

Biblioteka Główna i OINT
Politechniki Wrocławskiej



100100225292

Bożena Hoła

Modelowanie jakościowe i ilościowe wypadkowości w budownictwie



Bożena HOŁA

Qualitative and quantitative modelling of
accident situation in building industry



Bożena Hoła

Modelowanie jakościowe i ilościowe wypadkowości w budownictwie



146055

Recenzenci
Kazimierz Czapliński
Roman Marcinkowski

Opracowanie redakcyjne i korekta
Alicja Kordas

Projekt okładki
Zofia i Dariusz Godlewscy



336844 L/1

Wszelkie prawa zastrzeżone. Opracowanie w całości ani we fragmentach nie może być powielane ani rozpowszechniane za pomocą urządzeń elektronicznych, mechanicznych, kopiujących, nagrywających i innych bez pisemnej zgody posiadacza praw autorskich.

© Copyright by Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2008

ISSN 0324-9875

OFICyna WYDAWNICZA POLITECHNIKI WROCŁAWSKIEJ
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

Drukarnia Oficyny Wydawniczej Politechniki Wrocławskiej. Zam. nr 365/2008

2009/0023/D

Spis treści

Wykaz oznaczeń stosowanych w pracy	6
1. Wstęp	8
1.1. Przedmiot pracy	8
1.2. Cel i zakres pracy	10
2. Przegląd literatury przedmiotu	12
2.1. Aktualność i ważność podjętej tematyki	12
2.2. Obszary badań wypadkowości w literaturze	15
2.3. Podstawowe pojęcia i definicje stosowane w literaturze przedmiotu	23
2.3.1. Wypadek przy pracy	24
2.3.2. Uraz	26
2.3.3. Niebezpieczne wydarzenie	26
2.3.4. Zagrożenie	26
2.3.5. Przyczyny wypadku	28
2.4. Ocena wypadkowości w Polsce i w Unii Europejskiej	30
3. Proces produkcyjny w budownictwie, a wypadkowość	33
3.1. Podstawowe elementy funkcjonalne procesu produkcyjnego	33
3.2. Struktura procesu produkcyjnego w budownictwie	36
3.3. Schemat sytuacji wypadkowej	40
3.4. Charakterystyka środowiska pracy w budownictwie pod kątem zagrożeń zawodowych	41
3.4.1. Czynniki niebezpieczne, szkodliwe i uciążliwe w środowisku pracy	41
3.4.2. Identyfikacja źródeł generujących zagrożenia w trakcie prowadzenia robót budowlanych	44
3.4.3. Awarie i katastrofy budowlane oraz ich związek z wypadkami przy pracy	46
4. Zakres i metodyka badań własnych	51
4.1. Wykorzystane źródła zbiorów danych o wypadkach w budownictwie	51
4.2. Zakres przeprowadzonych badań, analiz i ocen	52
4.3. Metodyka badań	53
4.4. Identyfikacja związków przyczynowo-skutkowych w liczbowym opisie wypadkowości	56
5. Atrybuty wypadków przy pracy oraz zjawisk związanych z wypadkowością	65
5.1. Wypadkowość jako zjawisko masowe	65

5.2. Atrybuty wypadków przy pracy	67
5.2.1. Atrybuty związane ze zdarzeniem wypadkowym	67
5.2.2. Atrybuty związane z osobą poszkodowaną w wypadku przy pracy....	69
5.3. Atrybuty wypadkowości	71
5.3.1. Wypadkowość jako zjawisko jednorodne	71
5.3.2. Wypadkowość jako zjawisko niejednorodne.....	73
5.3.3. Podejście do wypadkowości jako zjawiska dynamicznego	74
5.4. Wskaźniki własne zastosowane w analizie wypadkowości	76
6. Modele tendencji rozwojowej wypadkowości w budownictwie	79
6.1. Przyjęte założenia	79
6.2. Opis modeli.....	81
6.3. Weryfikacja modeli	83
6.4. Analiza wypadkowości z wykorzystaniem modeli tendencji rozwojowej	84
6.4.1. Wypadkowość jako zjawisko jednorodne	84
6.4.2. Wypadkowość jako zjawisko niejednorodne.....	100
6.4.3. Wypadkowość jako zjawisko dynamiczne	104
6.5. Wnioski wynikające z analizy	126
6.5.1 Wnioski o charakterze ogólnym	126
6.5.2. Wnioski wynikające z przyjętej metodyki badania wypadkowości	128
6.5.3. Wnioski z analizy wypadkowości jako zjawiska statycznego jednorodnego	128
6.5.4. Wnioski z analizy wypadkowości jako zjawiska statycznego niejednorodnego	129
6.5.5. Wnioski z analizy wypadkowości jako zjawiska dynamicznego	130
7. Model przyczynowo-skutkowy wypadków przy pracy w budownictwie.....	133
7.1. Przyjęte założenia	133
7.2. Opis modelu i jego weryfikacja	135
7.3. Analiza wpływu poszczególnych przyczyn wypadków na liczbę wypadków ...	143
7.4. Wnioski wynikające z analizy	144
8. Podsumowanie i wnioski końcowe	146
8.1. Obecny stan badań wypadkowości w budownictwie.....	146
8.2. Podejście zaproponowane w pracy	147
8.3. Wnioski z analizy wypadkowości jako zjawiska jednorodnego	148
8.4. Wnioski z analizy wypadkowości jako zjawiska niejednorodnego	148
8.5. Wyniki z analizy wypadkowości jako zjawiska dynamicznego	149
8.6. Analiza przyczynowo-skutkowa wypadkowości w budownictwie	150
8.7. Wnioski dotyczące działań profilaktycznych	151
8.8. Proponowane kierunki dalszych badań.....	151
Literatura.....	153
Qualitative and quantitative modelling of accident situation in building industry ...	161

*Budownictwo, bezpieczeństwo pracy,
wypadkowość, wskaźniki oceny wypadkowości,
modele tendencji rozwojowej,
modele przyczynowo-skutkowe*

Bożena HOŁA*

MODELOWANIE JAKOŚCIOWE I ILOŚCIOWE WYPADKOWOŚCI W BUDOWNICTWIE

Budownictwo jest gałęzią gospodarki narodowej, charakteryzującą się wysokim poziomem zagrożeń dla życia i zdrowia pracowników oraz dużą wypadkowością. Wypadkowość jest skutkiem niebezpiecznych warunków pracy, dużej ich zmienności oraz niebezpiecznych zachowań pracowników. Pracodawca jest zobowiązany zapewnić bezpieczne warunki pracy zarówno ze względu na obowiązujące przepisy prawne, jak i na odpowiedzialność moralną za drugiego człowieka. Bezpieczne warunki pracy są ponadto jednym z podstawowych czynników, które decydują o pomyślności prowadzonej działalności gospodarczej.

W ocenie stanu bezpieczeństwa pracy ważną rolę odgrywają statystyki wypadków przy pracy. Dają one możliwość opracowania wskaźników służących do oceny wypadkowości oraz prowadzenia analiz porównawczych w zakresie badania sytuacji wypadkowej. W niniejszej rozprawie wypadkowość w budownictwie potraktowano jako zjawisko statyczne jednorodne, zjawisko statyczne niejednorodne oraz jako zjawisko dynamiczne. Do oceny i analizy wypadkowości zaproponowano własne wskaźniki wypadkowości, uwzględniające różne aspekty jej oceny i ujmujące je zarówno w ujęciu jakościowym, jak i ilościowym.

Aby opisać przebieg poszczególnych zjawisk, zbudowano modele tendencji rozwojowej wypadkowości w budownictwie, dokonano oceny wiarygodności tych modeli, a następnie przeanalizowano zgodność rzeczywistego i teoretycznego przebiegu badanych zjawisk, po czym wyciągnięto wnioski o charakterze ogólnym.

Z kolei, aby umożliwić przewidywanie poziomu wypadkowości – w zależności od liczby i charakteru przyczyn mogących inicjować wypadki przy pracy w budownictwie – opracowano analityczny model przyczynowo-skutkowy wypadkowości. Na podstawie wyników badań przeprowadzonych na opracowanym modelu określono wpływ, jaki poszczególne przyczyny mają na kształtowanie się liczby wypadków przy pracy. Uzyskane wyniki pozwalają określić kierunki zmian, jakie należy wprowadzić w profilaktyce wypadkowej, aby poprawić stan bezpieczeństwa pracy w budownictwie.

Przedstawione w rozprawie badania poszerzają obszar wiedzy dotyczącej wypadkowości w budownictwie. Sformułowane wnioski i uwagi końcowe mają znaczenie nie tylko teoretyczne, lecz także praktyczne.

*Instytut Budownictwa, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław.

Wykaz oznaczeń stosowanych w pracy

- $ds_{i,j}$ – liczba dniówek straconych wskutek absencji chorobowej w wypadku j w roku i
- f_s – relacja przyporządkowania elementom zbioru ZW_i elementów zbioru X_s
- $f_i(t)$ – funkcja tendencji rozwojowej w postaci wielomianu stopnia m
- $f_{i,t}(t)$ – funkcja tendencji rozwojowej w postaci wielomianu 1. stopnia
- $Ip_{i(i-1)}$ – łańcuchowy indeks dynamiki wartości produkcji budowlanej w roku i w stosunku do roku $i - 1$
- $Iw_{i(i-1),k}$ – łańcuchowe indeksy dynamiki częstości wypadków
- $Iw_{i/b,k}$ – jednopodstawowe indeksy dynamiki częstości wypadków
- $Ip_{i/b}$ – jednopodstawowy indeks wartości produkcji budowlanej w roku i w stosunku do roku podstawowego 1992
- $lo_{i,j}$ – liczba osób poszkodowanych w wypadku j w roku i
- $lo_{i,d,j}$ – liczba osób poszkodowanych w wypadku j w roku i , w województwie d
- $lp_{i,k}$ – liczebność zbioru $LP_{i,k}$, liczba osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy rodzaju k w roku i
- LP_i – zbiór osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy w okresie t_i
- $LP_{i,k}$ – zbiór osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy w okresie t_i , które doznały urazu rodzaju k
- $LP_{i,d}$ – zbiór osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy w okresie t_i w województwie d
- LZ_i – zbiór osób zatrudnionych w budownictwie w okresie t_i
- lz_i – liczebność zbioru LZ_i , liczba osób zatrudnionych w budownictwie w roku i
- P – zbiór przyczyn wypadków
- $P_{i,j}$ – zbiór przyczyn, które przyczyniły się do powstania wypadku $zw_{i,j}$
- $P_{i,d}$ – zbiór przyczyn, które spowodowały wypadki w przedziale czasu t_i w województwie d
- $P_{i,d,j}$ – zbiór przyczyn, które przyczyniły się do powstania wypadku j w województwie d i w okresie t_i
- $p_{i,j,g}$ – liczba przyczyn mających związek z wypadkiem j , który zdarzył się w okresie t_i , zakwalifikowanych do grupy g
- $p_{i,d,j,g}$ – przyczyna g stwierdzona w czasie wypadku j w województwie d i roku i
- PB_i – wartość produkcji budowlanej w roku t_i
- P_1 – niewłaściwy stan czynnika materialnego
- P_2 – niewłaściwa ogólna organizacja pracy
- P_3 – niewłaściwa organizacja stanowiska pracy

P_4	– brak czynnika materialnego lub niewłaściwe posługiwanie się czynnikiem materialnym przez pracownika
P_5	– nieużywanie sprzętu ochronnego przez pracownika
P_6	– niewłaściwe samowolne zachowanie się pracownika
P_7	– stan psychofizyczny pracownika niezapewniający bezpiecznego wykonywania pracy
P_8	– nieprawidłowe zachowanie się pracownika
t_i	– okres oznaczający kolejne lata badanego przedziału czasu
W	– zbiór wszystkich wskaźników wypadkowości w budownictwie
W_r	– zbiór wskaźników jednoimiennych
$w_{i,r}$	– wartość wskaźnika r osiągnięta w roku i
w_i^{wc}	– wskaźnik wzrostu cen w budownictwie w roku i w stosunku do roku $i - 1$
$w_{i,k,1000,p}$	– wskaźnik częstości wypadków rodzaju k w roku i w odniesieniu do 1 mld zł wartości produkcji budowlanej oraz 1000 zatrudnionych osób
$w_{i,k,1000}$	– wskaźnik częstości wypadków rodzaju k w przedziale czasu i w odniesieniu do 1000 osób zatrudnionych
$ws_{i,1000}$	– wskaźnik częstości standaryzowanej w przedziale czasu i w odniesieniu do 1000 osób zatrudnionych
$ws_{i,1000,p}$	– wskaźnik częstości standaryzowanej w przedziale czasu i w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób i 1 mld zł wartości produkcji budowlanej
$wz_{i/(i-1),k,p}$	– wskaźnik zmian dynamicznych dla łańcuchowych indeksów dynamiki
$wz_{i/b,k,p}$	– wskaźnik zmian dynamicznych dla jednopodstawowych indeksów dynamiki
wc_i	– wskaźnik ciężkości wypadków w roku i
X_s	– zbiór informacji o wypadkach pracy
ZW_i	– zbiór wypadków w okresie t_i
$ZW_{i,d}$	– zbiór wypadków w okresie t_i w województwie d
ZW	– zbiór wypadków przy pracy w całym badanym przedziale czasu
$zw_{i,j}$	– zdarzenie wypadkowe j (pojedynczy wypadek) w okresie t_i
$zw_{i,d,j}$	– zdarzenie wypadkowe j (pojedynczy wypadek) w okresie t_i w województwie d

Indeksy

d	– województwo
g	– grupa przyczyn wypadków
i	– kolejny rok kalendarzowy
j	– kolejny wypadek w okresie t_i
k	– ciężkość doznanych obrażeń
$k = 1$	– obrażenia lekkie
$k = 2$	– obrażenia ciężkie
$k = 3$	– obrażenia śmiertelne
$k = 4$	– obrażenia ogółem
l	– kolejna osoba poszkodowana w wypadku
r	– kolejny numer wskaźnika wypadkowości
s	– kolejna cecha wypadku j

1. Wstęp

1.1. Przedmiot pracy

Czynnikiem decydującym o pomyślności każdej działalności gospodarczej jest bezpieczeństwo pracy. Jest ono określone przez warunki istniejące w zakładzie pracy. Niebezpieczne warunki pracy mogą doprowadzić do powstania szkody, polegającej na: śmierci, ciężkim uszkodzeniu ciała, doznaniu obrażeń, choroby zawodowej, a ponadto do szkód materialnych [23, 89]. Bezpieczeństwo jest uwarunkowane stanem technicznym wyposażenia używanego w procesie pracy, dostosowaniem warunków środowiska pracy do możliwości człowieka oraz postawami, jakie przejawiają pracownicy wobec zagadnień bezpieczeństwa pracy.

W każdym środowisku pracy występują czynniki stanowiące zagrożenie dla człowieka. Mogą one być wynikiem podjętych działań, mogą też występować w środowisku samoistnie. Zarówno ze względów technicznych, jak i ekonomicznych nie jest możliwe całkowite wyeliminowanie zagrożeń występujących w środowisku pracy. Można je natomiast ograniczyć do możliwie niskiego poziomu. Występujące w środowisku pracy czynniki zagrożenia zawodowego mogą być przyczyną wypadków przy pracy lub chorób zawodowych.

Zapewnienie bezpiecznych warunków pracy jest wynikiem właściwie podjętej profilaktyki. Profilaktyka taka jest podyktowana następującymi przyczynami: obowiązkiem wynikającym z przepisów prawa, obowiązkiem moralnym, instynktem samozachowawczym człowieka oraz korzyścią ekonomiczną. Bezpieczne warunki pracy oraz bezpieczne zachowania pracowników nie powstają samoistnie, ale są ukształtowane według z góry przyjętego programu.

Minimalizacja, a tym bardziej likwidacja, zagrożeń zawodowych wymaga wcześniejszego ich poznania w celu podjęcia odpowiednich działań zapobiegawczych. W ocenie stanu bezpieczeństwa pracy dużą rolę odgrywają statystyki wypadków i chorób zawodowych. Pozwalają one formułować wnioski dotyczące potrzeby wprowadzania działań profilaktycznych oraz kierunków takich działań. Wśród różnorodnych mierników mających wpływ na ocenę bezpieczeństwa pracy szczególne miejsce zajmuje liczba wypadków i liczba chorób zawodowych. Aby umożliwić porównywanie poziomu różnorodnych zjawisk występujących pomiędzy różnymi zakładami tej samej branży czy też pomiędzy różnymi branżami, opracowywane są odpowiednie

wskaźniki [10, 18, 157, 159]. Pozwalają one określić poziom ryzyka zawodowego w danej branży oraz porównywać zmiany tego poziomu w poszczególnych przedziałach czasu. Większe wartości wskaźników są sygnałem pogorszenia, należy więc poszukiwać przyczyn zaistniałej sytuacji. Rosnące wartości wskaźników sygnalizują ponadto, że profilaktykę bezpieczeństwa należy zmienić, skorygować lub usprawnić.

Każda dziedzina działalności człowieka charakteryzuje się właściwą tylko sobie specyfiką. W porównaniu do innych działalności człowieka budownictwo charakteryzuje się bardzo dużą zmiennością warunków pracy, a zatrudnieni w tej sekcji pracownicy narażeni są przede wszystkim na działanie czynników niebezpiecznych, powodujących wypadki.

Termin **wypadkowość** jest pojęciem szerokim, można więc rozpatrywać i analizować wypadkowość w sensie ogólnym lub też bardziej szczegółowym [155]. Wypadkowość w sensie ogólnym będzie oznaczać zjawisko ulegania pracowników wypadkom w pracy w danej sekcji gospodarki narodowej lub w określonym zakładzie pracy. Termin wypadkowość w sensie szczególnym obejmuje natomiast przypadki szczególne, takie jak każdy wypadek w pracy.

Atrybutem zjawisk empirycznych, w tym również wypadkowości, jest pewna prawidłowość, którą można dostrzec w odpowiednio dużej masie badanego zjawiska. Cecha ta występuje niezależnie od tego, czy potrafimy opisać przebieg zjawiska w ramach odpowiedniej teorii czy też nie [9, 167]. Teoria powinna opisywać prawidłowości, którym podlega określone zjawisko. Zadaniem teorii jest nie tylko wyjaśnianie faktów, ale także ich przewidywanie. W omawianym tu obszarze teoria powinna więc określić przyszłe kształtowanie się wypadkowości dla danych lub założonych warunków.

Zainteresowanie problematyką bezpieczeństwa pracy w budownictwie znacznie się zwiększyło w ostatnich kilkunastu latach. Zmiany zachodzące w budownictwie polskim, związane między innymi z przekształceniami własnościowymi, miały negatywny wpływ na bezpieczeństwo pracy. Chęć osiągnięcia szybkiego i dużego zysku w nowo powstałych przedsiębiorstwach wiązała się w wielu przypadkach z obniżaniem kosztów ponoszonych na zapewnienie bezpieczeństwa pracy. Z drugiej strony starania Polski o wejście do Unii Europejskiej wiązały się z wypełnieniem przez stronę polską wielu zobowiązań, między innymi w zakresie dostosowania polskiego prawa do standardów prawnych Unii. Jedną z ważniejszych dziedzin objętych zmianami było bezpieczeństwo i ochrona zdrowia w procesie pracy. Przekształcenia własnościowe z jednej strony oraz zmiany w ustawodawstwie z drugiej strony miały niewątpliwie wpływ na kształtowanie się poziomu wypadkowości w budownictwie w rozpatrywanym przedziale czasu.

Na podstawie analizy literatury przedmiotu stwierdzono, że w Polsce brak jest opracowań naukowych dotyczących zagadnień bezpieczeństwa pracy w budownictwie, a publikowane dotychczas prace dotyczą jedynie strony praktycznej zagadnienia [31, 73, 74, 93, 94, 95, 166]. Brak naukowych analiz stanu bezpieczeństwa w budownictwie wskazuje więc na potrzebę podjęcia takich badań, dlatego przedmiotem tej

pracy jest propozycja teoretycznego opisu zjawisk związanych z wypadkowością w budownictwie polskim na podstawie danych statystycznych publikowanych przez Główny Urząd Statystyczny i wojewódzkie urzędy statystyczne.

Przedstawiona rozprawa wypełnia lukę w obszarze naukowego opracowania zagadnień dotyczących wypadkowości w tak ważnej dziedzinie działalności gospodarczej, jaką jest budownictwo.

1.2. Cel i zakres pracy

Podstawowym celem pracy jest analiza i ocena zjawisk związanych z wypadkowością w budownictwie. Pojęcie **wypadkowość** jest w rozprawie używane w znaczeniu ogólnie opisującym sytuację wypadkową w całym budownictwie jako sekcji gospodarki narodowej. Informacje zebrane w poszczególnych przedsiębiorstwach budowlanych składają się na obraz sytuacji w całej tej sekcji. Na podstawie prawidłowości zauważonych w przebiegu analizowanych zjawisk można więc opracować odpowiednie modele.

W pracy przedstawiono dwa kierunki badawcze:

➤ Pierwszy kierunek wiąże się z opracowaniem metodyki analizy i oceny wypadkowości w budownictwie. W tym celu, ze względu na dużą zmienność warunków pracy w budownictwie, opracowano własne wskaźniki wypadkowości uwzględniające różne aspekty oceny tego zjawiska. Za pomocą opracowanych wskaźników dokonano następnie analizy i oceny wypadkowości i opisano przebieg poszczególnych zjawisk modelami tendencji rozwojowej. Postacie analityczne tych modeli pozwoliły na sformułowanie ogólnego modelu tendencji rozwojowej wypadkowości w budownictwie.

➤ Drugi kierunek badań wiąże się z opracowaniem analitycznego modelu przyczynowo-skutkowego wypadkowości w budownictwie. Celem zbudowania tego modelu jest określenie, jaki wpływ mają poszczególne przyczyny – które mogą spowodować wypadek – na kształtowanie się liczby wypadków przy pracy. Model ten pozwoli przewidywać kształtowanie się poziomu wypadkowości na podstawie kierunków zmian wprowadzanych w profilaktyce wypadkowej.

W pracy, składającej się z ośmiu rozdziałów, przedstawiono kolejno:

Przegląd literatury przedmiotu zawarto w rozdziale 2. Zamieszczono w nim między innymi informacje dotyczące bezpieczeństwa pracy w budownictwie w różnych krajach. Potwierdzają one wagę i aktualność podjętej tematyki. Dokonano też analizy literatury związanej z przedmiotem rozprawy. Omówiono także różne aspekty związane z bezpieczeństwem pracy analizowane w literaturze, jak: aspekt ekonomiczny, społeczny czy moralny. W rozdziale tym podano też podstawowe pojęcia i definicje stosowane w pracy. Dalszą część rozdziału poświęcono zagadnieniu wypadkowości, wskaźników stosowanych dotychczas do oceny wypadkowości Polsce oraz metodologii oceny wypadkowości stosowanej w Unii Europejskiej.

Zagadnienia związane z charakterystyką procesu produkcyjnego w budownictwie w aspekcie wypadkowości przedstawiono w rozdziale 3. Omówiono w nim elementy procesu produkcyjnego, cechy charakterystyczne procesów budowlanych oraz ich strukturę. Wyjaśniono mechanizm powstawania wypadków przy pracy. Zwrócono uwagę na czynniki środowiska pracy będące zagrożeniem dla człowieka oraz źródła zagrożeń w robotach budowlanych. Podano też główne przyczyny awarii i katastrof budowlanych oraz określono ich związek z wypadkowością w budownictwie.

Zakres przeprowadzonych badań własnych oraz zastosowaną metodykę omówiono w rozdziale 4. Podano również źródła informacji na temat danych o wypadkach przy pracy w budownictwie, z których korzystano w pracy.

Podejście zastosowane w analizie wypadkowości w budownictwie zaprezentowano w rozdziale 5. Wypadkowość, jako zjawisko masowe, scharakteryzowano zestawem atrybutów, które były podstawą analizy. Przedstawiono formalny opis cech związanych z wypadkowością, a także systematykę wybranych cech wypadków oraz osób poszkodowanych w wypadkach. Wypadkowość obserwowano jako zjawisko jednorodne, zjawisko niejednorodne oraz zjawisko dynamiczne. W rozdziale tym zamieszczono opracowane algorytmy własne, według których obliczano wartości wymienionych wskaźników.

W rozdziale 6. można wyróżnić dwie części. Część pierwsza to matematyczny opis modelu tendencji rozwojowej wypadkowości w budownictwie. Zamieszczono w niej założenia przyjęte do budowy modelu, matematyczny opis modelu oraz podstawy weryfikacji modelu. W części drugiej przedstawiono analizę i ocenę wypadkowości z zastosowaniem opracowanych wskaźników wypadkowości.

W rozdziale 7. przedstawiono wyniki badań związków pomiędzy liczbą wypadków a liczbą – zidentyfikowanych w poszczególnych grupach – przyczyn wypadków. Zbudowano model tej zależności oraz określono wielkość wpływu poszczególnych przyczyn na liczbę wypadków przy pracy w budownictwie. Pozwala to określić kierunki najbardziej efektywnych działań profilaktycznych

Podsumowanie, ujęte w formie wniosków końcowych, poszerzone o postulowane kierunki dalszych prac naukowych, przedstawiono w rozdziale 8. rozprawy.

2. Przegląd literatury przedmiotu

Z każdym rodzajem działalności ludzkiej związane jest ryzyko pojawienia się niepożądanych zdarzeń zagrażających życiu i zdrowiu człowieka. Niebezpieczne zdarzenia mogą wystąpić wówczas, gdy istniejące w środowisku człowieka warunki fizyczne, organizacyjne i społeczne nie odpowiadają wymogom bezpieczeństwa pracy. Pojawienie się zagrożeń w środowisku pracy może wywołać ciąg niebezpiecznych zdarzeń kończących się wypadkiem.

2.1. Aktualność i ważność podjętej tematyki

Wypadki zdarzają się we wszystkich obszarach aktywności ludzkiej. Większość ludzi bardzo ceni swoje życie i zdrowie, a w sytuacji zagrożenia podejmuje różnorodne działania zabezpieczające. Warunkiem podjęcia takich działań jest jednak otrzymanie informacji o zagrożeniu. Sposoby unikania niebezpieczeństwa i wypadków zależą od postrzegania ich przyczyn. Poglądy na temat przyczyn wypadków oraz na strategię działań profilaktycznych ulegały ciągłej ewolucji. Początkowo wypadki i katastrofy postrzegano jako zdarzenia przypadkowe. Zakładano, że są one skutkiem ślepego losu. Później dostrzeżono udział człowieka w powodowaniu wypadków.

Pierwsze unormowania prawne dotyczące zagadnień bezpieczeństwa pracy zaczęły powstawać na początku XIX wieku w Anglii. Bardzo szybko zauważono jednak, że samo uchwalenie takich ustaw nie poprawiło bezpieczeństwa pracy. W XIX wieku w Anglii i Stanach Zjednoczonych, a następnie we Francji zaczęto tworzyć organa państwowego nadzoru nad przestrzeganiem prawa o bezpieczeństwie pracy [150]. Stwierdzono również, że impulsy i motywacje do poprawy warunków pracy muszą pochodzić z samego zakładu pracy. Od tego czasu następuje szybki rozwój działań dotyczących profilaktyki wypadków i chorób zawodowych. Potrzebę funkcjonowania w zakładach pracy organizacji bezpieczeństwa pierwsi zrozumieli Amerykanie. W latach 1906–1908 przedsiębiorstwa zgrupowane w syndykacie stalowni i hut żelaza zaczęły zatrudniać inspektorów pracy. W latach 1912–1918 wprowadzono ewidencjonowanie wypadków podczas pracy, a następnie zorganizowano statystykę wypadków [150, 156]. Te działania otworzyły duże możliwości przed naukowcami, którzy – dysponując materiałem statystycznym – mogli podejmować badania dotyczące wypadków i wypadkowości.

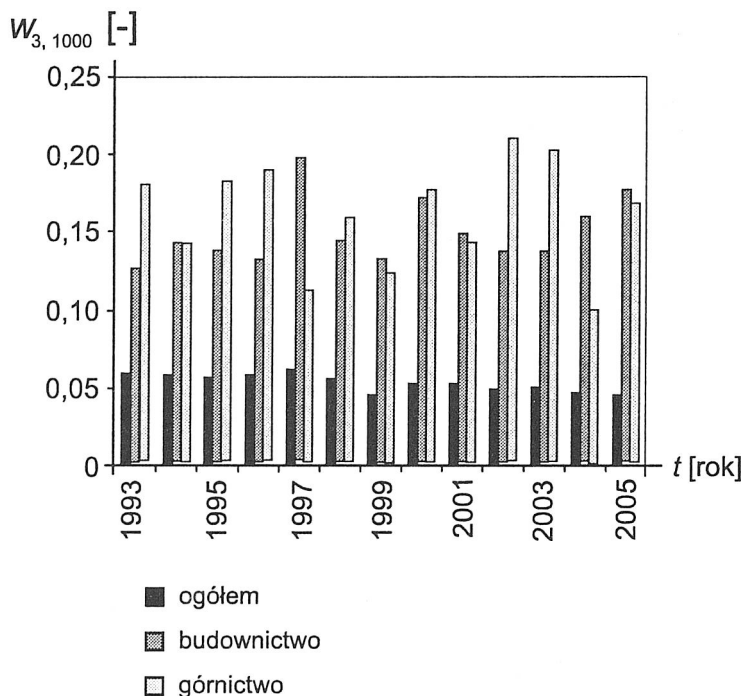
Przytoczone informacje potwierdzają wagę problemu, jakim jest bezpieczeństwo pracy. Skutkiem pracy w niebezpiecznych warunkach są wypadki i choroby zawodowe. Pracownicy budowlani są narażeni przede wszystkim na szkodliwe czynniki niebezpieczne, których oddziaływanie na człowieka może się zakończyć wypadkiem przy pracy. Zapewnienie bezpiecznych warunków pracy jest obowiązkiem wynikającym między innymi z przepisów prawa. Najważniejszymi aktami prawnymi w tym zakresie obowiązującymi w Polsce jest *Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej* [160] oraz ustawa *Kodeks pracy* [161], ujmująca bezpieczeństwo jako wynik współdziałania pracodawców, dozoru technicznego oraz robotników i nakładająca na wszystkich szczegółowo sformułowane obowiązki. Zapewnienie bezpieczeństwa w środowisku pracy jest również normą moralną. Jeżeli pracodawca nie zapewni pracownikom warunków zgodnych ze standardami bezpieczeństwa, to pośrednio przyczynia się do skrócenia życia osobom zatrudnianym w takich warunkach.

Budownictwo na tle innych gałęzi gospodarki charakteryzuje się wysokim poziomem zagrożeń dla życia i zdrowia pracowników oraz dużą wypadkowością, co wykazano między innymi w pracach [7, 12, 26, 72, 142, 146]. Stwierdzenie to dotyczy wielu krajów świata. W Polsce w 2005 roku co piąta osoba, która poniosła śmierć w wyniku wypadku przy pracy była pracownikiem budownictwa [168]. W Wielkiej Brytanii pracownicy budowlani 5 razy częściej ulegają wypadkom śmiertelnym i 2 razy częściej wypadkom ciężkim niż przeciętnie osoby zatrudnione we wszystkich pozostałych sekcjach gospodarki [12].

Według danych Urzędu Statystycznego Unii Europejskiej wśród różnych działalności człowieka najniebezpieczniejsze jest budownictwo, a następnie rolnictwo [7]. W 2003 roku w krajach Unii Europejskiej odnotowano, na każde 100 000 osób pracujących w budownictwie, 6502 osoby poszkodowane w wypadkach przy pracy, natomiast w rolnictwie liczba ta wynosiła 5043 osoby poszkodowane na każde 100 000 osób pracujących. W Stanach Zjednoczonych pracownicy budowlani ponad 3 razy częściej ulegają wypadkom śmiertelnym niż osoby zatrudnione we wszystkich pozostałych działach gospodarki. W każdym roku co szósty zatrudniony w budownictwie doznaje ponadto urazu w wyniku wypadku przy pracy. W Chinach w 2000 roku w budownictwie pracowało 35,52 miliona osób. W wypadkach przy pracy zginęło 3000 osób [75]. Dane te potwierdzają tezę, że budownictwo należy do tych działów gospodarki narodowej, które charakteryzuje się bardzo dużym ryzykiem zawodowym.

O bezpieczeństwie pracy w określonej sekcji gospodarki świadczy przede wszystkim liczba zdarzających się wypadków ciężkich i śmiertelnych. Na rysunku 2.1 przedstawiono liczbę wypadków śmiertelnych w Polsce w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób w budownictwie, górnictwie oraz ogółem w całej polskiej gospodarce narodowej w latach 1992–2005. Liczba ta w budownictwie, w poszczególnych latach badanego przedziału czasu, była nawet kilkakrotnie większa od liczby wypadków śmiertelnych przypadających na całą gospodarkę narodową. Na przykład w roku 2005 odnotowano 4-krotnie większą wartość liczby wypadków śmiertelnych w odniesieniu

do 1000 zatrudnionych w budownictwie niż w całej gospodarce. Dla podkreślenia wagi problemu na rysunku 2.1 przedstawiono również dane dotyczące wypadków śmiertelnych w górnictwie. Powszechnie wiadomo, że górnictwo uchodzi za najbardziej wypadkową sekcję gospodarki.

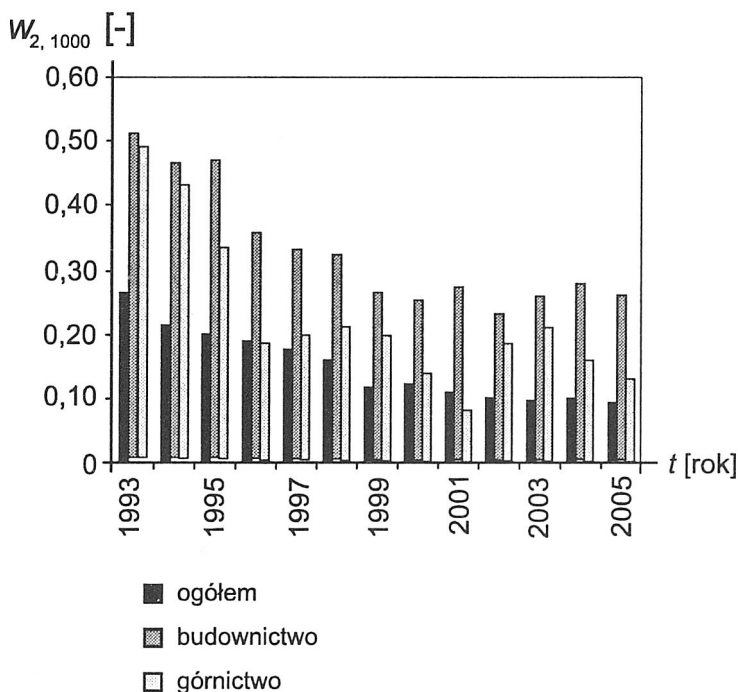


Rys. 2.1. Liczba wypadków śmiertelnych w odniesieniu do 1000 osób zatrudnionych w budownictwie, górnictwie oraz ogółem w całej gospodarce w latach 1993–2005 (wg [169])

Z rysunku 2.1 można ponadto odczytać bardzo istotną informację, a mianowicie to, że w ostatnich dwóch latach badanego okresu częstość wypadków śmiertelnych w budownictwie jest większa niż w górnictwie.

Na rysunku 2.2 przedstawiono z kolei liczbę wypadków ciężkich w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób w budownictwie, górnictwie oraz ogółem w całej gospodarce narodowej. Korzystnym faktem jest to, że liczba ta, zarówno w budownictwie, jak i górnictwie oraz w całej gospodarce narodowej wykazuje, w badanym okresie, tendencję malejącą. W budownictwie jednak prawie dwukrotnie przewyższa wartości uzyskane dla całej gospodarki i znacznie przewyższa wartości osiągnięte w górnictwie.

Duża wypadkowość jest skutkiem niebezpiecznych warunków pracy oraz niebezpiecznych zachowań pracowników [4, 98]. Dominującymi przyczynami wypadków przy pracy są błędy organizacyjne i tak zwany czynnik ludzki [146].



Rys. 2.2. Liczba wypadków ciężkich w odniesieniu do 1000 osób zatrudnionych w budownictwie, górnictwie oraz ogółem w całej gospodarce w latach 1993–2005 (wg [169])

Na sytuację wypadkową w budownictwie niewątpliwie wpływ ma specyfika tej formy działalności ludzkiej. Spośród wielu charakteryzujących ją cech, sprzyjających powstawaniu wypadków, należy między innymi wymienić: brak stabilności miejsca pracy, zmiany lokalizacji placów budów, różne warunki pracy występujące na poszczególnych placach budowy, pracę wielu przedsiębiorstw na jednym placu budowy w systemie podwykonawstwa, różnorodność realizowanych procesów, dużą liczbę maszyn i urządzeń niosących różne zagrożenia, wpływ warunków atmosferycznych na środowisko pracy itp.

2.2. Obszary badań wypadkowości w literaturze

W zakresie badania wypadkowości w budownictwie można wyróżnić kilka obszarów zainteresowań. Najważniejszym z nich jest aspekt bezpieczeństwa w ujęciu ogólnym, dotyczącym całej działalności zdefiniowanej jako budownictwo. Tego obszaru badawczego dotyczą między innymi prace [44, 49, 50, 51, 52]. W pracach [49, 52] za pomocą wskaźników oceny bezpieczeństwa pracy przeprowadzono analizę porównawczą wypadkowości w budownictwie polskim z wypadkowością w innych sekcjach

gospodarki narodowej. Autorzy pracy [44] skupili swoją uwagę na statystykach dotyczących urazów doznanych przez osoby poszkodowane w wypadkach przy pracy w budownictwie. Przedmiotem analiz były związki między częstością obrażeń poszczególnych części ciała a wiekiem poszkodowanych, stażem pracy oraz płcią osób zatrudnionych. Do najczęstszych urazów należą skaleczenia. Autorzy pracy podkreślają również, że dane na temat wypadków przy pracy publikowane przez instytucje państwowe są wystarczające i dokładne jedynie w obszarze wypadków śmiertelnych. Informacje dotyczące pozostałych wypadków są natomiast niepełne i wymagają od badaczy analizy dokumentów powypadkowych. Problem dokładności statystyk dotyczących wypadków przy pracy poruszany jest także w pracy [113].

Zadania i obowiązki uczestników procesu budowlanego w zapewnieniu bezpiecznych warunków pracy są przedmiotem prac [2, 70, 71, 158]. W pracach [2, 158] zwrócono uwagę na identyfikację źródeł przyczyn wypadków w budownictwie. Czynniki, które mają wpływ na bezpieczeństwo pracy, są: doświadczenie w zakresie wykonywanych zadań, doświadczenie w zakresie bezpieczeństwa pracy, współpraca pracowników i wzajemna kontrola, kontrola placu budowy, polepszanie warunków na placu budowy. Autorzy prac [70, 71] omówili zadania inwestora (właściciela realizowanego obiektu), wykonawcy, podwykonawców oraz projektanta w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa pracy na placu budowy. Szczególną uwagę zwrócili na udział właściciela inwestycji w zapewnianiu bezpieczeństwa pracy na placu budowy. Z przeprowadzonych badań wynika, że właściciele dużych realizowanych inwestycji, na przykład w przemyśle petrochemicznym, mają wpływ na bezpieczne warunki pracy w trakcie ich realizacji przez bezpośredni udział w zarządzaniu bezpieczeństwem na każdym etapie realizacji inwestycji oraz udział w wyborze wykonawcy. Bardzo często właściciele dużych inwestycji wprowadzają gratyfikacje finansowe, jeżeli w czasie realizacji budowy osiągnięty zostanie bardzo mały wskaźnik wypadkowości. W pracy [12] zamieszczono model przedstawiający kierunki wpływu właściciela inwestycji na bezpieczeństwo pracy w czasie realizacji robót budowlanych.

Drugi obszar badań stanowią poszczególne procesy budowlane oraz wydarzenia, w wyniku których powstają urazy [45, 69, 166]. Z przeglądu literatury wynika, że do bardziej niebezpiecznych w budownictwie, powodujących dużą śmiertelność oraz ciężkie uszkodzenia ciała, należą wszystkie procesy budowlane prowadzone na wysokości [68, 69]. Autorzy pracy [69] stwierdzają, że najczęściej pracownicy budowlani spadają z wysokości od 3,05 m do 6,10 m. Zdarzenia te najczęściej występują w lipcu, a ulegają im osoby w wieku od 31 do 35 lat. Do prac niebezpiecznych prowadzonych na wysokości należą między innymi roboty dachowe [28]. W Polsce, zgodnie z obowiązującymi przepisami, prace w budownictwie prowadzone na wysokości powyżej 5 m należą do prac szczególnie niebezpiecznych, wymagających szczególnej ostrożności i zabezpieczenia stanowisk pracy [126, 162]. Do bardziej niebezpiecznych w budownictwie należą też roboty ziemne [3]. W trakcie wykonywania robót ziemnych większość wypadków śmiertelnych spowodowana jest zasypaniem odspajaniem gruntem oraz uderzeniem lub przygnieceniem przez stosowane maszyny. Do prac

szczególnie niebezpiecznych, wymagających zachowania wyjątkowych środków ostrożności, należą ponadto: budowlane prace remontowe prowadzone w czynnych zakładach pracy, prace w pomieszczeniach zamkniętych o ograniczonym dostępie, np. w kanałach, studniach, zbiornikach, oraz prace budowlane z użyciem materiałów niebezpiecznych [130]. Spośród zdarzeń skutkujących poważnymi urazami ciała wymienia się: upadki z wysokości, upadki na płaszczyźnie, uderzenia, porażenie prądem elektrycznym. W pracy [44] potwierdzono, że częstą bezpośrednią przyczyną urazu człowieka są upadki na płaszczyźnie oraz uderzenia. Z przytoczonych wyników badań wynika, że najczęściej wypadkom przy pracy w wyniku uderzenia przez różne czynniki materialne ulegają osoby w wieku 35–39 lat. Największa liczba wypadków zdarza się w październiku, natomiast najczęstszą przyczyną takich wypadków jest uderzenie przez maszyny i poruszające się środki transportowe oraz uderzenie przez spadające lub transportowane materiały budowlane. Różne aspekty wypadków spowodowanych prądem elektrycznym na placu budowy są omawiane w pracy [1].

Aby poprawić bezpieczeństwo pracy w budownictwie, należy wiedzieć, jakie czynniki stanowią zagrożenie dla człowieka [39, 139, 140]. Czynniki te, które mogą wystąpić w procesach pracy, dzielą się na niebezpieczne, szkodliwe i uciążliwe [82, 121]. Na placu budowy występują przede wszystkim czynniki niebezpieczne, jak: maszyny, narzędzia, urządzenia, a w pewnych sytuacjach także materiały budowlane. Identyfikacja zagrożeń na placu budowy jest tematem prac [12, 43, 47, 55, 57, 59, 88, 139]. Autorzy pracy [12] omawiają procedury związane z określeniem poziomu zagrożeń na placu budowy oraz bariery, które są przeszkodą w eliminowaniu tych zagrożeń. W niniejszej pracy przedstawiono system komputerowy ułatwiający identyfikację zagrożeń, które mogą powstać w różnych warunkach realizacji robót. Z kolei w pracach [47, 55, 57, 59] podano wyniki analizy zagrożeń występujących w robotach budowlanych, a także warunki bezpiecznego wykonywania tychże robót. Tematem prac [46, 47] są natomiast roboty remontowo-modernizacyjne. Zagrożenia, które mogą powstać w trakcie realizacji tych robót, zależą od takich czynników, jak: konstrukcja i gabaryty obiektu, stan techniczny jego elementów, warunki otoczenia, w których realizowane są te roboty, rodzaje wykonywanych robót, użyte materiały, stosowane maszyny i urządzenia oraz organizacja pracy. W pracy [47] zwrócono ponadto uwagę na fakt, że źródłem zagrożeń, które mogą powstać w trakcie realizacji robót remontowo-modernizacyjnych, może być błędne lub niedostateczne rozpoznanie stanu technicznego obiektu. Przedmiotem pracy [48] jest bezpieczeństwo podczas wykonywania robót wyburzeniowych. Omówiono tam podstawowe metody wyburzania obiektów budowlanych oraz związane z nimi zagrożenia.

Znajomość zagrożeń jest podstawą dokonania ilościowej i jakościowej oceny ryzyka zawodowego oraz podjęcia działań zmierzających do redukcji zagrożenia do poziomu możliwie niskiego [143]. Bardzo dobrym narzędziem służącym do zmniejszenia wypadkowości w budownictwie jest wprowadzenie systemu zarządzania bezpieczeństwem pracy w przedsiębiorstwie. Zagadnień tych dotyczą między innymi prace [13, 80, 87, 101, 119, 142, 170]. Z kolei w pracy [88] przedstawiono system

komputerowy służący do oceny ryzyka zawodowego w budownictwie. Do określenia prawdopodobieństwa powstania zagrożeń zastosowano tam teorię zbiorów rozmytych. W pracy [33] wykazano natomiast, że błędy popełnione w zarządzaniu bezpieczeństwem pracy skutkują nie tylko wypadkami przy pracy, lecz ponadto kosztami, konfliktami oraz grzywnami.

Kontrola fizycznych aspektów i zagrożeń nie jest jedyną drogą do redukcji wypadkowości. Kluczem do zapewnienia bezpieczeństwa pracy w budownictwie jest bowiem właściwe zarządzanie, organizacja pracy oraz redukcja przyczyn związanych z tzw. czynnikiem ludzkim. Każdy zakład pracy jest układem złożonym z ludzi i wyposażenia. Na jego organizację, cele, programy i procedury profilaktyczne mają wpływ wiedza i uznawane wartości tych, którzy go tworzyli oraz tych, którzy w nim pracują. W literaturze przedmiotu – w związku z katastrofą elektrowni atomowej w Czarnobylu w 1986 roku – pojawiły się dwa nowe pojęcia, a mianowicie: kultura bezpieczeństwa i klimat bezpieczeństwa.

Kulturę bezpieczeństwa utożsamia się ze wszystkimi aspektami, które wiążą się ze zdolnościami organizacyjnymi w przedsiębiorstwie w zakresie zarządzania bezpieczeństwem. Określenia tego używa się do opisu atmosfery w przedsiębiorstwie, w którym pojęcie bezpieczeństwa jest rozumiane i akceptowane jako priorytetowe. Kulturę bezpieczeństwa ocenia się przez postawy pracowników wobec ryzyka, uznawane wzorce postępowania w sytuacji ryzyka oraz wartości przypisywane życiu zdrowiu i bezpieczeństwu [66, 97, 150]. Tematem pracy [102] jest metoda analizy i oceny kultury bezpieczeństwa w budownictwie. Kulturę bezpieczeństwa oceniono poprzez wyniki uzyskane w zarządzaniu, uczeniu i organizowaniu warunków bezpiecznej pracy, a także przez satysfakcję klienta. Do oceny zjawiska zastosowano zmodyfikowaną metodę równoważenia wyników, wprowadzoną po raz pierwszy w zarządzaniu przedsięwzięciami finansowymi.

Klimat bezpieczeństwa dotyczy postrzegania roli bezpieczeństwa przez pracowników [17]. Na klimat bezpieczeństwa mają wpływ takie czynniki, jak: kadra zarządzająca, sposób komunikowania się poszczególnych jednostek organizacyjnych w zakładzie, sposób przekazywania informacji pracownikom, konstrukcja procedur i zasad bezpieczeństwa, świadomość pracowników, postawy pracowników wobec bezpieczeństwa, presja na dotrzymanie terminów umów czy kwalifikacje pracowników [70, 71, 103, 158].

Wypadki przy pracy, oprócz aspektu społecznego, mają też znaczny wymiar ekonomiczny. Koszty wypadków przy pracy są ponoszone nie tylko przez osoby poszkodowane i ich rodziny oraz przedsiębiorstwa, ale także przez całe społeczeństwo [24, 136, 137, 138]. Na podstawie badań stwierdzono, że koszty każdego przeciętnego wypadku przy pracy w 76% ponosi społeczeństwo (w tym 46% koszty ZUS i 30% koszty leczenia), w 13% ponosi poszkodowany i jego rodzina, a tylko w 11% ponosi przedsiębiorstwo [136]. Według danych ZUS w 2006 r. wypłacono średnio 219,6 tys. osobom renty z tytułu ich niezdolności do pracy oraz 25,9 tys. rent rodzinnych spowodowanych skutkami wypadków przy pracy i chorób zawodowych [135]. Praca wy-

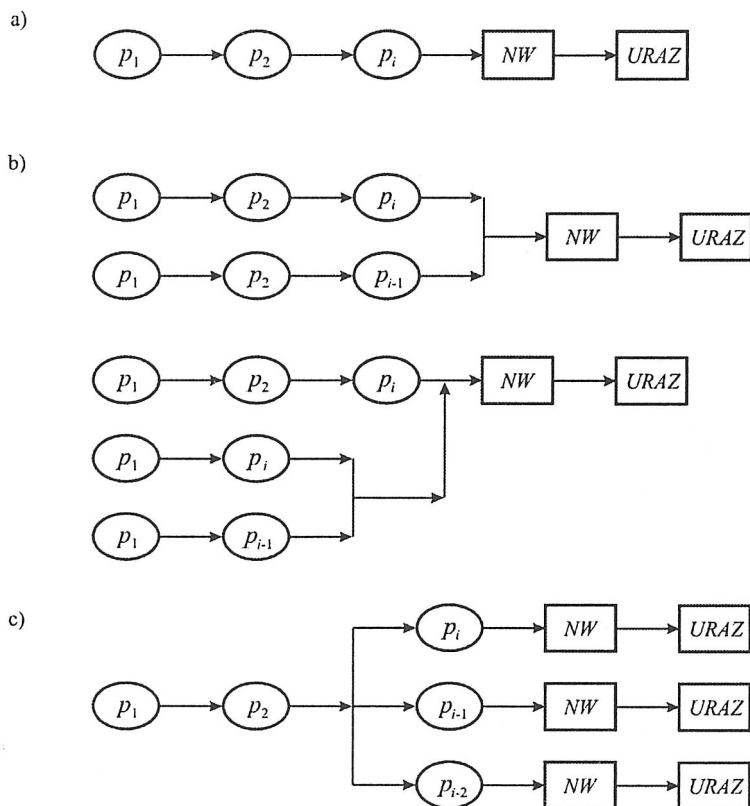
konywana w warunkach zagrożeń lub też czynników szkodliwych dla zdrowia jest przyczyną nie tylko wypadków przy pracy i chorób zawodowych, ale również zmęczenia i obniżonej wydajności pracy. Analizę kosztów związanych z wypadkami przy pracy w budownictwie opublikowano w pracach [19, 25, 44].

Konieczność zapewnienia bezpieczeństwa i ochrony zdrowia człowieka na placu budowy znalazła swoje odzwierciedlenie także w polskich przepisach prawnych i normach technicznych. To pierwsze zagadnienie jest tematem wielu publikacji [30, 73, 74]. W większości robót budowlanych warunkiem ich realizacji jest istnienie planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia [30, 31, 94, 95, 107, 126, 128, 162]. W dokumencie tym powinny być zdefiniowane potencjalne zagrożenia, które mogą wystąpić w trakcie realizacji robót budowlanych, oraz zasady bezpiecznego wykonania tych robót [95]. Występowanie zagrożeń na placu budowy wymaga określenia i oceny ryzyka zawodowego. Dokonanie oceny ryzyka zawodowego jest jednym z podstawowych obowiązków pracodawcy. W przedsiębiorstwach, które prowadzą działalność w stałym miejscu i w zbliżonych do stałych warunkach technologiczno-organizacyjnych, oceny ryzyka dokonuje się jednorazowo i jest ona aktualna przez dłuższy czas. W przypadku przedsiębiorstwa budowlanego, które realizuje procesy w różnych miejscach oraz zmiennych warunkach technologiczno-organizacyjnych, ocena ryzyka zawodowego powinna być dokonana dla każdej nowej budowy [95].

