dekada* przedstawiono na rysunku 17. Rozkład liczby zdarzeń w kolejnych dekadach względem kategorii pokazano na rysunku 18. Bardzo interesująca jest liczba zdarzeń o charakterze naturalnym, silnie zróżnicowana względem dekady miesiąca. W przypadku zdarzeń *transportowych* rozkład ten jest stosunkowo równomierny, a w przypadku *pozostałych* – rośnie z końcem miesiąca. Wynika stąd, że za wzrost wypadkowości w trzeciej dekadzie odpowiedzialne są głównie zdarzenia ujęte w grupie *pozostałe*.



Rys. 17. Skategoryzowany histogram okoliczności zdarzeń (wg zmiennej *dekada*)

Fig. 17. Categorized histogram of the accident circumstances (by a *decade* variable)

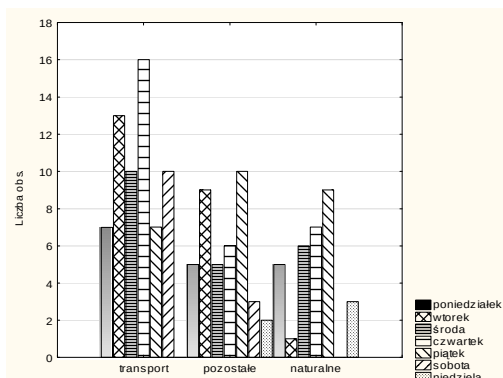


Rys. 18. Skategoryzowany histogram liczebności zdarzeń w poszczególnych dekadach miesiąca

Fig. 18. Categorized histogram of number of accidents in particular decades of a month

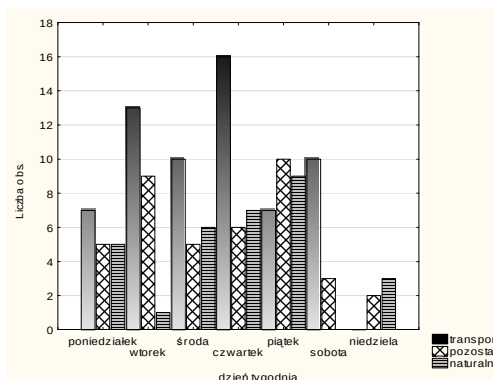
Analizując kolejne wykresy trudno zaobserwować konkretne znaczące zależności. Rozkład liczby zdarzeń każdej kategorii względem dnia tygodnia jest bowiem silnie zróżnicowany. Jednym z ciekawszych efektów jest brak zdarzeń o charakterze transportowym, zachodzących w niedziele oraz naturalnym w soboty. Pierwszy efekt można wytłumaczyć zmniejszoną intensywnością wydobywania w weekendy, natomiast drugi jest niezwykle trudny do uzasadnienia. Wciąż pozostaje pytanie: Dlaczego spośród 30 zdarzeń o charakterze naturalnym, który to charakter, jak pokazały wcześniejsze analizy, jest jednostajny w ciągu roku, żadne zdarzenie nie nastąpiło w sobotę? Średnia na każdy dzień tygodnia powinna bowiem wynosić około 3,5 zdarzenia.

Histogram rozkładu liczebności zdarzeń względem zmiennej *dzień_tydzień* przedstawiono na rysunku 19, natomiast rozkład liczby zdarzeń względem kategorii na rysunku 20.



Rys. 19. Skategoryzowany histogram okoliczności zdarzeń (wg zmiennej *dzień_tydzień*)

Fig. 19. Categorized histogram of the accident circumstances (by a *day_week* variable)

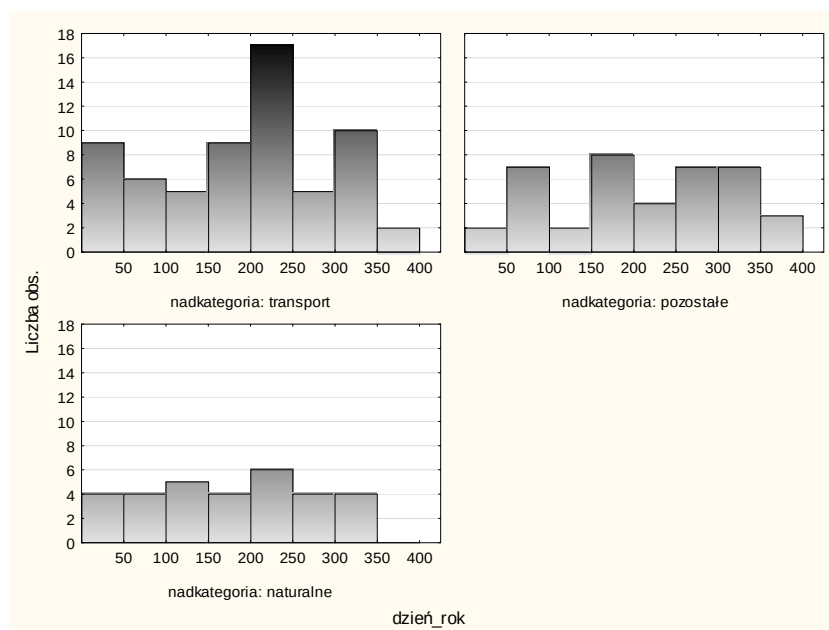


Rys. 20. Skategoryzowany histogram liczności zdarzeń w poszczególnych dniach tygodnia

Fig. 20. Categorized histogram of the number of accidents in particular days of the week

3.3.3. Analiza zmiennych ciągłych

Na rysunku 21 przedstawiono histogramy zmiennej *dzień_rok* w poszczególnych kategoriach.