Kolejnym obszarem zainteresowania w dziedzinie bezpieczeństwa pracy jest poznanie mechanizmów powstawania wypadków przy pracy i wyjaśnianie zjawisk związanych z wypadkiem. Na podstawie tej wiedzy budowane są różnorodne modele wypadków przy pracy. Wiele modeli, które opracowano na przestrzeni lat, dotyczy różnych faz powstawania i przebiegu wypadku oraz zachowań człowieka w obliczu zagrożenia. Inne modele charakteryzują przyczyny wypadków, a inne stanowią usystematyzowaną podstawę do badania wydarzeń lub tworzenia statystyk wypadkowych.

Klasyczne modele wypadków przy pracy przedstawiają, w jaki sposób przebiegają wypadki. W modelach tych zakłada się, że wypadek jest wynikiem przyczynowo-skutkowego łańcucha zdarzeń. Zgodnie z teorią powstawania wypadków przy pracy, każdy wypadek jest skutkiem kilku przyczyn, które z kolei są skutkiem zagrożeń występujących w środowisku pracy i niewłaściwych działań człowieka [41, 115, 149]. Relacja między wypadkiem a jego przyczyną może występować w różnych układach, a mianowicie: jako łańcuch wydarzeń, jako połączenie się dwóch lub więcej ciągów wydarzeń lub jako rozgałęzianie się wydarzeń. Przykładowe modele łańcuchów zdarzeń prowadzących do wypadku przedstawiono na rysunku 2.3.

Modele przyczynowości wypadkowej pokazują, co jest przyczyną wypadku. Na powstanie wypadku wpływa wiele czynników. Poszczególne modele ukierunkowane są na inne obszary oddziaływania różnych czynników na człowieka, które w końcu doprowadzają do niezamierzonego, niebezpiecznego działania, którego skutkiem jest wypadek [3, 11, 13, 35, 99, 115, 150, 152].



$p_1, \dots, p_i$ – przyczyny wypadku
 NW – niebezpieczne wydarzenie
 URAZ – skutek wypadku

Rys. 2.3. Przyczynowo-skutkowe modele wypadków przy pracy
 (wg [150]): a) łańcuch zdarzeń, b) połączenie się ciągów zdarzeń,
 c) rozgałęzianie się ciągu zdarzeń

Przedmiotem pracy [3] jest analiza przyczyn wypadków śmiertelnych w budownictwie. W analizie wykorzystano dwa modele, a mianowicie: model uwzględniający fizyczne przyczyny wypadków oraz model oparty na tzw. przyczynach ludzkich. Najczęstszymi fizycznymi przyczynami wypadków śmiertelnych są: przygniecenie przez maszyny i urządzenia (15,2%), przygniecenie lub przysypanie osuwającym się materiałem, np. praca w wykopach (51,4%), uderzenie przez przedmiot (15,2%). Najczęstszymi przyczynami wypadków związanymi z zachowaniem się człowieka są natomiast: brak umiejętności pracownika do wykonywania określonych zadań (16,6%) oraz brak bezpiecznego wyposażenia (42,2%). Autorzy pracy [34] przedstawili wirtu-

alny model pozwalający prześledzić przebieg hipotetycznego procesu budowlanego. Na podstawie analizy modelowanego procesu można określić możliwe zagrożenia oraz przyczyny tych zagrożeń.

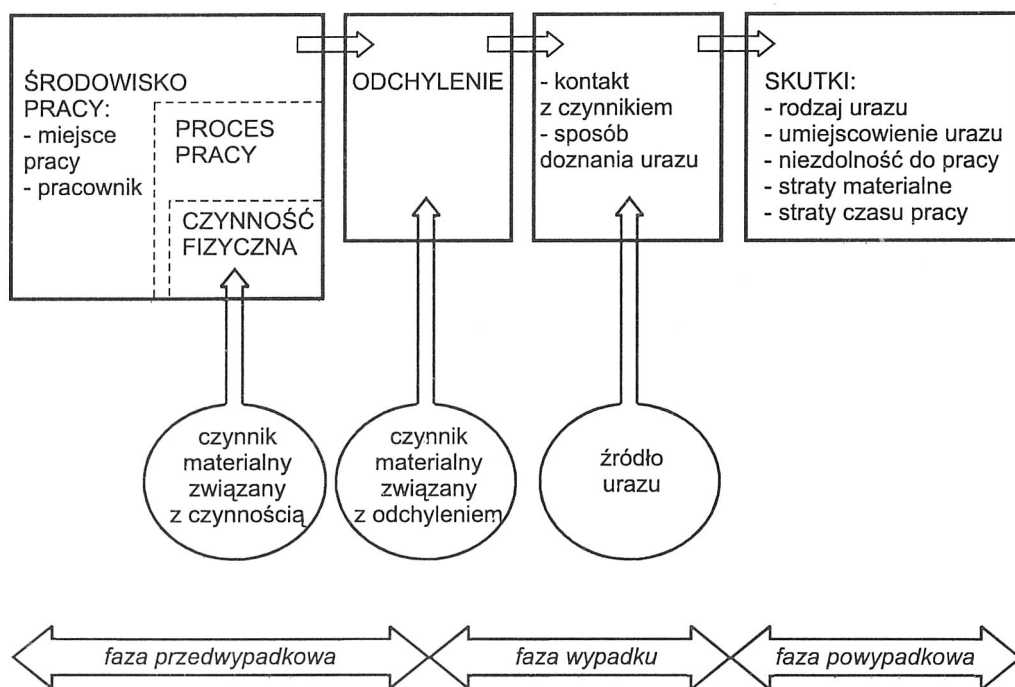
Analiza przyczyn wypadków i zdarzeń potencjalnie wypadkowych ma na celu dostarczenie wniosków o charakterze prewencyjnym. Autorzy pracy [13] przedstawili model analizy przyczyn wypadków, który zakłada dwupoziomowe sprzężenia zwrotne, pozwalające przekazać wnioski z przeprowadzonych analiz wypadku do systemu zarządzania przedsiębiorstwem. Pierwsze sprzężenie zwrotne polega na przekazywaniu informacji o przyczynach wypadku do systemu zarządzania bezpieczeństwem, natomiast drugie sprzężenie zwrotne polega na uwzględnianiu informacji o przyczynach wypadku na etapie planowania realizacji nowych inwestycji.

Tematem pracy [99] jest model przedstawiający wpływ czynników produkcji na powstawanie wypadków przy pracy. W pracy podkreślono, że ekspozycja pracownika na zagrożenie jest częścią wynikową dwóch elementów, a mianowicie: zachowania człowieka w czasie pracy oraz sytuacji stanowiącej zagrożenie. W modelu uwzględniono czynniki produkcji, które generują zagrożenia i powodują, że pracownik znajduje się w strefie zagrożenia. Czynniki wpływające na zachowania pracowników to presja na wykonanie produkcji, tendencja do wykonywania zadań w sposób kompetentny, kontrola zachowań pracowników. Sytuacje zagrożenia stymulują: kontrola warunków pracy, brak informacji o zadaniach, które należy wykonać, oraz informacji na temat warunków środowiska pracy, charakter produkcji.

W modelach dotyczących zachowań człowieka w obliczu zagrożenia uwzględniane są wpływy różnych czynników na popełnianie przez człowieka błędy. Autor pracy [116] wyodrębnił trzy typy błędów prowadzących do niebezpiecznego wydarzenia, a mianowicie: błędy w ocenie sytuacji, błędy wyboru odpowiedniej czynności, błędy w wykonaniu czynności. Będące przyczyną dużej liczby wypadków błędy ludzkie nie występują jednak same, zwykle są one jedną ze składowych przyczyn [3, 27, 116, 149].

W statystyce wypadków przy pracy stosowane są modele, które służą do analizy przebiegu wypadku. Na ich podstawie można gromadzić informacje dotyczące przyczyn i okoliczności wypadków przy pracy. W polskim modelu wypadku zakłada się, że do urazu doprowadza przyczyna bezpośrednia, mająca wiele przyczyn pośrednich. Oprócz przyczyn wypadku w modelu tym wyróżnia się również tzw. okoliczności wypadku. Są nimi: warunki, środowisko, cechy przedmiotów oraz ludzi, które sprzyjają lub umożliwiają występowanie przyczyn wypadków. Model taki został opracowany przez Główny Urząd Statystyczny na potrzeby wypełnienia statystycznej karty wypadku. Na podstawie konstrukcji tego modelu zbierane były dane o wypadkach przy pracy w różnych sekcjach działalności człowieka do 2004 roku. Obecnie w zakresie badań statystycznych obowiązuje model opracowany przez Urząd Statystyczny Unii Europejskiej (EUROSTAT). Model ten jest dostosowany do potrzeb i warunków polskich [7] i przedstawiono go na rysunku 2.4. Uwzględniono w nim trzy fazy wypadku, a mianowicie: fazę przedwypadkową, fazę wypadku oraz fazę powypadkową. Faza

przedwypadkowa obejmuje te elementy procesu pracy, które dotyczą pracownika i wykonywanego przez niego zadania w chwili wypadku. Fazę wypadku oddziela od fazy przedwypadkowej wydarzenie będące odchyleniem od stanu normalnego (a więc niezgodne z właściwym przebiegiem procesu pracy), które wywołało wypadek. Z odchyleniem tym na ogół wiąże się czynnik materialny. Przez czynnik materialny rozumiana jest maszyna, narzędzie czy inny obiekt lub czynnik środowiska, który ma bezpośredni związek z wydarzeniem będącym odchyleniem od stanu normalnego. Źródłem urazu jest czynnik materialny, z którym kontakt stał się przyczyną urazu. W fazie powypadkowej mamy do czynienia ze skutkami wypadku, a więc liczbą poszkodowanych, rodzajami doznanych urazów, umiejscowieniem urazów, niezdolnością do pracy, stratami materialnymi oraz stratami czasu pracy.



Rys. 2.4. Model przebiegu wypadku przy pracy opracowany przez EUROSTAT (wg [7])

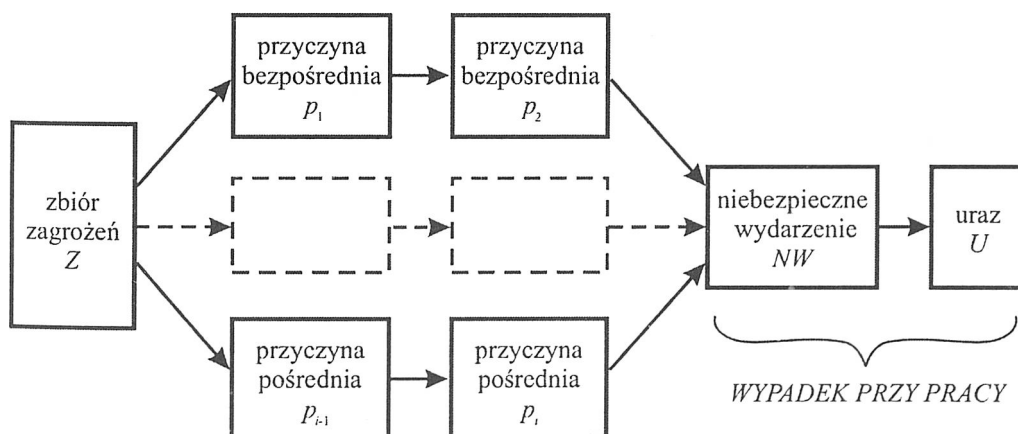
Przedstawione modele wyjaśniają zjawiska związane z wypadkowością w kontekście pojedynczych zdarzeń wypadkowych. Celem budowania tych modeli było:

- wyjaśnienie, w jaki sposób doszło do wypadku, a więc przedstawienie sekwencji zdarzeń prowadzących do wypadku,
- określenie sposobu postępowania przy dochodzeniu do przyczyn wypadku,
- wszechstronna analiza wypadku i wyjaśnienie jego przyczyn oraz umożliwianie projektowania odpowiednich działań korygujących.

Badania przeprowadzone na takich modelach wskazują, jakie środki zaradcze należy zastosować, aby zapobiec wypadkowi. Poznanie mechanizmów powstawania i rozwoju sytuacji wypadkowych ma bardzo istotny wpływ na sprecyzowanie kierunków działań prewencyjnych. Wypadkowość jest zjawiskiem masowym, a o stanie bezpieczeństwa w przedsiębiorstwie, sekcji gospodarki lub w całym kraju decyduje nie pojedynczy wypadek, lecz zbiór wypadków, które zdarzyły się w określonym przedziale czasu, oraz informacje, jakie z analizy tego zbioru wynikają. Do oceny poziomu bezpieczeństwa i kierunków zachodzących zmian istotna jest wiedza na temat tendencji, jakie są zauważalne w wypadkowości na podstawie badania zbiorów wypadków, które wydarzyły się w dłuższym przedziale czasu. Na podstawie przeglądu literatury można stwierdzić, że brak jest badań, które mogłyby posłużyć do budowy modeli opisujących trwałe cechy zjawisk związanych z wypadkowością w dłuższym czasie. Próba wypełnienia tej luki jest niniejsza praca.

2.3. Podstawowe pojęcia i definicje stosowane w literaturze przedmiotu

Identyfikacja procesu powstawania wypadków umożliwia przedstawienie go w postaci przyczynowo-skutkowego łańcucha zdarzeń. Zdarzenie poprzedzające w tym łańcuchu jest przyczyną zdarzenia następującego, a zdarzenie następujące jest skutkiem zdarzenia poprzedzającego. Do analizy procesów prowadzących do powstawania wypadków, do ustalenia przyczyn wypadków oraz skomplikowanych zależności i uwarunkowań zachodzących między tymi przyczynami stosowana jest określona terminologia. W łańcuchu zdarzeń prowadzących do wypadku, przedstawionym na rysunku 2.5, wyróżniono: zagrożenie, pośrednie i bezpośrednie przyczyny wypadku, niebezpieczne wydarzenie oraz powstanie urazu.



Rys. 2.5. Fazy sytuacji wypadkowej (wg [40])

2.3.1. Wypadek przy pracy

W rozumieniu potocznym wypadek jest utożsamiany ze zdarzeniem nagłym, niedającym się przewidzieć, powodującym uraz u osoby poszkodowanej [144]. Brzeziński zdefiniował w 1902 roku wypadek jako *zdarzenie nagłe, trwające określony, najczęściej bardzo krótki przedział czasu i wywołujące uszkodzenie przez jednorazowe działanie jakiejś siły* [156]. Wypadki zdarzają się w różnych miejscach i w różnych sytuacjach. W głównym podziale wypadków wyróżnia się wypadki zawodowe i pozazawodowe [150]. Wypadkami zawodowymi są zdarzenia zaistniałe w związku z wykonywaną pracą zawodową, natomiast do pozazawodowych wypadków zalicza się wszystkie pozostałe wypadki. W tej pracy przedmiotem analiz są wypadki zawodowe, nazywane dalej wypadkami przy pracy.

Klasyczną definicją wypadku przy pracy jest definicja podana przez Heinricha [41]. Zgodnie z tą definicją *wypadek jest niezamierzonym i niedającym się kierować wydarzeniem, w którym akcja lub reakcja jakiegoś przedmiotu, substancji, osoby lub promieniowania pociąga za sobą uszkodzenie cielesne*.

W miarę rozwoju teorii wypadków ewoluowały poglądy badaczy na istotę wypadku przy pracy, co skutkowało zmianami jej definicji. Definicję zaproponowaną przez Heinricha rozszerzył Filipkowski [27], określając, że *wypadek jest niezamierzonym i niedającym się kierować wydarzeniem, w którym akcja lub reakcja jakiegoś przedmiotu, substancji, osoby lub promieniowania – która powstała w wyniku zakłócenia w oczekiwanym przebiegu wydarzeń – naraża elementy materialne lub ludzi na uszkodzenie*.

Następnie zwrócono uwagę na fakt, że zakłócenia powodujące wypadek przy pracy mogą być natury technicznej, organizacyjnej oraz ludzkiej. *Wypadek przy pracy – według definicji sformułowanej przez Hansena – jest to nagłe zakłócenie w materialnych środkach lub czynnikach środowiska pracy, w organizacji czynności pracy i w reagowaniu lub zachowaniu człowieka, które jest przyczyną zdarzenia wypadkowego lub urazu człowieka* [36]. Rolę czynnika organizacyjnego w powstawaniu wypadków podkreślił również Ischheiser, określając *wypadek przy pracy jako odchylenie od normalnego, oczekiwanego przebiegu zdarzeń w zakładzie pracy, powodujące uszkodzenie maszyn, materiałów lub ludzi* [89]. Niczyporuk natomiast zaproponował następującą definicję wypadku: *wypadek lub wydarzenie niebezpieczne jest to niepożądana zmiana energii lub materii w obiekcie chronionym, która ze względu na brak zabezpieczeń prowadzi do powstania urazów lub strat materialnych* [105].

Sytuacja wypadkowa jest następstwem kolejno następujących po sobie zdarzeń, zapoczątkowanych dysfunkcją systemu pracy, a kończąca się doznaniem urazu. Pojawiające się zakłócenia w funkcjonowaniu zakładu pracy stwarzają sytuacje sprzyjające popełnianiu niebezpiecznych błędów. Skutkiem tych błędów jest utrata kontroli nad potencjalnym zagrożeniem lub nad własnym zachowaniem oraz kontakt człowieka z zagrażającą mu energią, natomiast wypadek jest końcowym fragmentem sytuacji wypadkowej. Rozpoczyna się w chwili wystąpienia niebezpiecz-

nego zdarzenia, a kończy się w chwili urazowego kontaktu człowieka z zagrażającą mu energią [149].

W postępowaniach administracyjnych zdarzenie i jego skutek można uznać za wypadek przy pracy, jeżeli spełnia ono prawne kryteria zawarte w ustawie z dnia 30.10.2002 roku o ubezpieczeniu społecznym z tytułu wypadków przy pracy i chorób zawodowych. Zgodnie z tą ustawą [163] za wypadek przy pracy uważa się nagłe zdarzenie wywołane przyczyną zewnętrzną, powodujące uraz lub śmierć, które nastąpiło w związku z pracą:

- podczas lub w związku z wykonywaniem przez pracownika zwykłych czynności albo poleceń przełożonych,
- podczas lub w związku z wykonywaniem przez pracownika czynności na rzecz pracodawcy nawet bez polecenia,
- w czasie pozostawania pracownika w dyspozycji pracodawcy, w drodze między siedzibą pracodawcy a miejscem wykonywania obowiązku wynikającego ze stosunku pracy.

Niektóre z przytoczonych definicji podkreślają, że warunkiem uznania zdarzenia za wypadek przy pracy jest uraz lub śmierć pracownika.

W światowym piśmiennictwie przeważa pogląd, że za wypadki przy pracy należy uznać każde niebezpieczne zdarzenie występujące podczas pracy bądź procesów produkcyjnych, nawet jeżeli nie zakończyło się ono urazem człowieka, a więc również tak zwane zdarzenia potencjalnie wypadkowe. W literaturze przedmiotu zdarzenia takie nazywane są także wypadkami bezurazowymi, nieomal wypadkami lub prawie wypadkami [89, 149].

Zdarzenie potencjalnie wypadkowe jest to niebezpieczne zdarzenie związane z wykonywaną pracą, podczas którego nie dochodzi do urazów lub pogorszenia stanu zdrowia [89]. Zdarzenia potencjalnie wypadkowe wywołane są tymi samymi przyczynami co wypadki i tylko przy wyjątkowym układzie elementów procesu pracy zdarzenia te nie kończą się urazem lub śmiercią pracownika. Występowanie takich niebezpiecznych zdarzeń w przebiegu procesu pracy świadczy o poziomie bezpieczeństwa pracy w zakładzie pracy. Dostęp do informacji o zdarzeniach potencjalnie wypadkowych jest ograniczony, ponieważ rejestrowanie i analizowanie informacji o nich nie jest obowiązkiem wynikającym z przepisów prawa [20, 21]. Zobowiązanie takie przyjmują na siebie przedsiębiorstwa wdrażające systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy zgodnie z PN-N-18002: 2004 [7, 117]. Głównym celem zbierania i analizowania zdarzeń potencjalnie wypadkowych jest uzyskanie informacji, które posłużą do zaplanowania i realizacji skutecznych działań profilaktycznych. Wynikiem tej analizy powinno być wykrycie niebezpiecznych tendencji, mogących prowadzić w przyszłości do wypadków przy pracy.

Na potrzeby niniejszej pracy przyjęto, że *wypadek przy pracy jest zdarzeniem nagłym i niezamierzonym, nieplanowanym i niedającym się kierować*. Stanowi on odchylenie od stanu normalnego i oczekiwanego przebiegu zdarzeń. Powstaje w wyniku – niedostosowanego do zaistniałych okoliczności – zachowania się czło-

wieka, powoduje przerwanie procesu pracy i kończy się urazami lub śmiercią pracownika.

2.3.2. Uraz

Urazem jest uszkodzenie tkanek ciała lub narządów człowieka wskutek działania czynnika zewnętrznego [163]. Ze względu na rodzaj doznanych obrażeń wypadki przy pracy dzieli się na: lekkie, ciężkie i śmiertelne. Za ciężki wypadek przy pracy uważa się wypadek, w wyniku którego nastąpiło ciężkie uszkodzenie ciała, takie jak: utrata wzroku, słuchu, mowy, zdolności rozrodczej albo inne uszkodzenie ciała, albo rozstrój zdrowia, naruszające podstawowe funkcje organizmu, a także choroba nieuleczalna lub zagrażająca życiu, trwała choroba psychiczna, całkowita albo częściowa niezdolność do pracy w zawodzie, albo trwałe, istotne zeszpecenie, albo zniekształcenie ciała [163]. Za śmiertelny wypadek przy pracy uważa się wypadek, w wyniku którego nastąpiła śmierć w okresie nieprzekraczającym 6 miesięcy od dnia wypadku [163].

2.3.3. Niebezpieczne wydarzenie

Na podstawie analizy zdarzeń poprzedzających wypadek oraz związków przyczynowo-skutkowych zachodzących między tymi zdarzeniami dochodzi się do ustalenia wielu przyczyn wypadków, uszeregowanych według kolejności ich występowania.

Niebezpiecznym wydarzeniem jest każdorazowa aktywizacja bezpośredniego zagrożenia. Oznacza to sytuację, w której następuje: bezpośrednie zetknięcie się człowieka z czynnikiem materialnym powodującym uraz bądź zdalne niebezpieczne oddziaływanie czynnika materialnego na człowieka.

Niebezpieczne wydarzenie staje się wypadkiem, jeżeli ma następujące cechy [153]:

- zachodzi w tej przestrzeni środowiska pracy, w której przebywa lub może przebywać człowiek,
- oddziałuje na organizm człowieka,
- oddziaływanie to jest lub może być dla organizmu człowieka szkodliwe.

Jeżeli w zasięgu działania niebezpiecznego wydarzenia nie ma ludzi, to wydarzenie to jest tzw. zdarzeniem potencjalnie wypadkowym [89, 150, 153]. Wydarzenie wypadkowe zachodzi w stanie środowiska nieodpowiadającym wymogom bezpieczeństwa pracy. Zidentyfikowanie rodzaju niebezpiecznego wydarzenia stanowi początek badania przyczyn i okoliczności wypadków.

2.3.4. Zagrożenie

W celu zapewnienia bezpieczeństwa pracy tworzy się odpowiednie warunki pracy. Bezpieczne warunki i sposoby pracy są ustalane w przepisach bezpieczeństwa pracy, w wytycznych, instrukcjach, zarządzeniach i normach technicznych. Wynikają one ze stanu wiedzy o procesach zachodzących w środowisku pracy. Jeżeli elementy środowiska pracy odpowiadają tym ustaleniom, to postulat bezpieczeństwa pracy jest speł-

niony. Jeżeli natomiast elementy środowiska pracy nie odpowiadają stawianym wymaganiom, to praca przebiega w warunkach zagrożenia.

W literaturze przedmiotu można znaleźć między innymi następujące definicje zagrożenia:

- Według Studenskiego: *zagrożenie oznacza sytuację charakteryzującą się prawdopodobieństwem zadziałania na organizm nadmiernej energii bądź zablokowania lub ograniczenia dopływu do organizmu niezbędnego zasilania w tlen, ciepło lub pokarm. Zagrożeniem jest każdy czynnik mający zdolność spowodowania utraty życia lub zdrowia* [150].
- Według Stecki: *zagrożeniem są wszystkie naturalne, techniczne i organizacyjne czynniki i czynności człowieka, które wykazują braki, wady i właściwości niesprzyjające normalnemu, poprawnemu na danym etapie rozwoju, przebiegowi procesu pracy. Zagrożenia występujące w procesie pracy kryją w sobie potencjalne niebezpieczeństwo zaburzenia procesu produkcyjnego, rozumiane jako odchylenie od normalnego, oczekiwanego przebiegu zdarzeń* [148].
- Według Hebdy: *zagrożenie zawodowe jest to sytuacja obejmująca zbiór zdarzeń charakteryzujących składniki procesu produkcyjnego i ich uporządkowania, w której przynajmniej jedno zdarzenie ma charakter losowy, a przynajmniej jeden z możliwych stanów tego zdarzenia może zostać zidentyfikowany jako zdarzenie inicjujące lub zdarzenie niebezpieczne* [40].
- Według Szczurowskiego: *zagrożenie jest to stan środowiska pracy lub poszczególnych jego elementów niezgodny z wymaganiami bezpieczeństwa pracy, niezgodny z ustaleniami określającymi bezpieczne warunki i bezpieczny sposób pracy* [153].
- Polska norma PN-N-18002 definiuje zagrożenie jako *stan środowiska pracy mogący spowodować wypadek i chorobę* [117].

Z powyższych definicji wynika, że zagrożenie wypadkowe jest specyficzną sytuacją związaną z procesem produkcyjnym lub procesem pracy, charakteryzującą się takim układem lub stanem czynników tego procesu (technicznego, organizacyjnego i ludzkiego), którego następstwem może być wypadek podczas pracy.

W literaturze wyróżnia się: zagrożenia potencjalne (bierne), zagrożenia aktywne i zagrożenia dynamicznie zmieniające się w czasie [89].

Zagrożenie potencjalne występuje wtedy, gdy sytuacja lub stan elementu procesu charakteryzuje się niezgodnością z wymaganiami techniki lub organizacji pracy, ale element taki nie jest włączony aktywnie do procesu produkcji i nie stwarza bezpośredniego zagrożenia dla systemu produkcji, a przede wszystkim dla pracowników.

Jeżeli pod wpływem czynnika aktywizującego następuje włączenie nośnika zagrożenia potencjalnego do produkcji i przejście tego zagrożenia do następnej fazy stwarzającej zagrożenie dla systemu produkcji, a przede wszystkim dla pracowników, to zagrożenie takie określa się mianem **zagrożenia aktywnego**. Zagrożenie aktywne charakteryzuje się tym, że w każdej chwili może być dalej zaktywizowane przez człowieka. Każdorazowa aktywizacja zagrożenia aktywnego jest niebezpiecznym wydarzeniem.

Zagrożenie dynamicznie zmieniające się w czasie jest to takie zagrożenie, w którym możliwość niebezpiecznego zdarzenia lub wypadku zmienia się w czasie bez bezpośredniego działania człowieka. W budownictwie przykładem takiego zagrożenia może być zagrożenie wybuchem podczas prac spawalniczych, na skutek wzrostu ciśnienia gazu w butli, związanego ze wzrostem temperatury otoczenia.

2.3.5. Przyczyny wypadku

Przyczynami wypadku są wszystkie czynniki i okoliczności, które bezpośrednio lub pośrednio wpłynęły na jego powstanie [164]. Jak wiadomo, wypadek jest skutkiem wielu przyczyn występujących w różnych konfiguracjach. W łańcuchu przyczyn można jednak wyróżnić przyczynę bezpośrednio poprzedzającą uraz oraz przyczyny wcześniejsze, określane jako pośrednie. W literaturze nie znaleziono jednoznacznej definicji przyczyn wypadku. Można natomiast znaleźć klasyfikacje przyczyn.

I tak, Wanat dzieli przyczyny wypadku przy pracy na obiektywne i subiektywne. Do obiektywnych zalicza te, które są związane z czynnikami materialnymi, występującymi w procesie produkcji, natomiast do subiektywnych zalicza czynniki organizacyjne i ludzkie [164].

Okón przedstawia cztery rodzaje przyczyn wypadków, a mianowicie: ludzkie – bezpośrednie, ludzkie – pośrednie, techniczne – bezpośrednie i techniczne – pośrednie [108].

Hansen w zakresie badania okoliczności i przyczyn wypadków lub zagrożenia wypadkowego wyróżnia trzy obszary przyczyn [37, 38]. Są to:

- obszar techniczny (*T*), do którego są zaliczane zagrożenia wynikające: z otoczenia miejsca pracy, ze stosowanej technologii, konstrukcji maszyn i urządzeń technicznych, ze stanu urządzeń zabezpieczających oraz zagrożenia związane z surowcem, produktem, rodzajem stosowanej energii lub siłami przyrody,
- obszar organizacyjny (*O*), do którego są zaliczane zagrożenia wynikające z organizacji pracy i produkcji rozpatrywanej w skali makro i mikro,
- obszar ludzki (*L*), do którego są zaliczane zagrożenia związane z nieprawidłowym zachowaniem się lub niewłaściwym reagowaniem człowieka wykonującego określoną pracę.

Według opracowań GUS przyczyny wypadku to wszelkie braki i nieprawidłowości, które bezpośrednio lub pośrednio przyczyniły się do powstania wypadku, a które są związane z czynnikami materialnymi (technicznymi), z ogólną organizacją pracy w zakładzie lub organizacją stanowiska pracy oraz są związane z pracownikiem, w tym również z nieprawidłowym zachowaniem się pracownika [169]. Klasyfikacja GUS wyróżnia 8 grup przyczyn wypadków przy pracy, a mianowicie:

1. Niewłaściwy stan czynnika materialnego.
2. Niewłaściwa ogólna organizacja pracy.
3. Niewłaściwa organizacja stanowiska pracy.
4. Brak odpowiednich czynników materialnych lub niewłaściwe posługiwanie się tymi czynnikami przez pracownika.

5. Nieużywanie sprzętu ochronnego przez pracownika.
6. Niewłaściwe samowolne zachowanie się pracownika.
7. Stan psychofizyczny pracownika niezapewniający bezpiecznego wykonywania pracy.
8. Nieprawidłowe zachowanie się pracownika.

Niewłaściwy stan czynnika materialnego oznacza, że przyczyną wypadku była jedna z następujących cech zastosowanej maszyny, urządzenia lub narzędzia, a mianowicie:

- wada konstrukcyjna,
- niewłaściwe rozwiązanie techniczne i ergonomiczne,
- niewłaściwe wykonanie, wynikające z zastosowania materiałów zastępczych, niedotrzymania wymaganych parametrów technicznych lub inne (nieokreślone) nieprawidłowości wykonania,
- wady materiałowe, wynikające z ukrytych wad materiałów zastosowanych do produkcji urządzenia,
- niewłaściwa eksploatacja, a więc: nadmierna eksploatacja, niedostateczna konserwacja, niewłaściwe naprawy i remonty.

Niewłaściwa ogólna organizacja pracy dotyczy błędów i niedociągnięć w organizacji procesu produkcyjnego. Oznacza to:

- zły podział pracy lub złe rozplanowanie zadań,
- brak nadzoru, niewłaściwa koordynacja prac zbiorowych, wykonywanie prac niewchodzących w zakres obowiązków pracownika,
- brak instrukcji obsługi maszyn i urządzeń,
- dopuszczenie do pracy maszyny lub urządzenia bez wymaganych kontroli i przeglądów,
- tolerowanie – przez osoby sprawujące nadzór – odstępstw od przepisów i zasad bezpieczeństwa i higieny pracy, stosowania niewłaściwej technologii, niedostateczne przygotowanie zawodowe pracownika; brak lub niewłaściwe przeszkolenie w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy,
- wykonywanie pracy w zbyt małej obsadzie osobowej oraz wykonywanie prac pomimo niewłaściwego zaopatrzenia w maszyny, urządzenia, narzędzia i surowce.

Niewłaściwa organizacja stanowiska pracy obejmuje następujące przyczyny:

- niewłaściwe usytuowanie urządzeń na stanowisku pracy,
- nieodpowiednie przejścia i dojścia oraz niewłaściwe rozmieszczenie i składowanie przedmiotów pracy (surowców, półproduktów, produktów itp.),
- nieusunięcie ze stanowiska pracy zbędnych przedmiotów, substancji lub energii (np. odpadów, opakowań, resztek substancji, niewyłączenie zasilania itp.),
- brak odpowiednich środków ochrony indywidualnej lub niewłaściwy ich dobór.

Brak właściwych czynników materialnych lub niewłaściwe posługiwanie się tymi czynnikami przez pracownika obejmuje następujące błędy i niedociągnięcia:

- używanie nieodpowiedniego do danej pracy urządzenia,
- wykonywanie pracy ręcznie zamiast za pomocą maszyn i urządzeń,

- użycie urządzenia mimo przebywania osób w strefie zagrożenia,
- niewłaściwe zabezpieczenie maszyny (np. niezaciągnięcie hamulca na postoju),
- udostępnienie przez pracownika maszyny lub urządzenia osobie nieupoważnionej,
- użycie czynnika materialnego niezgodnie z jego przeznaczeniem oraz wadliwe zainstalowanie, zamocowanie, zawieszenie czynnika materialnego przez pracownika.

Nieużywanie sprzętu ochronnego przez pracownika oznacza, że pracownik nie używał środków ochrony indywidualnej, urządzeń zabezpieczających lub środków ochrony zbiorowej.

Niewłaściwe samowolne zachowanie się pracownika wiąże się z:

- wykonywaniem pracy niewchodzącej w zakres obowiązków,
- przechodzeniem, przejeżdżaniem lub przebywaniem w miejscach niedozwolonych,
- wejściem lub wjechaniem na obszar zagrożony bez upewnienia się czy w danym momencie nie ma niebezpieczeństwa,
- wykonywaniem czynności bez usunięcia zagrożenia (np. niewyłączenie maszyny, niewyłączenie napięcia),
- za szybką jazdą, niewłaściwym operowaniem kończynami w strefie zagrożenia,
- żartami i bójkami.

Niewłaściwy stan psychofizyczny pracownika, niezapewniający bezpiecznego wykonywania pracy może być spowodowany:

- nagłym zachorowaniem, niedyspozycją fizyczną, przewlekłą lub ostrą chorobą psychiczną,
- zmęczeniem, zdenerwowaniem,
- spożyciem alkoholu, środków odurzających lub substancji psychotropowych.

Nieprawidłowe zachowanie się pracownika obejmuje następujące przyczyny wypadku:

- nieznajomość zagrożenia, nieznajomość przepisów i zasad bezpieczeństwa i higieny pracy,
- lekceważenie zagrożenia (brawura, ryzykanctwo),
- lekceważenie poleceń przełożonych, niedostateczna koncentracja uwagi na wykonywanej czynności, zaskoczenie niespodziewanym zdarzeniem, niewłaściwe tempo pracy, brak doświadczenia.

2.4. Ocena wypadkowości w Polsce i w Unii Europejskiej

W ocenie stanu bezpieczeństwa w poszczególnych zakładach pracy oraz w poszczególnych sekcjach gospodarki ważną rolę odgrywają statystyki wypadków przy pracy. Posiadanie takich statystyk daje możliwość formułowania różnorodnych wskaźników, które mogą być wykorzystane do oceny wypadkowości i pro-

wadzenia różnorodnych analiz porównawczych w zakresie badania sytuacji wypadkowej.

Suma wypadków zaistniałych w jakimś czasie, zazwyczaj w ciągu roku, przedstawiona za pomocą wskaźników, jest nazywana **wypadkowością** [90, 150].

Na podstawie przeprowadzonych badań literaturowych można stwierdzić, że w Polsce do oceny wypadkowości są stosowane dwa rodzaje wskaźników: wskaźnik częstości wypadków i wskaźnik ciężkości wypadków [83, 84, 112, 150, 169].

Wskaźnik częstości wypadków jest najczęściej przedstawiany jako liczba osób poszkodowanych w wypadkach w odniesieniu do liczby zatrudnionych albo do wielkości produkcji, albo też czasu ekspozycji na zagrożenie.

Wskaźnik ciężkości wypadków jest stosunkiem liczby dniówek straconych wskutek absencji wypadkowej osób poszkodowanych do liczby wszystkich zaistniałych wypadków.

Z badań literaturowych wynika, że nie ma możliwości porównywania wszystkich danych dotyczących wypadkowości w poszczególnych krajach Unii Europejskiej, ze względu na różną metodykę zbierania danych [7, 112, 114, 147]. Te różnice metodyczne dotyczą rejestrowania wypadków w poszczególnych krajach w następującym zakresie:

- uznania za wypadki przy pracy wypadków drogowych, które miały związek z pracą,
- rejestracji osób samozatrudniających się jako poszkodowanych w wypadkach przy pracy,
- poziomu zgłaszalności wypadków przy pracy,
- działalności objętych sprawozdawczością.

Różnice występują również w zasadach rejestrowania wypadków śmiertelnych.

I tak, wypadek jest rejestrowany jako śmiertelny:

- w Holandii – jeżeli śmierć poszkodowanego następuje w dniu wypadku,
- w Niemczech – jeżeli śmierć poszkodowanego następuje w ciągu 30 dni po wypadku,
- w Hiszpanii – jeżeli poszkodowany umrze w ciągu 1,5 roku po wypadku,
- w Polsce – jeżeli poszkodowany umrze w ciągu 6 miesięcy od dnia wypadku,
- w niektórych państwach nie ustalono żadnych ograniczeń czasowych przy kwalifikowaniu wypadku jako wypadek śmiertelny.

Zasady zbierania danych o wypadkach przy pracy w poszczególnych krajach Europy są różne, nie mogą być więc ze sobą bezpośrednio porównywane i agregowane [8, 112]. Od kilku lat, w poszczególnych krajach Unii Europejskiej, prowadzone są prace nad ujednoliceniem zasad zbierania informacji o wypadkach przy pracy. Prace te, zdążające do harmonizacji zasad rejestrowania wypadków przy pracy na poziomie europejskim, są koordynowane przez Urząd Statystyczny Unii Europejskiej (EURO-STAT) oraz przez Dyрекcję Generalną ds. Zatrudnienia i Spraw Socjalnych Komisji Europejskiej [112]. Zaproponowana metodologia przewiduje zbieranie danych o wypadkach przy pracy skutkujących niezdolnością do pracy powyżej trzech dni. Dane

takie są zbierane we wszystkich państwach członkowskich na podstawie dyrektywy ramowej [23]. Sprawozdawczością objętych jest 9 rodzajów działalności, a obliczone wskaźniki odnoszą się do liczebności populacji objętej sprawozdawczością. Ponieważ struktura przemysłowa danego kraju może mieć wpływ na ogólną częstość wypadków przy pracy, dlatego przy porównywaniu częstości wypadków w różnych krajach używa się standaryzowanego wskaźnika wypadków. Wskaźnik ten można opisać wzorem

$$w_{i_{[UE(K)]}} = \frac{(\gamma_1 Lp_1 + \gamma_2 Lp_2 + \dots + \gamma_i Lp_i)_K}{Z_K} 100\,000,$$

w którym:

γ_i – waga przypisana sekcji gospodarki i , w K -tym kraju UE, $i = 1, \dots, 9$,

Lp_i – liczba osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy w sekcji gospodarki i , w K -tym kraju UE,

Z_K – liczba osób zatrudnionych w sekcjach gospodarki narodowej objętych sprawozdawczością w K -tym kraju UE.

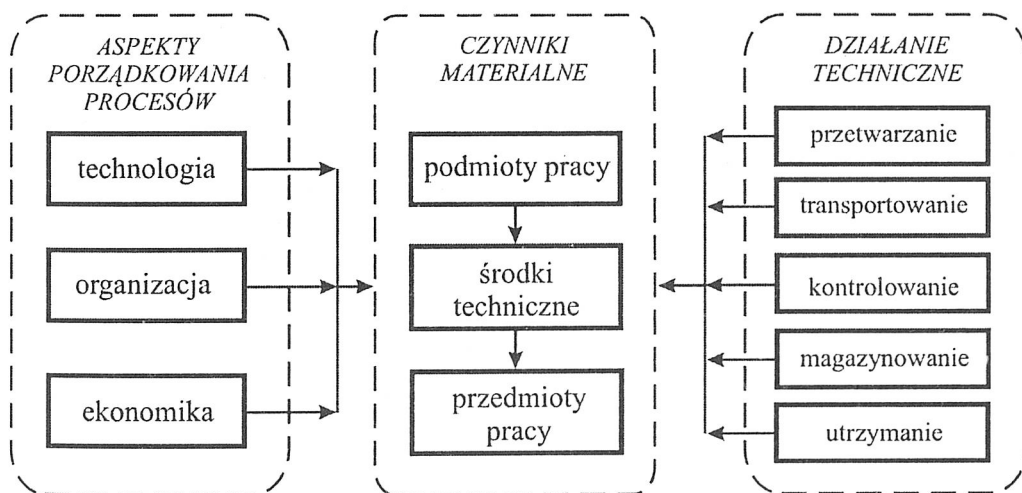
Standaryzowany wskaźnik określa liczbę wypadków przy pracy przypadającą na 100 000 pracujących, przy czym każdemu wypadkowi nadawana jest waga w zależności od rodzaju działalności przedsiębiorstwa, w którym doszło do wypadku.

Stosowane dotychczas w ocenie wypadkowości wskaźniki nie ujmują wszystkich aspektów tego niepożądanego zjawiska, a mianowicie:

- Wypadki przy pracy powodują u osób poszkodowanych urazy o różnym stopniu ciężkości. Na podstawie informacji podanych w pracy [169] można stwierdzić, że w różnych sekcjach gospodarki dochodzi do wypadków różniących się stopniem ciężkości. Stosowanie w ocenie wypadkowości wskaźników częstości wypadków nieuwzględniających stopnia ciężkości doznanych urazów nie pozwala obiektywnie ocenić, pod względem bezpieczeństwa pracy, poszczególnych sekcji gospodarki narodowej oraz poszczególnych przedsiębiorstw.
- Stosowane dotychczas wskaźniki częstości nie pozwalają obiektywnie ocenić zmian zachodzących w wypadkowości w poszczególnych badanych latach, ponieważ nie uwzględniają zmieniającej się struktury wypadków lekkich, ciężkich i śmiertelnych. Procentowy udział wypadków o danym stopniu ciężkości w ogólnej liczbie wszystkich wypadków zmienia się jednak w poszczególnych latach.
- Atrybutem każdego wypadku przy pracy jest jego związek z pracą. Wskaźniki stosowane w ocenie wypadkowości powinny również uwzględniać wartości parametrów charakteryzujących tempo wykonywanej pracy.
- Działania prewencyjne w zakresie zapobiegania wypadkom przy pracy przynoszą zauważalne skutki dopiero w kolejnych okresach. Skuteczność wprowadzanych zmian można ocenić nie tylko przez pryzmat wartości osiąganych wskaźników, ale także przez ocenę dynamiki zmian zachodzących w wypadkowości. Na podstawie przeprowadzonych badań literaturowych można stwierdzić, że ten aspekt wypadkowości nie był dotychczas analizowany.

3. Proces produkcyjny w budownictwie a wypadkowość

Proces produkcyjny jest zespołem celowych i skoordynowanych w czasie i przestrzeni działań technicznych, wykonywanych przez ludzi na przedmiocie produkcji, z użyciem środków technicznych. Działania te odbywają się według określonej technologicznej zasady przetwarzania, są uporządkowane zgodnie z przyjętą zasadą organizacyjną produkcji oraz dobrane według wybranych kryteriów ekonomicznych. W wyniku procesu produkcyjnego surowce, materiały i półfabrykaty są przekształcane w gotowe wyroby [14, 53]. Schemat ogólny procesu produkcyjnego przedstawiono na rysunku 3.1.



Rys. 3.1. Elementy funkcjonalne procesu produkcyjnego (wg [16])

3.1. Podstawowe elementy funkcjonalne procesu produkcyjnego w budownictwie

W każdym procesie produkcyjnym, a więc również w procesie produkcyjnym w budownictwie, można wyróżnić następujące elementy funkcjonalne [14]:

- czynniki materialne produkcji,
- działania techniczne,
- zasady główne i porządkujące proces.

W procesie produkcyjnym występują następujące czynniki materialne:

- Podmioty pracy, a więc zespół ludzi konieczny do przeprowadzenia procesu.
- Środki pracy, a więc wyposażenie techniczne procesu produkcyjnego. W skład środków technicznych wchodzi: maszyny, urządzenia, narzędzia, środki transportu i kontroli, budynki, instalacje, drogi, place, magazyny.
- Przedmioty pracy, czyli surowce, wyroby, półfabrykaty. Są to materialne elementy procesu produkcyjnego, na których są dokonywane wszelkie procesy przetwarzania.

Działania techniczne dzielą się na: przetwarzanie, transportowanie, kontrolowanie, magazynowanie oraz utrzymanie. Elementy materialne procesu produkcyjnego oraz działania techniczne stanowią niezbędne składniki procesu produkcyjnego, ale samodzielnie procesu nie tworzą. Proces produkcyjny powstaje dopiero wtedy, gdy elementy materialne oraz działania techniczne zostaną dobrane, uporządkowane i powiązane ze sobą w sposób uwzględniający aspekt technologiczny, organizacyjny oraz ekonomiki [14].

Porządkowanie procesu produkcyjnego w aspekcie technologicznym polega na określeniu przebiegu przetwarzania przedmiotu produkcji. Aspekt technologiczny jest podstawowym elementem projektowania procesu produkcyjnego. Decyduje on najczęściej o możliwościach zastosowania określonych rozwiązań organizacyjnych.

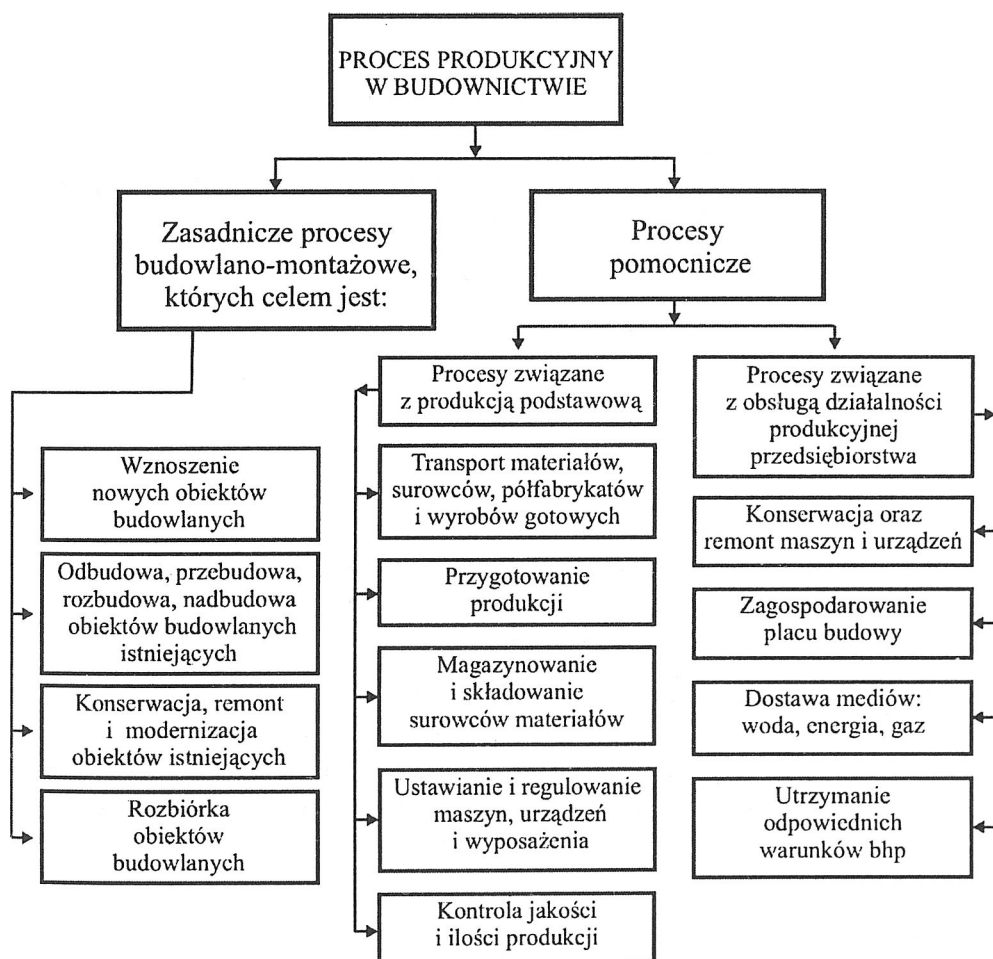
Porządkowanie procesu produkcyjnego w aspekcie organizacyjnym precyzuje wzajemne uporządkowanie czynników materialnych produkcji oraz wszelkich działań technicznych występujących w procesie produkcji w sensie przestrzennym i czasowym oraz w zakresie ilości i kolejności.

Przez pojęcie optymalizacji ekonomicznej rozumie się zbiór zasad postępowania zmierzającego do wyboru, spośród możliwych wariantów, wariantu optymalnego ze względu na efektywność ekonomiczną.

Budownictwo jest sekcją gospodarki narodowej, obejmującą działalność polegającą na wznoszeniu kompletnych obiektów budowlanych oraz obejmującą prace polegające na przebudowie, rozbudowie, odbudowie, remoncie, modernizacji, konserwacji i użytkowaniu stałych i tymczasowych obiektów budowlanych. Roboty budowlane obejmują swym zakresem przygotowanie terenu, roboty ziemne i fundamentowe, wykonywanie elementów nośnych, przegród budowlanych, układanie i pokrywanie dachów, roboty montażowe, instalacyjne i wykończeniowe. Mogą być prowadzone zarówno w systemie wykonawstwa bezpośredniego, jak i w systemie podwykonawstwa [129].

Proces produkcyjny w budownictwie jest procesem złożonym. W trakcie jego realizacji często dochodzi do niebezpiecznych kolizji pomiędzy strefami pracy maszyn budowlanych a ciągami komunikacyjnymi, dlatego też istotny wpływ na zapewnienie bezpieczeństwa w realizacji robót budowlanych ma właściwa ich organizacja, oparta na metodach naukowych [15, 42, 78, 85, 92].

Każdy proces produkcyjny jest zbiorem procesów częściowych. W zbiorze tym jeden z nich spełnia rolę nadrzędną w stosunku do pozostałych i jest procesem zasadniczym. Pozostałe procesy, zwane procesami pomocniczymi, spełniają rolę podrzędną w stosunku do procesu zasadniczego i muszą być do niego dostosowane [14, 53]. Procesami zasadniczymi w budownictwie są procesy wytwarzania. Do procesów pomocniczych zalicza się natomiast między innymi: transportowanie, kontrolowanie, magazynowanie itp. Opracowany schemat procesu produkcyjnego w budownictwie, z podziałem na procesy zasadnicze (budowlano-montażowe) oraz pomocnicze, przedstawiono na rysunku 3.2.



Rys. 3.2. Schemat podziału procesu produkcyjnego w budownictwie (wg [53])

W trakcie wznoszenia obiektów budowlanych procesy zasadnicze i pomocnicze są realizowane równolegle. W zależności od wielkości zadania często na placu budowy reali-

zowanych jest jednocześnie kilka obiektów budowlanych. Pomiędzy poszczególnymi elementami takiego procesu kompleksowego, obejmującego realizację kilku złożonych procesów zasadniczych oraz niezbędnych procesów pomocniczych, zachodzą zależności o charakterze technologicznym, organizacyjnym i funkcjonalnym. Duża złożoność procesów budowlanych oraz zmienność warunków realizacji sprzyja postawianiu zakłóceń w ich przebiegu, które z kolei mogą być przyczyną wypadków przy pracy.

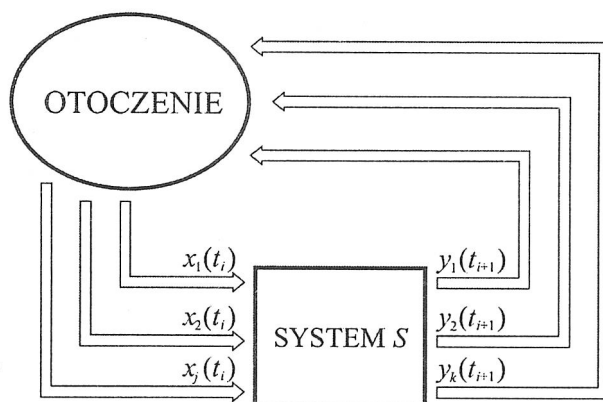
3.2. Struktura procesu produkcyjnego w budownictwie

Każdy proces można zdefiniować jako system [81, 119, 120, 134]. Podejście systemowe do analizy procesu projektowania, a także do procesów logistycznych w budownictwie, zastosowano między innymi w pracach [91, 145].

System jest pojęciem przypisywanym pewnej zbiorowości tworzącej logiczną całość wyodrębnioną z otoczenia. Zbiorowość tę można podzielić na współzależne konkretne elementy, nazywane również obiektami, postrzegane za pomocą zmysłów, lub elementy abstrakcyjne, będące jedynie konstrukcjami myślowymi modelującego. Otoczenie oddziałuje na system za pośrednictwem wielkości wejściowych. System oddziałuje na otoczenie za pośrednictwem wielkości wyjściowych [32, 81]. Wyodrębniając system z otoczenia, pomijamy te wszystkie oddziaływania, które ze względu na cel badań nie są istotne. Wyróżnione elementy systemu są charakteryzowane za pomocą cech (atrybutów). Wartości atrybutów elementów systemu definiują stan tego elementu. Z kolei stany poszczególnych elementów definiują stan całego systemu. Zmianę jednej lub więcej cech systemu nazywamy zdarzeniem. Uporządkowane według przyjętej zasady technologicznej i organizacyjnej zdarzenia występują w systemie produkcyjnym – tworzą proces produkcyjny.

Systemy produkcyjne są systemami sterowanymi. Oznacza to, że człowiek lub odpowiednio zaprogramowane urządzenie techniczne może oddziaływać na system w kierunku sprzyjającym wykonywaniu funkcji, do której spełnienia system jest przeznaczony [18]. Realizujące sterowanie wielkości wejściowe są nazywane wielkościami sterującymi lub zmiennymi decyzyjnymi. Wielkości wejściowe, które nie są wielkościami sterującymi, są nazywane zakłóceniami. Cechą wyróżniającą zakłócenia jest to, że mają charakter losowy i są bezpośrednio niemierzalne [32]. Każde zakłócenie wprowadzone do systemu produkcyjnego wywołuje nowy, nieznany dotychczas stan tego systemu. Pojawienie się nowego stanu w systemie powoduje zakłócenia w przebiegu procesu produkcyjnego i może być przyczyną wypadku przy pracy.

Systemy produkcyjne są systemami dynamicznymi. Nieodłącznym atrybutem każdego systemu dynamicznego jest czas. Z upływem czasu zmieniają się cechy poszczególnych elementów systemu oraz cechy systemu jako całości. Oznacza to, że na wielkości wyjściowe w chwili t_{i+1} mają wpływ wielkości wejściowe w chwilach t_i , tj. wcześniejszych. Do dalszego opracowania przyjęto ogólny schemat makroskopowy systemu produkcyjnego według [32] przedstawionego na rysunku 3.3.



Rys. 3.3. Schemat systemu produkcyjnego (wg [32])

W procesie produkcyjnym wielkości wejściowe do systemu x_j są przekształcane w materialne wielkości wyjściowe y_k [96]. W przypadku realizacji robót budowlanych wektor zmiennych wejściowych tworzą:

- wyroby budowlane, surowce, półfabrykaty,
- ludzie zatrudnieni przy realizacji robót budowlanych,
- maszyny i urządzenia wspomagające przebieg robót budowlanych,
- zasilanie energetyczne procesu produkcji,
- zasady technologiczne przetwarzania wyrobów, surowców i półfabrykatów,
- zasady organizacyjne procesu przetwarzania.

Wektor zmiennych wyjściowych tworzą:

- zrealizowane roboty budowlane,
- elementy obiektu budowlanego,
- całkowicie zrealizowane obiekty budowlane.

Związek przyczynowo-skutkowy pomiędzy wielkościami wejściowymi systemu w chwili t_i a wielkościami wyjściowymi systemu uzyskanymi w chwili t_{i+1} można przedstawić w postaci następującej relacji:

$$S: x(t_i) \rightarrow y(t_{i+1}), \quad t_i < t_{i+1}, \quad x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_j \end{bmatrix}, \quad y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_k \end{bmatrix}, \quad s = \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \dots \\ s_n \end{bmatrix},$$

w której:

- x – wektor zmiennych wejściowych,
- y – wektor zmiennych wyjściowych,
- s – wektor stanów procesu.

W trakcie realizacji procesu produkcyjnego w systemie produkcyjnym zachodzą ciągle zmiany. Przede wszystkim w wyniku operacji technologicznych i czynności

wykonywanych przez pracowników na przedmiocie produkcji zmienia się stan przedmiotu produkcji, stan poszczególnych elementów procesu produkcyjnego oraz stan środowiska pracy. W związku z tym określenie procesu produkcyjnego polega na opisanu zbioru elementów systemu i ich atrybutów, zbioru wzajemnych relacji o charakterze przyczynowo-skutkowym, następstwa czasowego i relacji ilościowych, relacji nadrzędności i podrzędności zachodzących pomiędzy elementami i ich właściwościami. Działania te prowadzą do identyfikacji procesu produkcyjnego w postaci rozwojowej mikrostruktury systemu. Opracowany w ten sposób model procesu produkcyjnego przedstawiono na rysunku 3.4. W tak przyjętym ujęciu system produkcyjny jest obserwowany jako zbiór poszczególnych stanów, w których kolejno znajduje się realizowany obiekt budowlany. Zbiór stanów systemu można przedstawić w postaci

$$P \equiv \{P(t_i) : i = 1, 2, \dots, N\},$$

przy czym

$$P(t_i) \subset \{M(t_i), U(t_i), O(t_i), D(t_i), Z_1(t_i), Z_2(t_i), T(t_i), \Omega(t_i)\}, \quad \{i = 1, 2, 3, \dots, N\},$$

gdzie:

P – zbiór stanów przedmiotu pracy; obejmuje on poszczególne etapy procesu realizacji obiektu budowlanego,

M – zbiór materiałów,

U – zbiór maszyn i urządzeń stosowanych do realizacji obiektu budowlanego,

O – zbiór osób wykonujących poszczególne zadania i czynności,

D – zbiór działań technicznych, w wyniku których następuje zmiana stanu obiektu,

Z_1 – zbiór zasad technologicznych precyzujących sposób przetwarzania przedmiotu produkcji,

Z_2 – zbiór zasad organizacyjnych, określających liczebności poszczególnych zbiorów, zasady nadrzędności i podrzędności, miejsce i czas wykonania poszczególnych czynności,

T – zbiór terminów i czasów realizacji poszczególnych zadań, harmonogram robót,

Ω – zbiór relacji zachodzących pomiędzy czynnikami procesu produkcyjnego.

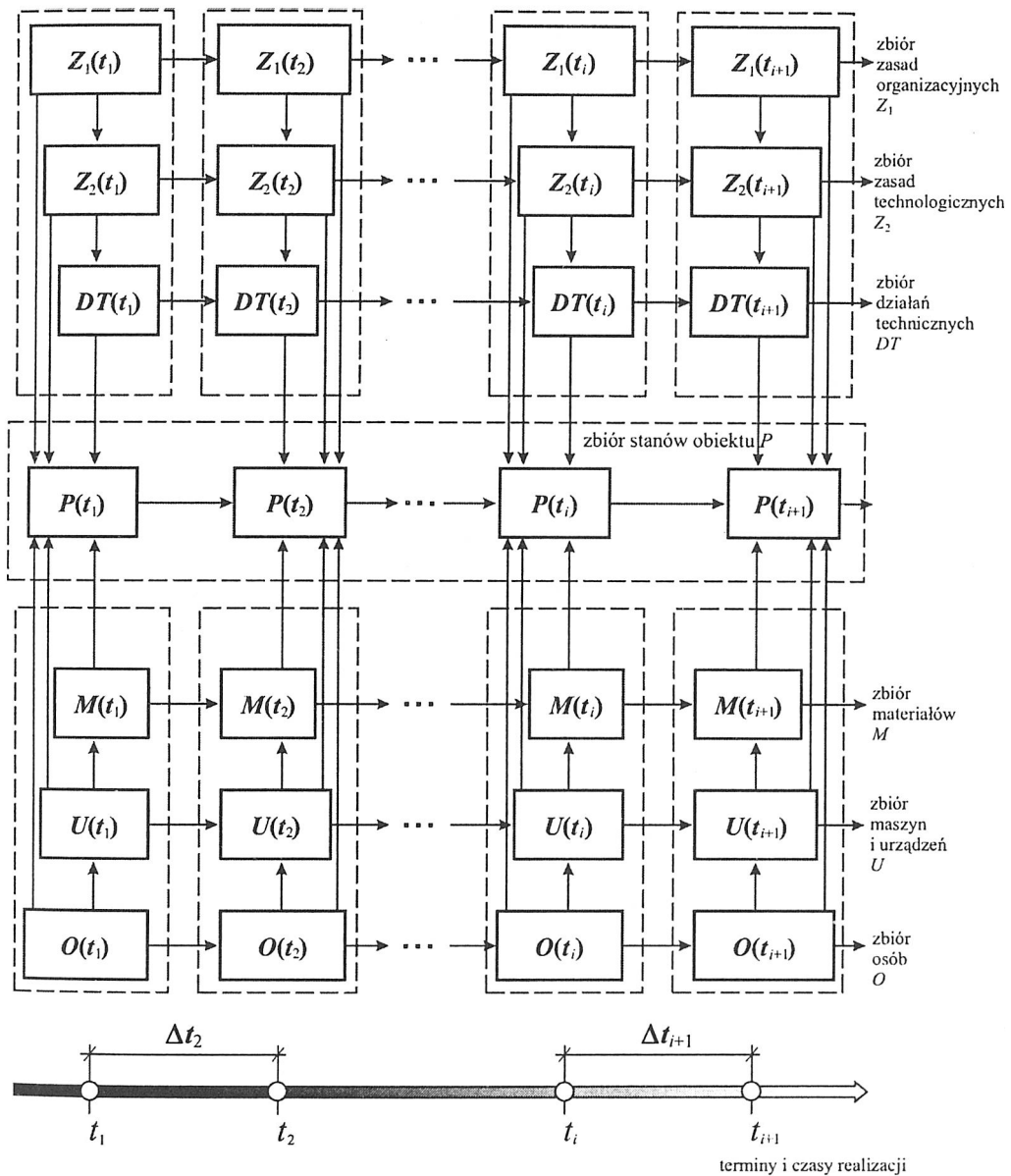
W wyniku przebiegu procesu produkcyjnego ulegają zmianom poszczególne stany przedmiotu produkcji

$$\omega_p : P(t_i) \rightarrow P(t_{i+1}).$$

Zmianom ulegają też atrybuty poszczególnych wyróżnionych zbiorów elementów materialnych procesu, działań technicznych oraz obowiązujących zasad technologicznych i organizacyjnych:

$$\omega_M : M(t_i) \rightarrow M(t_{i+1}); \quad \omega_U : U(t_i) \rightarrow U(t_{i+1}); \quad r_o : O(t_i) \rightarrow O(t_{i+1});$$

$$r_{DT} : DT(t_i) \rightarrow DT(t_{i+1}); \quad \omega_{Z_1} : Z_1(t_i) \rightarrow Z_1(t_{i+1}); \quad \omega_{Z_2} : Z_2(t_i) \rightarrow Z_2(t_{i+1}).$$



Rys. 3.4. Model procesu produkcyjnego

Elementy procesu produkcyjnego są uporządkowane nie tylko statycznie, ale także i dynamicznie. Takie uporządkowanie tych elementów skutkuje ścisłymi zależnościami między nimi. Wystąpienie zmian, czy to w zakresie uporządkowania czy w zakresie jakościowym w elementach procesu produkcyjnego, powoduje zakłócenia, które mogą być przyczyną niebezpiecznego zdarzenia i powstania urazu pracownika. Anali-

za zakłóceń w przebiegu procesu produkcji elementów prefabrykowanych jest między innymi przedmiotem prac [76, 77].

3.3. Schemat sytuacji wypadkowej

Niepożądane zdarzenia w procesach produkcyjnych, takie jak wypadki i katastrofy, powstają wtedy, gdy w toku produkcji powstają liczne odstępstwa od ustalonych wymagań technicznych, organizacyjnych oraz bezpieczeństwa pracy. Odstępstwa te mogą dotyczyć zarówno składników realizowanego procesu, jak i jego otoczenia.

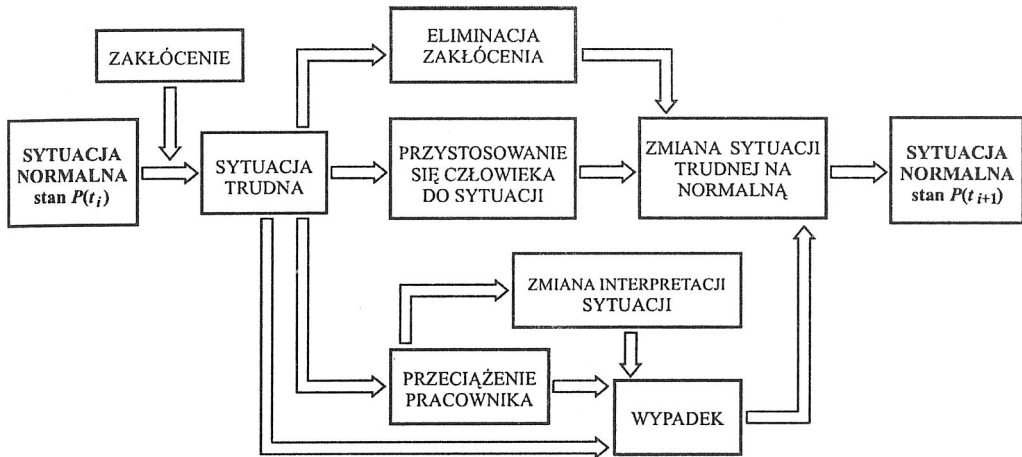
Momentem rozpoczynającym sytuację wypadkową jest pojawienie się w przebiegu procesu produkcyjnego zakłócenia, które zmienia sytuację normalną na sytuację trudną. Jedną z cech sytuacji trudnej jest zwiększenie wymagań, jakie praca lub warunki stawiają ludziom. Jeśli pracownik posiada dostateczny zapas możliwości poznawczych, technicznych, sprawnościowych i motywacyjnych, to może albo usunąć powstałe zakłócenie, albo skompensować je przez podjęcie odpowiednich działań przystosowawczych. Zostanie wówczas przywrócony stan równowagi między wymaganiami stawianymi przez zadanie a możliwościami pracownika. We wszystkich natomiast przypadkach, gdy wystąpiło zakłócenie mające cechy zagrożenia, a nie zostało ono usunięte lub gdy niedostatecznie zmieniło się postępowanie ludzi, będzie istniał stan zwiększonego prawdopodobieństwa powstania wypadków [150]. Jest to sytuacja zagrożenia.

Aktywizacja tego zagrożenia – w wyniku popełnionego błędu – prowadzi do niebezpiecznego wydarzenia. Jeśli w zasięgu aktywnie działającego zagrożenia znajdzie się człowiek i dozna obrażeń, to zdarzenie takie staje się zdarzeniem wypadkowym. Gdy natomiast w zasięgu aktywnie działającego zagrożenia nie znajdzie się człowiek, wówczas może dojść jedynie do zniszczeń i strat materialnych w zakładzie pracy.

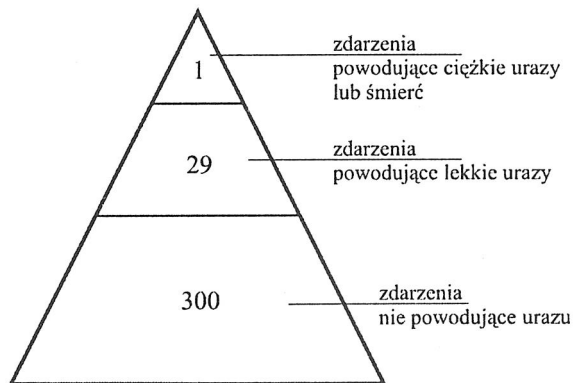
Niepożądane wystąpienie niebezpiecznego wydarzenia bez konsekwencji urazowych nazywa się niemal wypadkiem lub zdarzeniem potencjalnie wypadkowym [89, 155]. Schemat sytuacji wypadkowej przedstawiono na rysunku 3.5.

Z poprzednich rozważań, jak też z rysunku 3.5, wynika, że nie każde zakłócenie, które powstaje w przebiegu procesu produkcyjnego, kończy się wypadkiem przy pracy. Na podstawie badań stwierdzono, że każdy wypadek powodujący uraz jest poprzedzony wystąpieniem wielu podobnych zdarzeń, które nie powodują urazu [41]. Relacje zdarzeń wypadkowych do bezwypadkowych przedstawiono na rysunku 3.6.

Rejestrowanie i analizowanie zdarzeń potencjalnie wypadkowych nie jest obowiązkiem wynikającym z przepisów prawa [20, 21]. Informacje o liczbie zdarzeń potencjalnie wypadkowych mówią jednak o stanie bezpieczeństwa w zakładzie pracy. W prewencji wypadkowej ważna jest potencjalna możliwość spowodowania urazu, a nie rzeczywisty uraz [41].



Rys. 3.5. Schemat sytuacji wypadkowej (wg [150])



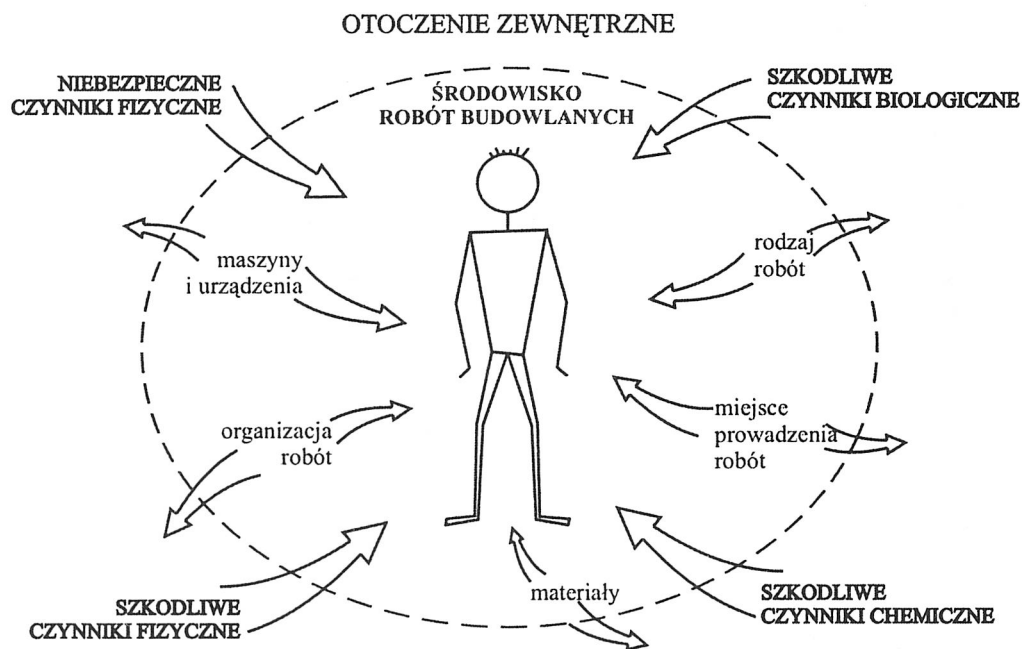
Rys. 3.6. Relacje zdarzeń wypadkowych do bezwypadkowych (wg [41])

3.4. Charakterystyka środowiska pracy w budownictwie pod kątem zagrożeń zawodowych

3.4.1. Czynniki niebezpieczne, szkodliwe i uciążliwe w środowisku pracy

W procesie pracy człowiek oddziałuje bezpośrednio lub pośrednio na przedmioty pracy i środki techniczne, które w strefach swojego oddziaływania stanowią potencjalne źródła zagrożeń. Realizacja procesu produkcyjnego wymaga określonej przestrzeni. Ta niezbędna przestrzeń jest zdeterminowana powierzchnią potrzebną do realizacji procesu produkcyjnego, powiększoną o strefy bezpieczeństwa, oraz wysoko-

ścią konieczną do wykonania pracy. W tej przestrzeni tworzącej środowisko pracy mogą się pojawić potencjalne zagrożenia. Środowisko pracy jest środowiskiem nie-naturalnym, wytworzonym przez człowieka. Tworzą je wszystkie elementy związane w sposób bezpośredni lub pośredni z przebiegiem procesu pracy. Aktywność produkcyjna powoduje pojawienie się w przestrzeni pracy, a tym samym w środowisku pracy, wielu czynników, które dla człowieka mogą się okazać niebezpieczne, szkodliwe bądź uciążliwe. W środowisku tym zidentyfikowano wiele czynników, które mogą stanowić zagrożenie dla życia i zdrowia pracowników. Czynniki te dzieli się na: niebezpieczne, szkodliwe i uciążliwe. Niebezpieczne, szkodliwe i uciążliwe czynniki występujące w procesie pracy można ponadto podzielić na: fizyczne, chemiczne, biologiczne i psychofizyczne [121]. Zaobserwowane i uporządkowane, w trakcie analizy własnej, zagadnienie oddziaływania czynników niebezpiecznych, szkodliwych i uciążliwych na organizm ludzki oraz otoczenie przedstawiono na rysunku 3.7.

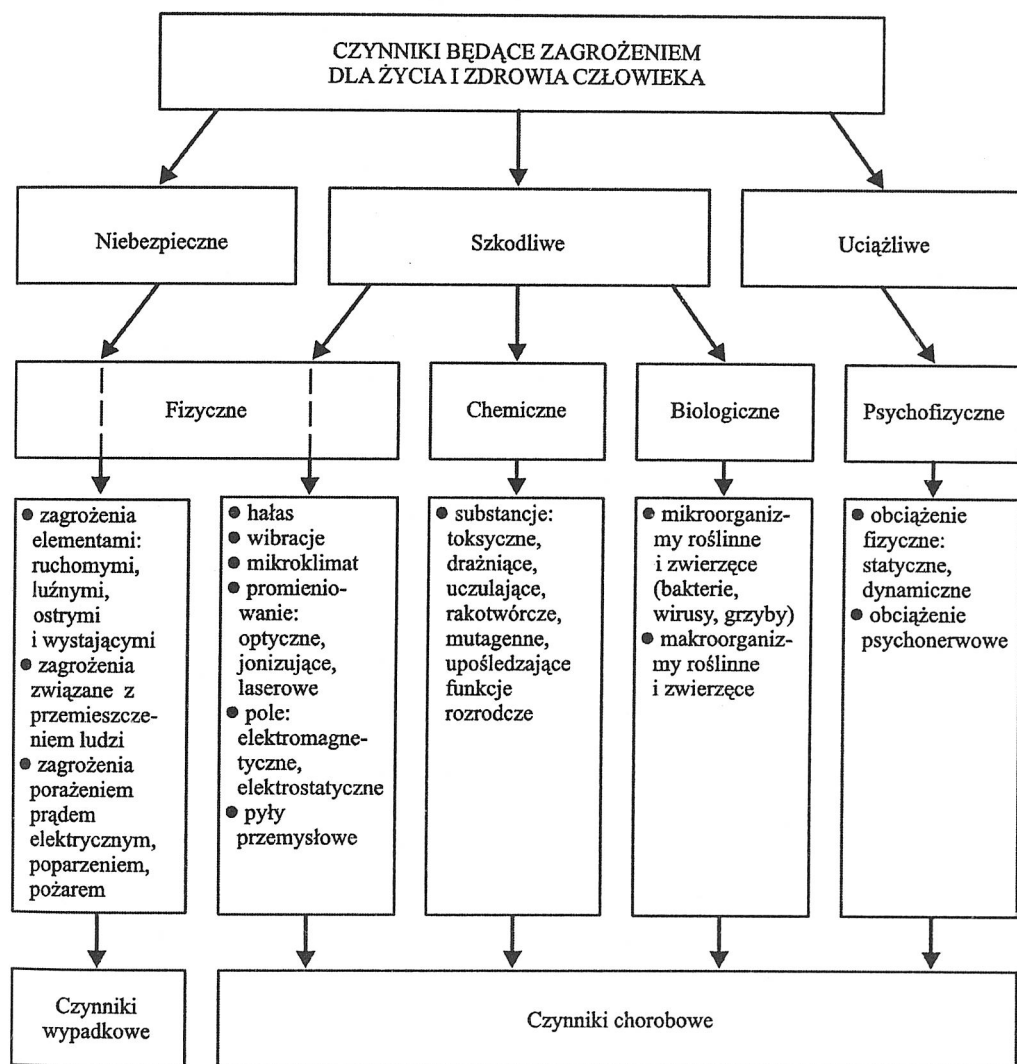


Rys. 3.7. Schemat oddziaływania czynników niebezpiecznych, szkodliwych i uciążliwych na organizm ludzki

Ze względu na skutek, jaki czynniki te wywołują w organizmie człowieka, zagrożenia środowiska pracy dzieli się na:

- chorobowe, kończące się chorobami i schorzeniami zawodowymi o różnej ciężkości, aż do inwalidztwa i śmierci włącznie,
- wypadkowe, kończące się urazami o różnej ciężkości (wypadki lekkie, ciężkie i śmiertelne).

Na podstawie wyników przeprowadzonej analizy usystematyzowano czynniki stanowiące zagrożenie dla zdrowia i życia człowieka (rys. 3.8).

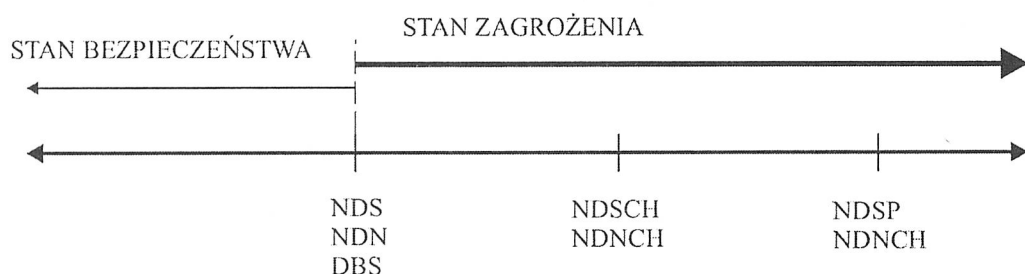


Rys. 3.8. Schemat klasyfikacji czynników stanowiących zagrożenie dla życia i zdrowia człowieka

Do zagrożeń chorobowych zalicza się te występujące w środowisku pracy czynniki szkodliwe i uciążliwe dla zdrowia, których skutki pojawiają się dopiero po pewnym czasie od chwili ekspozycji na ich działanie. Zagrożeniami chorobowymi są wszystkie przypadki pracy w warunkach przekroczenia najwyższych dopuszczalnych stężeń – NDS, najwyższych dopuszczalnych natężeń – NDN oraz dopuszczalnych stężeń w materiale biologicznym – DBS.

Na rysunku 3.9 przedstawiono wzajemne relacje miar zagrożenia czynnikami szkodliwymi, które mogą wystąpić w środowisku pracy. Należy wyjaśnić, że [125]:

- NDS, NDN, DBS są takimi wartościami różnych czynników, których oddziaływanie na pracownika podczas ośmiogodzinnego dnia pracy w ciągu całej aktywności zawodowej nie powinno spowodować ujemnych zmian w stanie jego zdrowia oraz w stanie zdrowia jego przyszłych pokoleń.
- NDSCH, NDNCH – najwyższe dopuszczalne stężenie czy natężenie chwilowe są takimi wartościami różnych czynników, które nie powinny spowodować ujemnych zmian w stanie zdrowia pracownika oraz w stanie zdrowia jego pokoleń, jeśli ich czas utrzymywania się w środowisku pracy nie przekracza 15 minut i jednocześnie nie zdarza się częściej niż dwa razy w czasie zmiany roboczej w odstępie czasu nie krótszym niż 1 godzina.
- NDSP, NDNP – najwyższe dopuszczalne stężenie czy natężenie progowe jest to taka wartość szkodliwego czynnika pracy, która nie może zostać przekroczona w żadnym momencie.



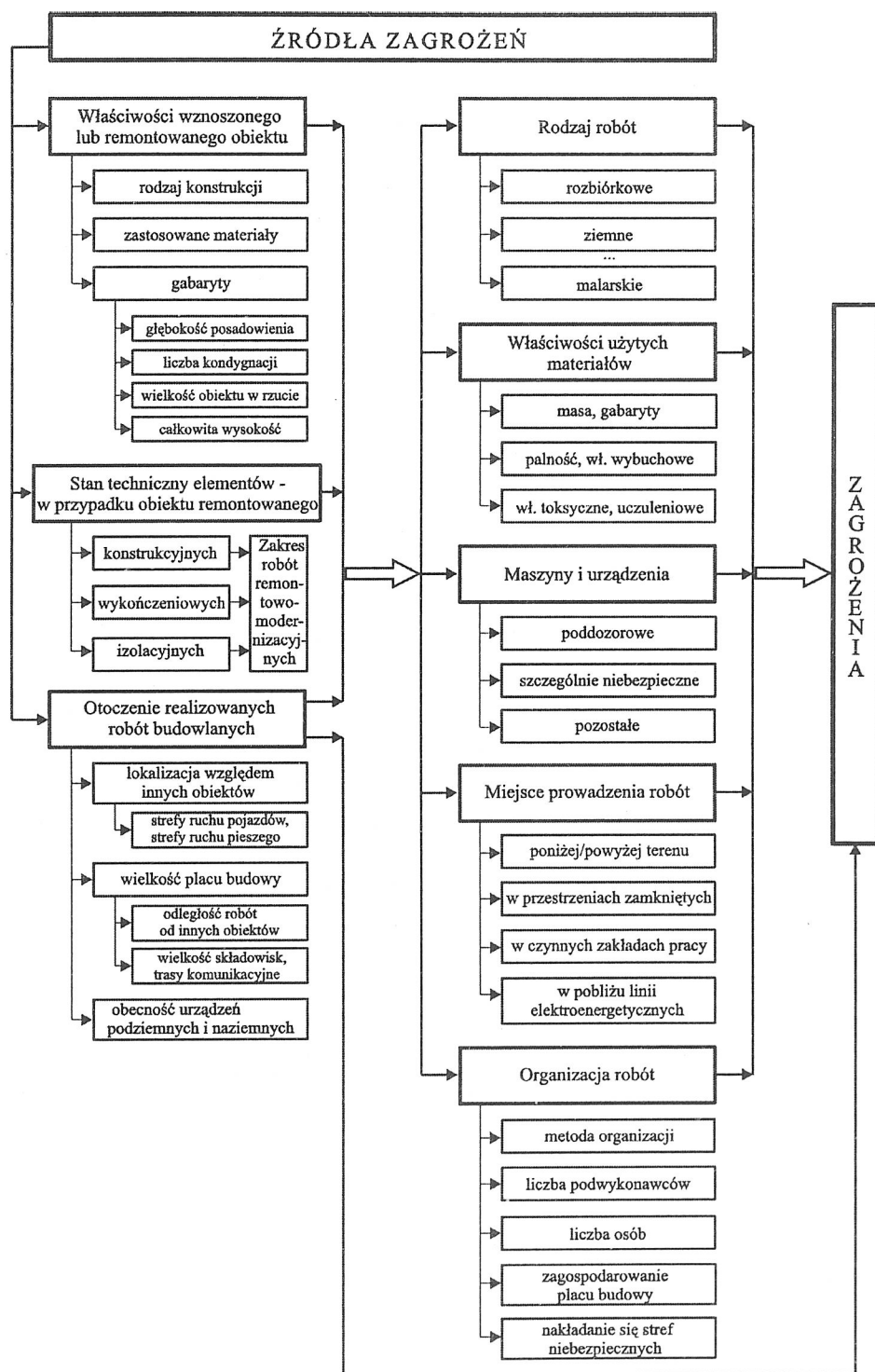
Rys. 3.9. Wzajemne relacje miar zagrożenia (wg [150]). Objasnienia w tekście

Do zagrożeń wypadkowych zalicza się niebezpieczne czynniki fizyczne występujące w środowisku pracy. Osoby zatrudnione w budownictwie w większym stopniu są narażone na negatywne oddziaływanie czynników niebezpiecznych, powodujących wypadki przy pracy, niż na działanie czynników szkodliwych i uciążliwych, które wywołują choroby zawodowe.

3.4.2. Identyfikacja źródeł generujących zagrożenia w trakcie prowadzenia robót budowlanych

Ze względu na bezpieczeństwo pracy zagrożeniem dla człowieka jest każda sytuacja oznaczająca możliwość utraty zdrowia i życia. Identyfikacja zagrożeń jest procesem, którego celem jest rozpoznawanie istniejących lub przewidywanie możliwych niebezpiecznych sytuacji lub wydarzeń. Mogą one powstać w związku z:

- warunkami środowiska naturalnego,
- wykorzystywaną energią oraz stosowanym wyposażeniem,
- wykorzystywaną technologią,



Rys. 3.10. Źródła generujące zagrożenia w robotach budowlanych

- stosowanymi materiałami,
- popełnieniem przez ludzi niebezpiecznych błędów.

Identyfikacja zagrożeń oraz ich źródeł wymaga wnikliwej analizy wszystkich elementów biorących udział w procesie realizacji. W przypadku realizacji robót budowlanych zagrożenia mogą mieć swoje źródło nie tylko w fazie realizacji robót, ale również w fazach ją poprzedzających, a przede wszystkim na etapie projektowania obiektu [16]. Na podstawie wyników przeprowadzonej analizy procesów budowlanych można stwierdzić, że źródłem zagrożeń w robotach budowlanych mogą być:

- właściwości realizowanego obiektu,
- miejsce prowadzenia robót,
- rodzaj wykonywanych robót budowlanych,
- stosowane maszyny i urządzenia,
- stosowane materiały budowlane,
- lokalizacja obiektu,
- organizacja robót,
- a w przypadku robót remontowo-modernizacyjnych także stan techniczny obiektu lub jego elementów.

Na podstawie wyników analizy skonstruowano własny schemat i konfigurację źródeł generujących zagrożenia w robotach budowlanych (rys. 3.10).

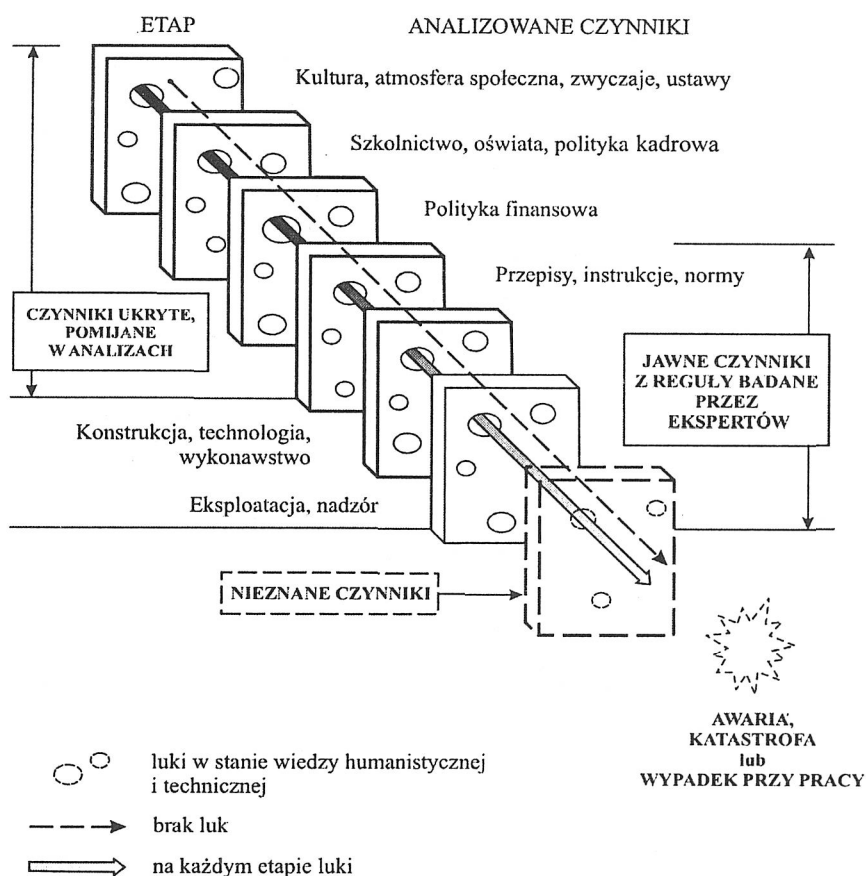
3.4.3. Awarie i katastrofy budowlane oraz ich związek z wypadkami przy pracy

Wypadki przy pracy w budownictwie mogą być spowodowane awariami i katastrofami budowlanymi.

Według autorów pracy [100] awarią jest uszkodzenie elementu lub elementów konstrukcyjnych, powodujące zaburzenia w eksploatacji obiektu, które może stanowić niebezpieczeństwo dla życia ludzkiego. Z kolei według *Prawa budowlanego* katastrofą budowlaną jest niezamierzone, gwałtowne zniszczenie obiektu budowlanego lub jego części, a także konstrukcyjnych elementów rusztowań, elementów urządzeń formujących, ścianek szczelnych i obudowy wykopów [162]. Nie jest katastrofą budowlaną: uszkodzenie elementu wbudowanego w obiekt budowlany, nadającego się do naprawy lub wymiany; uszkodzenie lub zniszczenie urządzeń budowlanych związanych z budynkami, awaria instalacji.

Awarie i katastrofy budowlane powstają na skutek wielu przyczyn. Wpływ na powstanie awarii lub katastrofy budowlanej mają czynniki ukryte, jawne i niezbrane [104]. Czynniki ukryte to takie, z których istnienia zdajemy sobie sprawę, lecz nie potrafimy ich w sposób jednoznaczny oszacować. Do takich czynników należą: kultura i atmosfera społeczna, zwyczaje, ustawy, szkolnictwo, oświata, polityka kadrowa i finansowa. Czynniki jawne są łatwe do wykrycia i są przedmiotem szczegółowych badań analiz. Na granicy czynników jawnych i ukrytych znajdują się przepisy, instrukcje oraz normy. W rozważaniach na temat przyczyn awarii i katastrof są pomijane

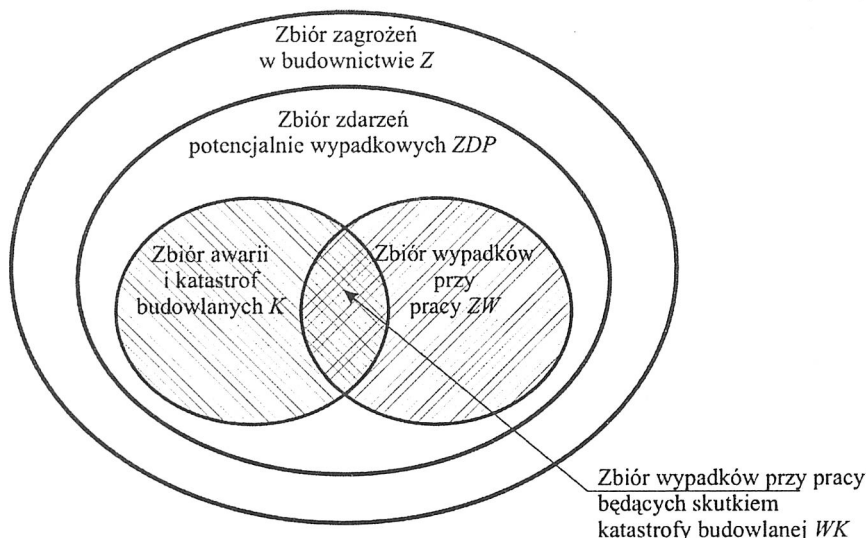
czynniki nieznane. Są to takie czynniki, których nie potrafimy udowodnić. Model inkubacji katastrofy budowlanej według [104] przedstawiono na rysunku 3.11. Na każdym etapie podejmowania decyzji i prowadzenia działań związanych z realizacją obiektów lub robót budowlanych spotyka się puste miejsca symbolizujące luki w wiedzy. Jeżeli na całej drodze postępowania wystąpią takie miejsca, to może dojść do katastrofy.



Rys. 3.11. Model inkubacji katastrofy budowlanej (wg [104])

Jeżeli w miejscu awarii lub katastrofy budowlanej, w strefie oddziaływania czynników niebezpiecznych, znajdzie się człowiek i dozna urazu, to zdarzenie takie zaliczymy do wypadków. Gdy w wyniku katastrofy budowlanej żadna osoba nie dozna obrażeń, wówczas zdarzenie takie zaliczymy do zdarzeń potencjalnie wypadkowych. Wypadek, który powstał w wyniku katastrofy budowlanej zaliczony zostanie do wypadków przy pracy w budownictwie wówczas, gdy katastrofa wydarzyła się w trakcie wykonywania robót budowlanych, a poszkodowana osoba miała związek z wykonywanymi robotami, a więc jeżeli spełnione są wymagania stawiane w definicji wypadku przy pracy [169].

Szczegółowe rozpatrzenie relacji między zagrożeniami w budownictwie, zdarzeniami potencjalnie wypadkowymi, awariami i katastrofami budowlanym a wypadkami przy pracy doprowadziło do odwzorowania przedstawionego na rysunku 3.12.



Rys. 3.12. Schemat wzajemnych relacji pomiędzy zagrożeniami, zdarzeniami potencjalnie wypadkowymi, katastrofami budowlanymi i wypadkami przy pracy

Jeżeli wprowadzimy następujące oznaczenia:

Z – zbiór zagrożeń występujących w środowisku robót budowlanych,

ZDP – zbiór zdarzeń potencjalnie wypadkowych,

K – zbiór katastrof budowlanych,

ZW – zbiór wypadków,

WK – zbiór wypadków będących wynikiem katastrof budowlanych,

to pomiędzy tymi zbiorami zachodzą następujące relacje:

$$ZDP \subset Z, K \subset ZDP, ZW \subset ZDP, K \cap ZW = WK.$$

Przyczyny katastrof budowlanych wiążą się z ludźmi, wbudowanymi materiałami, istniejącymi w miejscu posadowienia obiektu warunkami wodno-gruntowymi oraz klimatem [104]. Człowiek w procesie powstawania katastrofy występuje w potrójnej roli: jako decydent, jako sprawca i jako poszkodowany. Związany jest on z obiektem budowlanym od chwili powstania koncepcji aż do czasu jego użycia. Materiały budowlane mają znaczenie od chwili rozpoczęcia realizacji obiektu do momentu rozbiórki. Klimat i zjawiska geologiczne nabierają szczególnego znaczenia w fazie eksploatacji obiektu.

Na podstawie analiz awarii i katastrof budowlanych, jakie wydarzyły się w latach 1962–2002, stwierdzono następujące jawne przyczyny, które miały swoje źródło w fazie projektowania obiektu budowlanego, a mianowicie [131, 132, 133]:

- niedostateczne lub błędne oceny: podłoża gruntowego i warunków wodno-gruntowych,
- błędne oceny obciążeń dopuszczalnych na grunt i dopuszczalnych osiadań dla danego rodzaju projektowanej konstrukcji,
- zły sposób fundamentowania oraz niewłaściwe zaprojektowanie fundamentów, nieuwzględniające rzeczywistej współpracy konstrukcji obiektu z podłożem gruntowym,
- nieodpowiednie – dla określonych technologii, warunków eksploatacji oraz użytkowania – rodzaje konstrukcji przyjęte w projekcie obiektu,
- błędne interpretacje norm, aprobat technicznych, wytycznych i instrukcji przedmiotowych dla danych warunków technicznych obiektu,
- odstępstwa od norm, aprobat technicznych i wytycznych podczas projektowania konstrukcji w warunkach specjalnych,
- błędne rozpoznania pracy konstrukcji obiektów przy założonych i nietypowych obciążeniach, np. w przypadku obciążeń parasejsmicznych, obciążenia wiatrem, śniegiem, pyłem i lodem,
- błędy inżynierskie i techniczne podczas projektowania stężeń, połączeń elementów i całych konstrukcji budowlanych,
- nieodpowiednie lub błędne doборы technologii wykonania obiektu i rodzaju materiałów, a także elementów konstrukcyjnych i wykończeniowych,
- nieuwzględnianie opinii inwestorów i użytkowników przy powtarzalnych realizacjach konstrukcji,
- złe organizacje procesów projektowania,
- złe procedury przetargów na roboty budowlane,
- zbyt szybkie terminy realizacji oraz niewłaściwe kontrakty z inwestorami.

Najczęstszymi błędami popełnianymi w fazie wykonawstwa, będącymi przyczynami awarii i katastrof, były:

- zmiany warunków fundamentowania konstrukcji oraz brak dostatecznych badań właściwości gruntu przed rozpoczęciem budowy obiektu,
- niedostateczne jakości wbudowywanych betonów i wyrobów budowlanych,
- wbudowywanie uszkodzonych elementów oraz złych wyrobów,
- złe wykonywanie połączeń elementów prefabrykowanych,
- stosowanie wyrobów nieatestowanych i bez certyfikacji,
- niedostateczne kontrole jakości wyrobów, atestów oraz niewłaściwe kontrole międzyoperacyjne,
- niedotrzymanie zasad sztuki budowlanej oraz braki nadzoru technicznego,
- niedostateczne zrozumienie przez wykonawców pracy konstrukcji oraz warunków jej użytkowania, prowadzące do niewłaściwych zmian realizacyjnych w stosunku do projektu,
- częste braki współpracy wykonawców z projektantami obiektów,
- źle rozstrzygnięte przetargi,
- złe organizacje budów.

W czasie użytkowania oraz podczas remontów i modernizacji obiektów budowlanych awarie i katastrofy spowodowane były najczęściej:

- niewykonywaniem przeglądów technicznych zgodnie z prawem budowlanym,
- dopuszczaniem do uszkodzeń obiektu wskutek dodatkowych obciążeń konstrukcji,
- niedostatecznymi konserwacjami i zabezpieczeniami konstrukcji przed erozją i korozją,
- osłabieniem lub uszkodzeniem połączeń lub istotnych fragmentów konstrukcji,
- dopuszczaniem do powstawania nadmiernych rys, a często również pęknięć elementów konstrukcji,
- powstawaniem oraz nieusuwanym zacieków i ich przyczyn,
- dopuszczaniem do powstawania awarii instalacji sanitarnych gazowych i elektrycznych, a szczególnie awarii instalacji wodociągowych w podłożu,
- niezgodnym ze sztuką budowlaną realizowaniem remontów i modernizacji, często bez właściwych projektów, jedynie na podstawie zaleceń wykonawców nieposiadających odpowiedniego przeszkolenia,
- niedostateczną znajomością zasad remontów, modernizacji i wzmocnień.

Czynnikiem niejawnym, który może spowodować awarię, katastrofę budowlaną lub wypadek przy pracy, jest istniejąca w przedsiębiorstwie budowlanym kultura bezpieczeństwa pracy, którą można zdefiniować jako ogół czynników uruchamiających i podtrzymujących działania chroniące życie i zdrowie [97, 151]. Wśród nich należy wymienić:

- dużą wartość przypisywaną życiu i zdrowiu,
- gotowość do poniesienia psychologicznych i ekonomicznych kosztów w celu zapewnienia bezpieczeństwa i ochrony zdrowia,
- akceptującą postawę wobec przepisów bezpieczeństwa i konieczności ich stosowania,
- brak tolerancji wobec zagrożeń i ryzykantów,
- skłonność do odczuwania zadowolenia z możliwości stosowania bezpiecznych metod pracy oraz niezadowolenia gdy stosowanie przepisów bhp napotyka na trudności,
- przypisywanie dużego praktycznego znaczenia dla wiedzy z zakresu bezpieczeństwa i higieny pracy,
- przyznawanie wysokiej rangi i prestiżu osobom zajmującym się organizacją bezpiecznej pracy w sposób kompetentny,
- tendencję do integrowania zarządzania bezpieczeństwem z całkowitym zarządzaniem firmą.

W kulturze bezpieczeństwa przedsiębiorstwa są zawarte przekonania, wartości oraz normy zachowań wspólne dla wszystkich pracowników. Kultura bezpieczeństwa jest przejmowana przez osoby rozpoczynające pracę w firmie w sposób automatyczny, a często nawet nieświadomy. Informacje o panujących zwyczajach i deklarowanych wartościach przekazywane są nowemu pracownikowi podczas wstępnych rozmów i szkoleń. Dalszą naukę pobiera on w codziennej pracy i w mniej formalnych kontaktach z innymi pracownikami. Wtedy odkrywa, co tak naprawdę jest ważne w firmie i przystosowuje swoje zachowanie do rzeczywiście oczekiwanych i nagradzanych sposobów postępowania [97].

4. Zakres i metodyka badań własnych

4.1. Wykorzystane źródła zbiorów danych o wypadkach przy pracy w budownictwie

Podjęta tematyka badań wymagała uzyskania wiarygodnych danych na temat wypadków przy pracy w budownictwie. Dane takie, dla poszczególnych sekcji gospodarki narodowej, są udostępniane przez Główny Urząd Statystyczny oraz wojewódzkie urzędy statystyczne. Publikowane są one na łamach wydawanych przez te urzędy roczników statystycznych, biuletynów statystycznych oraz sprawozdań publikowanych na stronach internetowych.

W zakresie prowadzonych badań skorzystano z następujących opracowań Głównego Urzędu Statystycznego:

- wypadki przy pracy w latach 1992–2005 [169],
- wyniki działalności finansowej w budownictwie [22],
- roczniki statystyczne [122],
- biuletyny statystyczne [6].

W zakresie badań dotyczących przyczyn wypadków przy pracy pozyskano dane z opracowań wojewódzkich urzędów statystycznych, jak:

- roczniki statystyczne poszczególnych województw [123],
- informacje pisemne opracowane przez wskazany urząd.

Z przytoczonych wyżej publikacji zaczerpnięto takie dane, jak:

- liczba osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy w budownictwie, z podziałem na poszkodowanych w wypadkach: lekkich, ciężkich i śmiertelnych,
- liczba osób zatrudnionych w budownictwie,
- liczba dni niezdolności do pracy przypadająca na jednego poszkodowanego w wypadku przy pracy w budownictwie,
- wartość produkcji budowlanej,
- wskaźniki wzrostu cen w budownictwie,
- liczba osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy w budownictwie w poszczególnych województwach Polski,
- liczba przyczyn sklasyfikowanych w poszczególnych grupach, które odnotowano w związku z wypadkami przy pracy w poszczególnych województwach.