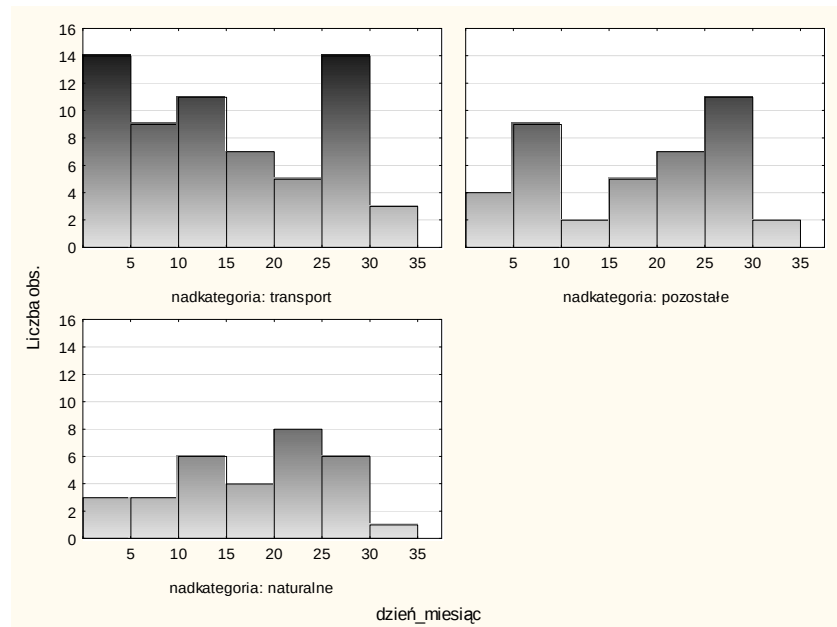
Rys. 21. Histogramy zmiennej *dzień_rok* dla poszczególnych kategorii zdarzeń

Fig. 21. Histograms of a *day_week* variable for each accident category

Na podstawie wykresów zauważono, że zgodnie z intuicją, rozkład zdarzeń o charakterze naturalnym jest w ciągu roku stały (jednostajny). Rozkład zdarzeń kategorii *pozostałe* ma charakter mniej jednostajny. Bardzo silnie zarysowany jest maksymalny rozkład wypadków transportowych dla okresu letniego. Można zatem wnioskować, że jest to zasadniczy czynnik zwiększający ogólną wypadkowość śmiertelną w lecie.

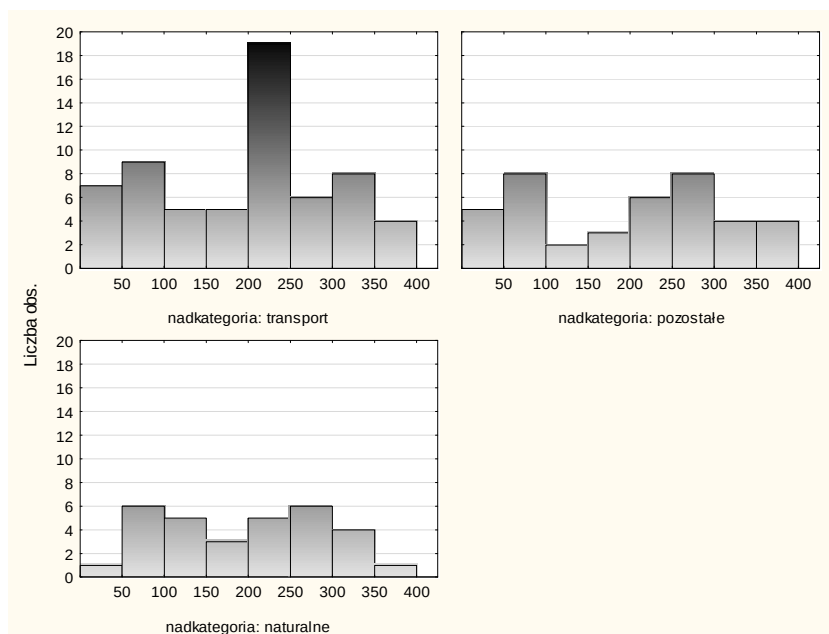
Rysunek 22 prezentuje histogramy zmiennej *dzień_miesiąc* dla poszczególnych kategorii. Wśród wszystkich kategorii można zauważyć znaczący wzrost liczby zdarzeń pod koniec miesiąca, zwłaszcza, że końcówka miesiąca to suma dwóch ostatnich przedziałów histogramu, gdyż przedział (30; 35) to licznosci zdarzeń przypadające na 31 dzień miesiąca. Można zatem wnioskować, że każda z kategorii wpływa na globalny efekt wzrostu wypadkowości śmiertelnej pod koniec miesiąca, przy czym największy wpływ ma kategoria określona jako *transport*.