4.2. Zakres przeprowadzonych badań, analiz i ocen

Przeprowadzone badania dotyczyły zagadnień związanych z bezpieczeństwem pracy w budownictwie, a mianowicie:

- analizy i oceny wypadkowości wyrażonej za pomocą różnych wskaźników,
- budowy modeli, które opisują tendencję rozwojową przebiegu badanych zjawisk w czasie,
- analizy zależności między przyczynami wypadków przy pracy a liczbą tych wypadków w budownictwie.

Podczas analizy wypadkowości dokonano porównania wartości wskaźników wypadkowości uzyskanych w badanym okresie z wartościami takich samych wskaźników zarejestrowanych w okresie wcześniejszym. Porównanie wartości wskaźników wypadkowości, zgodnie z [150], pozwala wyciągać wnioski dotyczące między innymi:

- specyfiki i poziomu zagrożeń występujących podczas wykonywania robót budowlanych,
- skuteczności stosowanych metod profilaktycznych,
- kompetencji kierownictwa i dozoru w zakresie zarządzania bezpieczeństwem pracy,
- kwalifikacji i motywacji robotników do wykonywania zleczanych zadań w sposób bezpieczny,
- sprawności zakładowego systemu bezpieczeństwa i państwowego systemu ochrony pracy.

W rozprawie wypadkowość w budownictwie potraktowano wielopłaszczyznowo, jako:

- zjawisko statyczne jednorodne,
- zjawisko statyczne niejednorodne,
- zjawisko dynamiczne.

Do oceny wypadkowości jako jednorodnego zjawiska statycznego zastosowano różnorodne wskaźniki częstości wypadków oraz wskaźnik ciężkości wypadków, natomiast do oceny wypadkowości jako niejednorodnego zjawiska statycznego zastosowano wskaźniki częstości standaryzowanej. Ocena wypadkowości jako zjawiska dynamicznego wymagała zastosowania łańcuchowych indeksów dynamiki, jednopodstawowych indeksów dynamiki oraz wskaźników zmian dynamicznych.

Wypadkowość jest zjawiskiem masowym w tym sensie, że w dużej ilości wykazuje ono określone prawidłowości, których nie można uchwycić w pojedynczym wypadku [9, 106, 169]. Wypadkowość jest również zjawiskiem zmieniającym się w czasie. Obliczone na podstawie danych statystycznych, obejmujących określony okres, wartości wskaźników wypadkowości zmieniają się w stosunku do pozostałych badanych okresów. W związku z tym do analizy wypadkowości jako zjawiska zmieniającego się w czasie zastosowano teorię modeli ekonometrycznych. Aby opisać przebieg poszczególnych zjawisk, zbudowano modele ich tendencji rozwojowej. Po dokonaniu

oceny wiarygodności modeli porównano teoretyczny i rzeczywisty przebieg badanych zjawisk oraz wyciągnięto wnioski o charakterze ogólnym.

Zgodnie z teorią powstawania wypadków przy pracy, każdy wypadek jest skutkiem kilku przyczyn, które z kolei są skutkiem zagrożeń występujących w środowisku pracy. Do zbadania wpływu poszczególnych przyczyn na liczbę wypadków przy pracy zbudowano matematyczne modele analityczne, przedstawiające zależność liczby osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy od poszczególnych zidentyfikowanych przyczyn. Modele te posłużyły do określenia wpływu zmian poszczególnych przyczyn na liczbę wypadków przy pracy. Uzyskane wyniki mogą służyć do określenia kierunków prowadzenia działań prewencyjnych, zapobiegających powstawaniu wypadków.

4.3. Metodyka badań

W zakresie analizy i oceny wypadkowości badania obejmowały zbiory danych, na które składały się dane o wypadkach zarejestrowanych w Polsce w poszczególnych latach. Dane statystyczne uzyskano na podstawie badania pełnego, tzn. w badaniach uwzględniono wszystkie zarejestrowane wypadki przy pracy.

Opracowano własną, następującą metodykę badania tendencji rozwojowej wypadkowości w budownictwie:

- Badaniami objęto przedział czasu od 1992 do 2005 roku. Przedział ten obejmował 14 rocznych okresów czasu $i = 1, \dots, 14$. Badany przedział czasu został ograniczony lewostronnie do roku 1992, ponieważ w roku tym zaczęły obowiązywać ujednolicone wytyczne dotyczące zasad zbierania i przekazywania do urzędów statystycznych danych na temat wypadków przy pracy. Badany przedział czasu może być nieograniczony prawostronnie, co oznacza, że można uaktualniać wyniki badań w miarę napływu nowych danych.
- Dla poszczególnych rocznych okresów z bazy danych wybrano dane dotyczące wypadków przy pracy w zakresie potrzebnym do przeprowadzenia analizy oraz dane dotyczące wyników finansowych w budownictwie.
- Według oryginalnie opracowanych zasad i algorytmów zawartych w rozdziale 5. pracy, obliczono wartości wskaźników częstości, ciężkości i indeksów dynamiki $w_{i,r}$ w badanym okresie t_i , dla $i = 1992, \dots, 2005$ i $r = 1, \dots, 29$.
- Zbiór W otrzymanych wyników podzielono na R podzbiorów obejmujących wartości wskaźników jednoimiennych w_r ($R = 29$).
- Dla poszczególnych jednoimiennych wskaźników utworzono szeregi czasowe $(t_i, w_{i,r})$, gdzie $r = 1, \dots, R$.
- Na podstawie wartości $w_{i,r}$ w okresie t_i ustalono, że przebieg relacji $w_{i,r}(t_i)$ odwzorowuje funkcja postaci

$$f_r(t) = \alpha_{r,0} + \alpha_{r,1}t^1 + \dots + \alpha_{r,m}t^m, \quad \alpha_{r,m} \neq 0.$$

CEL: ustalenie
tendencji rozwojowej
wypadkowości

$i, \{i = 1, 2, \dots, 14\}$

OPRACOWANIA
GUS

BAZA DANYCH DLA BUDOWNICTWA, ROK $i, \{i = 1, 2, \dots, 14\}$

wypadki przy
pracy
[169]

rocznik
statystyczny
[122]

budownictwo - wyniki
działalności
[22]

biuletyny
statystyczne
[6]

WYBÓR I UPORZĄDKOWANIE INFORMACJI
 $i, \{i = 1, 2, \dots, 14\}$

liczba dni
niezdolności
do pracy
 $ds_{i,l}$

liczba osób
poszkodowanych
w wypadkach
lekkich, ciężkich
i śmiertelnych
 lp_i

liczba osób
zatrudnionych
w
budownictwie
 lz_i

wartość
produkcji
budowlano-
montażowej
 PB_i

wskaźnik
wzrostu cen
produkcji
budowlano-
montażowej
 w_i^{wc}

OPRACOWANIE
WŁASNE
ROZDZIAŁ 5

UTWORZENIE MODELI IŁOŚCIOWYCH WSKAŹNIKÓW $w_{i,r}, \{r = 1, 2, \dots, 29\}$

wskaźnik
ciężkości
wypadków
 $w_{i,r}, r = 5$

wskaźniki częstości
wypadków
w odniesieniu do
zatrudnionych osób
 $w_{i,r}, r = 1, \dots, 4$

wskaźnik częstości
standaryzowanej
w odniesieniu do
zatrudnionych osób
 $w_{i,r}, r = 10$

wartość prod.
budowlano-
montażowej
 PB_i

wskaźniki częstości wypadków w odniesieniu do
liczby zatrudnionych osób oraz wartości produkcji
budowlano-montażowej
 $w_{i,r}, r = 6, \dots, 9$ i $r = 11$

Jednopoziostawowe i łańcuchowe indeksy dynamiki.
Wskaźniki zmian dynamicznych.
 $w_{i,r}, r = 12, \dots, 29$

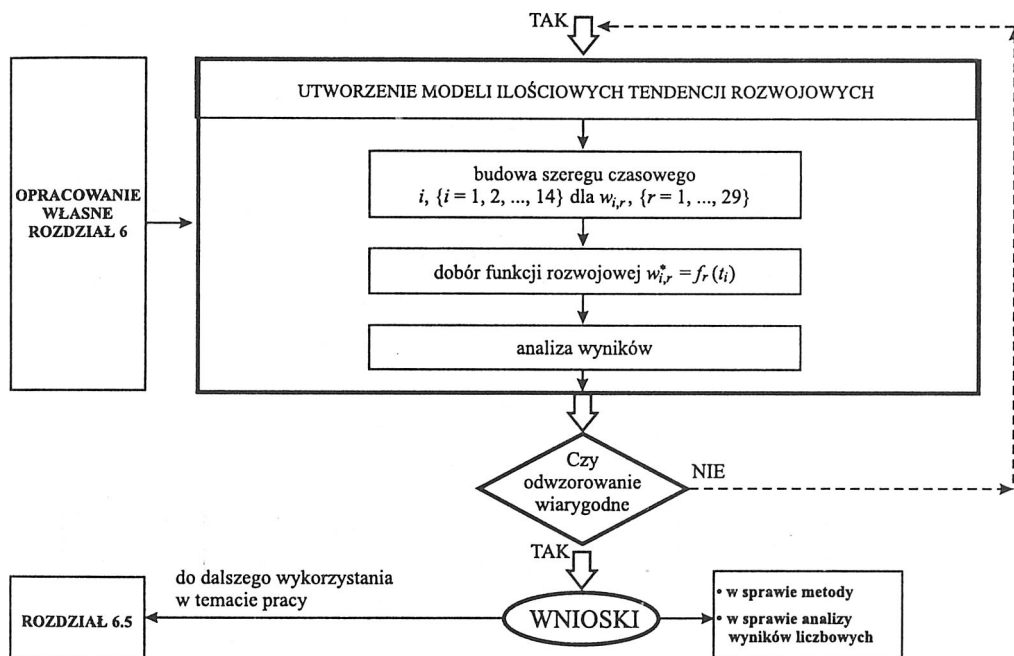
OPRACOWANIE
WŁASNE
ROZDZIAŁ 6

OBLICZENIE WARTOŚCI $w_{i,r},$
 $\{i = 1, 2, \dots, 14\}$
 $\{r = 1, \dots, 29\}$

Czy wyniki
wiarygodne

NIE

TAK



Rys. 4.1. Metodyka badania tendencji rozwojowej wypadkowości

- Wyprowadzono wartości $w_{i,r}^*$ w zależności od t_i w postaci funkcji rozwojowej $f_r(t_i)$ o znaczeniu ogólnym dla wskaźnika w_r .
- Jako miarę dopasowania przyjętych funkcji trendu do wartości rzeczywistych zastosowano: współczynniki korelacji i współczynniki determinacji. Stopnie wielomianu ustalono na podstawie porównania wariancji resztowych, z zastosowaniem testu istotności F .
- Dla poszczególnych wskaźników przeprowadzono analizę zmian ich wartości oraz analizę przebiegu funkcji trendu.

Opracowaną metodykę badania tendencji rozwojowej wypadkowości w budownictwie obrazuje schemat blokowy pokazany na rysunku 4.1.

W zakresie badania wpływu wyszczególnionych przyczyn wypadków na liczbę wypadków przy pracy badania obejmowały zbiory danych o wypadkach przy pracy zarejestrowane w poszczególnych województwach Polski. Dane statystyczne użytkano na podstawie badania pełnego. Opracowano własną, następującą metodykę badań:

- Badaniami objęto przedział czasu od 1999 do 2005 roku, obejmujący siedem rocznych okresów $i = 1, \dots, 7$. Badany przedział czasu został ograniczony lewostronnie do roku 1999, ponieważ od tego roku wojewódzkie urzędy statystyczne zostały zobowiązane do publikowania danych na temat wypadków przy

pracy. Badany przedział czasu może być nieograniczony prawostronnie, co oznacza, że można uaktualniać wyniki badań w miarę napływu nowych danych.

- Z roczników statystycznych poszczególnych województw zaczerpnięto dane na temat liczby osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy w budownictwie w poszczególnych województwach Polski oraz odpowiadające im liczby przyczyn sklasyfikowanych w poszczególnych grupach przyczyn.
- Zbiory otrzymanych danych, dla zależności: liczba osób poszkodowanych a liczba poszczególnych przyczyn, przedstawiono graficznie w postaci korelacyjnych wykresów rozrzutu poszczególnych punktów na płaszczyźnie LP , P_g ($g = 1, \dots, 8$).
- Ustalono, że przebieg relacji $LP(P_g)$ odwzorowuje funkcja liniowa

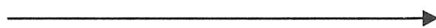
$$LP = a P_g + b.$$

- Wyprowadzono wartości LP^* w zależności od P_g w postaci funkcji $LP^*(P_g)$ o znaczeniu ogólnym dla przyczyn P_g ($g = 1, \dots, 8$).
- Sformułowano modele przyczynowo-skutkowe, wyrażające zależność liczby osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy LP od liczby poszczególnych przyczyn P_g ($g = 1, \dots, 8$).
- Obliczono współczynniki korelacji liniowej pomiędzy parami poszczególnych przyczyn.
- Określono wielkość wpływu poszczególnych przyczyn na liczbę osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy w budownictwie.

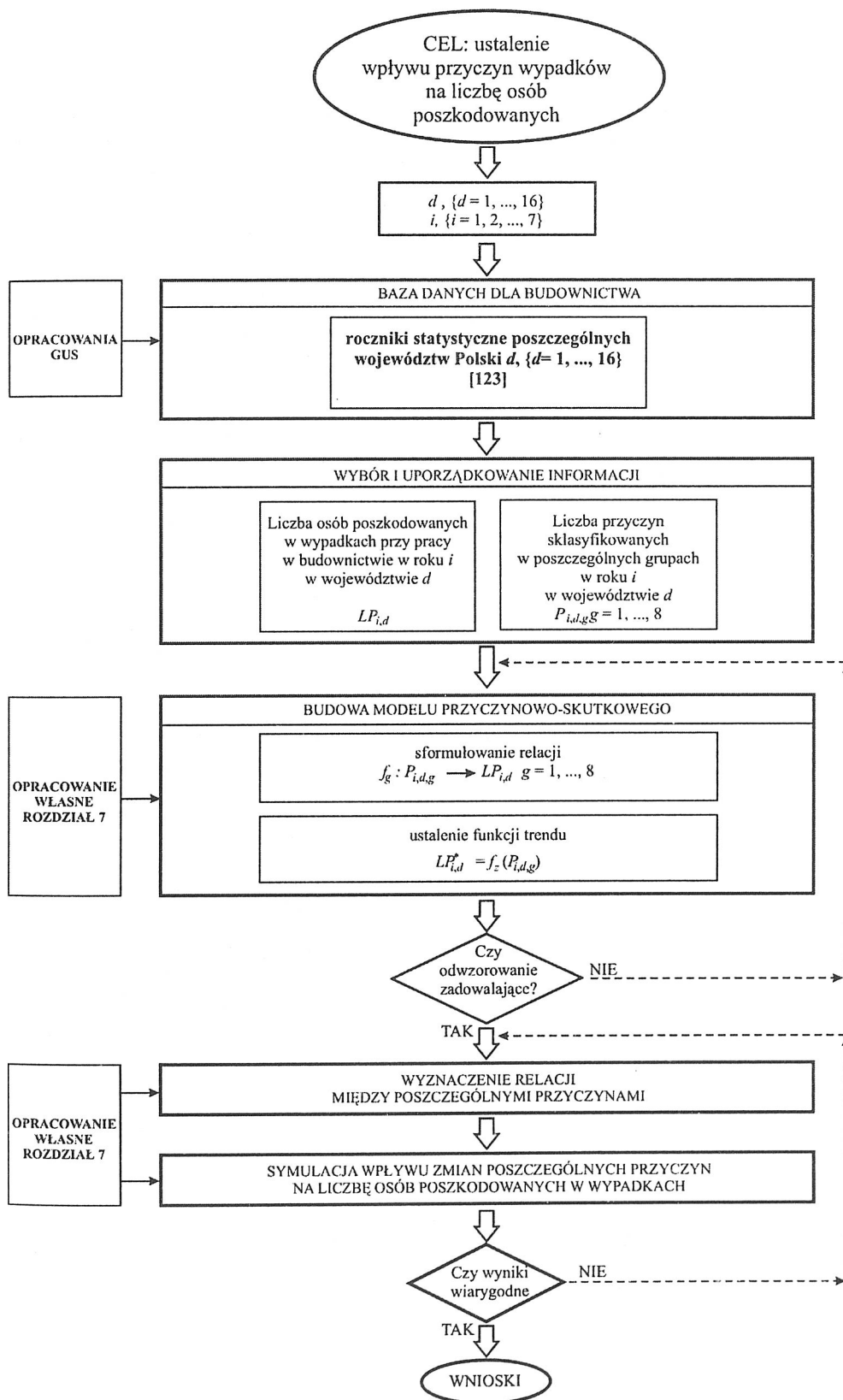
Opracowaną metodykę badania wpływu poszczególnych przyczyn wypadków na liczbę osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy w budownictwie przedstawiono w postaci schematu blokowego na rysunku 4.2.

4.4. Identyfikacja związków przyczynowo-skutkowych w liczbowym opisie wypadkowości

Podstawą oceny wypadkowości jest częstość wypadków określona jako liczba osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy zarejestrowanych w badanym okresie w odniesieniu do różnych wielkości charakteryzujących produkcję budowlaną. Ważną wielkością w analizie i ocenie wypadkowości jest wielkość zatrudnienia. W publikacjach Głównego Urzędu Statystycznego można znaleźć dane dotyczące częstości wypadków ogółem w odniesieniu do 1000 osób zatrudnionych w budownictwie [169].



Rys. 4.2. Metodyka badania wpływu zmian poszczególnych przyczyn wypadków na liczbę wypadków przy pracy w budownictwie w poszczególnych województwach

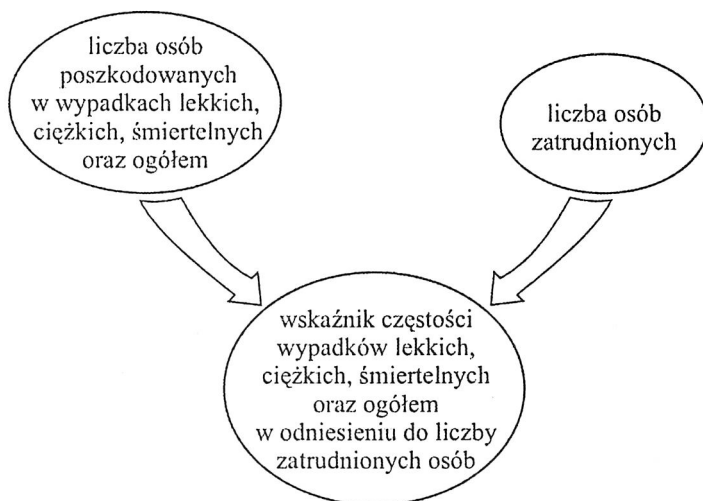


Ze względu na doznany przez osobę poszkodowaną w wypadku przy pracy uszczerbek na zdrowiu, wypadki dzieli się na: lekkie, ciężkie i śmiertelne. W poszczególnych analizowanych okresach liczba osób poszkodowanych w poszczególnych rodzajach wypadków jest zmienna [169]. W ocenie wypadkowości ważne jest też, jak często zdarzają się wypadki zakwalifikowane do lekkich, ciężkich, a zwłaszcza śmiertelnych. Wypadki śmiertelne, jako zjawiska o skutkach nieodwracalnych, wywołują największy oddźwięk społeczny, dlatego też bardzo ważne jest śledzenie zmian zachodzących w ich liczbie i poziomie. Na takie zjawiska, jak wypadki przy pracy, duży wpływ ma również tempo pracy. Aby uzyskać pełniejszy obraz zmian stanu bezpieczeństwa w budownictwie w badanym przedziale czasu w ocenie wypadkowości uznano, że należy – oprócz liczby osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy oraz liczby osób zatrudnionych – uwzględnić także parametry określające wielkość produkcji budowlanej.

Przeprowadzono więc analizę wypadkowości pod kątem:

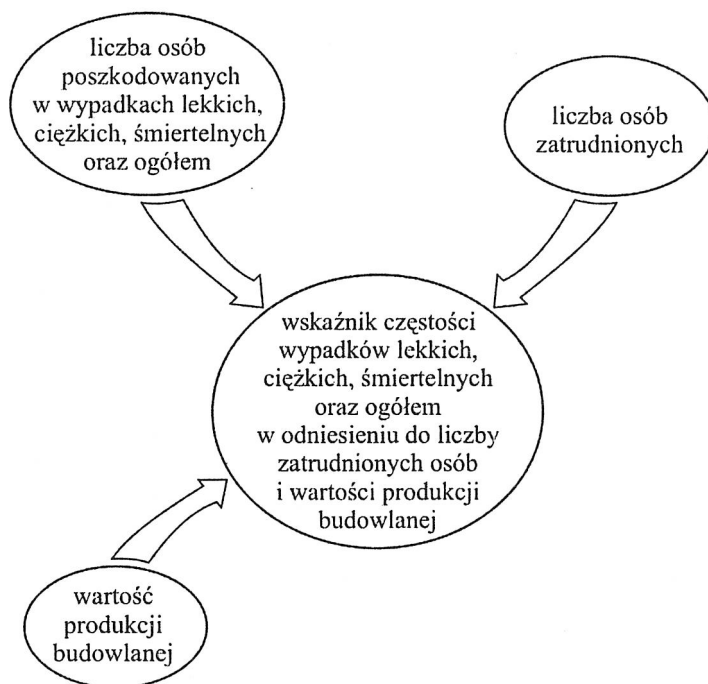
- zmian wartości wskaźnika częstości wypadków ogółem, lekkich, ciężkich oraz śmiertelnych w odniesieniu do liczby osób zatrudnionych w budownictwie,
- zmian wartości wskaźnika częstości wypadków ogółem, lekkich, ciężkich i śmiertelnych w odniesieniu do liczby osób zatrudnionych w budownictwie oraz wartości produkcji budowlanej.

Założenia przyczynowo-skutkowe przyjęte do wyznaczania postaci analitycznej wskaźnika częstości wypadków ogółem, w tym lekkich, ciężkich oraz śmiertelnych w odniesieniu do osób zatrudnionych w budownictwie przedstawiono na rysunku 4.3.



Rys. 4.3. Związki przyczynowo-skutkowe w obrębie wskaźnika częstości wypadków w odniesieniu do liczby zatrudnionych

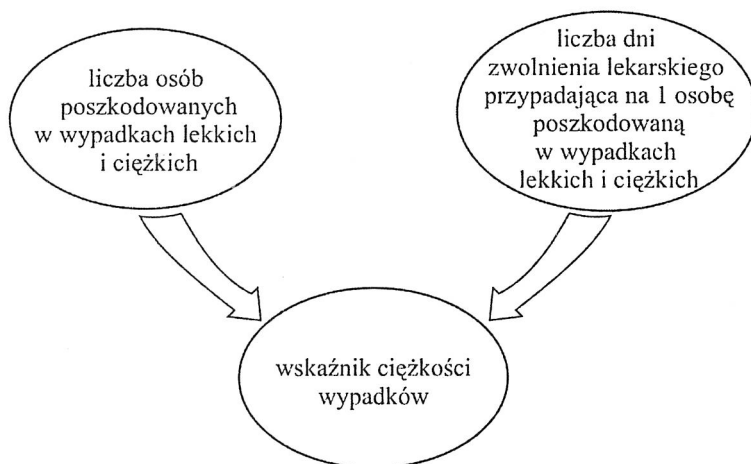
Założenia przyczynowo-skutkowe przyjęte do wyznaczania wskaźników częstości wypadków ogółem, w tym lekkich, ciężkich i śmiertelnych, w odniesieniu do osób zatrudnionych w budownictwie oraz wartości produkcji budowlanej przedstawiono na rysunku 4.4.



Rys. 4.4. Związki przyczynowo-skutkowe w obrębie wskaźnika częstości wypadków w odniesieniu do liczby zatrudnionych oraz wartości produkcji budowlanej

Z rodzajem doznanych obrażeń wiąże się absencja w pracy. Wskaźnikiem pozwalającym ocenić wypadkowość pod kątem liczby dni nieobecności w pracy jest wskaźnik ciężkości wypadków. Założenia przyczynowo-skutkowe przyjęte do wyznaczania postaci analitycznej tego wskaźnika przedstawiono na rysunku 4.5.

Wskaźniki częstości wypadków dotyczą zjawisk jednorodnych. Informują one o wzroście lub spadku pojedynczego zjawiska. Dotyczy to na przykład tylko częstości wypadków śmiertelnych, częstości wypadków ciężkich albo lekkich lub wszystkich wypadków łącznie. Wypadkowość nie jest jednak zjawiskiem jednorodnym. W kolejnych latach zmienia się bowiem zarówno częstość poszczególnych rodzajów wypadków, jak i ich struktura. W tej sytuacji do oceny wypadkowości zaproponowano standaryzowany wskaźnik częstości wypadków, uwzględniający jednoczesny udział w wypadkowości wszystkich rodzajów wypadków oraz ich strukturę. Algorytm obliczania wartości tego wskaźnika przedstawiono w podrozdziale 5.2 rozprawy.



4.5. Związki przyczynowo-skutkowe w obrębie postaci analitycznej wskaźnika ciężkości wypadków

W pracy do oceny wypadkowości jako zjawiska niejednorodnego zaproponowano:

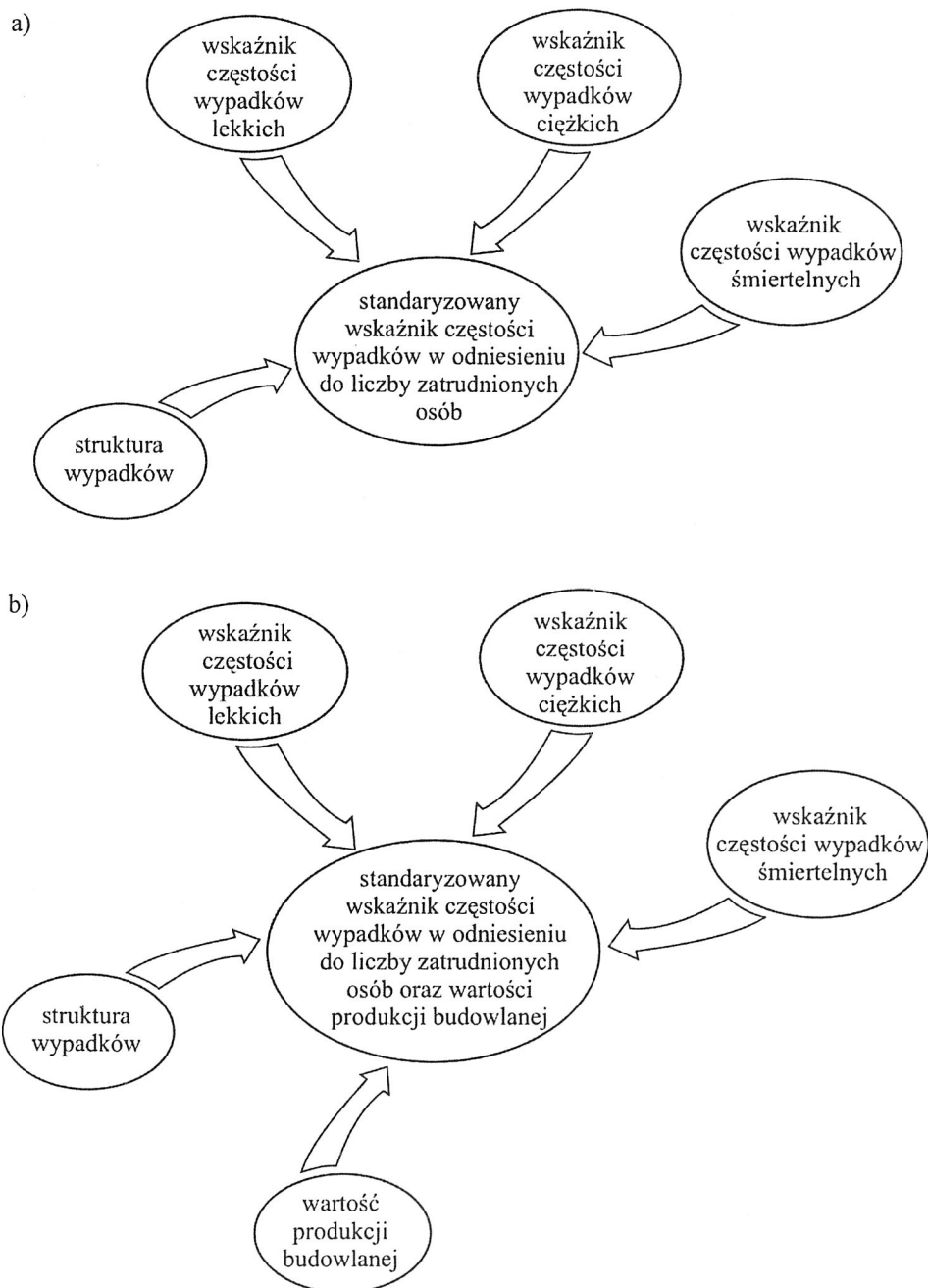
- standaryzowany wskaźnik częstości wypadków w odniesieniu do zatrudnionych osób,
- standaryzowany wskaźnik częstości wypadków w odniesieniu do zatrudnionych osób oraz wartości produkcji budowlanej.

Założenia przyczynowo-skutkowe przyjęte do wyznaczania standaryzowanych wskaźników częstości wypadków przedstawiono na rysunku 4.6.

Stosowane dotychczas wskaźniki wypadkowości mają charakter statyczny. W ocenie wypadkowości ważnym elementem jest możliwość porównywania zmian, jakie zaszły w poszczególnych okresach. Efekty podjętych działań, mających na celu poprawę bezpieczeństwa pracy, widoczne są dopiero w następnych okresach. Przedstawione wskaźniki częstości i ciężkości wypadków informują o poziomie zjawiska w poszczególnych badanych okresach w sposób statyczny [54, 56, 83]. Nie informują natomiast o tempie i intensywności zachodzących zmian w czasie [109, 110, 111]. W badaniu tempa i intensywności tych zmian pomocne są indeksy dynamiki. Przedstawiają one zmiany zachodzące w badanym zjawisku w analizowanym przedziale czasu w stosunku do ich poziomu w okresie wcześniejszym.

Do oceny zmian dynamicznych zaproponowano:

- łańcuchowe indeksy dynamiki częstości wypadków ogółem, lekkich, ciężkich i śmiertelnych w odniesieniu do zatrudnionych osób,
- łańcuchowy indeks dynamiki ciężkości wypadków,
- jednopodstawowe indeksy dynamiki częstości wypadków ogółem, lekkich, ciężkich i śmiertelnych w odniesieniu do zatrudnionych osób,
- jednopodstawowy indeks ciężkości wypadków.

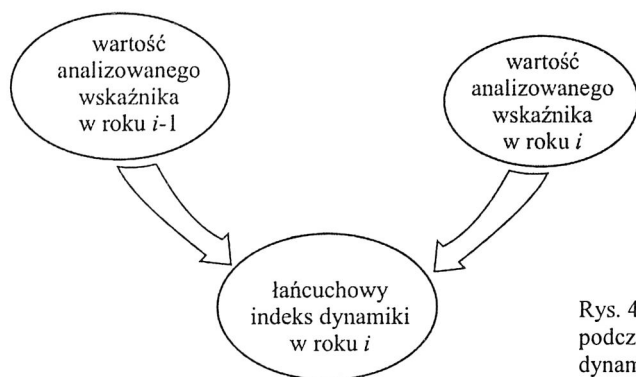


Rys. 4.6. Związki przyczynowo-skutkowe uwzględniane podczas wyznaczania:

a) standaryzowanego wskaźnika częstości wypadków w odniesieniu do zatrudnionych osób,

b) standaryzowanego wskaźnika częstości wypadków w odniesieniu do zatrudnionych osób oraz wartości produkcji budowlanej

Podczas obliczania łańcuchowych indeksów dynamiki przyjęto za podstawę porównań wartości osiągnięte w roku poprzedzającym. Wartość łańcuchowego indeksu dynamiki $I_t > 1$ oznacza, że nastąpił wzrost analizowanego zjawiska w badanym okresie, w stosunku do wartości osiągniętej w poprzednim okresie. Z kolei wartość łańcuchowego indeksu dynamiki $I_t \leq 1$ oznacza, że nastąpił spadek analizowanego zjawiska w badanym okresie w stosunku do jego poziomu w okresie poprzedzającym lub że zjawisko utrzymuje się na tym samym poziomie [79]. Do wyznaczania łańcuchowych indeksów dynamiki częstości i ciężkości wypadków wykorzystano uprzednio wyprowadzone wartości liczbowe odpowiednich wskaźników wypadkowości. Założenia przyczynowo-skutkowe przyjęte do obliczenia powyższych indeksów przedstawiono na rysunku 4.7.



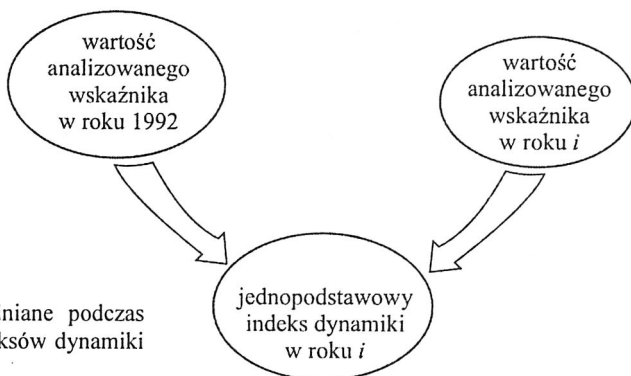
Rys. 4.7. Związki liczbowe uwzględniane podczas wyznaczania łańcuchowych indeksów dynamiki częstości wypadków

Podczas obliczania jednopodstawowych indeksów dynamiki przyjęto za podstawę porównań wartości osiągnięte w roku 1992. Wartość jednopodstawowego indeksu dynamiki $I_t > 1$ oznacza, że nastąpił wzrost analizowanego zjawiska w badanym okresie, w stosunku do wartości osiągniętej w roku podstawowym 1992. Z kolei wartość jednopodstawowego indeksu dynamiki $I_t \leq 1$ oznacza, że nastąpił spadek analizowanego zjawiska w badanym okresie w stosunku do jego poziomu w roku podstawowym lub że zjawisko jest na takim samym poziomie [79].

Założenia przyczynowo-skutkowe przyjęte do obliczenia jednopodstawowych indeksów dynamiki częstości i ciężkości wypadków przedstawiono na rysunku 4.8.

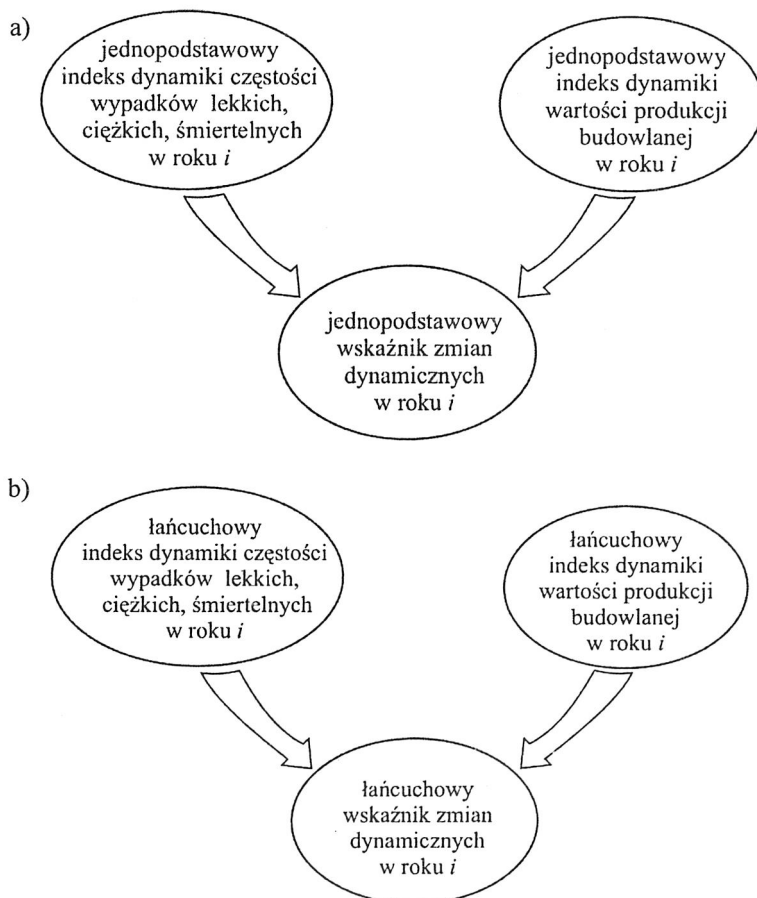
W celu zbadania tempa zmian zachodzących w częstości wypadków przy pracy w budownictwie w stosunku do tempa zmian zachodzących w wartości produkcji budowlanej utworzono wskaźniki zmian dynamicznych. W pracy zastosowano następujące wskaźniki dynamiki:

- wskaźnik zmian dynamicznych łańcuchowego indeksu dynamiki częstości wypadków ogółem, w tym: lekkich, ciężkich i śmiertelnych, w stosunku do łańcuchowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej,
- wskaźnik zmian dynamicznych jednopodstawowego indeksu dynamiki częstości wypadków ogółem, w tym: lekkich, ciężkich i śmiertelnych, w stosunku do jednopodstawowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej.



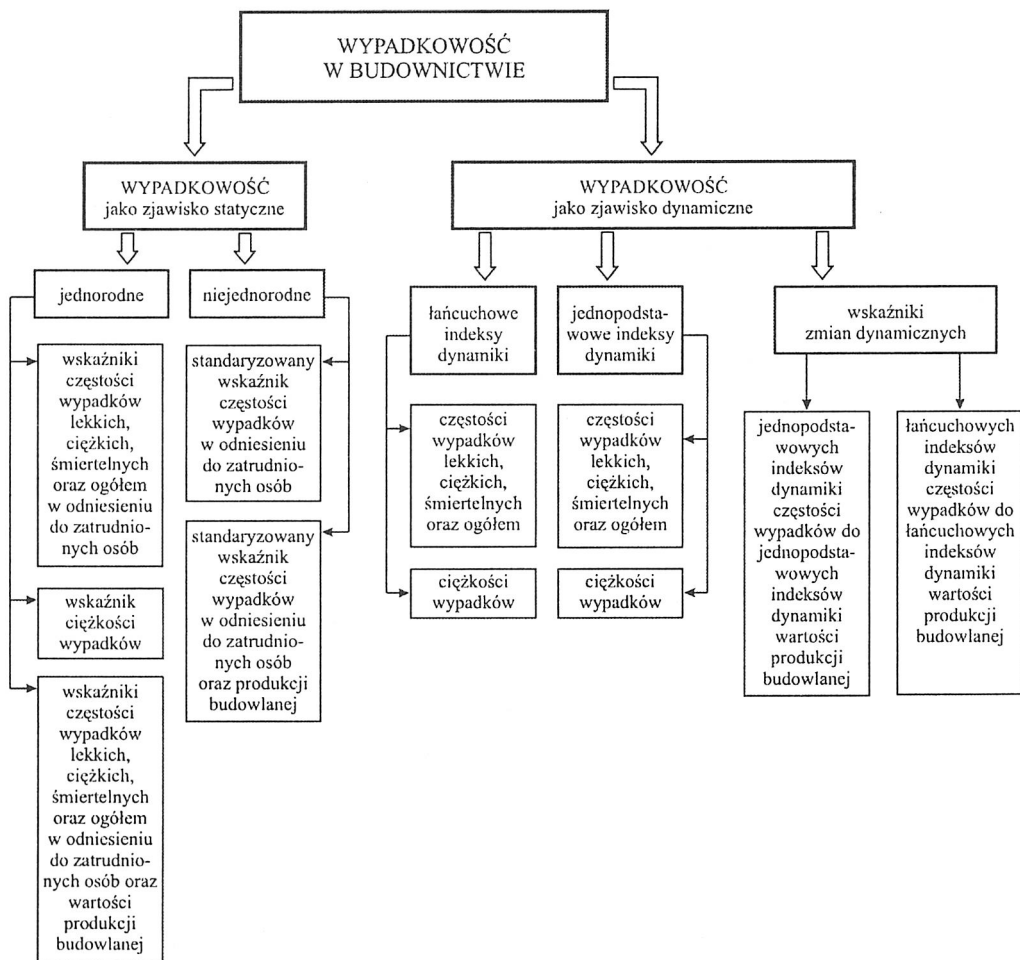
Rys. 4.8. Związki liczbowe uwzględniane podczas wyznaczania jednostopodstawowych indeksów dynamiki częstości i ciężkości wypadków

Postępowanie zastosowane do wyznaczania wskaźników pokazano na rysunku 4.9.



Rys. 4.9. Związki liczbowe uwzględniane podczas wyznaczania wskaźników zmian dynamicznych: a) dla indeksów łańcuchowych, b) dla indeksów jednostopodstawowych

Zestawienie i uporządkowanie sformułowanych i badanych w pracy charakterystyk wypadkowości przedstawiono na rysunku 4.10.



Rys. 4.10. Uporządkowanie badanych wskaźników wypadkowości w budownictwie

5. Atrybuty wypadków przy pracy oraz zjawisk związanych z wypadkowością

Jak już wcześniej podano, wypadek przy pracy jest zjawiskiem złożonym, a jego właściwości opisuje wiele cech zarówno ilościowych, jak i jakościowych. Wypadki przy pracy, jakie wydarzyły się w określonym przedziale czasu t_i , stanowią zbiorowość statystyczną, posiadającą określoną treść merytoryczną, a więc

$$ZW_i = \{zw_{i,j} : j = 1, \dots, M\}, \quad (5.1)$$

gdzie:

ZW_i – zbiór wypadków, jakie wydarzyły się w przedziale czasu t_i ,

$zw_{i,j}$ – zdarzenie wypadkowe (pojedynczy wypadek) j , jakie wydarzyło się w przedziale czasu t_i .

Pojedyncze wypadki $zw_{i,j}$, będące elementami zbioru ZW_i , charakteryzują się określonymi cechami stałymi i zmiennymi. Cechy zmienne dzielą się na kwantytatywne (ilościowe) i opisowe (jakościowe) [9, 29]. Cechą kwantytatywną nazywamy taką cechę, która odwzorowuje zbiór wypadków na zbiór wartości liczbowych. Cechą opisową nazywamy natomiast funkcję, która odwzorowuje zbiór wypadków na zbiór określeń słownych.

5.1. Wypadkowość jako zjawisko masowe

Jeżeli w danym przedziale czasu t_i zdarzyło się j wypadków i każdy z nich opisuje s różnych cech, to zbiorowi ZW_i odpowiada zbiór informacji X_i związanych z tymi wypadkami, który można przedstawić w formie macierzy danych $X_i = [x_{j,s}]$, [5, 111],

$$X_i = \begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{1,s} & \dots & x_{1,S} \\ x_{2,1} & x_{2,s} & \dots & x_{2,S} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{j,1} & x_{j,s} & \dots & x_{j,S} \\ x_{M,1} & x_{M,s} & \dots & x_{M,S} \end{bmatrix}, \quad i = 1, \dots, N, \quad (5.2)$$

gdzie:

$x_{j,s}$ – wartość cechy X_s w wypadku $zw_{i,j}$, przy czym $s = 1, \dots, S$,

j -ty wiersz macierzy X_i wyznacza wektor wierszowy wartości cech $x_{j,s}$, charakteryzujących wypadek $zw_{i,j}$ według schematu

$$zw_{i,j} = [x_{j,1} \ x_{j,2} \ \dots \ x_{j,s} \ x_{j,S}], \quad s = 1, \dots, S. \quad (5.3)$$

Elementy macierzy danych X_i stanowią zbiór cech wszystkich wypadków, które wydarzyły się w rozpatrywanym przedziale czasu t_i . Zbiór X_i można podzielić na podzbiory cech jednorodnych $X_{i,s}$, którymi są elementy wektorów kolumnowych macierzy X_i

$$X_{i,s} = \begin{bmatrix} x_{1,s} \\ x_{2,s} \\ \dots \\ x_{j,s} \\ x_{M,s} \end{bmatrix}, \quad s = 1, \dots, S, \quad (5.4)$$

$$X_i = X_{i,1} \cup X_{i,2} \cup \dots \cup X_{i,s} \cup \dots \cup X_{i,S}.$$

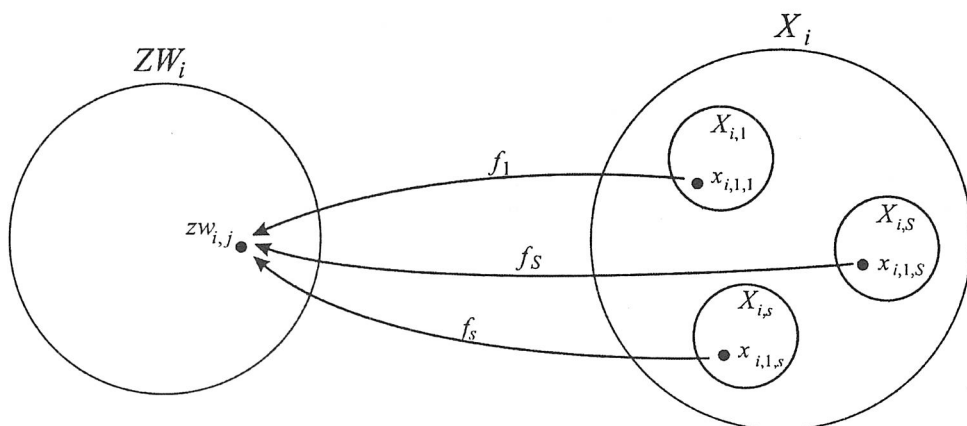
Założono, że między zbiorami ZW_i i $X_{i,s}$ zachodzi relacja f_s taka, że

$$f_s : ZW_i \rightarrow X_{i,s}, \quad s = 1, \dots, S, \quad (5.5)$$

przy czym

$$F_s \subset X_{i,s} \times ZW_i,$$

co oznacza, że relacja f_s należy do iloczynu kartezjańskiego zbiorów $X_{i,s}$ i ZW_i , a stąd każdemu elementowi $zw_{i,j} \in ZW_i$ odpowiada dokładnie jeden element $x_{i,s} \in X_{i,s}$, przy czym każdemu elementowi ze zbioru $X_{i,s}$ odpowiada przynajmniej jeden element ze zbioru ZW_i . Schemat przyporządkowania elementom $zw_{i,j} \in ZW_i$ wartości cech $x_{i,s} \in X_{i,s}$ pokazano na rysunku 5.1.



Rys. 5.1. Schemat przyporządkowania elementom $zw_{i,j} \in ZW_i$ wartości cech $x_{i,s} \in X_{i,s}$

5.2. Atrybuty wypadków przy pracy

Atrybuty wypadków przy pracy można podzielić na takie, które są związane:

- ze zdarzeniem wypadkowym,
- z poszkodowaną osobą.

5.2.1. Atrybuty związane ze zdarzeniem wypadkowym

Dane o wypadkach przy pracy uzyskuje się ze statystycznych kart wypadków, które są zobowiązani wypełnić pracodawcy w przypadku zaistnienia każdego wypadku. Badaniami objęte są bowiem wszystkie wypadki przy pracy, jak również wypadki traktowane na równi z wypadkami przy pracy, niezależnie od tego, czy na karcie wykazana została niezdolność czy też zdolność do pracy osoby poszkodowanej. W związku z ujednolicaniem zakresu informacji statystycznych, opracowywanych we wszystkich krajach Unii Europejskiej, w latach objętych badaniami, zostały wprowadzone zmiany metodyczne dotyczące kart wypadków przy pracy [7, 112]. W związku z tym w Polsce do 31 grudnia 2004 roku obowiązywało Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 5 czerwca 2000 r. w sprawie ustalenia wzoru statystycznej karty wypadku przy pracy oraz związanego z nią trybu postępowania (Dz. U. Nr 51, poz. 612), natomiast od 1 stycznia 2005 roku obowiązuje Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 8 grudnia 2004 r. w sprawie statystycznej karty wypadku przy pracy (Dz. U. Nr 269, poz. 2672) [124, 127]. Na podstawie analizy wytycznych zawartych w obu rozporządzeniach oraz dostępnych informacji statystycznych, publikowanych przez Główny Urząd Statystyczny, dokonano wyboru istotnych – do oceny wypadkowości w budownictwie – cech wypadków przy pracy. Cechy te sklasyfikowano w dwóch grupach, a mianowicie: cechy związane ze zdarzeniem wypadkowym oraz cechy związane z osobą poszkodowaną. Opracowaną na potrzeby rozprawy systematykę wybranych atrybutów związanych ze zdarzeniem wypadkowym zamieszczono na rysunku 5.2, natomiast systematykę wybranych atrybutów związanych z osobą poszkodowaną w zdarzeniu wypadkowym przedstawiono na rysunku 5.3.

Ze względu na liczbę osób poszkodowanych w wypadku przy pracy, wypadki dzielimy na indywidualne i zbiorowe. Wypadek uważa się za zbiorowy wówczas, gdy przy jednym zdarzeniu uległy mu co najmniej dwie osoby [169]. W profilaktyce wypadkowej istotna jest znajomość nie tylko liczby wypadków, lecz także znajomość przyczyn, w wyniku których powstają wypadki. Przyjęty na rysunku 5.2 podział przyczyn wypadków jest zgodny z klasyfikacją Głównego Urzędu Statystycznego.

Każdemu wypadkowi przy pracy można przyporządkować wektor cech ogólnych, takich jak rodzaj wypadku określający liczbę osób poszkodowanych w wypadku j i przyczyny wypadku. Zgodnie zatem ze schematem przedstawionym na rysunku 5.2 można napisać

$$zw_{i,j} = \{lo_{i,j}, P_{i,j}\}, \quad (5.6)$$

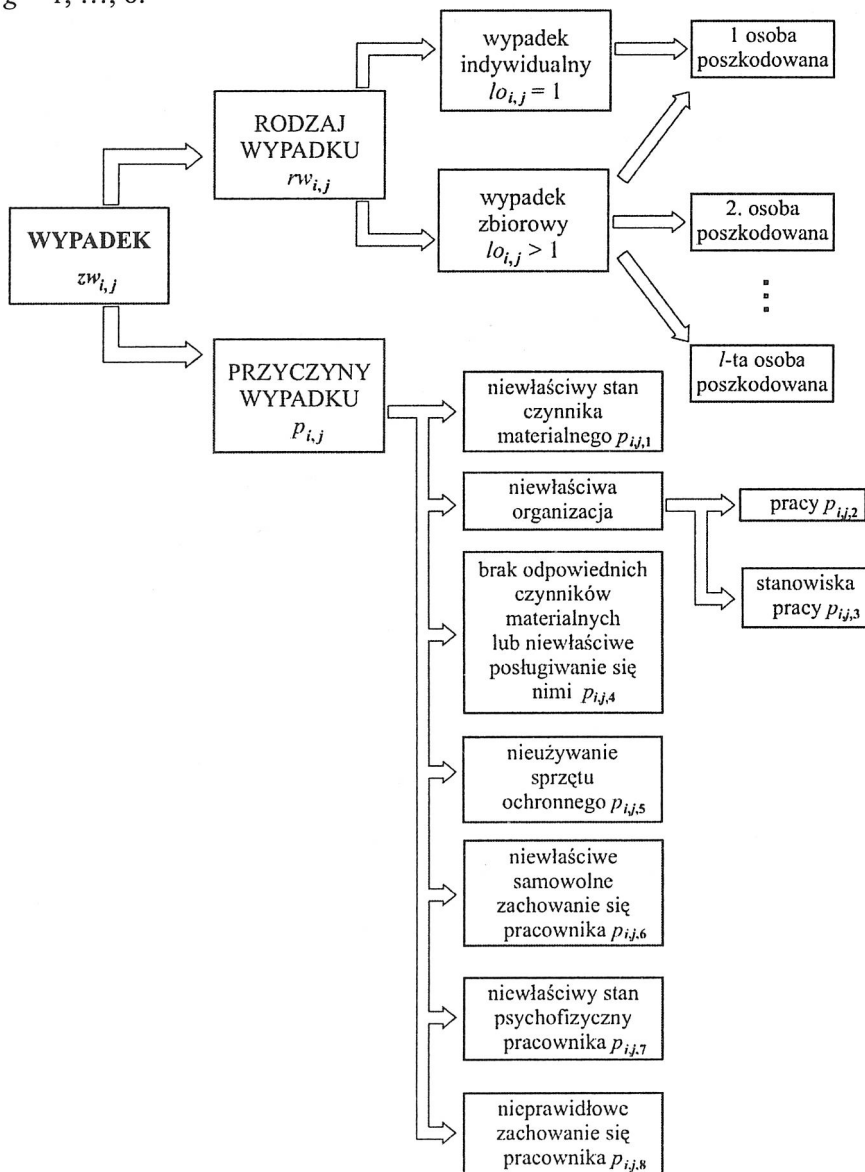
gdzie:

$lo_{i,j}$ – liczba osób poszkodowanych w wypadku $zw_{i,j}$,

$P_{i,j}$ – zbiór przyczyn, które spowodowały powstanie wypadku $zw_{i,j}$

$$P_{i,j} = \{p_{i,j,g} : g = 1, \dots, 8\},$$

$p_{i,j,g}$ – liczba przyczyn mających związek z wypadkiem j , zakwalifikowanych do grupy $g = 1, \dots, 8$.