Histogramy zmiennych *barbórka_po* i *barbórka_przed* z rozbiciem na poszczególne kategorie przedstawione są odpowiednio na rysunkach 23 i 24. Nie zauważono żadnych nowych zależności poza wskazanymi wcześniej, tj. wzrost liczby zdarzeń transportowych w miesiącach letnich oraz równomierny rozkład zdarzeń o charakterze naturalnym.



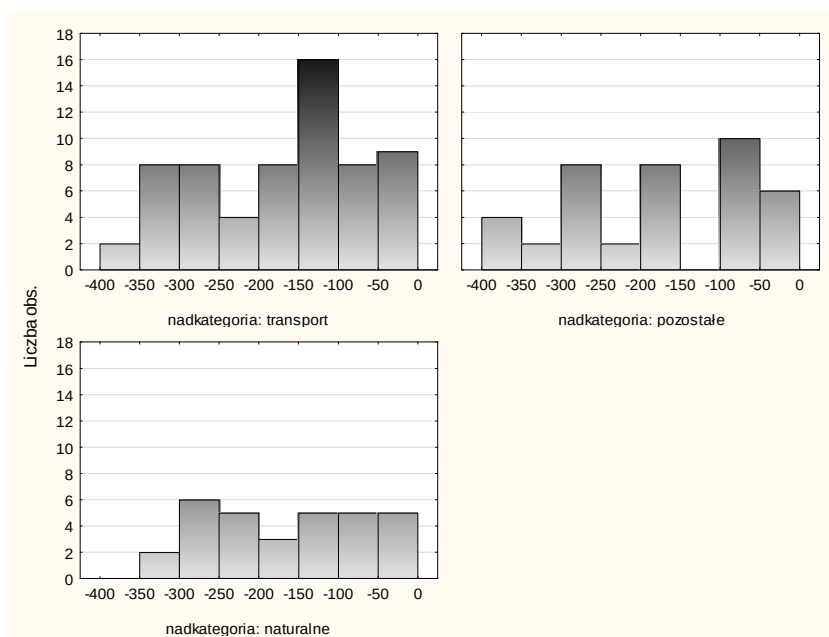
Rys. 22. Histogramy zmiennej *dzień_miesiąc* dla poszczególnych kategorii zdarzeń

Fig. 22. Histograms of a *day_month* variable for each accident category



Rys. 23. Histogramy zmiennej *barbórka_po* dla poszczególnych kategorii zdarzeń

Fig. 23. Histograms of the after 4th December (*barbórka_day_after*) variable for each accident category



Rys. 24. Histogramy zmiennej *barbórka_przed* dla poszczególnych kategorii zdarzeń

Fig. 24. Histograms of the before 4th December (*barbórka_day_before*) variable for each accident category

4. ANALIZA WYSTĘPOWANIA ZDARZEŃ ŚMIERTELNYCH W GÓRNICTWIE WĘGLA KAMIENNEGO W DZIEDZINIE CZASU

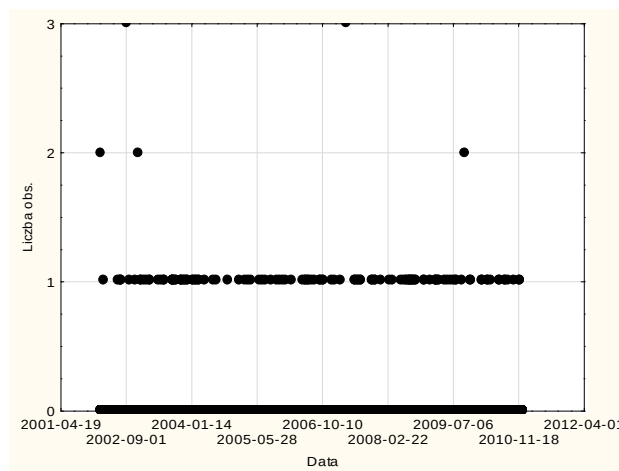
Dotychczasowa analiza nie uwzględniała żadnych zależności czasowych między poszczególnymi zdarzeniami zarówno w odniesieniu do ich okoliczności, jak i bez. Dane opisujące zdarzenia można traktować na dwa sposoby:

- jako szereg czasowy liczby zdarzeń w ciągu dnia (z uwzględnieniem nowej kategoryzacji okoliczności lub bez),
- jako szereg czasowy interwałów między zdarzeniami, liczonych w dniach (również z uwzględnieniem nowej kategoryzacji okoliczności lub bez).

Analizie pierwszego rodzaju szeregów zostanie poświęcona dalsza część artykułu, następnie zostanie przeprowadzona analiza drugiego rodzaju szeregów czasowych.

4.1. Analiza bez uwzględnienia okoliczności

Rysunek 25 przedstawia szereg czasowy, opisujący liczbę zdarzeń zachodzących w ciągu dnia. Dominującą wartością szeregu jest 0, ponieważ liczba obserwacji (dziedzina szeregu) to ponad 3000 dni, natomiast liczba zaobserwowanych zdarzeń to zaledwie 134.