Rys. 5.2. Schemat wybranych atrybutów związanych ze zdarzeniem wypadkowym

5.2.2. Atrybuty związane z osobą poszkodowaną w wypadku przy pracy

Opracowaną na potrzeby rozprawy systematykę atrybutów związanych z osobą poszkodowaną w wypadku przy pracy w budownictwie zamieszczono na rysunku 5.3. W każdym wypadku przy pracy poszkodowana jest co najmniej jedna osoba.

Każdej osobie $o_{i,j,l}$ ($l = 1, \dots, L$) poszkodowanej w j -tym ($j = 1, \dots, M$) wypadku przy pracy, który wydarzył się w przedziale czasu t_i ($i = 1, \dots, N$), można również przyporządkować wektor cech ogólnych, zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 5.3 i wzorem

$$o_{i,j,l} = [c_{i,j,l}, u_{i,j,l}, ds_{i,j,l}, s_{i,j,l}, v_{i,j,l}, nw_{i,j,l}], \quad l = 1, \dots, L, \quad (5.7)$$

w którym:

$o_{i,j,l}$ – l -ta osoba poszkodowana w wypadku j w przedziale czasu t_i ,

$c_{i,j,l}$ – czynność wykonywana przez l -tą osobę poszkodowaną w j -tym wypadku przy pracy, który wydarzył się w przedziale czasu t_i ,

$u_{i,j,l}$ – rodzaj obrażeń doznanych przez l -tą osobę poszkodowaną w j -tym wypadku przy pracy, który wydarzył się w przedziale czasu t_i ,

$ds_{i,j,l}$ – liczba dni absencji w pracy l -tej osoby poszkodowanej w j -tym wypadku przy pracy, który wydarzył się w przedziale czasu t_i ,

$s_{i,j,l}$ – staż pracy l -tej osoby poszkodowanej w j -tym wypadku przy pracy, który wydarzył się w przedziale czasu t_i ,

$v_{i,j,l}$ – wiek l -tej osoby poszkodowanej w j -tym wypadku przy pracy, który wydarzył się w przedziale czasu t_i ,

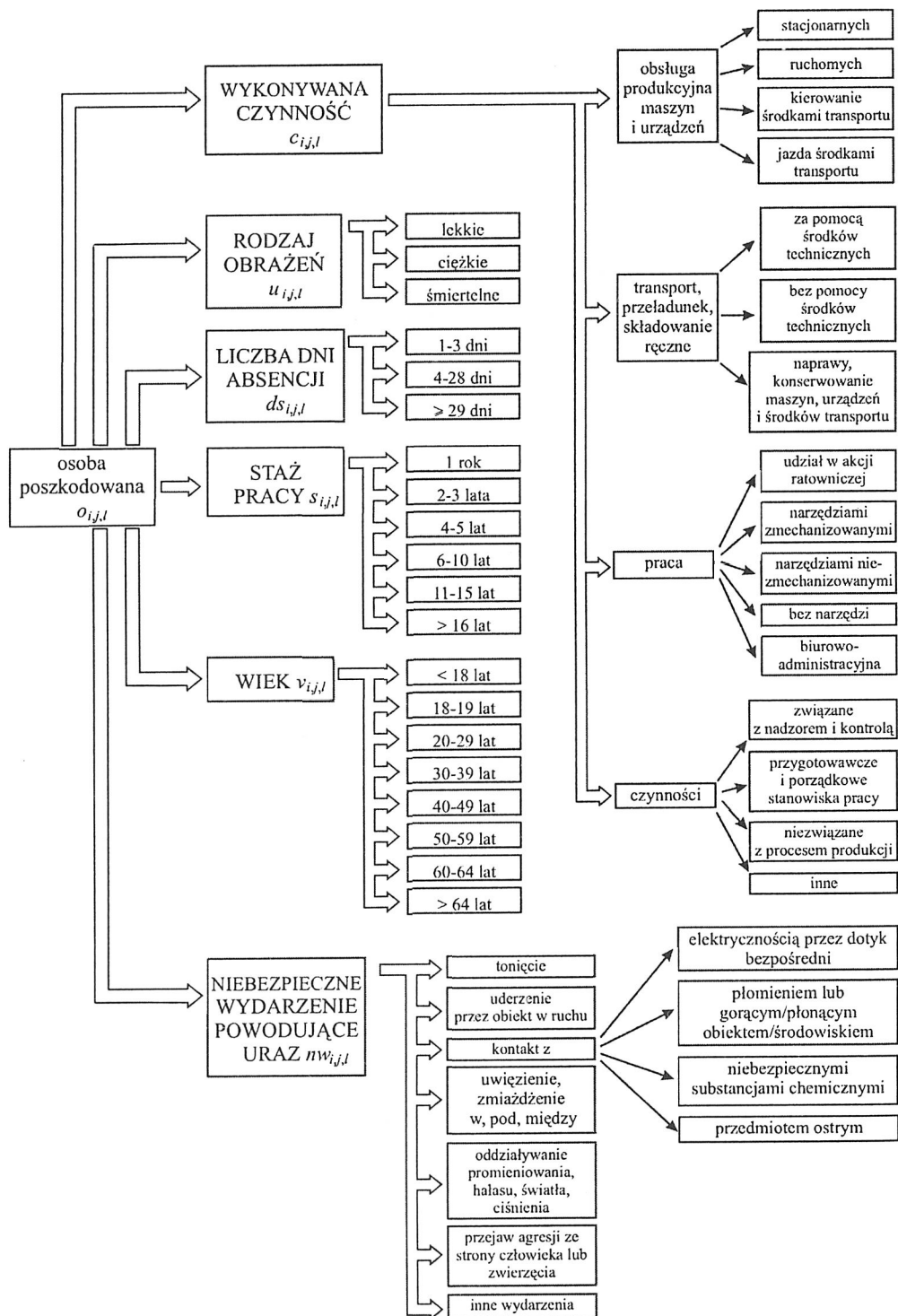
$nw_{i,j,l}$ – niebezpieczne wydarzenie, które spowodowało uraz u l -tej osoby poszkodowanej w j -tym wypadku przy pracy.

Każda z wyszczególnionych cech ogólnych przypisanych wypadkowi $zw_{i,j}$ oraz osobie poszkodowanej $o_{i,j,l}$ jest scharakteryzowana przez atrybuty szczegółowe określone na rysunkach 5.2 i 5.3.

Do analizy zjawisk związanych z wypadkowością wybrano następujące cechy ogólne: rodzaj doznanych obrażeń, liczba dni absencji w pracy przypadająca na osobę poszkodowaną oraz przyczyny wypadków. Treść każdej z wyszczególnionych cech ogólnych można zakodować w postaci wektora o liczbie miejsc odpowiadającej liczbie wyszczególnionych cech szczegółowych. Jeżeli na przykład w danym przedziale czasu t_i w wypadkach przy pracy poszkodowanych zostało LP_i osób, gdzie

$$LP_i = \sum_{j=1}^M lo_{i,j}, \quad (5.8)$$

to informacje U_i na temat doznanych przez te osoby obrażeń można przedstawić w postaci następującej macierzy danych



$$U_i = [u_{i,l,k}] = \begin{bmatrix} u_{i,1,1} & u_{i,1,2} & u_{i,1,3} \\ \dots & \dots & \dots \\ u_{i,LP_i,1} & u_{i,LP_i,2} & u_{i,LP_i,3} \end{bmatrix}, \quad l = 1, \dots, LP_i, \quad (5.9)$$

gdzie:

$u_{i,l,k}$ – rodzaj urazu doznanego przez osobę l poszkodowaną w wypadku przy pracy w przedziale czasu t_i , kwalifikowany indeksem k :

$k = 1$ – obrażenia zakwalifikowane do lekkich (wypadek lekki),

$k = 2$ – obrażenia zakwalifikowane do ciężkich (wypadek ciężki),

$k = 3$ – obrażenia zakwalifikowane do śmiertelnych (wypadek śmiertelny).

Występowanie lub brak atrybutów szczegółowych dotyczących obrażeń poniesionych przez osobę poszkodowaną w wypadku przy pracy zakodowano systemem 0-1. Wartość 1 oznacza, że obrażenia zakwalifikowano do określonego rodzaju, w przeciwnym razie zaznaczono wartość 0, a więc $u_{i,l,k}$ dla każdego $l = 1, \dots, LP$ i $k = 1, \dots, 3$ przybiera wartości ze zbioru dwuelementowego

$$u_{i,l,k} \in \{0,1\}.$$

Suma wartości $u_{i,l,k}$ przedstawia liczbę osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy w przedziale czasu t_i , u których stwierdzono dany rodzaj obrażeń

$$LP_i = LP_{i,1} + LP_{i,2} + LP_{i,3},$$

$$LP_{i,1} = \sum_{l=1}^{LP_i} u_{i,l,1}, \quad LP_{i,2} = \sum_{l=1}^{LP_i} u_{i,l,2}, \quad LP_{i,3} = \sum_{l=1}^{LP_i} u_{i,l,3}. \quad (5.10)$$

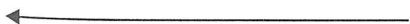
5.3. Atrybuty wypadkowości

W rozprawie wypadkowość analizowano jako:

- statyczne zjawisko jednorodne,
- statyczne zjawisko niejednorodne,
- zjawisko dynamiczne.

5.3.1. Wypadkowość jako zjawisko jednorodne

Liczebności poszczególnych podzbiorów $LP_{i,1}$, $LP_{i,2}$, $LP_{i,3}$ wybranych jednorodnych cech wypadków przy pracy pozwalają ocenić wypadkowość jako zjawisko jednorodne. Zjawiska jednorodne charakteryzują się tym, że ich cechy jakościowe nie zmieniają się w czasie [9]. W niniejszej pracy do oceny wypadkowości w budownictwie jako zjawiska jednorodnego zastosowano następujące wskaźniki:



Rys. 5.3. Schemat wybranych atrybutów związanych z osobą poszkodowaną

- wskaźnik częstości wypadków: lekkich, ciężkich, śmiertelnych oraz ogółem w odniesieniu do 1000 osób zatrudnionych w budownictwie,
- wskaźnik ciężkości wypadków,
- wskaźnik częstości wypadków lekkich, ciężkich, śmiertelnych oraz ogółem w odniesieniu do 1000 osób zatrudnionych w budownictwie, a także 1 mld zł wartości produkcji budowlanej.

Wskaźnik częstości wypadków określa liczbę osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy w badanym roku t_i na każde 1000 zatrudnionych osób i wyraża go zależność

$$w_{i,k,1000} = \frac{lp_{i,k}}{lz_i} 1000, \quad \text{przy czym: } i = 1, \dots, N; \quad k = 1, \dots, 4, \quad (5.11)$$

gdzie:

$lp_{i,k}$ – liczba osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy w budownictwie w roku t_i , przy czym:

$k = 1$ – wypadki lekkie,

$k = 2$ – wypadki ciężkie,

$k = 3$ – wypadki śmiertelne,

$k = 4$ – wypadki ogółem,

lz_i – liczba osób zatrudnionych w budownictwie w roku t_i .

Wartość tego wskaźnika wskazuje na poziom ryzyka zawodowego związanego z realizacją robót budowlanych.

Wskaźnik ciężkości wypadków oznacza średnią liczbę dniówek straconych wskutek absencji chorobowej, przypadającą na osobę poszkodowaną w wypadkach lekkich i ciężkich i jest wyrażony zależnością

$$wc_i = \frac{\sum_{k=1}^2 \sum_{l=1}^{lp_{i,k}} ds_{i,l}}{\sum_{k=1}^2 lp_{i,k}}, \quad \text{przy czym } i = 1, \dots, N, \quad k = 1, 2, \quad (5.12)$$

w której:

$ds_{i,l}$ – liczba dniówek straconych wskutek absencji chorobowej przypadającej na każdą osobę poszkodowaną w lekkim lub ciężkim wypadku przy pracy w przedziale czasu t_i ,

$lp_{i,k}$ – liczba osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy w budownictwie w roku t_i .

Wskaźnik ten wskazuje na straty ekonomiczne ponoszone przez przedsiębiorstwo budowlane z powodu wypadków przy pracy.

Jak wiadomo, na takie zjawiska, jak wypadki przy pracy, znaczący wpływ wywiera tempo pracy [86]. Z kolei proces produkcyjny w budownictwie charakteryzuje się zmiennymi wartościami uzyskiwanych wskaźników gospodarczych. Z tego względu w niniejszej pracy zaproponowano – do oceny wypadkowości – wskaźnik łączący takie informacje, jak: liczbę osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy, liczbę osób zatrudnionych oraz wartość osiąganą produkcję budowlaną.

Wskaźnik częstości wypadków przypadających na jednostkę produkcji budowlanej określono według zależności

$$w_{i,k,1000,p} = \frac{w_{i,k,1000}}{PB_i} = \frac{lp_{i,k}}{lz_i PB_i} 1000, \quad \text{przy czym: } i = 1, \dots, N, \quad k = 1, \dots, 4, \quad (5.13)$$

w której PB_i – wartość produkcji budowlanej w roku t_i .

Wskaźnik ten jest miarą biologicznego kosztu produkcji. Aby uzyskać porównywalność wartości tego wskaźnika, osiąganego w poszczególnych latach badanego okresu, w przyjmowaniu wartości produkcji budowlanej uwzględniono wskaźniki wzrostu cen [6]. Wartość produkcji budowlanej w roku t_i , sprowadzonej do wartości w roku t_1 , określono w następujący sposób:

$$PB_i^r = \frac{PB_i}{w_1^{wc} w_2^{wc} \dots w_{i-1}^{wc} w_i^{wc}}, \quad (5.14)$$

gdzie w_i^{wc} – wskaźnik wzrostu cen w roku i w stosunku do roku $i - 1$.

5.3.2. Wypadkowość jako zjawisko niejednorodne

Do oceny wypadkowości jako zjawiska niejednorodnego proponuje się zastosowanie standaryzowanego wskaźnika częstości wypadków, uwzględniającego jednoczesny udział w wypadkowości wszystkich rodzajów wypadków oraz ich strukturę [54, 56].

Przyjęto następujące założenia:

1. Wszystkie wypadki przy pracy są sklasyfikowane w trzech grupach rodzajowych, jako wypadki: lekkie, ciężkie i śmiertelne.
2. Strukturę wypadków, to jest stosunek liczby osób poszkodowanych danej grupy do ogólnej liczby osób poszkodowanych w wypadkach, określają zależności:

$$S_{i,k} = \frac{LP_{i,k}}{LP_i}, \quad \sum_{k=1}^3 S_{i,k} = 1, \quad LP_i = \sum_{k=1}^3 LP_{i,k}. \quad (5.15)$$

Zaproponowano następujący algorytm obliczania wartości tego wskaźnika:

1. W badanym okresie należy dokonać klasyfikacji wypadków na wymienione trzy grupy rodzajowe.
2. Dla wymienionych grup rodzajowych należy obliczyć wskaźniki częstości wypadków według zależności (5.11).
3. Należy wybrać jedną grupę rodzajową wypadków, która będzie podstawą standaryzacji pozostałych grup. Wskaźnik częstości wybranej grupy podstawowej oznacza się jako

$$w_{i,p,1000} = w_{i,k,1000}, \quad (5.16)$$

gdzie:

$k = 1$ lub 2 , lub 3 ,

$w_{i,p,1000}$ – wskaźnik częstości wypadków w wybranej grupie podstawowej.

4. Następnie dla każdej z grup należy obliczyć tzw. zrównoważone częstości wypadków w stosunku do częstości wypadku podstawowego, czyli wskaźnik częstości zrównoważonej grupy k

$$wz_{i,k,1000} = \frac{w_{i,k,1000}}{w_{i,p,1000}}. \quad (5.17)$$

Wartość wskaźnika zrównoważonej częstości wypadków oznacza, że na jeden wypadek, jaki zdarzał się na 1000 zatrudnionych w grupie podstawowej osób (przy identycznej strukturze wypadków, jakie wydarzyły się w badanym okresie), częstość wypadków w pozostałych grupach na 1000 zatrudnionych osób będzie odpowiadać wartości obliczonej częstości zrównoważonej.

5. Kolejnym krokiem jest obliczenie wartości równoważników w każdej grupie wypadków. Jest to liczba określająca wagę wypadku danej grupy w stosunku do wagi wypadku podstawowego, którą przyjęto jako równą 1. Wskaźnik ten obliczono z zależności

$$\gamma_{i,k} wz_{i,k,1000} = \gamma_{i,p}, \quad w_{i,p,1000} = 1, \quad \text{stąd} \quad \gamma_{i,k} = \frac{1}{wz_{i,k,1000}}. \quad (5.18)$$

6. Ostatnim etapem jest obliczenie standaryzowanego wskaźnika częstości wypadków z zależności

$$ws_{i,1000} = \frac{\sum_{k=1}^3 \gamma_{i,k} wz_{i,k,1000}}{\sum_{k=1}^3 \gamma_{i,k}}. \quad (5.19)$$

Wskaźnik opisany zależnością (5.19) określa niejednorodną w swojej strukturze i rodzajach wypadkowość w postaci jednej liczby, określającej umowną częstość wypadków na 1000 zatrudnionych osób.

Do oceny wypadkowości jako zjawiska niejednorodnego w rozprawie zastosowano:

- standaryzowany wskaźnik częstości wypadków w odniesieniu do 1000 osób zatrudnionych w budownictwie według wzoru (5.19),
- standaryzowany wskaźnik częstości wypadków w odniesieniu do 1000 osób zatrudnionych w budownictwie oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej według wzoru

$$ws_{i,1000,p} = \frac{ws_{i,1000}}{PB_i}. \quad (5.20)$$

5.3.3. Podejście do wypadkowości jako zjawiska dynamicznego

Przedstawione w sposób dynamiczny wskaźniki wypadkowości obrazują zmiany zachodzące w badanym zjawisku w analizowanym okresie w stosunku do ich poziomu

w okresie poprzedzającym. Korzystając ze zmiennych $w_{i,k,1000}$ oraz PB_i , utworzono więc nowe zmienne, tym razem dynamiczne, którymi są:

➤ łańcuchowe indeksy dynamiki częstości wypadków

$$Iw_{i/(i-1),k} = \frac{w_{i,k,1000}}{w_{i-1,k,1000}}, \quad i = 1, \dots, N, \quad k = 1, \dots, 4, \quad (5.21)$$

➤ łańcuchowe indeksy dynamiki wartości produkcji budowlanej

$$Ip_{i/(i-1)} = \frac{PB_i}{PB_{i-1}}, \quad i = 1, \dots, N, \quad (5.22)$$

➤ jednopodstawowe indeksy dynamiki częstości wypadków

$$Iw_{i/b,k} = \frac{w_{i,k,1000}}{w_{1,k,1000}}, \quad i = 1, \dots, N, \quad k = 1, \dots, 4, \quad (5.23)$$

➤ jednopodstawowe indeksy dynamiki wartości produkcji budowlanej wyrażone wzorem

$$Ip_{i/b} = \frac{PB_i}{PB_b}, \quad i = 1, \dots, N. \quad (5.24)$$

Łańcuchowy indeks dynamiki jest stosunkiem poziomu zjawiska w badanym okresie do poziomu zjawiska w okresie poprzedzającym. W przeprowadzonych badaniach przyjęto, że okresem porównań będzie okres jednego roku. Jednopodstawowy indeks dynamiki jest natomiast stosunkiem poziomu zjawiska w badanym okresie do poziomu zjawiska w roku uznanym za bazowy [79]. W przeprowadzonych badaniach za rok bazowy przyjęto rok 1992.

W celu zbadania tempa zmian częstości wypadków przy pracy w budownictwie w stosunku do tempa zmian wartości produkcji budowlanej utworzono wskaźniki zmian dynamicznych wyrażone wzorami:

$$wz_{i/(i-1),k,p} = \frac{Iw_{i/(i-1),k}}{Ip_{i/(i-1)}}, \quad \text{przy czym: } i = 1, \dots, N, \quad k = 1, \dots, 4, \quad (5.25)$$

$$wz_{i/b,k,p} = \frac{Iw_{i/b,k}}{Ip_{i/b}}, \quad \text{przy czym: } i = 1, \dots, N, \quad k = 1, \dots, 4, \quad (5.26)$$

w których:

b – rok bazowy, będący podstawą odniesienia – przyjęto rok 1992,

$wz_{i/(i-1),k,p}$ – wskaźnik zmian dla łańcuchowych indeksów dynamiki,

$wz_{i/b,k,p}$ – wskaźnik zmian dla jednopodstawowych indeksów dynamiki.

5.4. Wskaźniki własne zastosowane w analizie wypadkowości

W tabelach 5.1 i 5.2 zestawiono wskaźniki zastosowane w rozprawie w analizie wypadkowości w budownictwie. W tabeli 5.1 podano wskaźniki stosowane dotychczas w literaturze [16, 37, 164], natomiast w tabeli 5.2. zestawiono 24 wskaźniki własne.

Tabela 5.1. Wskaźniki stosowane dotychczas w literaturze

Lp.	Nazwa wskaźnika	Formuła	$w_{i,r}$
1	Wskaźnik częstości wypadków lekkich w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób	$w_{i,1,1000} = \frac{lp_{i,1}}{lz_i} 1000$	$w_{i,1}$
2	Wskaźnik częstości wypadków ciężkich w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób	$w_{i,2,1000} = \frac{lp_{i,2}}{lz_i} 1000$	$w_{i,2}$
3	Wskaźnik częstości wypadków śmiertelnych w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób	$w_{i,3,1000} = \frac{lp_{i,3}}{lz_i} 1000$	$w_{i,3}$
4	Wskaźnik częstości wypadków ogółem odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób	$w_{i,k,1000} = \frac{lp_{i,k}}{lz_i} 1000$	$w_{i,4}$
5	Wskaźnik ciężkości wypadków	$wc_i = \frac{\sum_{k=1}^2 \sum_{l=1}^{lp_{i,k}} ds_{i,k}}{\sum_{k=1}^2 lp_{i,k}}$	$w_{i,5}$

Tabela 5.2. Wskaźniki własne zastosowane w pracy

Lp.	Nazwa wskaźnika	Formuła	$w_{i,r}$
1	2	3	4
1	wskaźnik częstości wypadków lekkich w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej	$w_{i,1,p} = \frac{w_{i,1,1000}}{PB_i}$	$w_{i,6}$
2	Wskaźnik częstości wypadków ciężkich w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej	$w_{i,2,p} = \frac{w_{i,2,1000}}{PB_i}$	$w_{i,7}$
3	Wskaźnik częstości wypadków śmiertelnych w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej	$w_{i,3,p} = \frac{w_{i,3,1000}}{PB_i}$	$w_{i,8}$
4	Wskaźnik częstości wypadków ogółem w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz 1 mld zł do wartości produkcji budowlanej	$w_{i,4,p} = \frac{w_{i,4,1000}}{PB_i}$	$w_{i,9}$
5	Wskaźnik częstości standaryzowanej w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób	$ws_{i,1000} = \frac{\sum_{i=1}^3 \gamma_i w_{i,1000}}{\sum_{i=1}^3 \gamma_i}$	$w_{i,10}$

1	2	3	4
6	Wskaźnik częstości standaryzowanej w odniesieniu w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz do 1 mld zł wartości produkcji budowlanej	$ws_{i,p} = \frac{ws_{i,1000}}{PB_i}$	$w_{i,11}$
7	Łańcuchowy indeks dynamiki częstości wypadków lekkich	$Iw_{i/(i-1),1} = \frac{w_{i,1,1000}}{w_{i-1,1,1000}}$	$w_{i,12}$
8	Łańcuchowy indeks dynamiki częstości wypadków ciężkich	$Iw_{i/(i-1),2} = \frac{w_{i,2,1000}}{w_{i-1,2,1000}}$	$w_{i,13}$
9	Łańcuchowy indeks dynamiki częstości wypadków śmiertelnych	$Iw_{i/(i-1),3} = \frac{w_{i,3,1000}}{w_{i-1,3,1000}}$	$w_{i,14}$
10	Łańcuchowy indeks dynamiki częstości wypadków ogółem	$Iw_{i/(i-1),4} = \frac{w_{i,4,1000}}{w_{i-1,4,1000}}$	$w_{i,15}$
11	Łańcuchowy indeks dynamiki ciężkości wypadków	$Iwc_{i/(i-1)} = \frac{wc_i}{wc_{i-1}}$	$w_{i,16}$
12	Wskaźnik zmian łańcuchowego indeksu dynamiki częstości wypadków lekkich w odniesieniu do łańcuchowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej	$wz_{i/(i-1),1,p} = \frac{Iw_{i/(i-1),1}}{Ip_{i/(i-1)}}$	$w_{i,17}$
13	Wskaźnik zmian łańcuchowego indeksu dynamiki częstości wypadków ciężkich w odniesieniu do łańcuchowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej	$wz_{i/(i-1),2,p} = \frac{Iw_{i/(i-1),2}}{Ip_{i/(i-1)}}$	$w_{i,18}$
14	Wskaźnik zmian łańcuchowego indeksu dynamiki częstości wypadków śmiertelnych w odniesieniu do łańcuchowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej	$wz_{i/(i-1),3,p} = \frac{Iw_{i/(i-1),3}}{Ip_{i/(i-1)}}$	$w_{i,19}$
15	Wskaźnik zmian łańcuchowego indeksu dynamiki częstości wypadków ogółem w odniesieniu do łańcuchowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej	$wz_{i/(i-1),4,p} = \frac{Iw_{i/(i-1),4}}{Ip_{i/(i-1)}}$	$w_{i,20}$
16	Jednopodstawowy indeks dynamiki częstości wypadków lekkich	$Iw_{i/b,1} = \frac{w_{i,1,1000}}{w_{1,1,1000}}$	$w_{i,21}$
17	Jednopodstawowy indeks dynamiki częstości wypadków ciężkich	$Iw_{i/b,2} = \frac{w_{i,2,1000}}{w_{1,2,1000}}$	$w_{i,22}$
18	Jednopodstawowy indeks dynamiki częstości wypadków śmiertelnych	$Iw_{i/b,3} = \frac{w_{i,3,1000}}{w_{1,3,1000}}$	$w_{i,23}$
19	Jednopodstawowy indeks dynamiki częstości wypadków ogółem	$Iw_{i/b,4} = \frac{w_{i,4,1000}}{w_{1,4,1000}}$	$w_{i,24}$
20	Jednopodstawowy indeks dynamiki ciężkości wypadków	$Iwc_{i/b} = \frac{wc_i}{wc_b}$	$w_{i,25}$
21	Wskaźnik zmian jednopodstawowego indeksu dynamiki częstości wypadków lekkich w odniesieniu do jednopodstawowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej	$wz_{i/b,1,p} = \frac{Iw_{i/b,1}}{Ip_{i/b}}$	$w_{i,26}$
22	Wskaźnik zmian jednopodstawowego indeksu dynamiki częstości wypadków ciężkich w odniesieniu do jednopodstawowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej	$wz_{i/b,2,p} = \frac{Iw_{i/b,2}}{Ip_{i/b}}$	$w_{i,27}$

1	2	3	4
23	Wskaźnik zmian jednopodstawowego indeksu dynamiki częstości wypadków śmiertelnych w odniesieniu do łańcuchowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej	$wz_{i/b,3,p} = \frac{Iw_{i/b,k}}{Ip_{i/b}}$	$w_{i,28}$
24	Wskaźnik zmian jednopodstawowego indeksu dynamiki częstości wypadków ogółem w odniesieniu do łańcuchowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej	$wz_{i/b,4,p} = \frac{Iw_{i/b,4}}{Ip_{i/b}}$	$w_{i,29}$

W każdym badanym okresie t_i ($i = 1, \dots, N$), obejmującym jeden rok kalendarzowy, wypadkowość w budownictwie oceniono za pomocą 29 wskaźników zamieszczonych w tabelach 5.1 i 5.2. Analizowany przedział czasu, obejmujący lata od 1992 do 2005, charakteryzuje macierz danych W

$$W = \begin{bmatrix} w_{1,1} & w_{1,r} & \dots & w_{1,R} \\ w_{2,1} & w_{2,r} & \dots & w_{2,R} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{i,1} & w_{i,p} & \dots & w_{i,R} \\ w_{N,1} & w_{N,r} & \dots & w_{N,R} \end{bmatrix}. \quad (5.27)$$

Zbiór W wskaźników wypadkowości podzielono na podzbiory, utworzone przez wektory kolumnowe W_r , których elementami są wartości wskaźników jednoimiennych

$$W_r = \begin{bmatrix} w_{1,r} \\ w_{2,r} \\ \dots \\ w_{i,r} \\ w_{N,r} \end{bmatrix}, \quad r = 1, \dots, R, \quad (5.28)$$

$$W_r = \{w_{i,r} : i = 1, \dots, N\}, \quad r = 1, \dots, 31,$$

$$W = W_1 \cup W_2 \cup \dots \cup W_r \cup \dots \cup W_{31}. \quad (5.29)$$

Uzyskane w ten sposób podzbiory danych jednorodnych były podstawą do budowy modeli tendencji rozwojowych analizowanych zjawisk.

6. Modele tendencji rozwojowej wypadkowości w budownictwie

Na podstawie analizy procesów powstawania wypadków można wysunąć tezę, że wypadki przy pracy mogą być traktowane jako zdarzenia wykazujące określone prawidłowości [58]. Zbudowanie odpowiednich modeli pozwalających oceniać zjawiska związane z wypadkowością wiąże się z koniecznością przyjęcia założeń, które podano w podrozdziale 6.1 rozprawy. Na tej podstawie, dla przedziału czasu $\langle t_1, \dots, t_n \rangle$, obejmującego okres od 1992 do 2005 roku, zbudowano model tendencji rozwojowej zjawisk opisujących wypadkowość w budownictwie.

6.1. Przyjęte założenia

1. Badaniami objęto roczne okresy t_i w przedziale od 1992 do 2005 roku ($i = 1, \dots, N$)

$$T = \{t_i : i = 1, \dots, N\}, \quad (6.1)$$

gdzie T – zbiór jednorocznych okresów objętych badaniami.

2. Obszar badań obejmował teren całej Polski.
3. Wypadki przy pracy $zw_{i,j}$, które zdarzyły się w przedziale czasu t_i , tworzą zbiór wypadków ZW_i

$$ZW_i = \{zw_{i,j} : j = 1, \dots, M\}. \quad (6.2)$$

4. W pojedynczym zdarzeniu wypadkowym $zw_{i,j}$ poszkodowana jest co najmniej jedna osoba

$$lo_{i,j} \geq 1, \quad (6.3)$$

gdzie $lo_{i,j}$ – liczba osób poszkodowanych w zdarzeniu wypadkowym j , do którego doszło w przedziale czasu t_i .

5. Zbiorowi wypadków ZW_i odpowiada zbiór LP_i osób poszkodowanych w wypadkach

$$z : ZW_i \rightarrow LP_i, \quad (6.4)$$

$$LP_i = \{lo_{i,j} : j=1, \dots, M\}, \quad (6.5)$$

gdzie z – relacja przyporządkowania.

6. Zbiór LP_i osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy jest sumą trzech podzbiorów: $LP_{i,1}$, $LP_{i,2}$ i $LP_{i,3}$

$$LP_i = \{LP_{i,k} : k=1, \dots, 3\}, \quad (6.6)$$

$$LP_i = LP_{i,1} \cup LP_{i,2} \cup LP_{i,3}, \quad (6.7)$$

gdzie:

$LP_{i,1}$ – zbiór osób poszkodowanych lekko w wypadkach przy pracy,

$LP_{i,2}$ – zbiór osób poszkodowanych ciężko w wypadkach przy pracy,

$LP_{i,3}$ – zbiór osób poszkodowanych śmiertelnie w wypadkach przy pracy.

W tabeli 6.1 przedstawiono strukturę danych potrzebnych do opracowania metodyki budowania zbiorów $LP_{i,1}$, $LP_{i,2}$, $LP_{i,3}$ oraz LP_i .

Tabela 6.1. Struktura danych dotyczących wypadków przy pracy w budownictwie w przedziale czasie t_i

Numer wypadku w roku t_i	Kolejny wypadek $zw_{i,j}$ w roku t_i	Liczba osób poszkodowanych w wypadku $zw_{i,j}$			
		ogółem	lekko	ciężko	śmiertelnie
j	$zw_{i,j}$	$lo_{i,j}$	$lo_{i,j,1}$	$lo_{i,j,2}$	$lo_{i,j,3}$
1	$zw_{i,1}$	••	•		•
2	$zw_{i,2}$	•		•	
...					
j	$zw_{i,j}$	••	••		
...					
M	$zw_{i,M}$	••	•	•	
	$W_i = \sum_{j=1}^M zw_{i,j}$	$LP_i = \sum_{j=1}^M lo_{i,j}$	$LP_{i,1} = \sum_{j=1}^M lo_{i,j,1}$	$LP_{i,2} = \sum_{j=1}^M lo_{i,j,2}$	$LP_{i,3} = \sum_{j=1}^M lo_{i,j,3}$

• – osoba poszkodowana w wypadku.

$$LP_{i,1} = \{lo_{i,j,1} : j=1, \dots, M\},$$

$$LP_{i,2} = \{lo_{i,j,2} : j=1, \dots, M\}, \quad (6.8)$$

$$LP_{i,3} = \{lo_{i,j,3} : j=1, \dots, M\},$$

gdzie:

$lo_{i,j,1}$ – liczba osób poszkodowanych lekko w wypadku j , w okresie t_i ,

$lo_{i,j,2}$ – liczba osób poszkodowanych ciężko w wypadku j , w okresie t_i ,

$lo_{i,j,3}$ – liczba osób poszkodowanych śmiertelnie w wypadku j , w okresie t_i .

7. Dla każdego $t_i \in \langle t_1, \dots, t_N \rangle$ istnieje zbiór LZ_i osób zatrudnionych w budownictwie.
8. Dla każdego $t_i \in \langle t_1, \dots, t_N \rangle$ istnieje liczba PB_i określająca wartość produkcji budowlanej.
9. Dla każdego ze zbiorów: $LP_i, LP_{i,1}, LP_{i,2}, LP_{i,3}, LZ_i$ zdefiniowana jest liczba określająca jego liczebność. Jest to tak zwana liczba kardynalna lub moc zbioru:

$$\begin{aligned} \overline{LP_{i,1}} &= lp_{i,1}, & \overline{LP_{i,2}} &= lp_{i,2}, & \overline{LP_{i,3}} &= lp_{i,3}, & \overline{LZ_i} &= lz_i, \\ \overline{LP_i} &= lp_{i,4}, & lp_{i,4} &= lp_{i,1} + lp_{i,2} + lp_{i,3}, & i &= 1, \dots, N. \end{aligned} \quad (6.9)$$

Liczebności poszczególnych zbiorów (uzyskane dla kolejnych badanych przedziałów czasów t_i) oraz wartości przypisane elementom $PB_i \in PB$ służą do określenia wskaźników $w_{i,r}$ ($r = 1, \dots, 29$) charakteryzujących stan bezpieczeństwa w analizowanej sekcji gospodarki narodowej w okresie t_i . Formuły, według których obliczono wartości analizowanych wskaźników, zamieszczono w rozdziale 5. rozprawy.

6.2. Opis modeli

Utworzone podzbiory W_r , których elementami są wartości wskaźników jednoimiennych $w_{i,r}$, są elementami rodziny podzbiorów, którą można określić jako zbiór wartości wskaźników bezpieczeństwa pracy w budownictwie W , co wyraża się relacją

$$W = W_1 \cup W_2 \cup \dots \cup W_R = \bigcup_{r=1}^R W_r. \quad (6.10)$$

Ze zbioru T oraz zbiorów W_r , dla $r = 1, \dots, R$, można utworzyć R iloczynów kartezjańskich $T \times W_r$.

Na każdy z tych iloczynów składa się zbiór par uporządkowanych (t, w_r) takich, że $t \in T$, natomiast $w_r \in W_r$

$$T \times W_r = \{(t, w_r) : t \in T \wedge w_r \in W_r\}. \quad (6.11)$$

Miedzy elementami zbiorów T i W_r zachodzą relacje przyporządkowania, a więc istnieje funkcja f_r , która każdemu elementowi $t \in T$ przyporządkowuje element $w_r \in W_r$

$$f_r : t \rightarrow w_r \quad r = 1, \dots, R. \quad (6.12)$$

Postać analityczna funkcji f_r jest modelem tendencji rozwojowej badanego zjawiska

$$w_r(t) = f_r(t) + e_r, \quad (6.13)$$

gdzie:

t – okres,

$f_r(t)$ – hipotetyczna funkcja trendu,

e_r – składnik losowy, mierzący odchylenie przypadkowe zmiennej w_r od linii trendu.

Utworzone dla poszczególnych wskaźników r ciągu wartości $\langle w_i \rangle_r$, dla $i = 1, \dots, N$, tworzą tzw. szeregi czasowe [111].

Przedstawiane za pomocą szeregu czasowego zjawiska związane z wypadkowością są wypadkową działania przyczyn zasadniczych i przypadkowych. Przyczyny zasadnicze odzwierciedlają stałe zależności zachodzące w badanym zjawisku. Ich poznanie pozwala na dokonywanie różnorodnych analiz, a na ich podstawie sformułowanie wniosków dotyczących istotnych trwałych cech badanego zjawiska.

Na podstawie wyników wcześniej przeprowadzonych badań i analiz [56, 58, 65] przyjęto, że ogólnym modelem tendencji rozwojowej wypadkowości w budownictwie jest funkcja trendu w postaci wielomianu m -tego stopnia, a więc

$$f_r(t) = \alpha_{r,0} + \alpha_{r,1}t^1 + \dots + \alpha_{r,m}t^m, \quad \alpha_{r,m} \neq 0, \quad (6.14)$$

gdzie $\alpha_{r,m}$ – parametry wielomianu f_r stopnia m .

Mając do dyspozycji n obserwacji wektora zmiennych t_i oraz R wektorów W_r , z których każdy zawiera n obserwacji analizowanej zmiennej $w_{i,r}$, modele tendencji rozwojowej badanych zjawisk można zapisać w postaci macierzowej

$$W_r = TA_r + E_r, \quad (6.15)$$

gdzie:

$$W_r = \begin{bmatrix} w_{1,r} \\ w_{2,r} \\ \dots \\ w_{i,r} \\ w_{N,r} \end{bmatrix}, \quad T = \begin{bmatrix} 1 & t_1 & t_1^2 & \dots & t_1^m \\ 1 & t_2 & t_2^2 & \dots & t_2^m \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & t_i & t_i^2 & \dots & t_i^m \\ 1 & t_N & t_N^2 & \dots & t_N^m \end{bmatrix}, \quad A_r = \begin{bmatrix} \alpha_{0,r} \\ \alpha_{1,r} \\ \alpha_{h,r} \\ \dots \\ \alpha_{m,r} \end{bmatrix}, \quad E_r = \begin{bmatrix} e_{1,r} \\ e_{2,r} \\ \dots \\ e_{i,r} \\ e_{N,r} \end{bmatrix},$$

$r = 1, \dots, R$, $i = 1, \dots, N$, $h = 0, \dots, m$,

przy czym:

W_r – wektor $[N]$ zaobserwowanych wartości zmiennej objaśnianej w_r , dla $r = 1, \dots, R$,

T – macierz $[N, m + 1]$ zaobserwowanych wartości zmiennej czasowej,

A_r – wektor $[m + 1]$ nieznanych parametrów $\alpha_{r,0}, \dots, \alpha_{r,m}$,

E_r – wektor $[N]$ składników losowych $e_1, \dots, e_N$.

Nieznane parametry α_r funkcji trendu oszacowano metodą najmniejszych kwadratów [110, 171].

Stopień m wielomianu ustalono przez porównanie wariancji resztowych dla wielomianu stopnia m i $m + 1$. W tym celu wykonano następujące działania:

1. Dla wielomianu stopnia m i $m + 1$ obliczono reszty $e_{m,i}$ oraz $e_{m+1,i}$ (składniki losowe szeregu czasowego), będące różnicą między wartością rzeczywistą a wartością teoretyczną

$$e_{m,i} = w_i - w_i^*, \quad i = 1, \dots, N, \quad (6.16)$$

gdzie:

w_i – wartości empiryczne zmiennej objaśnianej,

w_i^* – wartości teoretyczne uzyskane z funkcji trendu.

2. Następnie obliczono wariancje resztowe dla wielomianu stopnia m i $m+1$ według wzoru

$$S_m^2 = \frac{1}{n-q} \sum_{i=1}^n e_{m,i}^2, \quad (6.17)$$

w którym:

n – liczba par obserwacji,

q – liczba oszacowanych parametrów funkcji regresji,

3. Za pomocą statystyki F

$$F = \frac{S_m^2}{S_{m+1}^2} \quad (6.18)$$

sprawdzono czy wariancje resztowe dla wielomianu stopnia m i $m+1$ są zgodne. W tym celu postawiono hipotezę zerową, że obie wariancje są identyczne

$$H_0 : S_m^2 = S_{m+1}^2 \quad (6.19)$$

wobec hipotezy alternatywnej

$$H_1 : S_m^2 > S_{m+1}^2. \quad (6.20)$$

Przyjęto, że jeśli prawdziwa jest hipoteza zerowa, to zmienna F ma rozkład F Snedecora.

4. Dla poziomu istotności $\alpha = 0,05$ oraz liczby stopni swobody $\vartheta_1 = n - 1$ oraz $\vartheta_2 = n - 1$, przyjęto, na podstawie [171], wartość F_{α} , która jest wartością graniczną statystyki F .

Jeżeli $F \geq F_{\alpha}$ to przyjęto, że są podstawy do odrzucenia hipotezy zerowej, tzn. wzrost wariancji resztowych dla wielomianu stopnia $m+1$ w stosunku do wielomianu stopnia m jest istotny.

Jeżeli $F < F_{\alpha}$ to przyjęto, że nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej, tzn. wzrost wariancji jest nieistotny.

Za funkcję trendu przyjęto wielomian tego stopnia, od którego poczynając wariancje resztowe nie zmniejszyły się w istotny sposób [171].

6.3. Weryfikacja modeli

Za miarę dopasowania przyjętych modeli do wartości rzeczywistych przyjęto współczynnik determinacji i współczynnik korelacji. Współczynnik determinacji in-

formuje o tym, jaka część ogólnej zmienności cechy W_r jest opisana przez model. Współczynnik determinacji jest obliczany ze wzoru

$$R_r^2 = \frac{A_r^T (T^T T) - n(\bar{w}_r)^2}{W_r^T W_r - n(\bar{w}_r)^2}, \quad r = 1, \dots, R, \quad (6.21)$$

w którym:

n – liczba obserwacji,

$\bar{w}_r$ – wartość średnia z wyrazów wektora W_r .

Związek między współczynnikiem determinacji a współczynnikiem korelacji wyraża się wzorem

$$R_r = \sqrt{R_r^2}. \quad (6.22)$$

Na podstawie pracy [5] przyjęto, że jeżeli współczynnik korelacji przybierze wartości z przedziału:

- $0,00 \leq R \leq 0,33$ – to występuje słaba nieistotna zależność korelacyjna między cechami T i Y – model w niedostatecznym stopniu opisuje badane zjawisko,
- $0,34 \leq R \leq 0,66$ – to występuje średnia zależność korelacyjna między cechami – model w dostatecznym stopniu opisuje badane zjawisko,
- $0,67 \leq R \leq 0,90$ – to występuje silna zależność korelacyjna między cechami – model dobrze opisuje badane zjawisko,
- $0,91 \leq R \leq 0,100$ – to występuje bardzo silna zależność korelacyjna między cechami – model bardzo dobrze opisuje badane zjawisko.

6.4. Analiza wypadkowości z wykorzystaniem modeli tendencji rozwojowej

Przebieg każdego analizowanego zjawiska przedstawiono w postaci dwóch modeli tendencji rozwojowej. Pierwszym jest funkcja trendu opisana wielomianem stopnia m , natomiast drugim modelem jest funkcja trendu opisana wielomianem 1. stopnia. Wielomian stopnia m odzwierciedla zmienność zjawiska w poszczególnych okresach analizowanego przedziału czasu. Funkcja liniowa wskazuje natomiast na ogólną tendencję rozwojową, a więc wzrostową lub spadkową w całym analizowanym przedziale czasu. Do określenia postaci analitycznej funkcji trendu oraz jej parametrów wykorzystano możliwości obliczeniowe arkusza kalkulacyjnego EXCEL.

6.4.1. Wypadkowość jako zjawisko jednorodne

Do analizy wypadkowości jako zjawiska jednorodnego wykorzystano: liczbę osób poszkodowanych lekko, ciężko, śmiertelnie oraz ogółem w wypadkach przy pracy, a ponadto trzy wskaźniki, tj. wskaźnik częstości wypadków (ogółem, lekkich, ciężkich oraz śmiertelnych) w odniesieniu do 1000 osób zatrudnionych, wskaźnik ciężkości

wypadków, wskaźnik częstości wypadków (ogółem, lekkich, ciężkich oraz śmiertelnych) w odniesieniu do 1000 osób zatrudnionych, a także 1 mld zł wartości produkcji budowlanej.

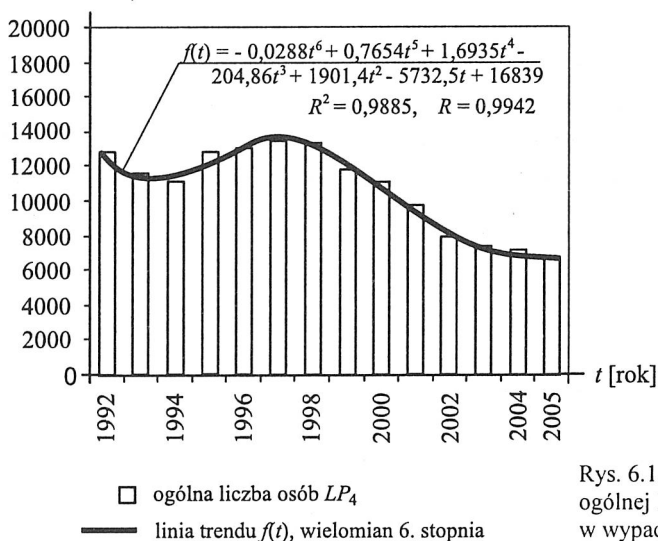
1. Liczba wypadków przy pracy

W tabeli 6.2 zestawiono postacie analityczne funkcji trendu $f_{LP_i}(t)$ oraz obliczone wartości współczynników determinacji $R_{LP_i}^2$ oraz korelacji R_{LP_i} dla ogólnej liczby LP_4 osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy w budownictwie w latach 1992–2005 oraz dla liczby osób poszkodowanych lekko LP_1 , ciężko LP_2 i śmiertelnie LP_3 . W przypadku ogólnej liczby osób LP_4 oraz osób poszkodowanych lekko LP_1 i ciężko LP_2 badane zjawisko bardzo dobrze opisuje wielomian 6. stopnia $f_{LP_4}(t)$, $f_{LP_1}(t)$, $f_{LP_2}(t)$. W każdym bowiem z tych przypadków współczynnik determinacji $R_{LP_4}^2$, $R_{LP_1}^2$, $R_{LP_2}^2$ oraz współczynnik korelacji R_{LP_4} , R_{LP_1} , R_{LP_2} osiągnęły wartość bliską jedności. Wymieniony wielomian 6. stopnia w ponad 97% wyjaśnia zmienność badanych zjawisk. W przypadku natomiast liczby osób LP_3 poszkodowanych śmiertelnie w wypadkach przy pracy w budownictwie wielomian 6. stopnia $f_{LP_3}(t)$ dobrze opisuje badane zjawisko. Współczynnik korelacji R_{LP_3} osiągnął wartość 0,7974, natomiast współczynnik determinacji $R_{LP_3}^2$ – wartość 0,6316, co oznacza, że w 63% funkcja $f_{LP_3}(t)$ wyjaśnia zmienność badanego zjawiska.