Rys. 25. Wykres liczby zdarzeń (na dzień) w funkcji czasu
Fig. 25. Graph of the number of accidents (per day) as the function of time

W kolejnej części artykułu analizie zostaną poddane autokorelacje szeregu czasowego oraz jego periodogram w różnych dziedzinach: częstotliwościowej oraz okresowej.

Autokorelacje szeregu czasowego wyznacza się jako korelację punktów w przestrzeni dwóch zmiennych, którymi są: oryginalny szereg czasowy oraz jego odpowiednie opóźnienie. Zakładając, że szereg t składa się z n obserwacji, natomiast punktem zainteresowania jest autokorelacja rzędu k , badano korelację liniową Pearsona

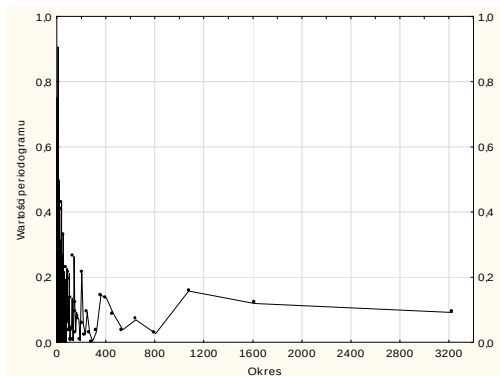
zbioru $n-k$ punktów o następujących współrzędnych: $(t_1, t_{k+1}), (t_2, t_{k+2}), (t_3, t_{k+3}) \dots (t_{n-k}, t_n)$. Periodogramy zostaną wyznaczone w oparciu o transformację Fouriera.

4.1.1. Analiza autokorelacji

Autokorelację szeregu opisującego zdarzenia śmiertelne wyznaczono dla wartości opóźnień od 1 do 80. Taka wartość graniczna wiązała się z jednorazowym pojawieniem się odstępu między kolejnymi zdarzeniami, równym 120. Dwukrotnie obserwowano wartości z zakresu $(80; 120)$. Wartości współczynników autokorelacji oraz korelacji liniowej Pearsona przyjmują jednakowe wartości, tj. $(-1; 1)$. W związku z tym wartości autokorelacji dla wszystkich opóźnień należy uznać za bardzo małe – ich wartości bezwzględne nie przekroczyły 0,05.

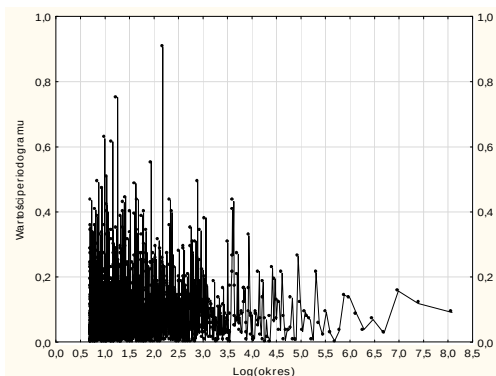
4.1.2. Analiza periodogramu

Rysunek 26 przedstawia periodogram dla szeregu czasowego zdarzeń o skutkach śmiertelnych. Ze względu na długość szeregu czasowego oraz znaczącą liczbę składowych o bardzo krótkim okresie, ten sam periodogram przedstawiono także przy użyciu zlogarytmowanej osi okresu (rys. 27). Niestety, na żadnym periodogramie nie można wskazać okresów interesujących składowych, których wkład w kompozycję szeregu byłby nie tylko istotny, ale i interpretowalny.



Rys. 26. Periodogram szeregu czasowego zdarzeń o skutkach śmiertelnych

Fig. 26. Periodogram of time series of fatal accidents



Rys. 27. Periodogram szeregu czasowego zdarzeń o skutkach śmiertelnych (zlogarytmowana oś okresu)

Fig. 27. Periodogram of time series of fatal accidents (logarithmed cycle axis)

4.2. Analiza z uwzględnieniem okoliczności zdarzeń

Wykres szeregu czasowego, przedstawiony na rysunku 25, nie pozwala zaobserwować żadnych potencjalnie interesujących zależności. W związku z tym dla szeregów czasowych związanych z poszczególnymi kategoriami nie zostaną przedstawione analogiczne rysunki.

4.2.1. Analiza autokorelacji

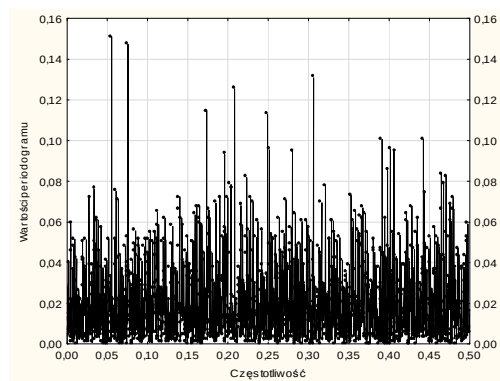
Na podstawie wartości interwałów między kolejnymi zdarzeniami z tej samej kategorii, uznano za potencjalnie interesujące następujące maksymalne wartości opóźnień, przy wyznaczaniu autokorelacji poszczególnych szeregów czasowych:

- *naturalne*: 250 (pominięto jedną obserwację o wartości ponad 400),
- *transport*: 170 (pominięto jedną obserwację o wartości ponad 220),
- *pozostałe*: 200 (pominięto trzy obserwacje: 577, 280, 214).

Niestety, po wyznaczeniu wartości funkcji autokorelacji dla żadnej z kategorii nie można wskazać interesującej pod względem powtarzalności zjawiska autokorelacji w jej szeregu czasowym. Podobne wnioski uzyskano, analizując periodogramy poszczególnych szeregów czasowych.

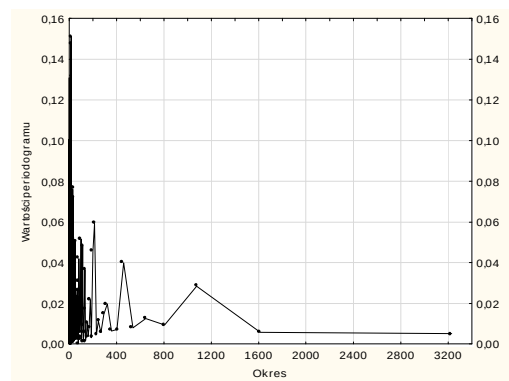
4.2.2. Analiza periodogramu

Periodogram w dziedzinie częstotliwości dla szeregu czasowego zdarzeń o skutkach śmiertelnych w kategorii *naturalne* przedstawiono na rysunku 28. Nie jest możliwe wskazanie żadnych interesujących składowych harmonicznych, które są odpowiedzialne za powtarzalne, cykliczne występowanie zdarzeń ze wspomnianej kategorii. Analiza taka często wspomagana jest analogicznym wykresem rysowanym jednak w dziedzinie czasowej, tzn. jednostką na osi *X* nie jest częstotliwość składowej, ale jej okres. Taki periodogram przedstawiono na rysunku 29.



Rys. 28. Periodogram szeregów czasowych zdarzeń o skutkach śmiertelnych w dziedzinie częstotliwości (kategoria *naturalne*)

Fig. 28. Periodogram of the time series of fatal accidents in the domain of frequency (category *natural*)



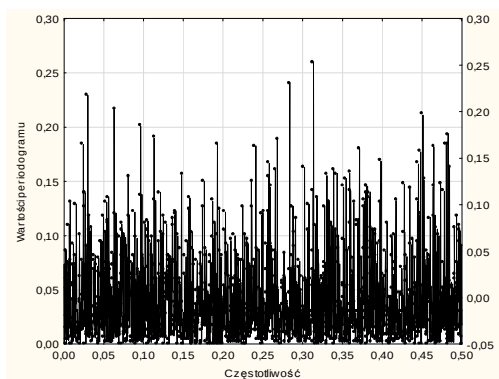
Rys. 29. Periodogram szeregów czasowych zdarzeń o skutkach śmiertelnych (kategoria *naturalne*)

Fig. 29. Periodogram of the time series of fatal accidents (category *natural*)

Cechą charakterystyczną poniższego wykresu jest silne zagęszczenie argumentów w lewej części dziedziny. Efekt ten utrudnia wskazanie potencjalnie interesujących okresów powtarzania się zjawiska. W takich sytuacjach zazwyczaj pomocne jest prze-

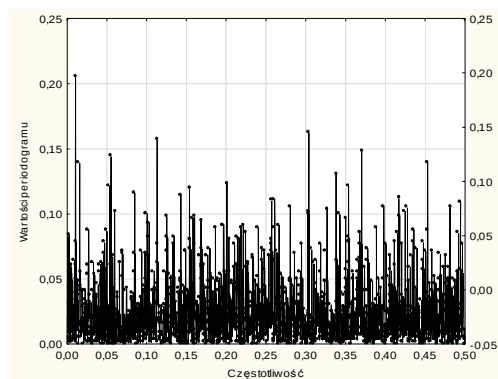
kształcenie osi X w oś $\log(X)$, jednak w omawianym przypadku przekształcenie to nie przyniosło oczekiwanych rezultatów.

Poniższe wykresy przedstawiają periodogramy w dziedzinie częstotliwości dla szeregów związanych ze zdarzeniami zaliczanymi do kategorii *transport* (rys. 30) oraz *pozostałe* (rys. 31). Charakter tych wykresów nie różni się w znaczący sposób od wykresu dla szeregu związanego ze zdarzeniami należącymi do kategorii *naturalne*. Wynika stąd, że dla wymienionych szeregów wskazanie składowych, interesujących z punktu widzenia analizy, nie jest możliwe. W związku z tym periodogramy w dziedzinie czasu oraz czasu logarytmowanego nie zostaną zamieszczone w niniejszym artykule.