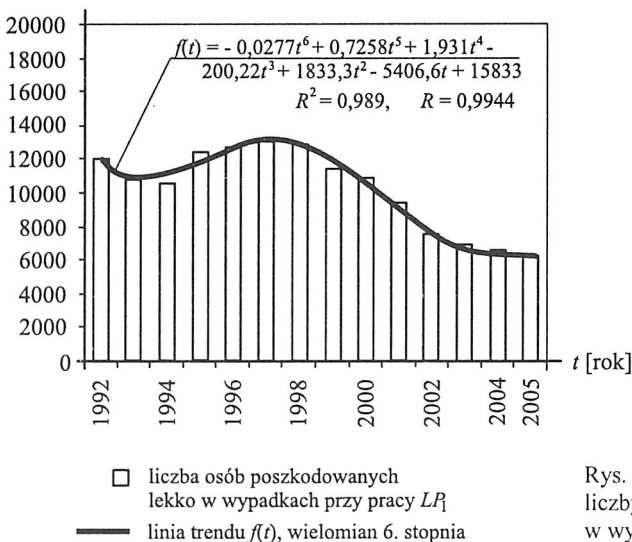
Tabela 6.2. Funkcje trendu oraz wartości współczynników determinacji i korelacji dla liczby osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy w budownictwie w latach 1992–2005

Lp.	Badane zjawisko – liczba osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy $LP_{i,k}$ $i = 1, \dots, 14, k = 1, \dots, 4$	Funkcja trendu $f_{LP_k}(t)$, $k = 1, \dots, 4$	Współczynnik determinacji $R_{LP_i}^2$, współczynnik korelacji R_{LP_i}
1	Ogólna liczba osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy LP_4	$f_{LP_4}(t) = -0,0288t^6 + 0,7654t^5 + 1,6935t^4 - 204,86t^3 + 1901,4t^2 - 5732,5t + 16839$	$R_{LP_4}^2 = 0,9885$ $R_{LP_4} = 0,9942$
2	Liczba osób poszkodowanych lekko w wypadkach przy pracy LP_1	$f_{LP_1}(t) = -0,0277t^6 + 0,7258t^5 + 1,931t^4 - 200,22t^3 + 1833,3t^2 - 5406,6t + 15833$	$R_{LP_1}^2 = 0,989$ $R_{LP_1} = 0,9944$
3	Liczba osób poszkodowanych ciężko w wypadkach przy pracy LP_2	$f_{LP_2}(t) = -0,0021t^6 + 0,0826t^5 - 1,091t^4 + 4,1568t^3 + 20,892t^2 - 210,18t + 788,96$	$R_{LP_2}^2 = 0,9793$ $R_{LP_2} = 0,9895$
4	Liczba osób poszkodowanych śmiertelnie w wypadkach przy pracy LP_3	$f_{LP_3}(t) = -0,001t^6 + 0,0442t^5 - 0,6755t^4 + 3,9541t^3 - 4,1644t^2 - 24,994t + 164,79$	$R_{LP_3}^2 = 0,6316$ $R_{LP_3} = 0,7947$

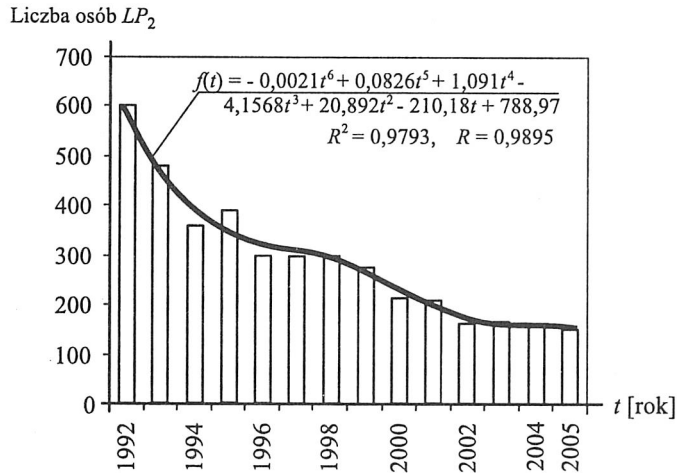
Na rysunku 6.1 przedstawiono przebieg zmian ogólnej liczby osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy w budownictwie w latach 1992–2005. Na kolejnych rysunkach 6.2, 6.3 i 6.4 zaprezentowano – odpowiednio – przebieg zmian liczby osób poszkodowanych lekko, ciężko oraz śmiertelnie w wypadkach przy pracy w budownictwie w tym samym czasie.

Liczba osób LP_4 

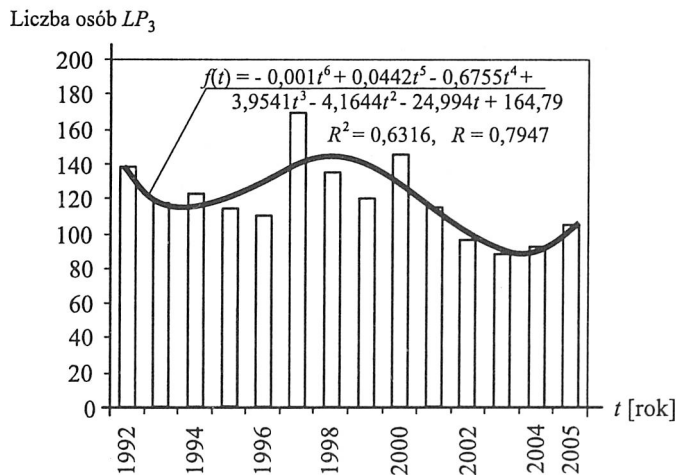
Rys. 6.1. Przebieg zmian w czasie ogólnej liczby osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy w budownictwie

Liczba osób LP_1 

Rys. 6.2. Przebieg zmian w czasie liczby osób poszkodowanych lekko w wypadkach przy pracy w budownictwie



Rys. 6.3. Przebieg zmian w czasie liczby osób poszkodowanych ciężko w wypadkach przy pracy w budownictwie



Rys. 6.4. Przebieg zmian w czasie liczby osób poszkodowanych śmiertelnie w wypadkach przy pracy w budownictwie

Jak wynika z rysunku 6.1, ogólna liczba osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy w budownictwie, w badanym okresie, wykazuje zmienną tendencję malejąco-rośniejącą-malejącą. Wartość maksymalną odnotowano w 1997 roku i wynosiła ona 13 363 osoby. Od 1997 roku następuje stały spadek ogólnej liczby osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy w budownictwie.

Jak wynika z rysunku 6.2, liczba osób poszkodowanych lekko w wypadkach przy pracy w budownictwie wykazuje zmienną tendencję rosnąco-malejąco-rosnącą w całym badanym okresie. Wartość maksymalną odnotowano w 1997 roku i wynosiła ona 12 893 osoby. Z rysunku 6.3 wynika natomiast, że liczba osób poszkodowanych ciężko w wypadkach przy pracy w budownictwie wykazuje zdecydowaną tendencję malejącą w całym badanym okresie. Z kolei liczba osób poszkodowanych śmiertelnie w wypadkach przy pracy (rys. 6.4) wykazuje zmienną tendencję malejąco-rosnącą. Maksymalną liczbę osób poszkodowanych śmiertelnie w wypadkach odnotowano w roku 1997 i wynosiła ona 177, natomiast minimalną odnotowano w 2003 roku i wynosiła ona 88. Wypadki śmiertelne, ze względu na nieodwracalne skutki, wywołują największy oddźwięk emocjonalny w społeczeństwie, dlatego też niepokojącym zjawiskiem jest zwiększenie liczby osób poszkodowanych śmiertelnie w wypadkach w ostatnich dwóch latach badanego okresu. W roku 2005 w wypadkach na placu budowy poniosło śmierć 106 osób. Oznacza to, że na każde 5 osób, które poniosły śmierć w wyniku wypadku przy pracy, 1 osoba była pracownikiem sekcji „budownictwo”.

Należy zauważyć, że liczba osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy w odniesieniu do badanego okresu nie jest w pełni wielkością miarodajną, pozwalającą ocenić stan bezpieczeństwa w analizowanej sekcji gospodarki narodowej. Z histogramów pokazanych na rysunkach 6.1–6.4 nie wynika na przykład, jak często zdarzają się wypadki zatrudnionych osób, jaki jest stopień ich ciężkości oraz jaki wpływ na wypadkowość ma wzrost produkcji budowlanej. W porównywaniu, ocenianiu i szeregowaniu poszczególnych sekcji gospodarki narodowej pod względem wypadkowości przydatne są wskaźniki częstości oraz ciężkości wypadków [83, 84, 154]. Można się spodziewać, że sformułowane na ich podstawie modele tendencji rozwojowych pozwolą przewidzieć kształtowanie się wartości badanych zjawisk w przyszłości. Z tego względu rozważono także ten problem.

2. Częstość wypadków

W tabeli 6.3 zamieszczono postacie analityczne funkcji trendu $f_r(t)$ oraz obliczone wartości współczynników determinacji R_r^2 i korelacji R_r dla wskaźników częstości wypadków $w_r(t)$. W przypadku wskaźnika częstości wypadków ogółem $w_4(t)$ oraz wskaźnika częstości wypadków lekkich $w_1(t)$ tendencję rozwojową bardzo dobrze modelują funkcje trendu $f_4(t)$ oraz $f_1(t)$ opisane wielomianem 6. stopnia. W pierwszym przypadku współczynnik korelacji R_4 osiągnął wartość 0,9413, w drugim natomiast współczynnik korelacji R_1 osiągnął wartość 0,9429. Wielomian 6. stopnia wyjaśnia w ponad 88% zmienność badanych zjawisk. W przypadku wskaźnika częstości wypadków ciężkich $w_2(t)$ funkcja trendu $f_2(t)$, opisana wielomianem 6. stopnia, również bardzo dobrze opisuje tendencję rozwojową zjawiska. Współczynnik korelacji R_2 osiągnął wartość 0,9489. Wielomian 6. stopnia również bardzo dobrze, bo w ponad 94%, wyjaśnia zmienność badanej zmiennej. Współ-

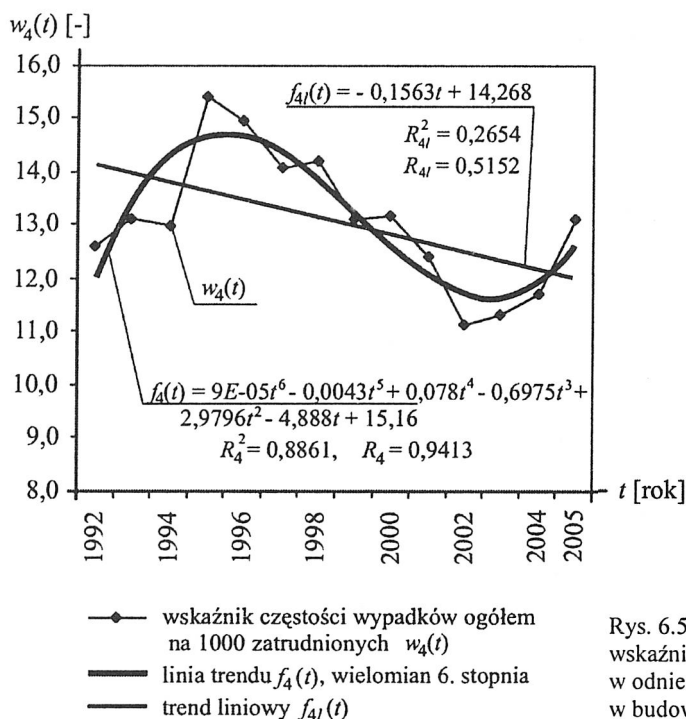
czynnik determinacji R_2^2 osiągnął wartość 0,9489. Wskaźnik częstości wypadków śmiertelnych $w_3(t)$ z dobrą dokładnością opisuje wielomian 6. stopnia $f_3(t)$. Współczynnik korelacji R_3 osiągnął wartość 0,7716. Współczynnik determinacji R_3^2 osiągnął wartość 0,5955, co oznacza, że wielomian ten w ponad 59% opisuje zmienność badanego zjawiska.

Tabela 6.3. Funkcje trendu oraz wartości współczynników determinacji i korelacji dla częstości wypadków przy pracy w budownictwie w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób w latach 1992–2005

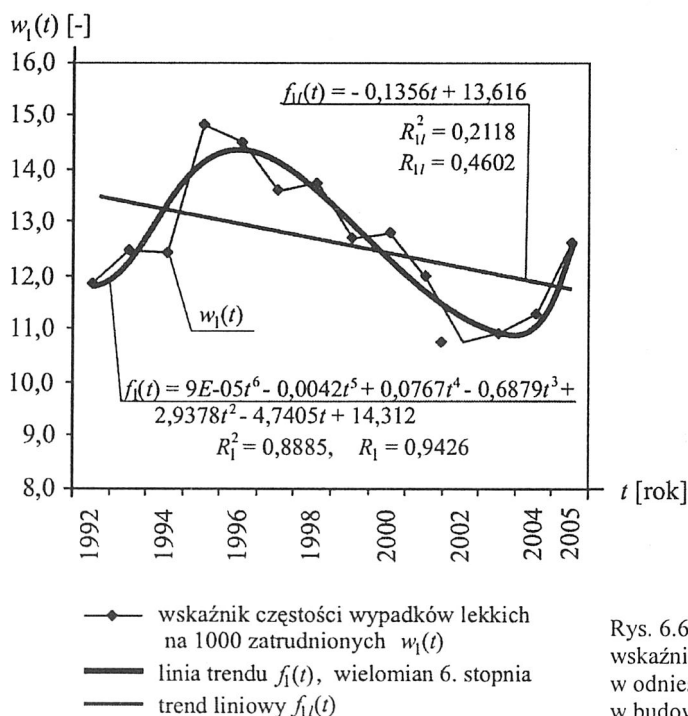
Lp.	Badane zjawisko – częstość wypadków w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób $w_r(t)$	Funkcja trendu $f_r(t)$, $r = 1, \dots, 4$	Współczynnik determinacji R_r^2 , współczynnik korelacji R_r
1	Wskaźnik częstości wypadków lekkich $w_1(t)$	$f_1(t) = 9E - 05t^6 - 0,0042t^5 + 0,0769t^4 - 0,6891t^3 + 2,9424t^2 - 4,7497t + 14,319$	$R_1^2 = 0,8892$ $R_1 = 0,9429$
2	Wskaźnik częstości wypadków ciężkich $w_2(t)$	$f_2(t) = 1E - 06t^6 + 6E - 05t^5 - 0,0011t^4 + 0,0097t^3 - 0,0358t^2 - 0,0094t + 0,6309$	$R_2^2 = 0,9489$ $R_2 = 0,9741$
3	Wskaźnik częstości wypadków śmiertelnych $w_3(t)$	$f_3(t) = 4E - 08t^6 + 4E - 06t^5 - 0,0001t^4 + 0,0013t^3 - 0,0043t^2 + 0,006t + 0,133$	$R_3^2 = 0,5955$ $R_3 = 0,7716$
4	Wskaźnik częstości wypadków ogółem $w_4(t)$	$f_4(t) = 9E - 05t^6 - 0,0043t^5 + 0,0779t^4 - 0,6973t^3 + 2,979t^2 - 4,8871t + 15,159$	$R_4^2 = 0,8861$ $R_4 = 0,9413$

Na rysunku 6.5 przedstawiono przebieg zmian wartości wskaźnika częstości wypadków przy pracy ogółem na każdy 1000 osób zatrudnionych w budownictwie w latach 1992–2005. W badanym przedziale czasu przebieg zmian wartości tego wskaźnika wykazuje rosnąco-malejąco-rosnącą tendencję. Wartość maksymalną wskaźnik ten osiągnął w 1995 roku i wynosiła ona 15,42 osób poszkodowanych na każdy 1000 osób zatrudnionych, natomiast wartość minimalną wskaźnik ten osiągnął w roku 2002 i wynosiła ona 11,12 osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy w budownictwie na każdy 1000 osób zatrudnionych. W ostatnich trzech latach badanego okresu wartość tego wskaźnika niestety się zwiększa. Linia trendu w postaci funkcji liniowej $f_{4l}(t)$ wykazuje jednak korzystną tendencję malejącą zjawiska.

Na rysunku 6.6 przedstawiono przebieg zmian wartości wskaźnika częstości wypadków lekkich. Przebieg zmian wartości tego wskaźnika wykazuje również rosnąco-malejąco-rosnącą tendencję. Wartość maksymalną wskaźnik ten osiągnął w roku 1995 i wynosiła ona 14,81 osób poszkodowanych na każdy 1000 osób zatrudnionych, natomiast wartość minimalną osiągnął w roku 2002 i wynosiła ona 10,75 osób poszkodowanych na każdy 1000 osób zatrudnionych. W ostatnich trzech latach badanego okresu wartość tego wskaźnika także się zwiększa. Trend w postaci funkcji liniowej $f_{1l}(t)$ wykazuje, podobnie jak w przypadku wskaźnika częstości wypadków ogółem, korzystną tendencję malejącą.

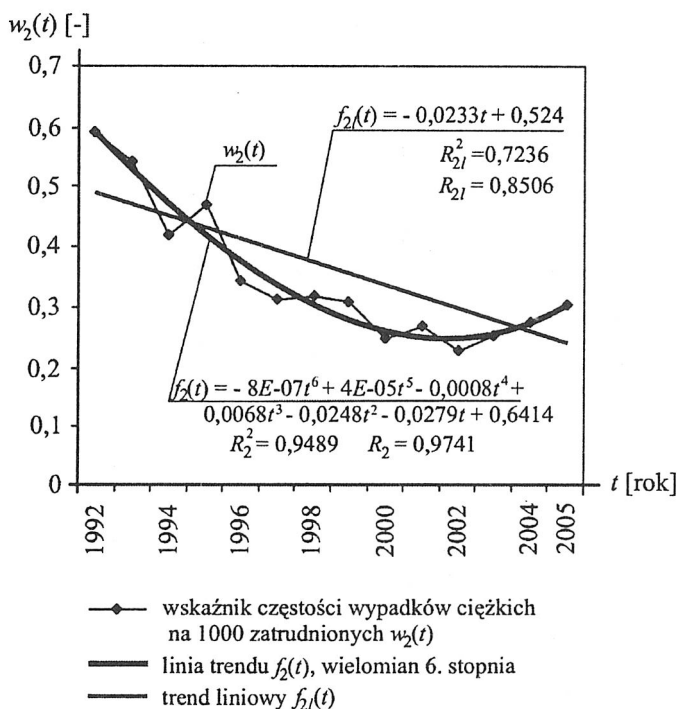


Rys. 6.5. Przebieg zmian w czasie wskaźnika częstości wypadków ogółem w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób w budownictwie



Rys. 6.6. Przebieg zmian w czasie wskaźnika częstości wypadków lekkich w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób w budownictwie

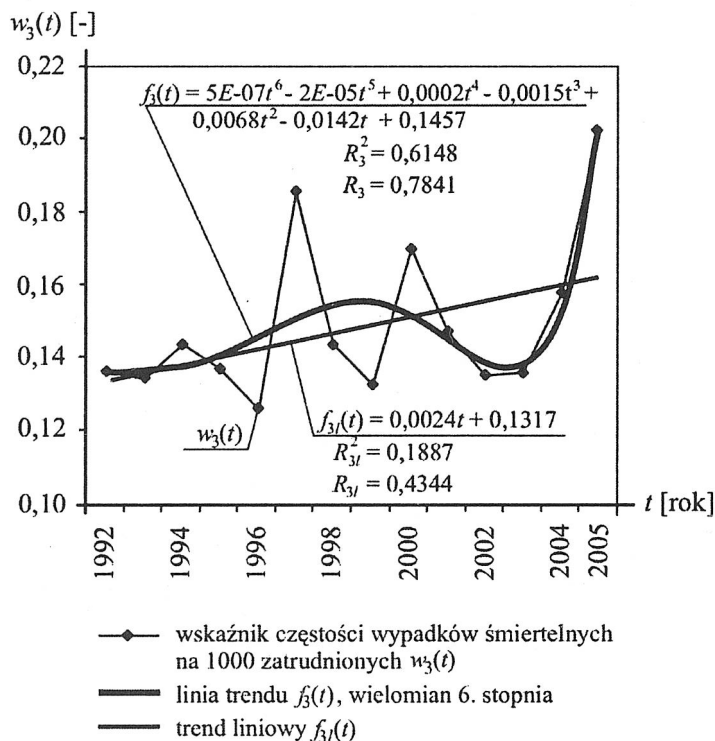
Na rysunku 6.7 przedstawiono przebieg zmian wartości wskaźnika częstości wypadków ciężkich. Wartość tego wskaźnika wykazuje malejąco-rosnącą tendencję. Wskaźnik ten osiągnął wartość minimalną w roku 2003 i wynosiła ona 0,227 osoby poszkodowanej na każdy 1000 osób zatrudnionych w budownictwie. Niestety, w ostatnich dwóch latach wskaźnik ten również wykazuje tendencję rosnącą. Linia trendu w postaci funkcji liniowej $f_{2l}(t)$ wykazuje korzystną tendencję malejącą.



Rys. 6.7. Przebieg zmian w czasie wskaźnika częstości wypadków ciężkich w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób w budownictwie

Na rysunku 6.8 przedstawiono przebieg zmian wartości wskaźnika częstości wypadków śmiertelnych na każdy 1000 osób zatrudnionych w budownictwie. W badanym przedziale czasu wskaźnik ten wykazuje bardzo dużą zmienność. Bardzo niepokojący jest fakt znacznego zwiększenia wartości tego wskaźnika w ostatnich dwóch latach badanego okresu. W roku 2005 wskaźnik ten osiągnął wartość 0,203 osoby poszkodowanej na każdy 1000 osób zatrudnionych w budownictwie. Wartość minimalną wskaźnik ten osiągnął w 1996 roku i wynosiła ona 0,1266 osoby poszkodowanej w śmiertelnym wypadku przy pracy w budownictwie na każdy 1000 osób zatrudnionych. Linia trendu w postaci funkcji liniowej $f_{3l}(t)$ wykazuje bardzo niekorzystną tendencję rosnącą.

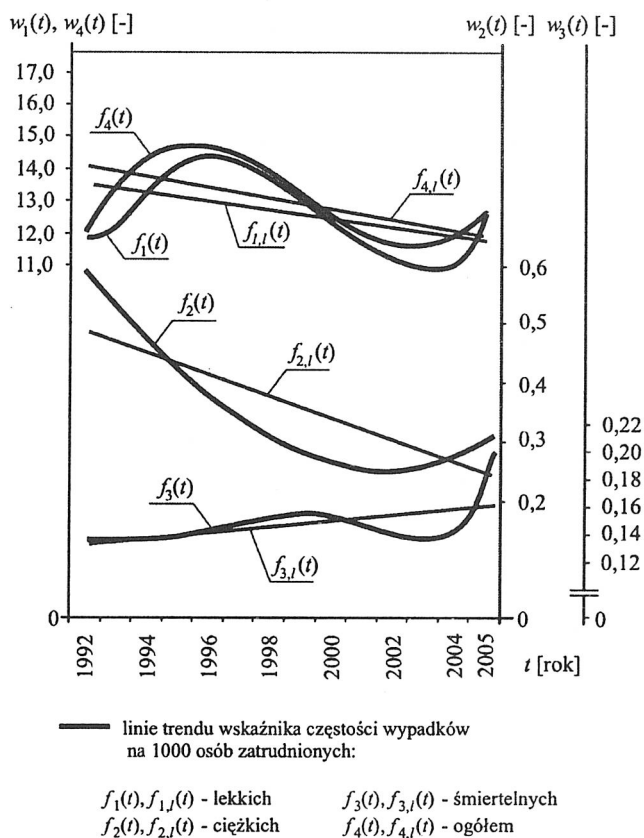
W celach porównawczych na rysunku 6.9 zamieszczono funkcje trendów określone dla wskaźników częstości poszczególnych rodzajów wypadków w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób, natomiast w tabeli 6.4 zamieszczono maksymalne i minimalne wartości tych wskaźników.



Rys. 6.8. Przebieg zmian w czasie wskaźnika częstości wypadków śmiertelnych w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób w budownictwie

Tabela 6.4. Maksymalne i minimalne wartości wskaźników częstości wypadków w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób

Lp.	Badane zjawisko – częstość wypadków $w_r(t)$ w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób	Wartość maksymalna		Wartość minimalna	
		rok t_i	w_r maks	rok t_i	w_r min
1	Częstość wypadków ogółem $w_4(t)$	1995	15,428	2002	11,122
2	Częstość wypadków lekkich $w_1(t)$	1995	14,812	2002	10,756
3	Częstość wypadków ciężkich $w_2(t)$	1992	0,594	2002	0,227
4	Częstość wypadków śmiertelnych $w_3(t)$	2005	0,206	1996	0,126



Rys. 6.9. Zestawienie wykresów przedstawiających przebieg zmian w czasie wskaźników częstości poszczególnych rodzajów wypadków w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób

Ogólna tendencja rozwojowa częstości wypadków ogółem oraz lekkich i ciężkich w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób, wyrażona funkcją liniową, wykazuje w rozpatrywanym przedziale czasu korzystną tendencję malejącą. W ostatnich trzech latach badanego przedziału czasu zauważalne jest jednak zwiększenie wartości tych wskaźników. Bardzo niepokojący jest również fakt, że wskaźnik częstości wypadków śmiertelnych wykazuje w badanym przedziale czasu zdecydowanie rosnącą tendencję oraz bardzo gwałtowny wzrost w ostatnich trzech latach badanego przedziału.

3. Ciężkość wypadków

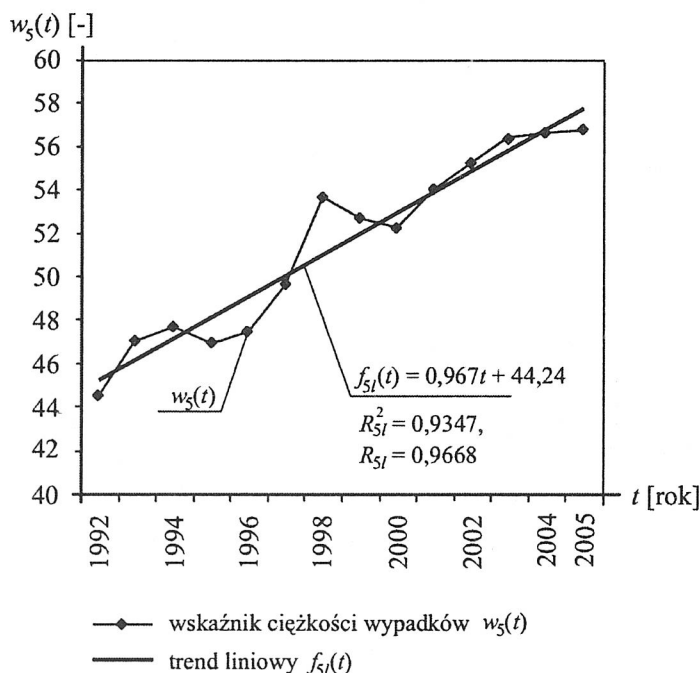
W tabeli 6.5 zamieszczono postać analityczną funkcji trendu $f_5(t)$ oraz obliczone wartości współczynników determinacji R_5^2 i korelacji R_5 dla wskaźnika ciężkości wypadków $w_5(t)$. Wskaźnik ciężkości wypadków bardzo dobrze opisuje funkcja liniowa $f_5(t)$. Funkcja ta w ponad 93% wyjaśnia zmienność wartości tego wskaźnika. Współ-

czynnik determinacji R_5^2 osiągnął wartość 0,9347, natomiast współczynnik korelacji R_5 osiągnął wartość 0,9667.

Tabela 6.5. Funkcje trendu oraz obliczone wartości współczynników determinacji i korelacji dla wskaźnika ciężkości wypadków przy pracy w budownictwie w latach 1992–2005

Lp.	Badane zjawisko	Funkcja trendu $f_r(t)$, $r = 5$	Współczynnik determinacji R_r^2 oraz współczynnik korelacji R_r
1	Wskaźnik ciężkości wypadków $w_5(t)$	$f_5(t) = 0,967t + 44,24$	$R_5^2 = 0,9347$ $R_5 = 0,9667$

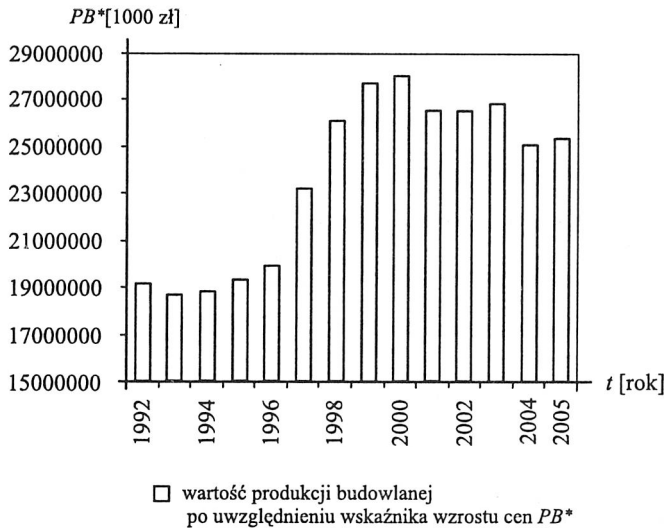
Przebieg zmian wartości wskaźnika ciężkości wypadków $w_5(t)$ przedstawiono na rysunku 6.10. Wskaźnik ten wykazuje stale rosnącą tendencję. Z przebiegu zmian wartości tego wskaźnika wynika, że w budownictwie zdarzają się coraz cięższe wypadki, będące przyczyną coraz większej liczby dni absencji w pracy. W roku 2005 na jedną osobę poszkodowaną w wypadku lekkim bądź ciężkim przy pracy w budownictwie przypadało średnio 56,8 dni zwolnienia chorobowego. W porównaniu do roku 1992 nastąpił więc wzrost aż o około 25%.



Rys. 6.10. Przebieg zmian w czasie wskaźnika ciężkości wypadków

4. Częstość wypadków w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej

Na rysunku 6.11 pokazano jak kształtowała się wartość produkcji budowlano-montażowej PB^* w latach 1992–2005. Od 1992 do 2000 roku odnotowano intensywny wzrost wartości produkcji budowlanej, po czym od 2001 do 2005 roku minimalny spadek. W podanej wartości PB^* uwzględniono wskaźnik wzrostu cen tej produkcji, tzn. że wartość w cenach bieżących skorygowano o tenże wskaźnik.



Rys. 6.11. Przebieg zmian w czasie wartości produkcji budowlanej po uwzględnieniu wskaźnika wzrostu cen

W tabeli 6.6 zamieszczono postacie analityczne funkcji trendu $f_r(t)$ oraz obliczone wartości współczynników determinacji R_r^2 oraz korelacji R_r dla wskaźników częstości wypadków $w_r(t)$ w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej. W przypadku wskaźnika częstości wypadków ogółem $w_9(t)$, lekkich $w_6(t)$ i ciężkich $w_7(t)$ tendencje rozwojowe bardzo dobrze opisują funkcje trendu $f_9(t)$, $f_6(t)$, $f_7(t)$ w postaci wielomianu 6. stopnia. We wszystkich badanych zjawiskach współczynniki korelacji R_9 , R_6 , R_7 oraz współczynniki determinacji R_9^2 , R_6^2 , R_7^2 osiągnęły wartość bliską jedności. W przypadku natomiast częstości wypadków śmiertelnych $w_8(t)$ w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej wielomian 6. stopnia $f_8(t)$ dość dobrze opisuje tendencję rozwojową zjawiska. Współczynnik korelacji R_8 osiągnął bowiem wartość 0,8571, a współczynnik determinacji 0,7347. Wielomian ten w ponad 73% wyjaśnia zmienność badanego zjawiska.

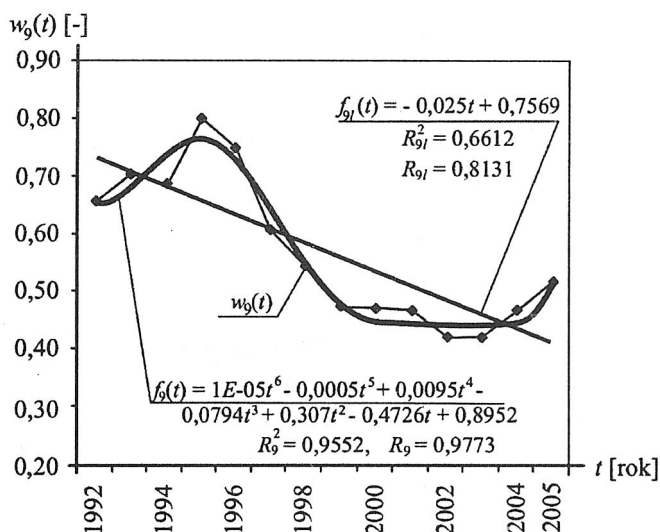
Tabela 6.6. Funkcje trendu oraz wartości współczynników determinacji dla wskaźników częstości wypadków przy pracy w budownictwie w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej w latach 1992–2005

Lp.	Badane zjawisko – częstość wypadków w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej $w_r(t)$	Funkcja trendu $f_r(t)$, $r = 6, \dots, 9$	Współczynnik determinacji R_r^2 , współczynnik korelacji R_r
1	Wskaźnik częstości wypadków lekkich w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej $w_6(t)$	$f_6(t) = 1E - 05t^6 - 0,0005t^5$ $+ 0,0093t^4 - 0,078t^3 + 0,3019t^2$ $- 0,4617t + 0,85$	$R_6^2 = 0,9528$ $R_6 = 0,9761$
2	Wskaźnik częstości wypadków ciężkich w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej $w_7(t)$	$f_7(t) = 1E - 07t^6 - 5E - 06t^5 + 7E$ $- 05t^4 - 0,0005t^3 + 0,0014t^2$ $- 0,0046t + 0,0347$	$R_7^2 = 0,9726$ $R_7 = 0,9862$
3	Wskaźnik częstości wypadków śmiertelnych w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej $w_8(t)$	$f_8(t) = 8E - 08t^6 - 3E - 06t^5 + 5E$ $- 05t^4 - 0,0004t^3 + 0,0016t^2$ $- 0,0024t + 0,0083$	$R_8^2 = 0,7347$ $R_8 = 0,8571$
4	Wskaźnik częstości wypadków ogółem w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej $w_9(t)$	$f_9(t) = 1E - 05t^6 - 0,0005t^5$ $+ 0,0095t^4 - 0,0794t^3 + 0,307t^2$ $- 0,4726t + 0,8952$	$R_9^2 = 0,9552$ $R_9 = 0,9773$

Na rysunkach od 6.12 do 6.15 przedstawiono przebieg zmian wartości wskaźnika częstości wypadków ogółem oraz lekkich, ciężkich i śmiertelnych w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej. Wskaźnik częstości wypadków ogółem wykazuje rosnąco-malejąco-rosnącą tendencję. Wartość maksymalną osiągnął on w 1995 roku i wynosiła ona 0,7984 osoby poszkodowanej we wszystkich wypadkach przy pracy w budownictwie w odniesieniu do 1000 osób zatrudnionych oraz na 1 mld zł wartości produkcji budowlanej. Wartość minimalną wskaźnik ten osiągnął w 2002 roku i wynosiła ona 0,4180. Linia trendu w postaci funkcji liniowej $f_9(t)$ wykazuje korzystną tendencję malejącą.

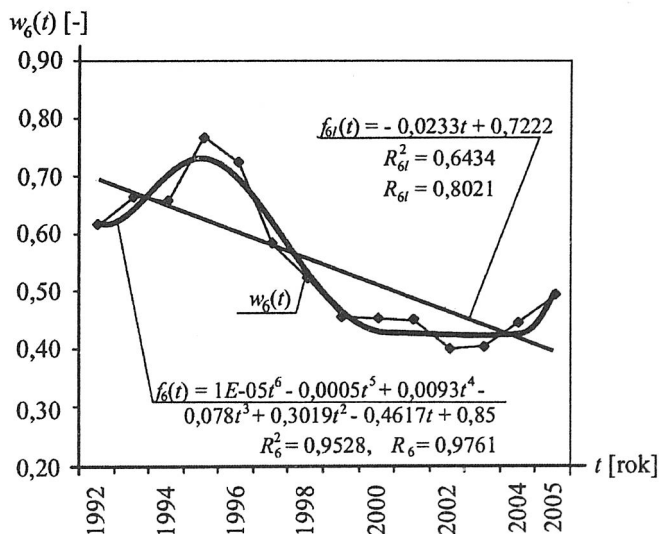
Wskaźnik częstości wypadków lekkich w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej również wykazuje rosnąco-malejąco-rosnącą tendencję. Wartość maksymalną osiągnął on w 1995 roku i wynosiła ona 0,7768 osoby poszkodowanej we wszystkich wypadkach przy pracy w budownictwie w odniesieniu do 1000 osób zatrudnionych oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej. Wartość minimalną wskaźnik ten osiągnął w 2002 roku i wynosiła ona 0,4053. Linia trendu w postaci funkcji liniowej $f_6(t)$ wykazuje korzystną tendencję malejącą.

Wskaźnik częstości wypadków ciężkich w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej wykazuje malejąco-rosnącą tendencję. Wartość minimalną osiągnął w 2002 roku i wynosiła ona 0,0085. W ostatnich trzech latach można zauważyć lekką tendencję rosnącą tego wskaźnika. Linia trendu w postaci funkcji liniowej $f_7(t)$ wykazuje korzystną tendencję malejącą.



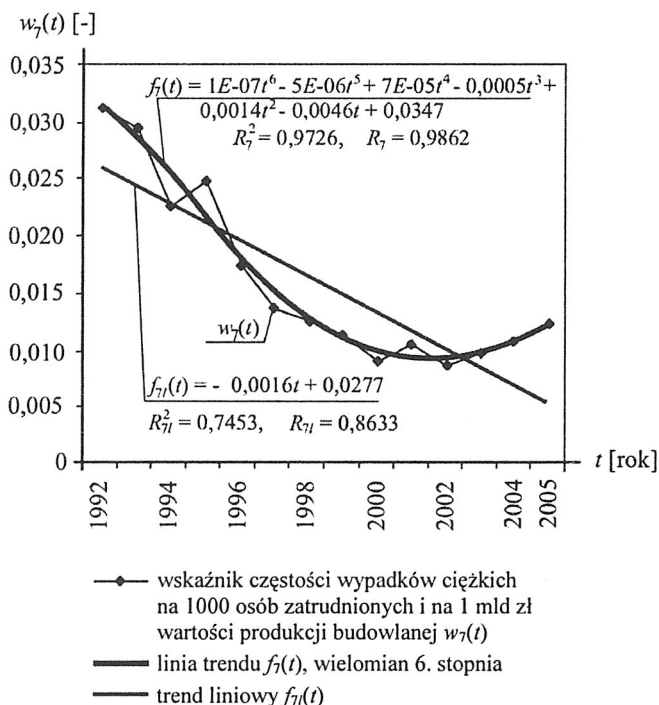
Rys. 6.12. Przebieg zmian w czasie wartości wskaźnika częstości wypadków ogółem w odniesieniu do 1000 osób zatrudnionych oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej

—♦— wskaźnik częstości wypadków ogółem na 1000 osób zatrudnionych i na 1 mld zł wartości produkcji budowlanej $w_9(t)$
 — linia trendu $f_9(t)$, wielomian 6. stopnia
 — trend liniowy $f_{9l}(t)$

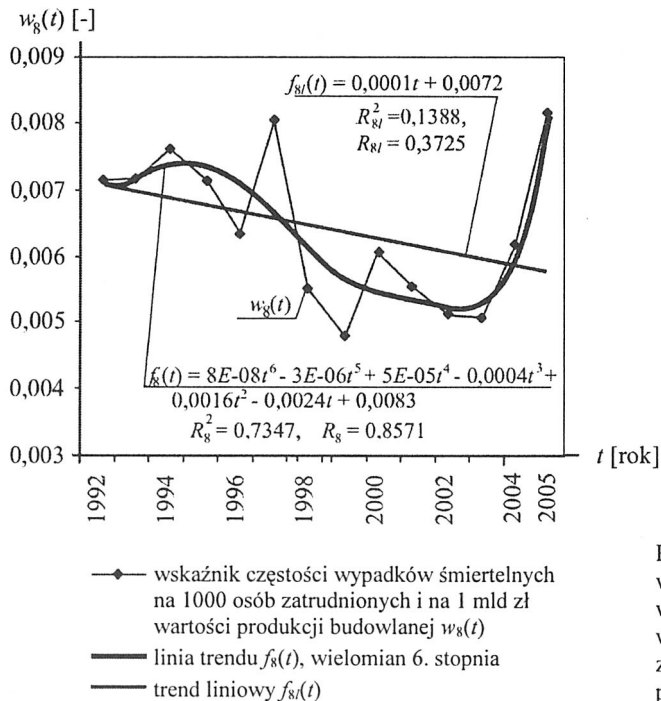


Rys. 6.13. Przebieg zmian w czasie wartości wskaźnika częstości wypadków lekkich w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej

—♦— wskaźnik częstości wypadków lekkich na 1000 osób zatrudnionych i na 1 mld zł wartości produkcji budowlanej $w_6(t)$
 — linia trendu $f_6(t)$, wielomian 6. stopnia
 — trend liniowy $f_{6l}(t)$



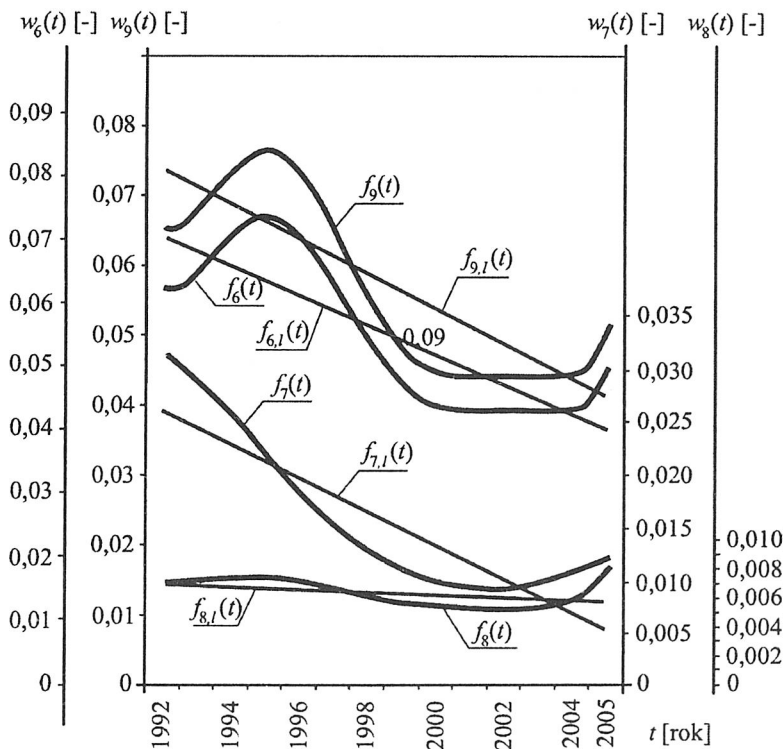
Rys. 6.14. Przebieg zmian w czasie wartości wskaźnika częstości wypadków ciężkich w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej



Rys. 6.15. Przebieg zmian w czasie wartości wskaźnika częstości wypadków śmiertelnych w odniesieniu do 1000 osób zatrudnionych oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej

Przebieg zmian wskaźnika częstości wypadków śmiertelnych w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej wykazuje rosnąco-malejąco-rosnącą tendencję. Wartość maksymalną wskaźnik ten osiągnął w 1997 roku i wynosiła ona 0,00802. Wartość minimalną osiągnął w 1999 roku i wynosiła ona 0,0048. Linia trendu w postaci funkcji liniowej $f_8(t)$ wykazuje korzystną tendencję malejącą, bardzo niepokojący jest jednak wzrost wartości tego wskaźnika w ostatnich trzech latach badanego okresu.

W celach porównawczych na rysunku 6.16 zamieszczono funkcje trendów określone dla wskaźników częstości poszczególnych rodzajów wypadków w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej, natomiast w tabeli 6.7 podano maksymalne i minimalne wartości tych wskaźników.



— linia trendu wskaźnika częstości wypadków na 1000 osób zatrudnionych i na 1 mld zł wartości produkcji budowlanej:

$f_6(t)$, $f_{6,l}(t)$ - lekkich	$f_8(t)$, $f_{8,l}(t)$ - śmiertelnych
$f_7(t)$, $f_{7,l}(t)$ - ciężkich	$f_9(t)$, $f_{9,l}(t)$ - ogółem

Rys. 6.16. Zestawienie wykresów przedstawiających przebieg zmian w czasie wskaźników częstości wypadków w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej

Tabela 6.7. Charakterystyczne wartości wskaźników częstości wypadków w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej

Lp.	Badane zjawisko – częstość wypadków $w_r(t)$ w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej	Wartość maksymalna		Wartość minimalna	
		rok t_i	w_r maks	rok t_i	w_r min
1	Częstość wypadków ogółem $w_9(t)$	1995	0,798	2002	0,420
2	Częstość wypadków lekkich $w_6(t)$	1995	0,766	2002	0,405
3	Częstość wypadków ciężkich $w_7(t)$	1992	0,030	2002	0,008
4	Częstość wypadków śmiertelnych $w_8(t)$	2005	0,081	1999	0,004

Ogólna tendencja rozwojowa częstości wypadków ogółem, lekkich, ciężkich i śmiertelnych, w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej, wyrażona funkcją liniową, wykazuje w rozpatrywanym przedziale czasu korzystną tendencję malejącą. Niepokojący jest natomiast fakt, że w ostatnich trzech latach badanego okresu zauważalne jest zwiększenie wartości tego wskaźnika w grupie wypadków ogółem, lekkich i ciężkich oraz bardzo gwałtowny wzrost w grupie wypadków śmiertelnych.

6.4.2. Wypadkowość jako zjawisko niejednorodne

Analizę wypadkowości jako zjawiska niejednorodnego przeprowadzono z zastosowaniem wskaźnika częstości standaryzowanej $w_{10}(t)$ w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz wskaźnika częstości standaryzowanej $w_{11}(t)$ w odniesieniu do 1000 zatrudnionych oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej.

Wskaźnik standaryzowany określa niejednorodną w swojej strukturze i rodzajach wypadkowość w postaci jednej liczby, określającej umowną częstość wypadków na 1000 zatrudnionych osób.

W tabeli 6.8 zamieszczono wartości pomocnicze do obliczenia standaryzowanego wskaźnika częstości wypadków, obliczonego zgodnie z zasadami podanymi w podrzdziale 5.2.

W tabeli 6.9 zamieszczono funkcje trendu $f_r(t)$ oraz wartości współczynników determinacji R_r^2 oraz korelacji R_r dla standaryzowanego wskaźnika częstości wypadków oraz standaryzowanego wskaźnika częstości wypadków w odniesieniu do 1 mld zł wartości produkcji budowlanej. W przypadku standaryzowanego wskaźnika częstości wypadków $w_{10}(t)$ tendencję rozwojową dobrze opisuje wielomian 5. stopnia $f_{10}(t)$. Współczynnik determinacji R_{10}^2 osiągnął wartość 0,8245. W przypadku standaryzowanego wskaźnika częstości wypadków $w_{11}(t)$ w odniesieniu do 1 mld zł wartości produkcji budowlanej tendencję rozwojową bardzo dobrze opisuje wielomian 3. stopnia $f_{11}(t)$. Współczynnik determinacji R_{11}^2 osiągnął bowiem wartość 0,9960.

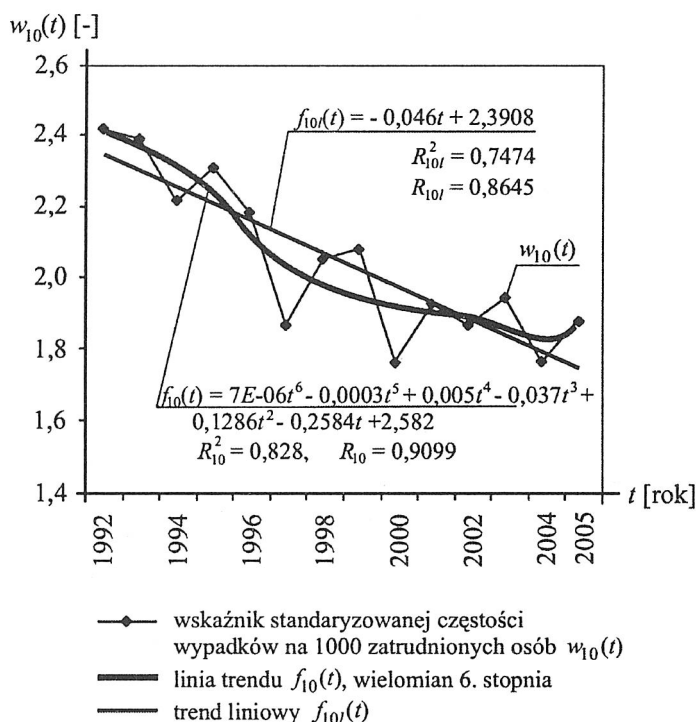
Tabela 6.8. Wartości pomocnicze do obliczenia wartości standaryzowanego wskaźnika częstości wypadków

i	Wskaźnik częstości wypadków na 1000 zatrudnionych $W_{i,1000}$				Wskaźnik częstości zrównoważonej $wz_{i,k,1000}$			Waga wypadku $\gamma_{i,k}$			$ws_{i,1000}$
	ogółem $k=4$	lekkie $k=1$	ciężkie $k=2$	śmier- telne $k=3$	lekkie $k=1$	ciężkie $k=2$	śmier- telne $k=3$	lekkie $k=1$	ciężkie $k=2$	śmier- telne $k=3$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
92	12,592	11,862	0,593	0,136	86,604	4,330	1	0,011	0,230	1	2,414
93	13,143	12,465	0,544	0,134	93,000	4,059	1	0,010	0,246	1	2,386
94	12,992	12,427	0,420	0,144	86,187	2,918	1	0,010	0,342	1	2,215
95	15,428	14,818	0,472	0,137	107,561	3,429	1	0,009	0,291	1	2,306
96	14,958	14,487	0,344	0,126	114,409	2,718	1	0,008	0,367	1	2,179
97	14,109	13,608	0,314	0,186	72,841	1,683	1	0,013	0,593	1	1,863
98	14,183	13,72	0,319	0,143	95,385	2,222	1	0,010	0,45	1	2,054
99	13,109	12,712	0,307	0,133	95,333	2,308	1	0,010	0,433	1	2,077
0	13,190	12,772	0,247	0,170	75,096	1,455	1	0,013	0,687	1	1,764
1	12,400	11,982	0,270	0,147	81,508	1,842	1	0,012	0,542	1	1,929
2	11,120	10,756	0,227	0,135	79,208	1,677	1	0,012	0,596	1	1,864
3	11,300	10,909	0,255	0,136	80,213	1,875	1	0,012	0,533	1	1,940
4	11,700	11,281	0,263	0,154	73,253	1,707	1	0,013	0,585	1	1,764
5	13,111	12,587	0,305	0,208	60,311	1,462	1	0,016	0,683	1	1,875

Tabela 6.9. Funkcje trendu oraz wartości współczynników determinacji oraz korelacji dla standaryzowanego wskaźnika częstości wypadków przy pracy w budownictwie w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz standaryzowanego wskaźnika częstości wypadków przy pracy w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej w latach 1992–2005

Lp.	Badane zjawisko – standaryzowana częstość wypadków $w_r(t)$	Funkcja trendu $f_r(t)$, $r = 10, 11$	Współczynnik determinacji R_r^2 , współczynnik korelacji R_r
1	Wskaźnik standaryzowanej częstości wypadków w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób $w_{10}(t)$	$f_{10}(t) = 7E - 06t^6 - 0,0003t^5 + 0,005t^4 - 0,037t^3 + 0,1286t^2 - 0,2584t + 2,582$	$R_{10}^2 = 0,828$ $R_{10} = 0,9099$
2	Wskaźnik standaryzowanej częstości wypadków w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej $w_{11}(t)$	$f_{11}(t) = -7E - 05t^3 + 0,0026t^2 - 0,033t + 0,1583$	$R_{11}^2 = 0,996$ $R_{11} = 0,9979$

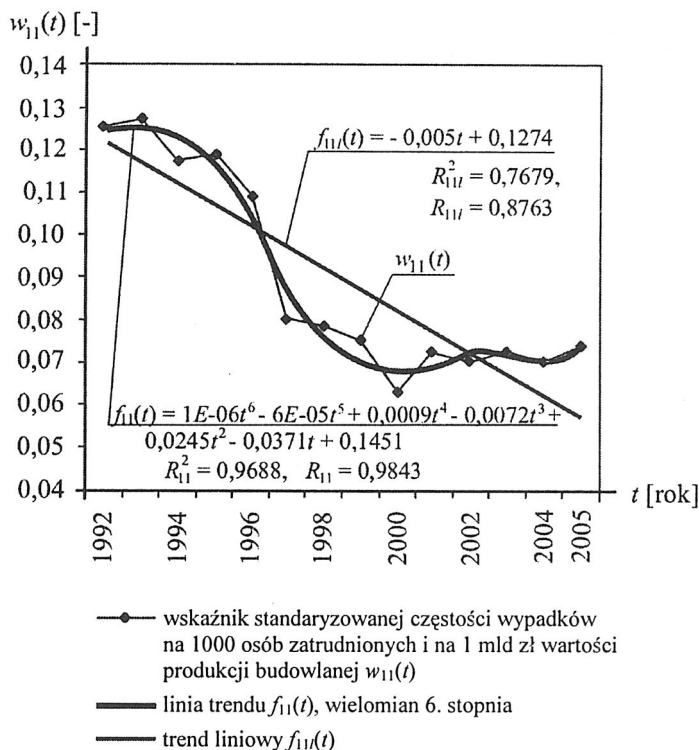
Na rysunku 6.17 przedstawiono przebieg zmian wartości standaryzowanego wskaźnika częstości wypadków w budownictwie w latach 1992–2005. Wskaźnik ten charakteryzuje się dosyć dużą zmiennością osiąganych wartości, jednak w całym badanym okresie funkcja trendu ma korzystną tendencję malejącą. Wartość minimalną wskaźnik ten osiągnął w 2004 roku i wynosiła ona 1,7642.