Rys. 30. Periodogram szeregu czasowego zdarzeń o skutkach śmiertelnych w dziedzinie częstotliwości (kategoria *transport*)

Fig. 30. Periodogram of the time series of fatal accidents in the domain of frequency (category *transport*)



Rys. 31. Periodogram szeregu czasowego zdarzeń o skutkach śmiertelnych w dziedzinie częstotliwości (kategoria *pozostałe*)

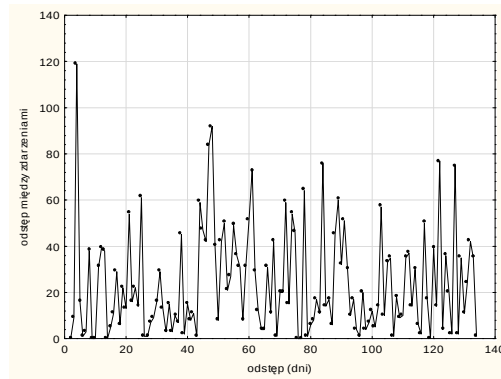
Fig. 31. Periodogram of the time series of fatal accidents in the domain of frequency (category *other*)

5. ANALIZA INTERWAŁÓW MIĘDZY ZDARZENIAMI ŚMIERTELNYMI W GÓRNICTWIE WĘGLA KAMIENNEGO

Założenie, w którym interwał jest pewną realizacją szeregu czasowego, to drugie podejście analizowania interwałów między poszczególnymi zdarzeniami. Przyjęto zatem, że punktem zainteresowania będzie zachowanie kolejnych wartości szeregu interwałów.

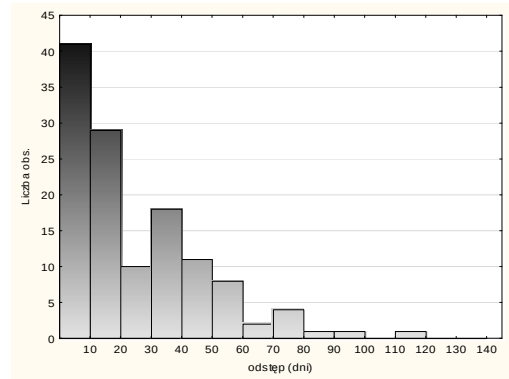
5.1. Analiza bez uwzględniania okoliczności

Przebieg szeregu czasowego interwałów dla odstępów między poszczególnymi zdarzeniami o skutkach śmiertelnych przedstawiono na rysunku 32. Wartości tego szeregu posłużyły między innymi do wyznaczenia ograniczenia liczby analizowanych opóźnień przy analizie autokorelacji szeregu w punkcie 4.1.1.



Rys. 32. Wykres odstępów (w dniach) między poszczególnymi zdarzeniami

Fig. 32. Chart of intervals (in days) between particular accidents



Rys. 33. Histogram odstępów (w dniach) między zdarzeniami

Fig. 33. Histogram of intervals (in days) between the accidents

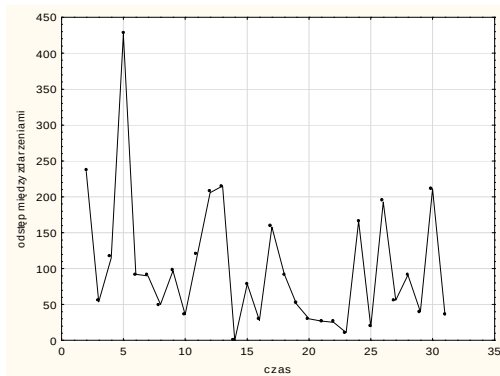
Histogram szeregu odstępów między poszczególnymi zdarzeniami o skutkach śmiertelnych przedstawiony został na rysunku 33. Jest to rozkład niesymetryczny, co wynika z samej natury zjawiska. W najlepszy sposób omawianą zależność opisuje rozkład wykładniczy. Test statystyczny na zgodność z tym rozkładem wykazuje wartość $p = 0,23847$. Oznacza to brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej, tzn. zależności odstępów między kolejnymi zdarzeniami o skutkach śmiertelnych mają rozkład wykładniczy. Porównując, dla zwykłego rozkładu uzyskuje się wartość $p = 0,00044$, dla rozkładu Gamma $p = 0,00018$, natomiast dla rozkładu chi-kwadrat $p = 0,00000$.

5.2. Analiza z uwzględnieniem okoliczności

Kolejne wykresy prezentują przebiegi szeregów czasowych odstępów między zdarzeniami dla poszczególnych kategorii:

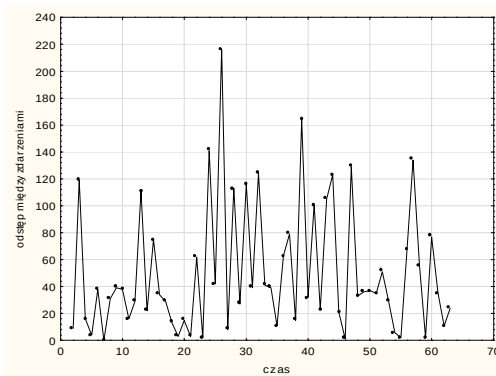
- *naturalne* – rysunek 34,
- *transport* – rysunek 35,
- *pozostałe* – rysunek 36,
- zestawienie wszystkich trzech szeregów czasowych – rysunek 37.

Odstępy między zdarzeniami o charakterze transportowym oraz z kategorii *pozostałe* kształtuje podobny rozkład. Jest on zupełnie inny niż w przypadku zdarzeń charakteryzujących się genezą naturalną. W przypadku pierwszych dwóch szeregów kształt rozkładu wydaje się zgodny z przewidywaniami, jednak w ostatnim szeregu odstępstwo to może być wynikiem posiadania bardzo małej liczby obserwacji dla tego szeregu.



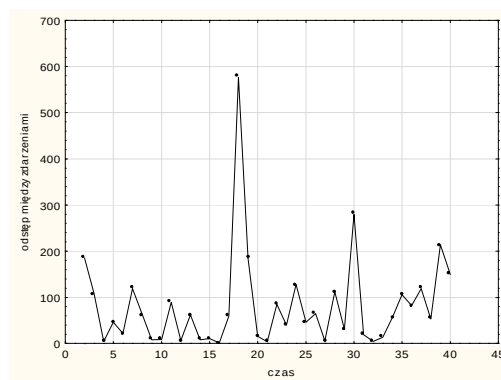
Rys. 34. Wykres odstępów (w dniach) między poszczególnymi zdarzeniami (kategoria *naturalne*)

Fig. 34. Chart of intervals (in days) between particular accidents (category *natural*)



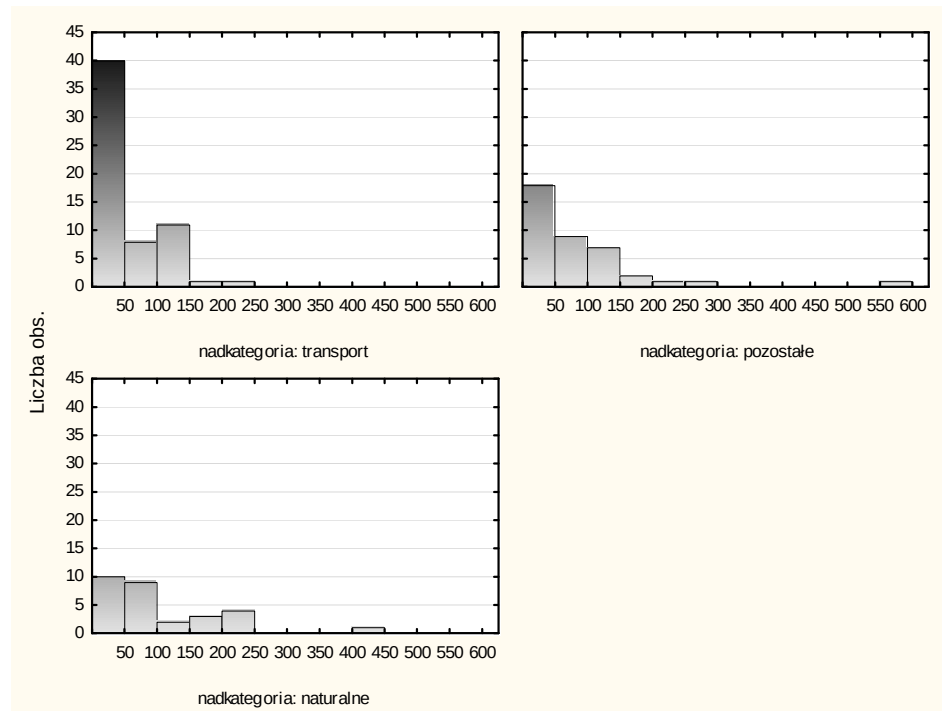
Rys. 35. Wykres odstępów (w dniach) między poszczególnymi zdarzeniami (kategoria *transport*)

Fig. 35. Chart of intervals (in days) between particular accidents (category *transport*)



Rys. 36. Wykres odstępów (w dniach) między poszczególnymi zdarzeniami (kategoria *pozostałe*)

Fig. 36. Chart of intervals (in days) between particular accidents (category *other*)



Rys. 37. Histogram odstępów (w dniach) między zdarzeniami dla każdej z kategorii zdarzeń
Fig. 37. Histogram of intervals (in days) between the accidents for each accident category

5. WNIOSKI

W ramach przeprowadzonych badań analizowano wypadki ze skutkiem śmiertelnym, które miały miejsce w latach 2002–2010. Tematem analizy był nie zasięg występowania takich wypadków, lecz same zależności ich występowania. W związku z tym zostało wprowadzone pojęcie zdarzenia dla nieodróżnienia pojedynczego wypadku śmiertelnego od kilku wypadków będących skutkiem tego samego incydentu (pożar, wybuch metanu itp.). Na podstawie tak zbudowanej definicji uzyskano liczbę 134 zdarzeń. Zgodnie z rocznikami publikowanymi przez Wyższy Urząd Górniczy zdarzenia te zostały przypisane do nieformalnych 25 kategorii.