Rys. 6.17. Przebieg zmian w czasie wartości wskaźnika częstości standaryzowanej w odniesieniu do 1000 osób zatrudnionych w budownictwie

Na rysunku 6.18 przedstawiono przebieg zmian wartości standaryzowanego wskaźnika częstości wypadków w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz 1 mldn zł wartości produkcji budowlanej w latach 1992–2005. Od roku 1992 do 2000 wskaźnik ten wykazuje zdecydowanie malejącą tendencję, a następnie bardzo niewielki wzrost. Osiągnięta w 2000 roku wartość minimalna wynosiła 0,0192.

W tabeli 6.10 podano charakterystyczne wartości wskaźnika częstości standaryzowanej w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz wskaźnika częstości standaryzowanej w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób i 1 mldn zł wartości produkcji budowlanej.



Rys. 6.18. Przebieg zmian w czasie wartości wskaźnika częstości standaryzowanej w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej

Tabela 6.10. Charakterystyczne wartości wskaźników standaryzowanej częstości wypadków w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób i 1 mld zł wartości produkcji budowlanej

Lp.	Badane zjawisko – standaryzowana częstość wypadków $w_r(t)$	Wartość maksymalna		Wartość minimalna	
		rok t_i	w_r maks	rok t_i	w_r min
1	W odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób $w_{10}(t)$	1992	2,414	2000	1,764
2	W odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej $w_{11}(t)$	1993	0,127	2000	0,062

Opisane funkcjami liniowymi $f_{10}(t)$, $f_{11}(t)$ wskaźniki częstości standaryzowanej wykazują w badanym przedziale czasu zdecydowaną korzystną tendencję malejącą.

6.4.3. Wypadkowość jako zjawisko dynamiczne

Do oceny dynamiki zjawisk związanych z wypadkowością zastosowano łańcuchowe i jednopodstawowe indeksy dynamiki częstości wypadków, łańcuchowe i jednopodstawowe indeksy dynamiki ciężkości wypadków, wskaźniki dynamiki częstości wypadków w stosunku do dynamiki wartości produkcji budowlanej, opisane indeksami łańcuchowymi, oraz wskaźniki dynamiki częstości wypadków w stosunku do dynamiki wartości produkcji budowlanej, opisane indeksami jednopodstawowymi.

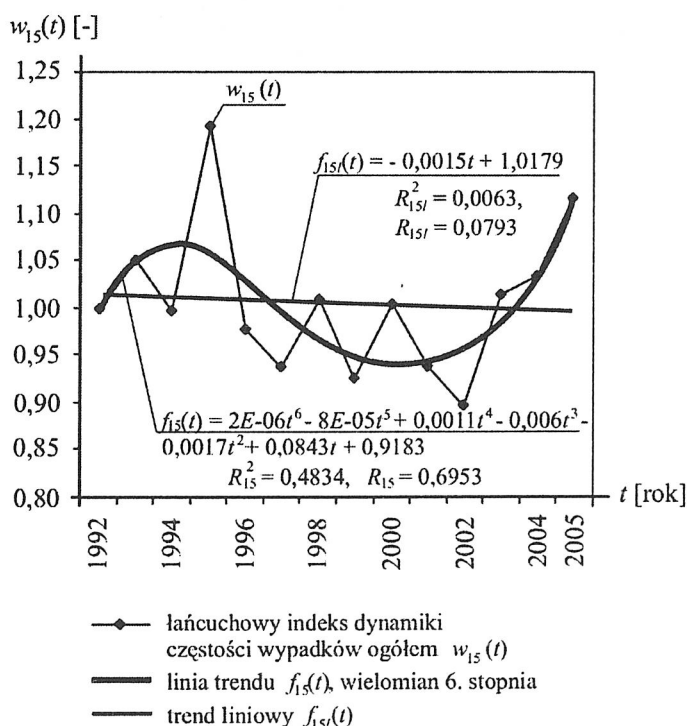
1. Łańcuchowe indeksy dynamiki częstości wypadków

W tabeli 6.11 zamieszczono funkcje trendu $f_r(t)$, opisane wielomianem 6. stopnia, wartości współczynników determinacji R_r^2 oraz korelacji R_r dla łańcuchowych indeksów dynamiki częstości wypadków. W przypadku indeksu dynamiki częstości wypadków ogółem $w_{15}(t)$ wielomian 6. stopnia $f_{15}(t)$ w dość dobrym stopniu opisuje badane zjawisko. Współczynnik korelacji R_{15} osiągnął wartość 0,6926. W przypadku indeksu dynamiki częstości wypadków lekkich $w_{12}(t)$ wielomian 6. stopnia $f_{12}(t)$ jeszcze lepiej opisuje badane zjawisko. Współczynnik korelacji R_{12} osiągnął bowiem wartość 0,8471. W pozostałych zjawiskach przyjęty model w postaci wielomianu 6. stopnia $f_{13}(t)$, $f_{14}(t)$ opisuje w dostatecznym stopniu badane zjawisko. Współczynnik korelacji przyjął odpowiednio wartości $R_{13} = 0,5453$ oraz $R_{14} = 0,4940$.

Tabela 6.11. Funkcje trendu oraz wartości współczynników determinacji dla łańcuchowych indeksów dynamiki częstości wypadków przy pracy w budownictwie w latach 1992–2005

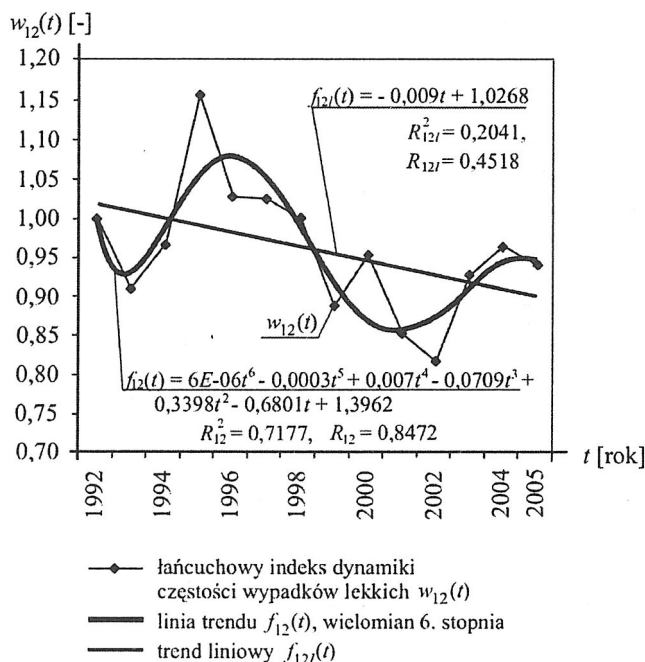
Lp.	Badane zjawisko – łańcuchowy indeks dynamiki częstości wypadków $w_r(t)$	Funkcja trendu $f_r(t)$, $r = 12, \dots, 15$	Współczynnik determinacji R_r^2 , współczynnik korelacji R_r
1	Łańcuchowy indeks dynamiki częstości lekkich wypadków przy pracy na 1000 zatrudnionych osób $w_{12}(t)$	$f_{12}(t) = 6E - 06t^6 - 0,0003t^5$ $+ 0,007t^4 - 0,0709t^3 + 0,3398t^2$ $- 0,6801t + 1,3962$	$R_{12}^2 = 0,7177$ $R_{12} = 0,8471$
2	Łańcuchowy indeks dynamiki częstości ciężkich wypadków przy pracy na 1000 zatrudnionych osób $w_{13}(t)$	$f_{13}(t) = 2E - 06t^6 - 0,0001t^5$ $+ 0,0025t^4 - 0,0272t^3 + 0,1538t^2$ $- 0,4066t + 1,2777$	$R_{13}^2 = 0,2974$ $R_{13} = 0,5453$
3	Łańcuchowy indeks dynamiki częstości śmiertelnych wypadków przy pracy na 1000 zatrudnionych osób $w_{14}(t)$	$f_{14}(t) = -3E - 06t^6 + 0,0001t^5$ $- 0,0021t^4 + 0,0138t^3 - 0,0356t^2$ $+ 0,036t + 0,9867$	$R_{14}^2 = 0,2441$ $R_{14} = 0,4940$
4	Łańcuchowy indeks dynamiki częstości wypadków przy pracy ogółem na 1000 zatrudnionych osób $w_{15}(t)$	$f_{15}(t) = 2E - 06t^6 - 8E - 05t^5 + 0,0011t^4$ $- 0,006t^3 - 0,0017t^2 + 0,0843t + 0,9183$	$R_{15}^2 = 0,5234$ $R_{15} = 0,6926$

Na rysunkach 6.19–6.22 przedstawiono przebieg zmian łańcuchowych indeksów dynamiki częstości wypadków: ogółem oraz lekkich, ciężkich i śmiertelnych w odniesieniu do 1000 osób zatrudnionych w budownictwie. W przypadku łańcuchowych indeksów dynamiki częstości wypadków ogółem, przedstawionej na rysunku 6.19, funkcja liniowa $f_{15l}(t)$ w bardzo małym stopniu wyjaśnia zmienność objaśnianej zmiennej. Wskazuje natomiast na ogólną korzystną tendencję spadkową tego zjawiska. Linia trendu opisana wielomianem 6. stopnia ma rosnąco-malejąco-rosnącą tendencję. Potwierdza ona niekorzystną wzrostową dynamikę częstości wypadków od 1992 do 1995 roku, następnie jego korzystny spadek w latach od 1995 do 2002 roku, po czym ponowny bardzo niekorzystny wzrost. Łańcuchowy indeks dynamiki częstości wypadków ogółem osiągnął maksymalną wartość w roku 1995 i wynosiła ona 1,1923. Oznacza to, że w roku tym częstość wypadków ogółem w budownictwie zwiększyła się o 19,23% w stosunku do poziomu tej częstości występującej w roku poprzednim. Wartość minimalną indeks ten osiągnął w 2002 roku i wynosiła ona 0,8977, co oznacza, że nastąpił spadek częstości wypadków ogółem o 10,23% w stosunku do roku wcześniejszego. Wielomian 6. stopnia tylko w 48% wyjaśnia zmienność łańcuchowych indeksów dynamiki częstości wypadków ogółem w budownictwie.



Rys. 6.19. Przebieg zmian w czasie łańcuchowego indeksu dynamiki częstości wypadków ogółem przy pracy w budownictwie

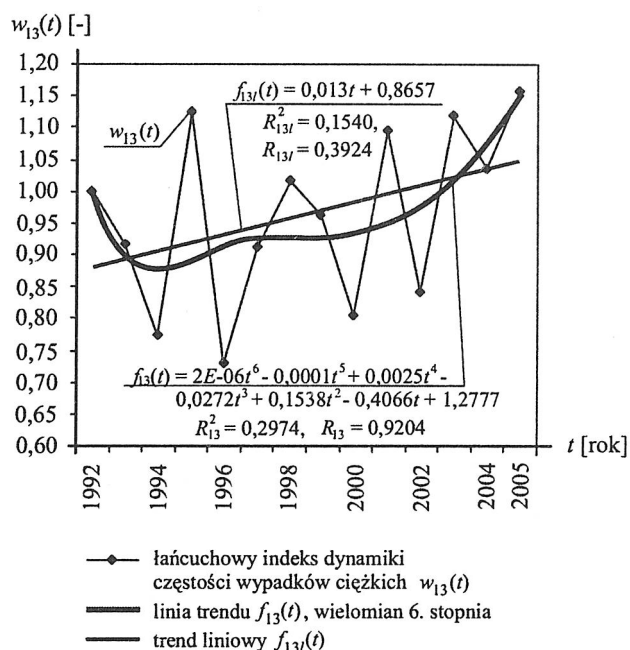
Na rysunku 6.20 przedstawiono przebieg zmian łańcuchowego indeksu dynamiki częstości wypadków lekkich na każde 1000 osób zatrudnionych w budownictwie. Trend opisany funkcją liniową $f_{12l}(t)$ w niewielkim stopniu wyjaśnia zmienność badanej zmiennej, pokazuje natomiast jego korzystną ogólną tendencję spadkową. Linia trendu opisana wielomianem 6. stopnia $f_{12}(t)$ wykazuje tendencję malejąco-rosnącą i wyjaśnia badane zjawisko w 71%. Wartość maksymalną indeks ten osiągnął w 1995 roku. Wynosiła ona wtedy 1,1566, co oznacza zwiększenie częstości wypadków lekkich o 15,66% w stosunku do 1994 roku. Wartość minimalną indeks ten osiągnął w 2002 roku i wynosiła ona 0,8183. Oznacza to zmniejszenie częstości wypadków lekkich o 18,17% w stosunku do roku 2001.



Rys. 6.20. Przebieg zmian w czasie łańcuchowego indeksu dynamiki częstości lekkich wypadków przy pracy w budownictwie

Na rysunku 6.21 przedstawiono przebieg zmian łańcuchowego indeksu dynamiki częstości wypadków ciężkich na każde 1000 osób zatrudnionych w budownictwie. Zjawisko to w badanym okresie charakteryzuje się dużą zmiennością, która wyraża się na przemian wzrostami i spadkami wartości wskaźnika. Przebieg linii trendu opisanej funkcją liniową $f_{13l}(t)$ wskazuje jednak na zdecydowanie niekorzystną tendencję wzrostową. Linia tendencji rozwojowej opisana wielomianem 6. stopnia $f_{13}(t)$ tylko w około 30% opisuje badane zjawisko. W analizowanym okresie łańcuchowy indeks dynamiki

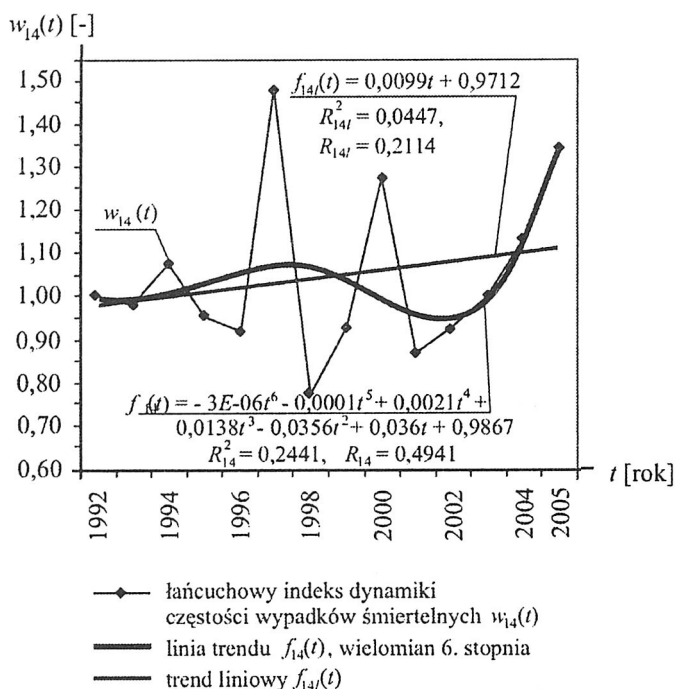
częstości wypadków ciężkich osiągnął wartość maksymalną w 2005 roku i wynosiła ona 1,1563, natomiast wartość minimalną osiągnął w roku 1996 i wynosiła ona 0,7284.



Rys. 6.21. Przebieg zmian w czasie łańcuchowego indeksu dynamiki częstości ciężkich wypadków przy pracy w budownictwie

Przedstawione na rysunku 6.22 wykresy ilustrują dynamikę rozwoju łańcuchowego indeksu częstości wypadków śmiertelnych. Zjawisko to charakteryzuje się bardzo dużymi zmianami w latach 1996–2001, wtedy dynamika spadków i wzrostów częstości wypadków śmiertelnych była największa. Od 2001 roku następuje stały wzrost łańcuchowych indeksów dynamiki częstości wypadków śmiertelnych. Wielomian 6. stopnia $f_{14}(t)$ tylko w 24% wyjaśnia zmienność częstości wypadków śmiertelnych. Trend opisany funkcją liniową $f_{14l}(t)$ wskazuje, że zjawisko to ma niekorzystną tendencję rosnącą.

W analizowanym okresie łańcuchowy indeks dynamiki częstości wypadków śmiertelnych osiągnął wartość maksymalną w 1997 roku i wynosiła ona 1,4752. Oznacza to, że w badanym roku zwiększyła się częstość wypadków śmiertelnych o 47,9% w stosunku do roku poprzedniego. Z kolei w 1998 roku indeks ten osiągnął wartość 0,7699, co oznacza, że w roku tym zmniejszyła się częstość wypadków śmiertelnych w stosunku do roku poprzedniego o 23,01%.

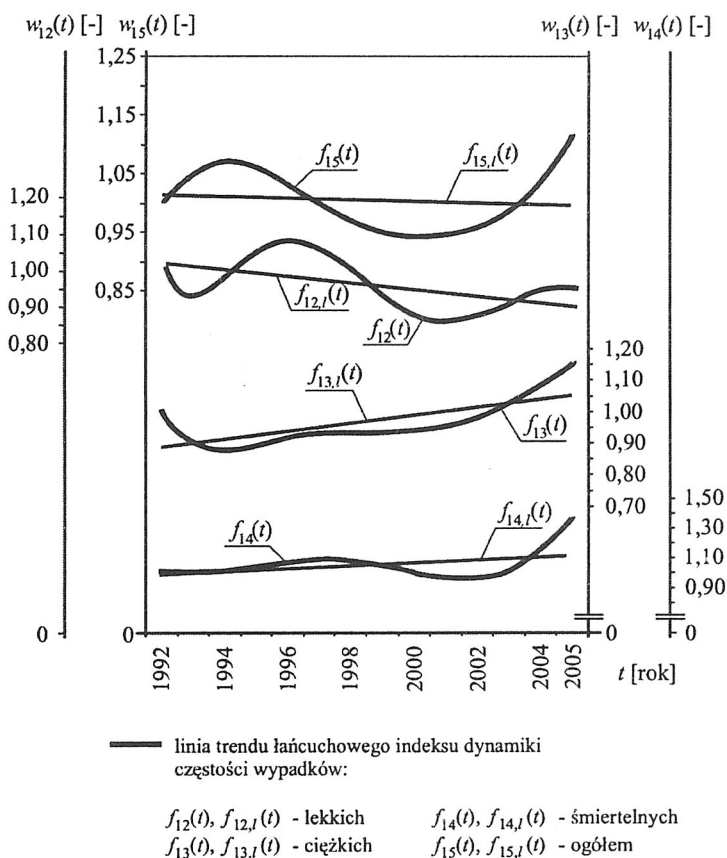


Rys. 6.22. Przebieg zmian w czasie łańcuchowego indeksu dynamiki częstości śmiertelnych wypadków przy pracy w budownictwie

W celach porównawczych na rysunku 6.23 zamieszczono funkcje trendów określone dla łańcuchowych indeksów dynamiki częstości wypadków przy pracy w budownictwie, natomiast w tabeli 6.12 podano maksymalne i minimalne wartości tych indeksów.

Tabela 6.12. Charakterystyczne wartości łańcuchowych indeksów częstości wypadków w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób

Lp.	Badane zjawisko – łańcuchowy indeks dynamiki $w_r(t)$ w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób	Wartość maksymalna		Wartość minimalna	
		rok t_i	w_r maks	rok t_i	w_r min
1	Częstości wypadków ogółem $w_{15}(t)$	1995	1,192	2002	0,897
2	Częstości wypadków lekkich $w_{12}(t)$	1995	1,156	2002	0,818
3	Częstości wypadków ciężkich $w_{13}(t)$	2005	1,156	1996	0,728
4	Częstości wypadków śmiertelnych $w_{14}(t)$	1997	1,475	1998	0,769



Rys. 6.23. Zestawienie wykresów przedstawiających przebieg zmian w czasie łańcuchowych indeksów dynamiki częstości wypadków przy pracy w budownictwie

Z przeprowadzonych badań wynika, że łańcuchowe indeksy dynamiki wykazują w kolejnych latach badanego okresu bardzo dużą zmienność, która w kilku przypadkach uniemożliwia opisanie z zadowalającą dokładnością badanych zjawisk wielomianem stopnia m . W przypadku łańcuchowego indeksu dynamiki częstości wypadków ogółem, a także wypadków lekkich trend opisany funkcją liniową wykazuje w badanym okresie korzystną ogólną tendencję spadkową. W przypadku natomiast łańcuchowych indeksów dynamiki częstości wypadków ciężkich oraz śmiertelnych trendy opisane funkcją liniową wykazują w tym samym okresie bardzo niekorzystną ogólną tendencję wzrostową.

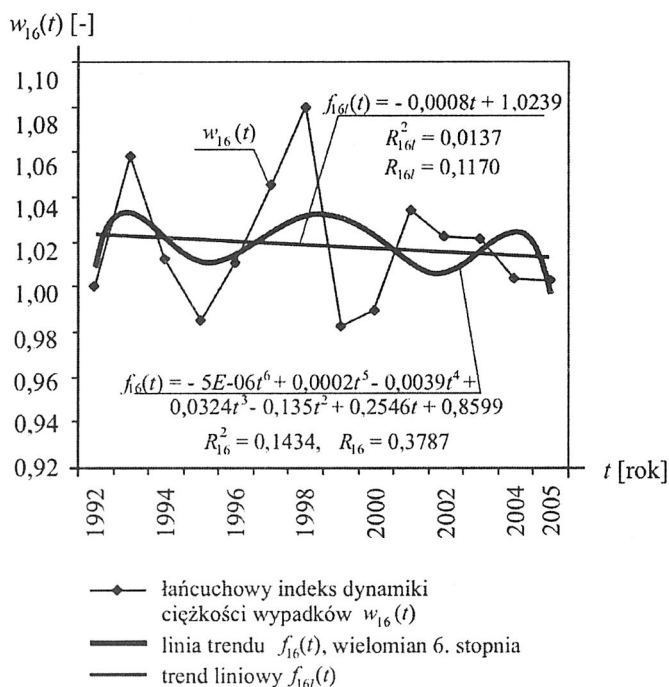
2. Ciężkość wypadków

W tabeli 6.13 zamieszczono funkcję trendu $f_{16}(t)$ oraz wartości współczynników determinacji R_{16}^2 , a także korelacji R_{16} dla łańcuchowego indeksu dynamiki ciężkości

wypadków $w_{16}(t)$. Przebieg zmian łańcuchowego indeksu dynamiki ciężkości wypadków przedstawiono na rysunku 6.24, z którego wynika, że indeks ten w badanym okresie charakteryzuje się bardzo dużą zmiennością. Funkcja trendu opisana wielomianem 6. stopnia w niedostatecznym stopniu opisuje badane zjawisko. Maksymalną wartość tego indeksu odnotowano w 1998 roku i wynosiła ona 1,0795. Oznacza to, że w roku tym liczba dni zwolnienia z powodu wypadku przy pracy przypadająca na jeden wypadek zwiększyła się o 7,95% w stosunku do takiej liczby w roku poprzednim. Minimalną wartość indeks ten osiągnął w 1999 roku i wynosiła ona 0,9830.

Tabela 6.13. Funkcje trendu oraz wartości współczynników determinacji i korelacji dla łańcuchowych indeksów dynamiki ciężkości wypadków przy pracy w budownictwie w latach 1992–2005

Lp.	Badane zjawisko	Funkcja trendu $f_r(t)$, $r = 16$	Współczynnik determinacji R_r^2 , współczynnik korelacji R_r
1	Łańcuchowy indeks dynamiki ciężkości wypadków $w_{16}(t)$	$f_{16}(t) = -5E - 06t^6 + 0,0002t^5 - 0,0039t^4 + 0,0324t^3 - 0,135t^2 + 0,2546t + 0,8599$	$R_{16}^2 = 0,1434$ $R_{16} = 0,3786$

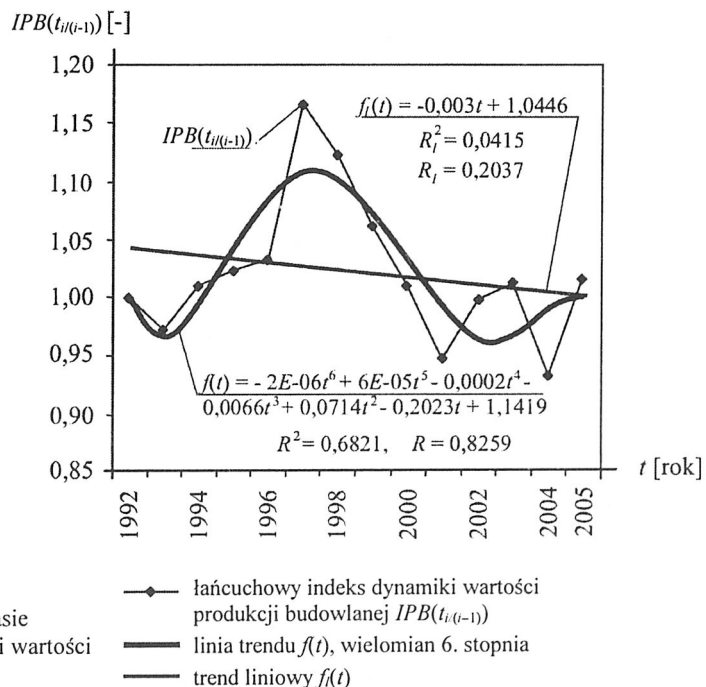


Rys. 6.24. Zmiana w czasie łańcuchowego indeksu dynamiki ciężkości wypadków przy pracy w budownictwie

3. Wskaźnik dynamiki częstości wypadków w odniesieniu do dynamiki wartości produkcji budowlanej opisany indeksami łańcuchowymi

Zamieszczone na rysunku 6.25 wykresy ilustrują przebieg zmian łańcuchowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej. Przebieg zmian łańcuchowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej dobrze opisuje wielomian 6. stopnia. Współczynnik korelacji osiągnął wartość 0,8258. Z porównania wykresów zamieszczonych na rysunkach 6.10 i 6.22 można wysnuć następujące wnioski:

- W 1993 roku nastąpił spadek wartości produkcji budowlanej w stosunku do 1992 roku o 2,63%.
- Od roku 1993 do 1997 dynamika wzrostu wartości produkcji budowlanej stale się zwiększała, o czym świadczy rosnąca linia trendu dla łańcuchowych indeksów dynamiki wartości produkcji budowlanej oraz wznosząca się linia wykresu przedstawiona na rysunku 6.10.
- Od roku 1998 do 2001 następuje dalszy wzrost wartości produkcji budowlanej, jednakże tempo tego wzrostu maleje, o czym świadczy opadająca linia trendu, zamieszczona na rysunku 6.22, oraz wznosząca się linia wykresu, przedstawiona na rysunku 6.10.
- W latach 2002 i 2003 zauważalny jest niewielki wzrost dynamiki wartości produkcji budowlanej.
- W 2004 roku widoczny jest kolejny spadek wartości produkcji budowlanej, a następnie lekki wzrost w roku 2005.



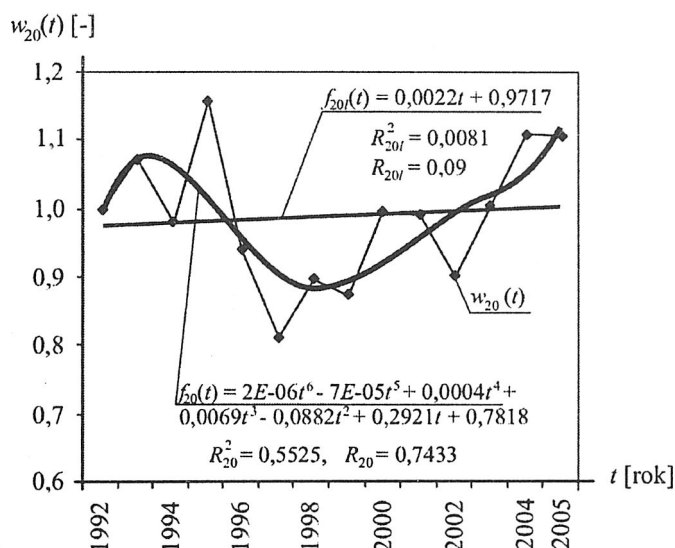
Rys. 6.25. Przebieg zmian w czasie łańcuchowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej

W tabeli 6.14 zamieszczono funkcje trendu $f_r(t)$ oraz wartości współczynników determinacji R_r^2 i korelacji R_r dla wskaźników dynamiki częstości wypadków przy pracy w budownictwie w odniesieniu do dynamiki wartości produkcji budowlanej w latach 1992–2005, wyrażonych indeksami łańcuchowymi. Wielomian 6. stopnia $f_{20}(t)$ i $f_{17}(t)$ z dobrą dokładnością opisuje przebieg zmian wskaźnika dynamiki częstości wypadków ogółem $w_{20}(t)$ i wypadków lekkich $w_{17}(t)$, w odniesieniu do dynamiki wartości produkcji budowlanej. Współczynnik korelacji osiągnął odpowiednio wartości $R_{20} = 0,7433$, $R_{17} = 0,7448$. Wielomian 6. stopnia $f_{18}(t)$ i $f_{19}(t)$ z dostateczną dokładnością opisuje natomiast przebieg zmian wskaźnika dynamiki częstości wypadków ciężkich $w_{18}(t)$ i śmiertelnych $w_{19}(t)$ w odniesieniu do dynamiki wartości produkcji budowlanej. Współczynnik korelacji osiągnął wartość, odpowiednio, $R_{18} = 0,6527$ oraz $R_{19} = 0,5682$.

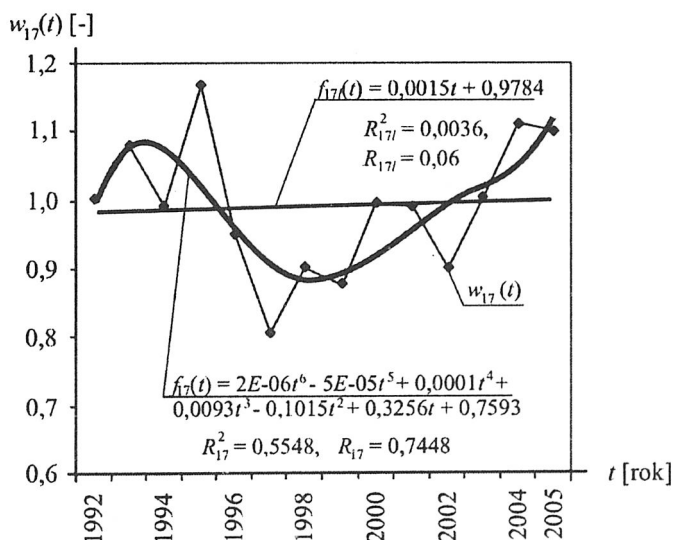
Tabela 6.14. Funkcje trendu oraz wartości współczynników determinacji i korelacji dla wskaźników dynamiki wartości produkcji budowlanej w odniesieniu do częstości wypadków przy pracy w budownictwie w latach 1992–2005

Lp.	Badane zjawisko – dynamika częstości wypadków w stosunku do dynamiki wartości produkcji budowlanej $w_r(t)$	Funkcja trendu $f_r(t)$, $r = 17, \dots, 20$	Współczynnik determinacji R_r^2 , współczynnik korelacji R_r
1	Wskaźnik dynamiki częstości wypadków lekkich w stosunku do dynamiki wartości produkcji budowlanej $w_{17}(t)$	$f_{17}(t) = 2E - 06t^6 - 5E - 05t^5 + 0,0001t^4 + 0,0093t^3 - 0,1015t^2 + 0,3256t + 0,7593$	$R_{17}^2 = 0,5548$ $R_{17} = 0,7448$
2	Wskaźnik dynamiki częstości wypadków ciężkich w stosunku do dynamiki wartości produkcji budowlanej $w_{18}(t)$	$f_{18}(t) = 3E - 06t^6 - 0,0001t^5 + 0,0023t^4 - 0,019t^3 + 0,0835t^2 - 0,2187t + 1,1488$	$R_{18}^2 = 0,4261$ $R_{18} = 0,6527$
3	Wskaźnik dynamiki częstości wypadków śmiertelnych w stosunku do dynamiki wartości produkcji budowlanej $w_{19}(t)$	$f_{19}(t) = -4E - 06t^6 + 0,0002t^5 - 0,0041t^4 + 0,0388t^3 - 0,1822t^2 + 0,3737t + 0,766$	$R_{19}^2 = 0,3229$ $R_{19} = 0,5682$
4	Wskaźnik dynamiki częstości wypadków ogółem w stosunku do dynamiki wartości produkcji budowlanej $w_{20}(t)$	$f_{20}(t) = 2E - 06t^6 - 7E - 05t^5 + 0,0004t^4 + 0,0069t^3 - 0,0882t^2 + 0,2921t + 0,7818$	$R_{20}^2 = 0,5525$ $R_{20} = 0,7433$

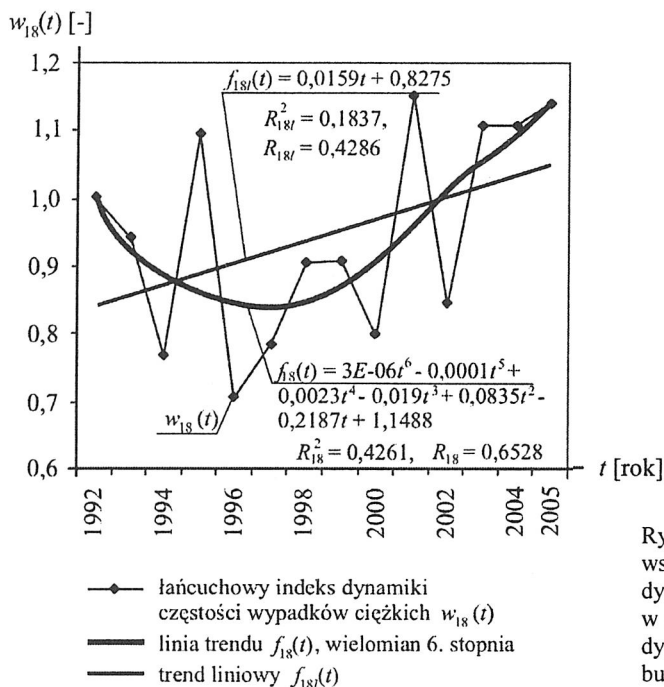
Zamieszczone na rysunkach 6.26–6.29 wykresy przedstawiają wskaźniki dynamiki częstości wypadków ogółem oraz lekkich, ciężkich i śmiertelnych, w stosunku do dynamiki wartości produkcji budowlanej, wyrażone indeksami łańcuchowymi. Rosnąca linia trendu oznacza, że tempo wzrostu częstości wypadków jest większe od tempa wzrostu wartości produkcji budowlanej. Jest to oczywiście zjawisko niekorzystne. Opadająca linia trendu oznacza, że tempo wzrostu częstości wypadków jest mniejsze od tempa wzrostu wartości produkcji budowlanej, co jest zjawiskiem korzystnym.



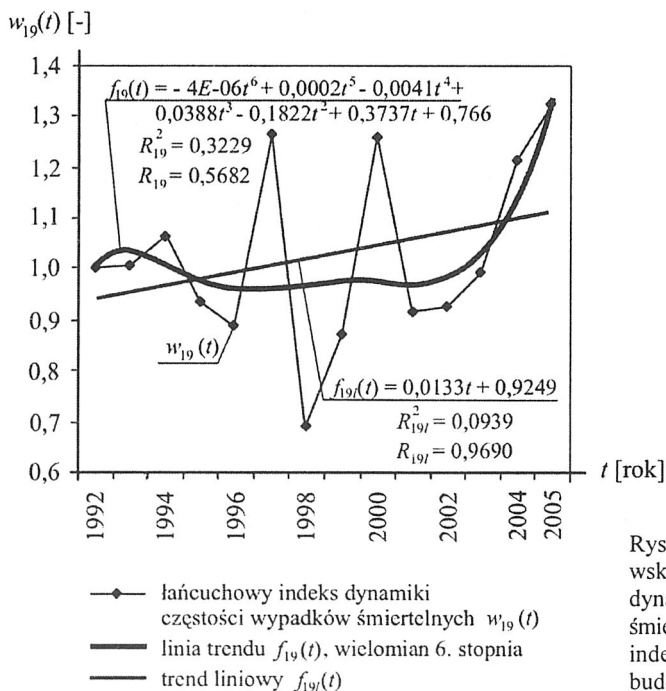
Rys. 6.26. Przebieg zmian w czasie wskaźnika łańcuchowego indeksu dynamiki częstości wypadków ogółem w stosunku do łańcuchowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej w budownictwie



Rys. 6.27. Przebieg zmian w czasie wskaźnika łańcuchowego indeksu dynamiki częstości wypadków lekkich w stosunku do łańcuchowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej w budownictwie



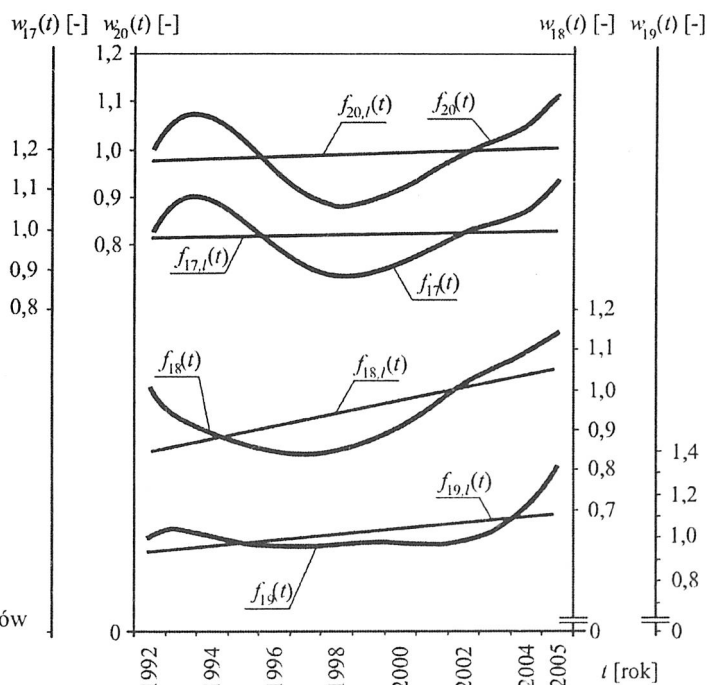
Rys. 6.28. Przebieg zmian w czasie wskaźnika łańcuchowego indeksu dynamiki częstotliwości wypadków ciężkich w stosunku do łańcuchowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej w budownictwie



Rys. 6.29. Przebieg zmian w czasie wskaźnika łańcuchowego indeksu dynamiki częstotliwości wypadków śmiertelnych w stosunku do łańcuchowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej w budownictwie

Linie trendu opisane wielomianem 6. stopnia wskazują w niektórych odcinkach czasu niekorzystne tendencje wzrostowe, w pozostałych natomiast korzystne tendencje spadkowe. Pomimo zmiennych tendencji wskaźnika wzrostu częstości wypadków w stosunku do wzrostu wartości produkcji budowlanej ogólne tendencje w przedziale czasu objętym badaniami nie są niekorzystne. Trendy w postaci funkcji liniowych $f_r(t)$ we wszystkich wymienionych zjawiskach $r = 17, \dots, 20$ wykazują tendencję rosnącą. Jest to bardzo niepokojące zjawisko, ponieważ oznacza, że w całym badanym przedziale czasu w większym stopniu wzrastała częstość wypadków na każde 1000 osób zatrudnionych w budownictwie niż następował wzrost wartości produkcji budowlanej.

W celach porównawczych na rysunku 6.30 zamieszczono funkcje trendów określone dla wskaźników łańcuchowego indeksu dynamiki częstości poszczególnych rodzajów wypadków w stosunku do łańcuchowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej w budownictwie, natomiast w tabeli 6.15 podano maksymalne i minimalne wartości tych wskaźników.



Rys. 6.30. Zestawienie wykresów przedstawiających przebieg zmian w czasie wskaźników łańcuchowego indeksu dynamiki częstości poszczególnych rodzajów wypadków w stosunku do łańcuchowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej w budownictwie

— linia trendu wskaźnika łańcuchowego indeksu dynamiki częstości wypadków do łańcuchowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej:

$f_{17}(t), f_{17,t}(t)$ - lekkich
 $f_{18}(t), f_{18,t}(t)$ - ciężkich

$f_{19}(t), f_{19,t}(t)$ - śmiertelnych
 $f_{20}(t), f_{20,t}(t)$ - ogółem

Tabela 6.15. Charakterystyczne wartości wskaźników łańcuchowych indeksów dynamiki częstości wypadków ogółem w stosunku do łańcuchowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej

Lp.	Badane zjawisko – dynamika częstości wypadków w stosunku do dynamiki wartości produkcji budowlanej $w_r(t)$	Wartość maksymalna		Wartość minimalna	
		rok t_i	w_r maks	rok t_j	w_r min
1	Częstości wypadków ogółem $w_{20}(t)$	1995	1,1600	1997	0,808
2	Częstości wypadków lekkich $w_{17}(t)$	1995	1,1651	1997	0,804
3	Częstości wypadków ciężkich $w_{18}(t)$	2001	1,155	1996	0,706
4	Częstości wypadków śmiertelnych $w_{19}(t)$	2005	1,325	1998	0,685

Wskaźniki dynamiki zmian łańcuchowego indeksu dynamiki częstości wypadków ogółem oraz lekkich, ciężkich i śmiertelnych w stosunku do łańcuchowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej w analizowanym przedziale czasu wykazują bardzo dużą zmienność, która jest trudna do opisanego z wystarczającą dokładnością wielomianem stopnia m . Funkcja liniowa wskazuje natomiast na niekorzystną tendencję wzrostową wszystkich analizowanych zjawisk.

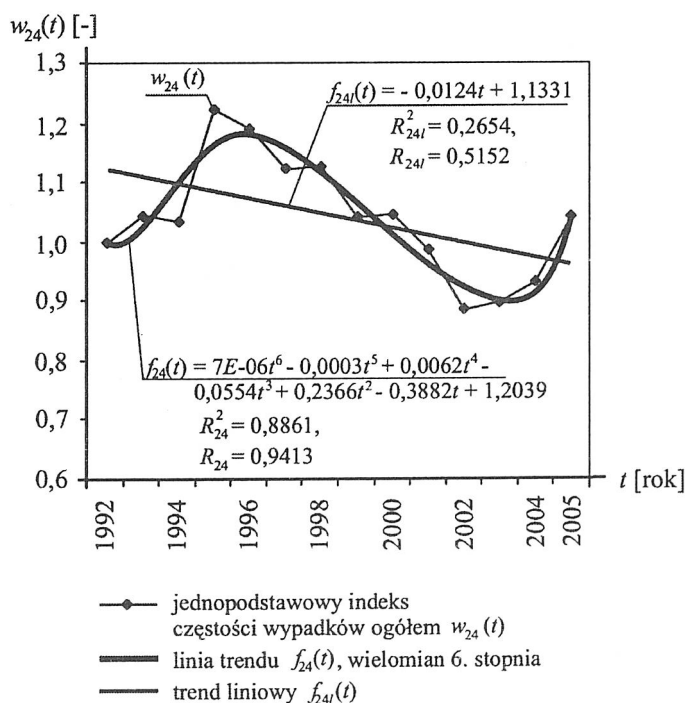
4. Jednoprzeglądowe indeksy dynamiki częstości wypadków

W tabeli 6.16 zamieszczono funkcje trendu $f_r(t)$, wartości współczynników determinacji R_r^2 oraz korelacji R_r dla jednoprzeglądowych indeksów dynamiki częstości wypadków $w_r(t)$. W przypadku jednoprzeglądowych indeksów dynamiki częstości wypadków ogółem $w_{24}(t)$ oraz wypadków lekkich $w_{21}(t)$ funkcje trendu $f_{24}(t)$ i $f_{21}(t)$, wyrażone wielomianem 6. stopnia, dobrze opisują badane zjawisko. W obu przypadkach współczynnik determinacji R_{24}^2 i R_{21}^2 osiągnął wartość powyżej 0,88, co oznacza, że funkcja ta w ponad 88% wyjaśnia zmienność badanych zmiennych. W przypadku jednoprzeglądowego indeksu dynamiki częstości wypadków ciężkich $w_{22}(t)$ bardzo dobrze badane zjawisko opisuje wielomian 3. stopnia $f_{22}(t)$. W ponad 94% wyjaśnia on bowiem zmienność badanej zmiennej. Współczynnik determinacji R_{23}^2 osiągnął wartość 0,9461. W przypadku jednoprzeglądowego indeksu dynamiki częstości wypadków śmiertelnych $w_{23}(t)$ wielomian 6. stopnia $f_{23}(t)$ jedynie w dostatecznym stopniu wyjaśnia zmienność badanego zjawiska. Współczynnik determinacji R_{23}^2 osiągnął bowiem wartość 0,6148.

Na rysunku 6.31 przedstawiono przebieg zmian jednoprzeglądowego indeksu dynamiki częstości wypadków ogółem. Zjawisko to ma tendencję rosnąco-malejąco-rosnącą. Wartość maksymalną indeks osiągnął w roku 1995 i wynosiła ona 1,2252, wartość minimalną natomiast osiągnął w 2002 roku i wynosiła ona 0,8831.

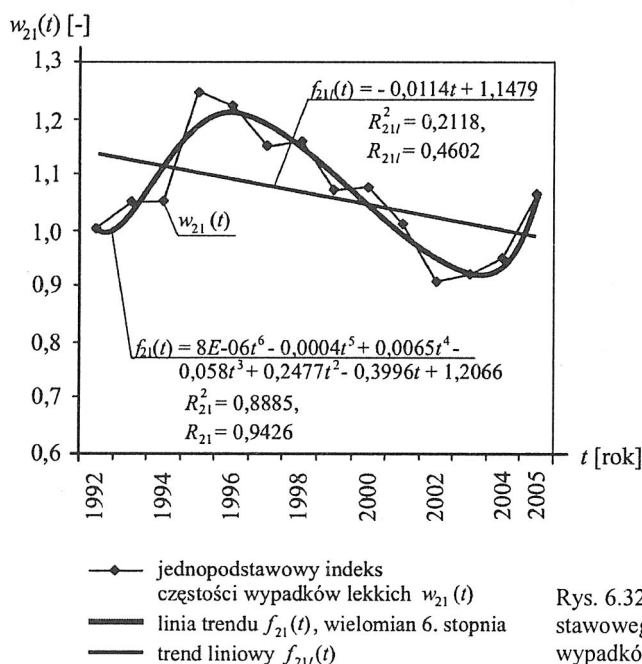
Tabela 6.16. Funkcje trendu oraz wartości współczynników determinacji i korelacji dla jednopodstawowych indeksów dynamiki częstości wypadków przy pracy w budownictwie w latach 1992–2005

Lp.	Badane zjawisko – jednopodstawowy indeks dynamiki częstości wypadków $w_r(t)$	Funkcja trendu $f_r(t)$, $r = 21, \dots, 24$	Współczynnik determinacji R_r^2 , współczynnik korelacji R_r
1	Jednopodstawowy indeks dynamiki częstości wypadków ogółem $w_{24}(t)$	$f_{24}(t) = 7E - 06t^6 - 0,0003t^5 + 0,0062t^4 - 0,0554t^3 + 0,2366t^2 - 0,3882t + 1,2039$	$R_{24}^2 = 0,8861$ $R_{24} = 0,9413$
2	Jednopodstawowy indeks dynamiki częstości lekkich wypadków $w_{21}(t)$	$f_{21}(t) = 8E - 06t^6 - 0,0004t^5 + 0,0065t^4 - 0,058t^3 + 0,2477t^2 - 0,3996t + 1,2066$	$R_{21}^2 = 0,8885$ $R_{21} = 0,9426$
3	Jednopodstawowy indeks dynamiki częstości ciężkich wypadków $w_{22}(t)$	$f_{22}(t) = 7E - 05t^3 + 0,0045t^2 - 0,121t + 1,1127$	$R_{22}^2 = 0,9461$ $R_{22} = 0,9726$
4	Jednopodstawowy indeks dynamiki częstości śmiertelnych wypadków $w_{23}(t)$	$f_{23}(t) = 4E - 06t^6 - 0,0001t^5 + 0,0015t^4 - 0,0107t^3 + 0,0495t^2 - 0,1035t + 1,0638$	$R_{23}^2 = 0,6148$ $R_{23} = 0,7840$



Rys. 6.31. Przebieg zmian w czasie jednopodstawowego indeksu dynamiki częstości wypadków przy pracy ogółem w budownictwie

Na rysunku 6.32 przedstawiono przebieg zmian jednopodstawowego indeksu dynamiki częstości wypadków lekkich. Zjawisko to ma – podobnie jak poprzednie – tendencję rosnąco-malejąco-rosnącą. Wartość maksymalną indeks osiągnął w roku 1995 i wynosiła ona 1,2491, natomiast wartość minimalną osiągnął w 2002 roku i wynosiła ona 0,9068.

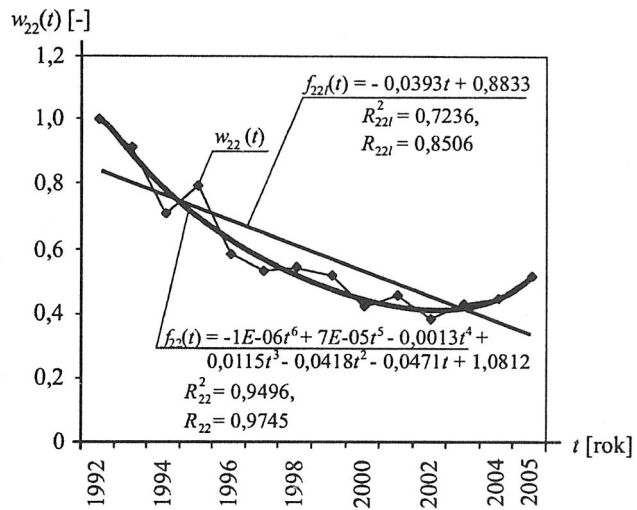


Rys. 6.32. Przebieg zmian w czasie jednopodstawowego indeksu dynamiki częstości lekkich wypadków przy pracy w budownictwie

Na rysunku 6.33 przedstawiono przebieg zmian jednopodstawowego indeksu dynamiki częstości wypadków ciężkich. Zjawisko ma w badanym okresie tendencję malejąco-rosnącą. Wartość minimalną indeks osiągnął w 2002 roku i wynosiła ona 0,3839, co oznacza, że częstość wypadków ciężkich była o 61,63% mniejsza w porównaniu do 1992 roku. Od 2002 roku zauważalna jest lekka tendencja wzrostowa. Wielomian 6. stopnia aż w 94% wyjaśnia zmienność badanej zmiennej. Funkcja ta z bardzo dobrą dokładnością opisuje analizowane zjawisko. Współczynnik determinacji osiągnął wartość 0,9461, a współczynnik korelacji wartość 0,9726.