W niniejszym artykule, na podstawie powyższych kategorii, zaproponowano wstępną agregację do liczby 7. Dalsze badania doprowadziły do ostatecznego uzyskania trzech kategorii, tj. *naturalne*, *transportowe*, *pozostałe*. Analiza występowania zdarzeń została przeprowadzona zarówno z uwzględnieniem uzyskanych kategorii, jak i zbiorczo.

Przeprowadzona analiza pozwoliła sformułować następujące wnioski:

1. Zdarzenia o skutkach śmiertelnych zachodzą zdecydowanie częściej w dni robocze niż w weekendy. Charakter rozkładu jest jednakowy zarówno ogólnie, jak i w poszczególnych kategoriach.

2. W obrębie tygodnia zdarzenia najczęściej były obserwowane w czwartki oraz piątki, rzadziej w soboty i niedziele.
3. Brak zdarzeń o charakterze transportowym w niedziele oraz o charakterze naturalnym w soboty.
4. Rozkład liczby zdarzeń według miesięcy i kwartałów wskazuje na częstsze występowanie zdarzeń w miesiącach letnich, w szczególności w lipcu i sierpniu.
5. Rozkład zdarzeń z kategorii *transport* oraz *naturalne* zgadza się z rozkładem ogólnym, natomiast zdarzenia *pozostałe* w każdym z kwartałów występują równie często.
6. Za wzrost wypadkowości w okresie letnim odpowiadają zasadniczo tylko zdarzenia o charakterze transportowym.
7. Zdarzenia najrzadziej występują w styczniu, kwietniu i maju.
8. W obrębie miesiąca obserwowano wzrost liczby zdarzeń w ostatniej dekadzie, spowodowany w porównywalnym stopniu przez wzrost liczby zdarzeń z kategorii *pozostałe* oraz *naturalne*.
9. Rozkład kategorii *transport* oraz *pozostałe* zgadza się z rozkładem według dekad miesiąca, natomiast zdarzenia z kategorii *naturalne* z dekady na dekadę występują coraz częściej.
10. Na przestrzeni dziewięciu lat, rozkład liczby zdarzeń w funkcji kolejnego dnia roku przyjmuje coraz bardziej równomierny charakter.
11. Rozkład liczby zdarzeń w funkcji dnia miesiąca nie jest jednorodny, z maksimum przypadającym na ostatni tydzień.
12. Zdarzenia *naturalne* mają dość równomierny rozkład w ciągu roku względem dni, mniej równomierny mają zdarzenia *pozostałe*, a zdarzenia *transportowe* intensyfikują się w miesiącach letnich.
13. Obchody Dnia Górnika nie wpływają na rozkład częstości występowania zdarzeń zarówno globalnie, jak i w obrębie poszczególnych kategorii.
14. Szereg czasowy ogólny występowania zdarzeń oraz analogiczne szeregi czasowe dla poszczególnych kategorii nie wykazują autokorelacji ani okresowości.
15. Rozkład odstępów między zdarzeniami jest rozkładem wykładniczym. Wśród kategorii rozkład najbliższy wykładniczemu ma kategoria *pozostałe*.

Przeprowadzone badania pokazują nowy kierunek analizy wypadkowości w górnictwie węgla kamiennego. Spojrzenie to powinno być kontynuowane w kolejnych latach, gdyż stanowi uzupełnienie istniejących już zestawień publikowanych przez Wyższy Urząd Górniczy. Zaproponowany schemat postępowania można także w przyszłości rozszerzyć na pozostałe obszary górnictwa.

Literatura

1. Dubiński J., Konopko W. (2000): *Tąpania – ocena, prognoza, zwalczanie*. Katowice, Główny Instytut Górnictwa.
2. Konopko W. red. (2011): *Raport roczny (2010) o stanie podstawowych zagrożeń naturalnych i technicznych w górnictwie węgla kamiennego*. Katowice, Główny Instytut Górnictwa.
3. Konopko W. red. (2010): *Warunki bezpiecznej eksploatacji pokładów węgla zagrożonych metanem, tąpaniami i pożarami endogenicznymi*. Katowice, Główny Instytut Górnictwa.

4. Lebecki K. (2004): Zagrożenia pyłowe w górnictwie. Katowice, Główny Instytut Górnictwa.
5. Stan bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie w 2002 roku. Katowice, Wyższy Urząd Górniczy 2003.
6. Stan bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie w 2003 roku. Katowice, Wyższy Urząd Górniczy 2004.
7. Stan bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie w 2004 roku. Katowice, Wyższy Urząd Górniczy 2005.
8. Stan bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie w 2005 roku. Katowice, Wyższy Urząd Górniczy 2006.
9. Stan bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie w 2006 roku. Katowice, Wyższy Urząd Górniczy 2007.
10. Stan bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie w 2007 roku. Katowice, Wyższy Urząd Górniczy 2008.
11. Stan bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie w 2008 roku. Katowice, Wyższy Urząd Górniczy 2009.
12. Stan bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie w 2009 roku. Katowice, Wyższy Urząd Górniczy 2010.
13. Stan bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie w 2010 roku. Katowice, Wyższy Urząd Górniczy 2011.