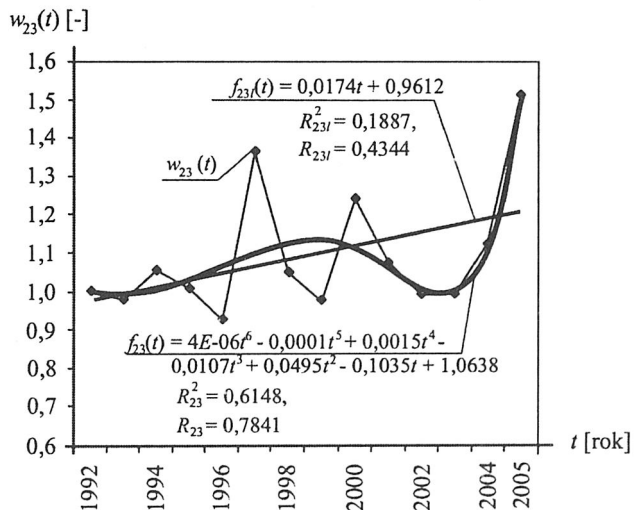
Na rysunku 6.34 przedstawiono przebieg zmian jednopodstawowego indeksu dynamiki wypadków śmiertelnych. Zjawisko to w okresie od 1995 roku do 2002 roku wykazuje bardzo dużą zmienność, natomiast od roku 2002 gwałtownie rośnie. Wartość maksymalną indeks ten osiągnął w 2005 roku i wynosiła ona 1,5094. Oznacza to, że w roku tym częstość wypadków śmiertelnych zwiększyła się o 50,94% w stosunku do wartości z roku 1992. Wartość minimalną indeks ten osiągnął w roku 1996 i wynosiła ona 0,9245. Wielomian 6. stopnia w 61% wyjaśnia zmienność jednopodstawowego indeksu dynamiki częstości wypadków śmiertelnych. Współczynnik determinacji

osiągnął wartość 0,6148. Wielomian 6. stopnia dobrze opisuje badane zjawisko. Współczynnik korelacji osiągnął wartość 0,7840.



Rys. 6.33. Przebieg zmian w czasie jednopodstawowego indeksu dynamiki częstości ciężkich wypadków przy pracy w budownictwie

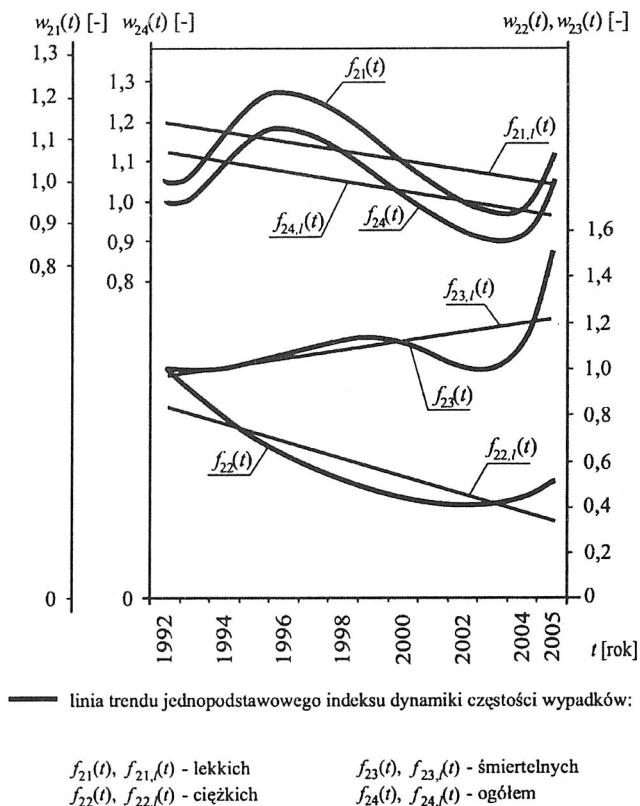
- jednopodstawowy indeks dynamiki częstości wypadków ciężkich $w_{22}(t)$
- linia trendu $f_{22}(t)$, wielomian 6. stopnia
- trend liniowy $f_{22l}(t)$



Rys. 6.34. Przebieg zmian w czasie jednopodstawowego indeksu dynamiki częstości śmiertelnych wypadków przy pracy w budownictwie

- jednopodstawowy indeks dynamiki częstości wypadków śmiertelnych $w_{23}(t)$
- linia trendu $f_{23}(t)$, wielomian 6. stopnia
- trend liniowy $f_{23l}(t)$

W celach porównawczych na rysunku 6.35 zamieszczono funkcje trendów określone dla jednopodstawowych indeksów dynamiki częstotliwości poszczególnych rodzajów wypadków przy pracy w budownictwie, natomiast w tabeli 6.17 podano maksymalne i minimalne wartości tych wskaźników.



Rys. 6.35. Zestawienie wykresów przedstawiających przebieg zmian w czasie jednopodstawowych indeksów dynamiki częstotliwości wypadków przy pracy w budownictwie

Tabela 6.17. Charakterystyczne wartości jednopodstawowych indeksów częstotliwości wypadków w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób

Lp.	Badane zjawisko – jednopodstawowy indeks dynamiki częstotliwości wypadków $w_r(t)$	Wartość maksymalna		Wartość minimalna	
		rok t_i	w_r maks	rok t_i	w_r min
1	Częstotliwości wypadków ogółem $w_{25}(t)$	1995	1,225	2002	0,883
2	Częstotliwości wypadków lekkich $w_{22}(t)$	1995	1,249	2002	0,906
3	Częstotliwości wypadków ciężkich $w_{23}(t)$	1992	1,000	2002	0,384
4	Częstotliwości wypadków śmiertelnych $w_{24}(t)$	2005	1,509	1996	0,924

W przypadku jednopodstawowego indeksu dynamiki częstości wypadków ogółem, lekkich i ciężkich trend opisany funkcją liniową wykazuje w badanym okresie korzystną tendencję spadkową. W przypadku natomiast jednopodstawowego indeksu dynamiki częstości wypadków śmiertelnych trend opisany funkcją liniową wykazuje bardzo niekorzystną tendencję wzrostową.

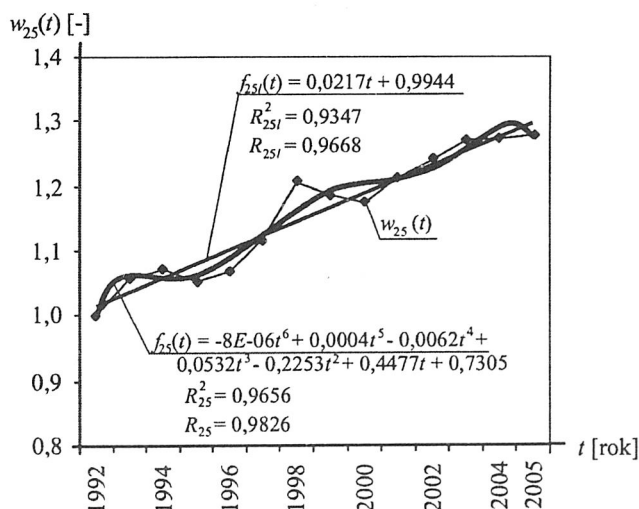
5. Jednopodstawowy indeks dynamiki ciężkości wypadków

W tabeli 6.18 zamieszczono funkcje trendu $w_{25}(t)$ oraz wartości współczynników determinacji R_{25}^2 i korelacji R_{25} dla jednopodstawowego indeksu dynamiki ciężkości wypadków $w_{25}(t)$. Tendencję rozwojową bardzo dobrze opisuje funkcja liniowa $f_{25}(t)$. Współczynnik determinacji R_r^2 osiągnął bowiem wartość 0,9656, a współczynnik korelacji R_r – wartość 0,9.

Tabela 6.18. Funkcje trendu oraz wartości współczynników determinacji i korelacji dla jednopodstawowego indeksu ciężkości wypadków przy pracy w budownictwie w latach 1992–2005

Lp.	Badane zjawisko	Funkcja trendu $f_r(t)$, $r = 25$	Współczynnik determinacji R_r^2 , współczynnik korelacji R_r
1	Jednopodstawowy indeks dynamiki ciężkości wypadków $w_{25}(t)$	$f_{25}(t) = -8E - 06t^6 + 0,0004t^5 - 0,0062t^4 + 0,0532t^3 - 0,2253t^2 + 0,4477t + 0,7305$	$R_{25}^2 = 0,9656$ $R_{25} = 0,9826$

Na rysunku 6.36 przedstawiono przebieg zmian jednopodstawowego indeksu dynamiki ciężkości wypadków. Indeks ten charakteryzuje stały wzrost wartości w badanym przedziale czasu. W roku 2005 jego wartość wynosiła 1,2766, co oznacza, że od 1992 do 2005 roku średnia liczba dni zwolnienia z tytułu wypadków przy pracy w budownictwie, przypadająca na jednego poszkodowanego, zwiększyła się o 27,6%.



Rys. 6.36. Przebieg zmian w czasie jednopodstawowego indeksu dynamiki ciężkości wypadków przy pracy w budownictwie

- jednopodstawowy indeks dynamiki ciężkości wypadków $w_{25}(t)$
- linia trendu $f_{25}(t)$, wielomian 6. stopnia
- trend liniowy $f_{25l}(t)$

6. Wskaźnik dynamiki częstości wypadków w odniesieniu do dynamiki wartości produkcji budowlanej opisany indeksami jednopodstawowymi

W tabeli 6.19 zamieszczono funkcje trendu $f_r(t)$ oraz wartości współczynników determinacji R_r^2 i korelacji R_r dla wskaźnika $w_r(t)$, będącego stosunkiem jednopodstawowego indeksu dynamiki częstości wypadków przy pracy w budownictwie w odniesieniu do jednopodstawowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej w latach 1992–2005. Funkcje trendu w postaci wielomianu 6. stopnia $f_{29}(t)$, $f_{27}(t)$, $f_{28}(t)$ bardzo dobrze opisują przebieg tego wskaźnika dla wypadków ogółem $w_{29}(t)$ oraz wypadków lekkich $w_{26}(t)$ i ciężkich $w_{27}(t)$. Współczynnik korelacji osiągnął wartość 0,9740. W przypadku wypadków śmiertelnych $w_{28}(t)$ wielomian 6. stopnia $f_{28}(t)$ dobrze opisuje badane zjawisko. Współczynnik korelacji R_{28} osiągnął wartość 0,8740.

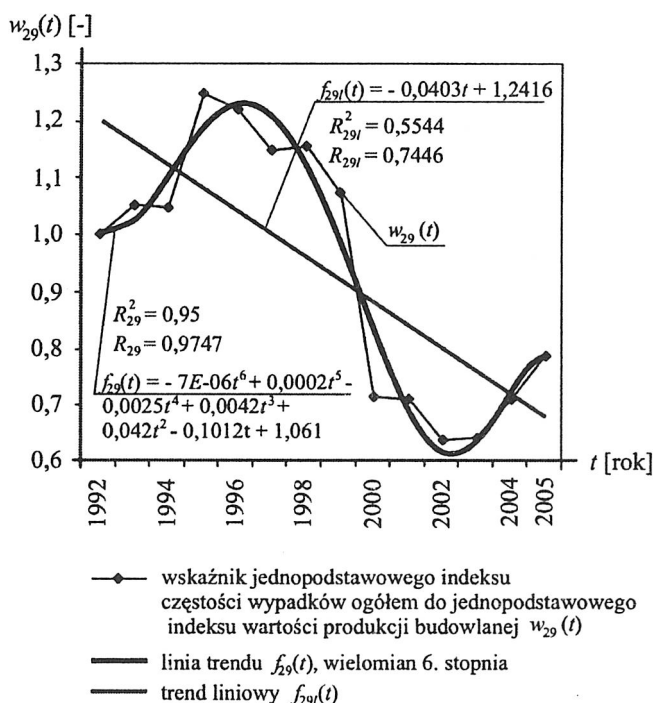
Tabela 6.19. Funkcje trendu oraz wartości współczynników determinacji dla wskaźników będących stosunkiem jednopodstawowego indeksu dynamiki częstości wypadków przy pracy w odniesieniu do wartości produkcji budowlanej w budownictwie w latach 1992–2005

Lp.	Badane zjawisko – dynamika częstości wypadków w stosunku do dynamiki wartości produkcji budowlanej $w_r(t)$	Funkcja trendu $f_r(t)$, $r = 26, \dots, 29$	Współczynnik determinacji R_r^2 , współczynnik korelacji R_r
1	Wskaźnik jednopodstawowego indeksu dynamiki częstości wypadków ogółem do jednopodstawowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej $w_{29}(t)$	$f_{29}(t) = -7E - 06t^6 + 0,0002t^5 - 0,0025t^4 + 0,0042t^3 + 0,042t^2 - 0,1012t + 1,061$	$R_{29}^2 = 0,9500$ $R_{29} = 0,9746$
2	Wskaźnik jednopodstawowego indeksu dynamiki częstości wypadków lekkich do jednopodstawowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej $w_{26}(t)$	$f_{26}(t) = -7E - 06t^6 + 0,0002t^5 - 0,0024t^4 + 0,0031t^3 + 0,0486t^2 - 0,1065t + 1,0608$	$R_{26}^2 = 0,9490$ $R_{26} = 0,9741$
3	Wskaźnik jednopodstawowego indeksu dynamiki częstości wypadków ciężkich do jednopodstawowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej $w_{27}(t)$	$f_{27}(t) = -8E - 06t^6 + 0,0003t^5 - 0,0053t^4 + 0,04t^3 - 0,1391t^2 + 0,1065t + 1,0002$	$R_{27}^2 = 0,9515$ $R_{27} = 0,9754$
4	Wskaźnik jednopodstawowego indeksu dynamiki częstości wypadków śmiertelnych do jednopodstawowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej $w_{28}(t)$	$f_{28}(t) = -1E - 05t^6 + 0,0006t^5 - 0,0087t^4 + 0,0592t^3 - 0,178t^2 + 0,2288t + 0,9002$	$R_{28}^2 = 0,7674$ $R_{28} = 0,8760$

Na rysunkach 6.37–6.40 przedstawiono przebieg zmian wartości badanych wskaźników oraz funkcje trendu opisane wielomianem 6. stopnia i funkcją liniową. Przebieg funkcji liniowej wykazuje zdecydowaną korzystną tendencję malejącą. W przypadku wskaźnika dla wypadków ogółem oraz lekkich najbardziej niekorzystny był rok 1995, kiedy wskaźnik był większy o 25% wypadków ogółem oraz o 27% wypadków lek-

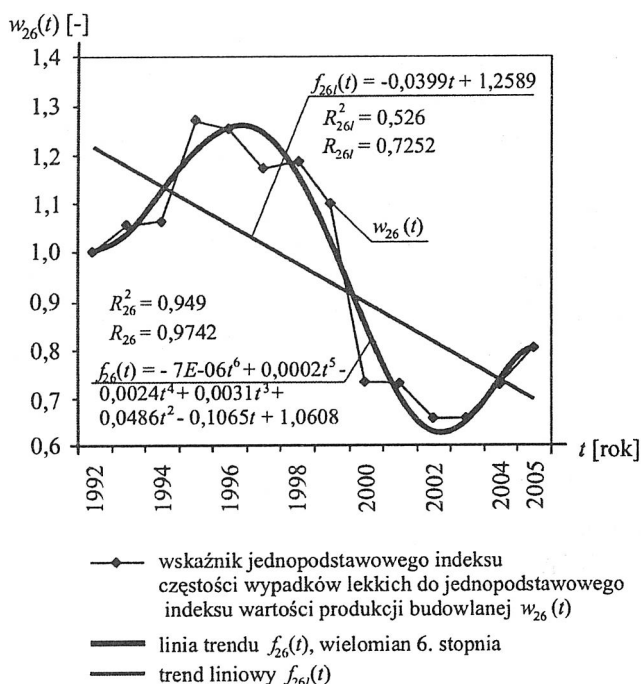
kich, w porównaniu do roku 1992. Od 1996 do 2002 roku występuje bardzo korzystny spadek wartości tego wskaźnika. W roku tym w odniesieniu do wypadków lekkich osiągnął on wartość o 36% mniejszą, a w przypadku wypadków lekkich o 34% mniejszą niż w 1992 roku. Od 2003 roku zauważalne jest ponowne niekorzystne zwiększenie wartości tych wskaźników.

W przypadku wskaźnika ilustrującego przebieg zmian jednopodstawowego indeksu dynamiki częstości wypadków ciężkich w stosunku do jednopodstawowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej, przedstawionego na rysunku 3.39, występuje zdecydowana tendencja malejąca do 2002 roku, kiedy wartość wskaźnika była o 71,5% mniejsza niż w 1992 roku, po czym zauważalne jest zwiększenie wartości tego wskaźnika.

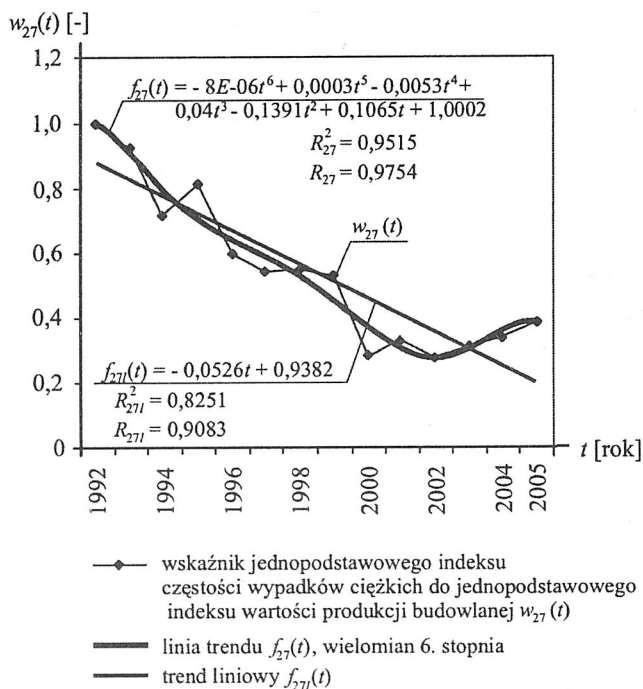


Rys. 6.37. Przebieg zmian w czasie wskaźnika jednopodstawowego indeksu dynamiki częstości wypadków ogółem w stosunku do jednopodstawowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej w budownictwie

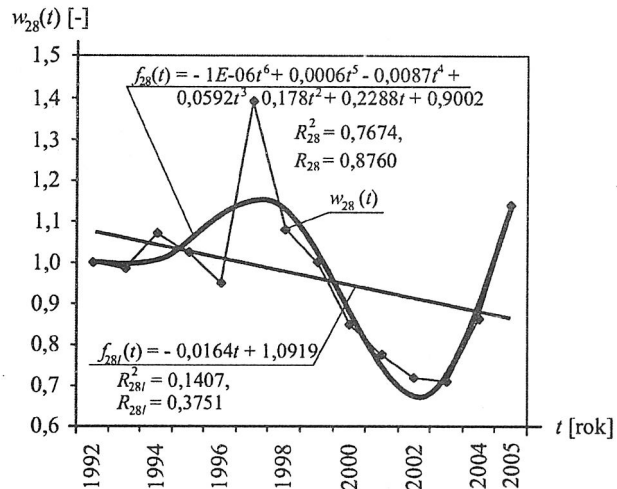
W przypadku wskaźnika dla wypadków śmiertelnych, przedstawionego na rysunku 3.340, maksymalną wartość odnotowano w 1997 roku i była ona o 40% większa od wartości uzyskanej w 1992 roku. Minimalną wartość odnotowano 2003 roku i była ona o 29% mniejsza od wartości osiągniętej w 1992 roku.



Rys. 6.38. Przebieg zmian w czasie wskaźnika jednopodstawowego indeksu dynamiki częstości wypadków lekkich w stosunku do jednopodstawowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej w budownictwie

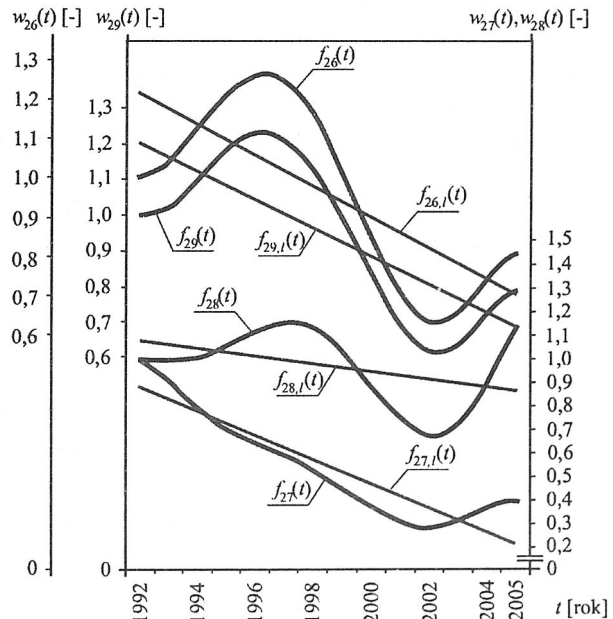


Rys. 6.39. Przebieg zmian w czasie wskaźnika jednopodstawowego indeksu dynamiki częstości wypadków ciężkich w stosunku do jednopodstawowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej w budownictwie



Rys. 6.40. Przebieg zmian w czasie jednopodstawowego indeksu dynamiki częstości śmiertelnych wypadków w stosunku do jednopodstawowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej w budownictwie

- wskaźnik jednopodstawowego indeksu częstości wypadków śmiertelnych do jednopodstawowego indeksu wartości produkcji budowlanej $w_{28}(t)$
- linia trendu $f_{28}(t)$, wielomian 6. stopnia
- trend liniowy $f_{28l}(t)$



Rys. 6.41. Zestawienie wykresów przedstawiających przebieg zmian w czasie wskaźników jednopodstawowego indeksu dynamiki częstości poszczególnych rodzajów wypadków w stosunku do jednopodstawowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej w budownictwie

- linia trendu wskaźnika jednopodstawowego indeksu częstości wypadków do jednopodstawowego indeksu wartości produkcji budowlanej:

$f_{26}(t), f_{26l}(t)$ - lekkich

$f_{27}(t), f_{27l}(t)$ - ciężkich

$f_{28}(t), f_{28l}(t)$ - śmiertelnych

$f_{29}(t), f_{29l}(t)$ - ogółem

W celach porównawczych na rysunku 6.41 zamieszczono funkcje trendów określone dla wskaźników jednopodstawowego indeksu dynamiki częstości poszczególnych rodzajów wypadków w stosunku do jednopodstawowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej w budownictwie, natomiast w tabeli 6.4 podano maksymalne i minimalne wartości tych wskaźników.

Tabela 6.20. Charakterystyczne wartości wskaźników jednopodstawowych indeksów dynamiki częstości wypadków ogółem w stosunku do jednopodstawowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej

Lp.	Badane zjawisko – dynamika częstości wypadków w stosunku do dynamiki wartości produkcji budowlanej $w_r(t)$	Wartość maksymalna		Wartość minimalna	
		rok t_i	w_r maks	rok t_i	w_r min
1	Częstości wypadków ogółem $w_{29}(t)$	1995	1,249	2002	0,639
2	Częstości wypadków lekkich $w_{26}(t)$	1995	1,273	2002	0,656
3	Częstości wypadków ciężkich $w_{27}(t)$	1992	1,000	2002	0,289
4	Częstości wypadków śmiertelnych $w_{28}(t)$	1997	1,394	2003	0,711

6.5. Wnioski wynikające z analizy

Istotny wpływ na powstawanie wypadków przy pracy w budownictwie mają czynniki obiektywne oraz subiektywne.

Czynniki obiektywne wynikają z takiej właściwości procesów produkcyjnych w budownictwie, jak to, że każda budowa jest w pewnym sensie organizowanym od nowa zakładem pracy, a więc brak jest ustabilizowanych warunków tej pracy. Praca na placu budowy wykonywana jest ponadto w trudnych warunkach środowiska, między innymi w zmieniających się warunkach atmosferycznych, w czasie upałów, podczas deszczu lub opadów śniegu, bardzo często na wysokości i w niedogodnej pozycji ciała.

Do czynników subiektywnych należą między innymi: jakość projektu obiektu budowlanego, zastosowane materiały, przyjęte rozwiązania technologiczne, mechanizacja robót czy też przyjęte rozwiązania w zakresie organizacji robót i organizacji placu budowy, często też samowolne odstępstwo od projektu, a także – wynikające na ogół ze splotu wielu przyczyn – awarie i katastrofy budowlane. Do czynników subiektywnych należy również zaliczyć tzw. czynniki ludzkie, wynikające z podejmowanych przez człowieka decyzji oraz zachowań pracowników.

6.5.1. Wnioski o charakterze ogólnym

Na podstawie literatury przedmiotu oraz analiz własnych sformułowano następujące wnioski ogólne dotyczące tematyki rozprawy:

- Duża złożoność procesów budowlanych oraz duża zmienność warunków środowiska pracy sprzyja powstawaniu zakłóceń w przebiegu realizacji robót, które mogą być przyczyną wypadków przy pracy. Niepożądane zdarzenia w procesach budowlanych, takie jak wypadki i katastrofy, powstają wtedy, gdy w toku produkcji dochodzi do licznych odstępstw od ustalonych wymagań technicznych, technologicznych, organizacyjnych i bezpieczeństwa pracy. W wyniku zaistniałych odstępstw proces produkcyjny przebiega w odmiennych od prawidłowych warunkach, a na zatrudnione osoby w większym stopniu oddziałują czynniki niebezpieczne, szkodliwe i uciążliwe, uaktywnione w przestrzeni pracy.
- Źródłem zagrożeń w robotach budowlanych są: właściwości realizowanego obiektu budowlanego, jak: rodzaj konstrukcji, zastosowane materiały, gabaryty obiektu; miejsce prowadzenia robót, np.: roboty budowlane prowadzone powyżej lub poniżej poziomu terenu, roboty prowadzone w pomieszczeniach zamkniętych lub w czynnych zakładach pracy; rodzaj wykonywanych robót, np.: montażowe, ziemne, wykończeniowe; stosowane maszyny i urządzenia, stosowane materiały budowlane, lokalizacja obiektu i jego otoczenie, organizacja robót, a w przypadku robót remontowo-modernizacyjnych również stan techniczny obiektu i jego elementów.
- Liczba wypadków przy pracy, jakie zdarzają się każdego roku w budownictwie, zależy od wielu czynników zarówno mierzalnych, jak i niemierzalnych. Do czynników mierzalnych należą między innymi: liczba osób zatrudnionych w budownictwie, parametry produkcji budowlanej, liczba i wielkość przedsiębiorstw budowlanych oraz ich struktura. Do czynników niemierzalnych lub trudno mierzalnych należą między innymi: sposób zarządzania bezpieczeństwem pracy oraz kultura bezpieczeństwa pracy.
- Po zapoznaniu się z danymi statystycznymi z lat 1992–2005 dotyczącymi liczby osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy w budownictwie można stwierdzić, że maksymalną liczbę poszkodowanych odnotowano w roku 1997 i wynosiła ona 13 368 osób. Od tego roku liczba osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy wykazuje tendencję malejącą. W roku 1997 odnotowano również maksymalną liczbę poszkodowanych w wypadkach śmiertelnych w budownictwie, która wynosiła 177 osób.
- Liczba osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy w budownictwie nie jest wielkością miarodajną do oceny wypadkowości. Na jej podstawie nie można bowiem ocenić, jak często zdarzają się wypadki i jaki jest stopień ich ciężkości. W ocenie sytuacji wypadkowej przydatne są wskaźniki częstości wypadków i wskaźnik ciężkości wypadków. W rozprawie do oceny wypadkowości w budownictwie zastosowano wskaźniki proponowane w literaturze przedmiotu, jak wskaźniki częstości wypadków w odniesieniu do liczby zatrudnionych osób oraz wskaźnik ciężkości wypadków. Zaproponowano również własne wskaźniki oceny wypadkowości, a mianowicie: wskaźniki częstości wypadków w odniesieniu do liczby zatrudnionych osób oraz wartości produkcji budowlanej, wskaźniki

częstości standaryzowanej oraz indeksy dynamiki i wskaźniki zmian dynamicznych.

6.5.2. Wnioski wynikające z przyjętej metodyki badania wypadkowości

Wypadkowość jest zjawiskiem zmieniającym się w czasie, co oznacza, że wartości wskaźników, obliczone na podstawie danych statystycznych, obejmujących określony okres, zmieniają się w stosunku do pozostałych badanych okresów. W celu umożliwienia porównywania poziomu oraz kierunku zmian wypadkowości w budownictwie opracowano własną metodykę jej badania.

1. Podstawą przyjętej metodyki są opracowane wskaźniki własne, pozwalające analizować wypadkowość w budownictwie jako zjawisko statyczne jednorodne, statyczne niejednorodne oraz jako zjawisko dynamiczne.
2. Na podstawie wyników przeprowadzonych badań i analiz wartości obliczonych wskaźników wypadkowości skonstruowano model matematyczny tendencji rozwojowej wypadkowości w budownictwie. Składa się on z dwóch części, a mianowicie:
 - z modelu tendencji rozwojowej zjawisk związanych z wypadkowością, którym jest wielomian m -tego stopnia,
 - z modelu ogólnej tendencji wzrostowej lub spadkowej analizowanych zjawisk przedstawionego za pomocą funkcji liniowej, a więc wielomianu 1. stopnia.

W przyjętych funkcjach zmienną objaśniającą jest czas, a zmienną objaśnianą jest wartość analizowanego wskaźnika.

Prowadzone za pomocą modelu systematyczne prace badawcze dotyczące zjawisk związanych z wypadkowością pozwoliły określić kierunki zmian zachodzących w wypadkowości.

6.5.3. Wnioski z analizy wypadkowości jako zjawiska statycznego jednorodnego

Zjawiska jednorodne charakteryzują się tym, że ich cechy jakościowe nie zmieniają się w czasie. W rozprawie do zjawisk jednorodnych zaliczono częstość poszczególnych rodzajów wypadków oraz ciężkość wypadków. Z analizy wypadkowości jako zjawiska statycznego jednorodnego wynikają następujące wnioski:

- Modelem tendencji rozwojowej częstości wypadków lekkich, ciężkich, śmiertelnych oraz ogółem w budownictwie w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób jest wielomian 6. stopnia. Wyrażona funkcją liniową ogólna tendencja rozwojowa częstości wypadków wykazuje w rozpatrywanym przedziale czasu korzystną tendencję malejącą. W ostatnich trzech latach badanego przedziału czasu zauważalny jest jednak wzrost wartości tych wskaźników. Bardzo niepokojący jest również fakt, że wskaźnik częstości wypadków śmiertelnych wyka-

zuje w badanym przedziale czasu zdecydowanie rosnącą tendencję oraz bardzo gwałtowny wzrost w ostatnich trzech latach badanego przedziału.

- Wskaźniki częstości wypadków w odniesieniu do liczby zatrudnionych osób nie uwzględniają w ocenie bezpieczeństwa pracy na placu budowy bardzo ważnego parametru procesu produkcyjnego, jakim jest tempo produkcji. W ocenie wypadkowości w celu uzyskania pełniejszego obrazu stanu bezpieczeństwa w budownictwie w badanym przedziale czasu, oprócz liczby osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy oraz liczby osób zatrudnionych, należy również uwzględnić parametry określające wielkość produkcji budowlanej. Parametrem takim może być wartość produkcji budowlanej.
- Modelem tendencji rozwojowej wszystkich rodzajów częstości wypadków w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób oraz 1 mld zł wartości produkcji budowlanej jest wielomian 6. stopnia. Ogólna tendencja rozwojowa częstości wypadków lekkich, ciężkich i śmiertelnych oraz ogółem, w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób, a także 1 mld zł wartości produkcji budowlanej, wyrażona funkcją liniową, wykazuje w rozpatrywanym przedziale czasu korzystną tendencję malejącą. Niepokojący jest natomiast fakt, że w ostatnich trzech latach badanego okresu zauważalne jest zwiększenie wartości tego wskaźnika w grupie wypadków ogółem, lekkich i ciężkich oraz bardzo gwałtowny wzrost w grupie wypadków śmiertelnych.
- Obliczone wartości wskaźników częstości ujmujących wypadkowość jako zjawisko jednorodne potwierdzają niekorzystną tendencję wzrostową analizowanych zjawisk, zaobserwowaną w budownictwie w ciągu ostatnich trzech lat badanego przedziału czasu.
- Wskaźnik ciężkości wypadków wykazuje w badanym przedziale czasu zdecydowaną rosnącą tendencję, co świadczy o tym, że w grupie wypadków lekkich i ciężkich doznany uszczerbek na zdrowiu poszkodowanego jest coraz cięższy. Modelem tendencji rozwojowej ciężkości wypadków w budownictwie jest wielomian 1. stopnia.

6.5.4. Wnioski z analizy wypadkowości jako zjawiska statycznego niejednorodnego

Wypadkowość w pojęciu ogólnym nie jest zjawiskiem jednorodnym. W badanych przedziałach czasu jednocześnie występują trzy rodzaje wypadków, tzn.: lekkie, ciężkie i śmiertelne, ponadto w kolejnych przedziałach czasu zmienia się struktura poszczególnych rodzajów wypadków. Z analizy wypadkowości jako zjawiska statycznego niejednorodnego wynikają następujące wnioski:

- Aby właściwie ocenić zmiany w poziomie wypadkowości oraz kierunki tych zmian, należy do jej oceny użyć wskaźnika łączącego trzy rodzaje wypadków oraz wskaźnik ich struktury. Takim wskaźnikiem może być zaproponowany w rozprawie wskaźnik standaryzowany. Przedstawia on w postaci jednej liczby

niejednorodną w swojej strukturze i rodzajach wypadkowość jako zjawisko jednorodne.

- Wskaźnik częstości standaryzowanej w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób w budownictwie wykazuje w badanym przedziale czasu tendencję zdecydowanie malejącą. Wskaźnik częstości standaryzowanej w odniesieniu do 1000 zatrudnionych osób i 1 mld zł wartości produkcji budowlanej wykazuje tendencję zdecydowanie malejącą w przedziale czasu od 1992 do 2000 roku. Stabilizuje się on natomiast w przedziale czasu od 2000 do 2005 roku. Modelem tendencji rozwojowej obu rodzajów wskaźników jest wielomian 6. stopnia.

6.5.5. Wnioski z analizy wypadkowości jako zjawiska dynamicznego

Wypadkowość jest zjawiskiem dynamicznym. W jej ocenie ważne są również informacje dotyczące tempa zachodzących zmian. Do oceny dynamiki zmian zachodzących w wypadkowości w budownictwie przydatny może być model dynamiki rozwoju analizowanych zjawisk uwzględniający łańcuchowe i jednopodstawowe indeksy dynamiki. Indeksy te wskazują, o ile wzrosła wartość wskaźników opisujących zjawisko w stosunku do okresu wcześniejszego, będącego rokiem odniesienia. Z analizy wypadkowości jako zjawiska dynamicznego wynikają następujące wnioski:

- Z przeprowadzonych badań wynika, że łańcuchowe indeksy dynamiki wykazują w kolejnych latach badanego okresu bardzo dużą zmienność, która uniemożliwia z zadowalającą dokładnością opisanie w kilku przypadkach badanych zjawisk wielomianem stopnia m . Linia trendu opisana wielomianem stopnia 1. wskazuje na ogólną tendencję wzrostową lub spadkową zjawiska. W przypadku łańcuchowego indeksu dynamiki częstości wypadków ogółem oraz wypadków lekkich linia trendu opisana funkcją liniową wykazuje w badanym okresie korzystną ogólną tendencję spadkową. W przypadku natomiast łańcuchowych indeksów dynamiki częstości wypadków ciężkich oraz śmiertelnych linie trendu opisane funkcją liniową wykazują w tym samym okresie bardzo niekorzystną ogólną tendencję wzrostową.
- Analiza łańcuchowych indeksów dynamiki pozwala zauważyć nagle, zarówno korzystne, jak i niekorzystne, zmiany w rozwoju wypadkowości w budownictwie, które zaszły w badanym okresie w porównaniu do okresu poprzedniego. Nagłe skoki wartości indeksu są wskazówką, że należałoby wykonać analizę porównawczą uzyskanych wartości wskaźników oraz przyczyn, które zostały stwierdzone w trakcie wypadków przy pracy w budownictwie.
- Łańcuchowy indeks ciężkości wypadków charakteryzuje w badanym przedziale czasu niewielka ogólna tendencja spadkowa. W większości jednak okresów badanego przedziału czasu osiągnął on wartość większą od 1, co oznacza stały wzrost liczby dni zwolnienia lekarskiego przypadającego na jeden wypadek lekki i ciężki.

- Wskaźniki zmian łańcuchowego indeksu dynamiki częstości wypadków ogółem oraz wypadków lekkich, ciężkich i śmiertelnych w stosunku do łańcuchowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej pozwalają stwierdzić, czy dynamika połączonych zjawisk w jednorocznych okresach ma charakter spadkowy czy też wzrostowy. W analizowanym przedziale czasu charakteryzują się one bardzo dużą zmiennością, która jest trudna do opisanie z wystarczającą dokładnością wielomianem stopnia m . Funkcja liniowa wskazuje na niekorzystną tendencję wzrostową wszystkich analizowanych zjawisk. W całym badanym okresie przeciętny wzrost częstości wypadków przy pracy w budownictwie, odnotowany w okresie jednego roku kalendarzowego, jest większy niż przeciętny roczny wzrost wartości produkcji budowlanej.
- Indeksy i wskaźniki łańcuchowe, ze względu na swoją konstrukcję, a więc ruchomą podstawę porównań, charakteryzują się bardzo dużą zmiennością uzyskiwanych wartości. Uniemożliwia to opisanie tendencji rozwojowych zjawisk w dłuższym okresie, a tym samym poznanie istoty zachodzących zmian. Bardzo dobrze natomiast ilustrują one zmiany zachodzące w krótkich okresach. Śledzenie takich zmian powinno być jednym z elementów zarządzania bezpieczeństwem pracy w przedsiębiorstwie budowlanym.
- Jednopo podstawowe indeksy dynamiki częstości wypadków wskazują, o ile zmieniła się wartość zjawiska w analizowanym roku do roku będącego bazą porównań, a więc do roku 1992. Ze względu na stałą bazę porównań znacznie lepiej pozwalają one uchwycić tendencje rozwojowe analizowanych zjawisk w długich przedziałach czasu. Świadczą o tym uzyskane wartości współczynników determinacji oraz korelacji. Tendencje rozwojowe badanych zjawisk bardzo dobrze opisują wielomiany 3. i 6. stopnia.
- Przebieg zmian jednopo podstawowego wskaźnika ciężkości wypadków wskazuje na systematyczny przyrost liczby dni zwolnienia lekarskiego przypadającego na jeden wypadek lekki i ciężki. Z tego też powodu koszty związane z wypadkiem przy pracy w budownictwie stale się zwiększają.
- Wskaźniki zmian jednopo podstawowego indeksu dynamiki częstości wypadków ogółem oraz wypadków lekkich, ciężkich i śmiertelnych w stosunku do jednopo podstawowego indeksu dynamiki wartości produkcji budowlanej pozwalają stwierdzić, jak zmienia się dynamika połączonych zjawisk w całym badanym przedziale czasu. Modelem tendencji rozwojowej jest wielomian 6. stopnia. Funkcja liniowa wskazuje natomiast na korzystną tendencję spadkową wszystkich analizowanych zjawisk. W całym bowiem badanym okresie przeciętny wzrost częstości wypadków przy pracy w budownictwie, odnotowany w okresie od 1992 roku, do każdego kolejnego analizowanego roku jest mniejszy niż przeciętny wzrost wartości produkcji budowlanej również w analizowanym okresie.
- Z przebiegu wykresów funkcji opisujących kształtowanie się wskaźników wypadkowości charakteryzujących zjawisko jako statyczne jednorodne oraz zjawie-

sko dynamiczne wyrażone za pomocą indeksów jednopodstawowych wynika, że wartości wszystkich wskaźników wypadkowości dla wypadków ogółem oraz lekkich osiągnęły wartość maksymalną w 1995 roku, natomiast wartość minimalną w 2002 roku. Wskaźniki wypadkowości dla wypadków ciężkich systematycznie maleją w przedziale czasu od 1992 do 2002 roku. Wskaźniki wypadkowości dla wypadków śmiertelnych mają bardzo nieregularny przebieg. Wartość maksymalną tych wskaźników odnotowano w 1997 roku. Wartości tych wskaźników wypadkowości wykazują niekorzystną tendencję rosnącą od 2003 do 2005 roku.

7. Przyczynowo-skutkowy model wypadków przy pracy w budownictwie

Niebezpieczne wydarzenie może być zakwalifikowane jako wypadek przy pracy tylko wówczas, gdy nastąpiło ono w wyniku przyczyny zewnętrznej, tzn. takiej, która nie była związana ze stanem zdrowia pracownika. Przyczynami zewnętrznymi są stosowane w pracy maszyny, urządzenia i narzędzia, niebezpieczne materiały, energia elektryczna, siły przyrody, temperatura otoczenia, nadmierny wysiłek fizyczny potrzebny do wykonywania pracy, a także sam człowiek, jego czyny i zachowanie się, jak również stres związany z pracą.

Do uznania niebezpiecznego wydarzenia za wypadek przy pracy wystarczy zaistnienie tylko jednej przyczyny zewnętrznej. Najczęściej jednak wypadek przy pracy związany jest z wystąpieniem kilku przyczyn. Do zbadania wpływu poszczególnych przyczyn na liczbę wypadków przy pracy zbudowano własny model analityczny, wyrażający zależność liczby osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy od liczby poszczególnych zidentyfikowanych przyczyn [64].

7.1. Przyjęte założenia

1. Badaniami objęto roczne okresy t_i w przedziale od 1999 do 2005 roku, $i = 1, \dots, 7$

$$T = \{t_i : i = 1, \dots, 7\}. \quad (7.1)$$

2. Obszar badań obejmował poszczególne województwa Polski d ($d = 1, \dots, 16$).
3. Zbiór przyczyn wszystkich wypadków, które wydarzyły się w danym roku t_i w województwie d jest sumą 8 podzbiorów przyczyn $P_{i,d,g}$ ($g = 1, \dots, 8$) zgodnych z podaną w rozdziale 2. klasyfikacją GUS

$$P_{i,d} = \{P_{i,d,g}, \quad g = 1, \dots, 8\}, \quad (7.2)$$

gdzie:

$P_{i,d}$ – zbiór przyczyn, które spowodowały wypadki w przedziale czasu t_i w województwie d ,

$$\{P_{i,d,g}\} = \{P_g, Z_g\}, \quad (7.3)$$

Z_g – zbiór relacji między przyczynami P_g ($g = 1, \dots, 8$),

P_1 – niewłaściwy stan czynnika materialnego,

P_2 – niewłaściwa ogólna organizacja pracy,

P_3 – niewłaściwa organizacja stanowiska pracy,

P_4 – brak lub niewłaściwe posługiwanie się czynnikiem materialnym przez pracownika,

P_5 – nieużywanie sprzętu ochronnego przez pracownika,

P_6 – niewłaściwe samowolne zachowanie się pracownika,

P_7 – stan psychofizyczny pracownika, niezapewniający bezpiecznego wykonywania pracy,

P_8 – nieprawidłowe zachowanie się pracownika.

4. Wypadki przy pracy $zw_{i,d,j}$ które wydarzyły się w określonym przedziale czasu t_i , w określonym województwie d tworzą zbiór wypadków $ZW_{i,d}$

$$ZW_{i,d} = \{zw_{i,d,j}, j = 1, \dots, n\}. \quad (7.4)$$

5. Zbiór $ZW_{i,d}$ wszystkich zaobserwowanych w badanym przedziale czasu t_i w województwie d wypadków przy pracy wynika ze zidentyfikowanych grup przyczyn wypadków oraz relacji występujących między przyczynami w taki sposób, że istnieje funkcja f_g postaci

$$f_g : \{P_{i,d,g}\} \rightarrow ZW_{i,d}. \quad (7.5)$$

6. Poszczególne wypadki $zw_{i,d,j}$ mogą być spowodowane poszczególnymi przyczynami należącymi do zbioru $P_{i,d}$, w taki sposób, że

$$z : P_{i,d} \rightarrow zw_{i,d,j}. \quad (7.6)$$

7. W pojedynczym zdarzeniu wypadkowym $zw_{i,d,j}$ poszkodowana jest co najmniej 1 osoba

$$lo_{i,d,j} \geq 1,$$

gdzie: $lo_{i,d,j}$ – liczba osób poszkodowanych w pojedynczym zdarzeniu wypadkowym.

8. Zbiór osób $LP_{i,d}$ poszkodowanych w badanym przedziale czasu t_i w województwie d w wypadkach przy pracy wynika ze zbioru wypadków $ZW_{i,d}$ w taki sposób, że istnieje funkcja f_d postaci

$$LP_{i,d} = \{lo_{i,d,j}, j = 1, \dots, n\}, \quad (7.7)$$

$$f_d : ZW_{i,d} \rightarrow LP_{i,d}. \quad (7.8)$$

W tabeli 7.1 przedstawiono strukturę danych potrzebnych do opracowania metodyki tworzenia zbiorów:

- wypadków $ZW_{i,d}$,
- osób poszkodowanych w wypadkach $LP_{i,d}$,
- przyczyn wypadków $P_{i,d,g}$,

w odniesieniu do roku i oraz województwa d .

Tabela 7.1. Struktura danych dotyczących przyczyn wypadków przy pracy w roku i w województwie d

Lp.	Liczba osób poszkodowanych $lo_{i,d,j}$ w wypadku $ZW_{i,d,j}$		Przyczyny pojedynczych wypadków przy pracy $P_{i,d,j,g}$ $g = 1, \dots, 8, d = 1, \dots, 16, j = 1, \dots, n$					Zbiór przyczyn j -tego wypadku $j = 1, \dots, n$
j	$ZW_{i,d,j}$	$lo_{i,d,j}$	$P_{i,d,j,1}$	$P_{i,d,j,2}$	$P_{i,d,j,3}$		$P_{i,d,j,8}$	$P_{i,d,j}$
1	1	$lo_{i,d,j}$		•			•	$P_{i,d,j}$
	2	$lo_{i,d,j}$	•			•		$P_{i,d,2}$
...	...	...		•	•	•		...
M	M	$lo_{i,d,j}$		•			•	$P_{i,d,j}$
	$ZW_{i,d}$	$LP_{i,d}$	$P_{i,d,1}$	$P_{i,d,2}$	$P_{i,d,3}$		$P_{i,d,8}$	$P_{i,d}$

• – oznacza, że stwierdzono przyczynę wypadku.

9. Dla każdego ze zbiorów: $LP_{i,d}$ oraz $P_{i,d,g}$ ($g = 1, \dots, 8$) jest zdefiniowana liczba kardynalna, określająca jego liczebność.
10. Liczby kardynalne zbiorów $P_{i,d,g}$ ($g = 1, \dots, 8$) określają liczby przyczyn zidentyfikowanych w poszczególnych zbiorach grup przyczyn i wyprowadzone zostały z bazy informacyjnej WUS [123].
11. Liczba kardynalna zbioru $LP_{i,d}$ wyprowadzona została również z bazy informacyjnej WUS [123].

7.2. Opis modelu i jego weryfikacja

Na podstawie dostępnych danych statystycznych zawartych w [123] pozyskano liczbę wypadków przy pracy w budownictwie w latach 1999–2005, liczbę osób poszkodowanych w tych wypadkach przy pracy w budownictwie oraz odpowiadające tej liczbie – liczby zidentyfikowanych przyczyn wypadków. Fragment uzyskanych danych przedstawiono w tabeli 7.2. Każdy wiersz w tabeli zawiera dane o wypadkach, które wydarzyły się w roku i w województwie d .

Tabela 7.2. Przykładowe dane statystyczne (uzyskane dla poszczególnych województw) dotyczące liczby osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy w budownictwie oraz liczby poszczególnych przyczyn wypadków

Lp.	Liczba osób poszkodowanych $LP_{i,d}$	Podzbiory przyczyn wypadków przy pracy $P_{i,d,g}, g = 1, \dots, 8$							
		$P_{i,d,1}$	$P_{i,d,2}$	$P_{i,d,3}$	$P_{i,d,4}$	$P_{i,d,5}$	$P_{i,d,6}$	$P_{i,d,7}$	$P_{i,d,8}$
1	1100	291	280	197	242	56	815	51	3254
2	1011	201	203	162	218	43	164	45	911
3	975	221	200	131	232	46	173	36	867
4	794	192	144	122	169	28	119	37	748
...									
112	293	61	51	38	53	6	56	9	282

$$LP = \{LP_{i,d} : i=1, \dots, 7; d=1, \dots, 16\}, \quad (7.9)$$

$$P_{i,g} = \{P_{i,d,g} : i=1, \dots, 7; d=1, \dots, 16; g=1, \dots, 8\}, \quad (7.10)$$

$$P_i = \{P_{i,g} : g=1, \dots, 8\}, \quad (7.11)$$

gdzie:

LP_i – liczba osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy w roku i w całym kraju,

$P_{i,g}$ – liczba przyczyn.

Między podzbiorymi zbioru LP oraz podzbiorymi zbioru P zachodzi następująca relacja: każdemu elementowi $LP_{i,d} \in LP$ odpowiada osiem elementów $P_{i,d,g} \in P$ ($g = 1, \dots, 8$) i każdemu z ośmiu elementów $P_{i,d,g}$ odpowiada ten sam element $LP_{i,d}$. Schemat przyporządkowania podzbiorym zbioru LP podzbiorym zbioru P przedstawiono na rysunku 7.2.

$$f_g : P_{j,d,g} \rightarrow LP_{i,d}, \quad g = 1, \dots, 8. \quad (7.12)$$

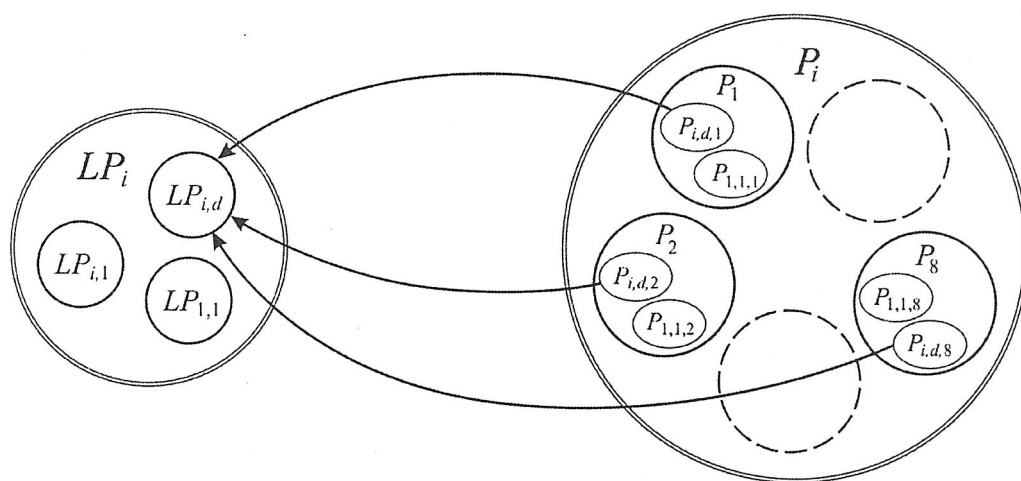
Ze zbiorów $LP_{i,d}$ oraz P_g utworzono 8 iloczynów kartezjańskich

$$LP_{i,d} \times P_g = \{(LP_{i,d}, P_{i,d,g}) : LP_{i,d} \in LP \wedge P_{i,d,g} \in P\}, \quad g = 1, \dots, 8. \quad (7.13)$$

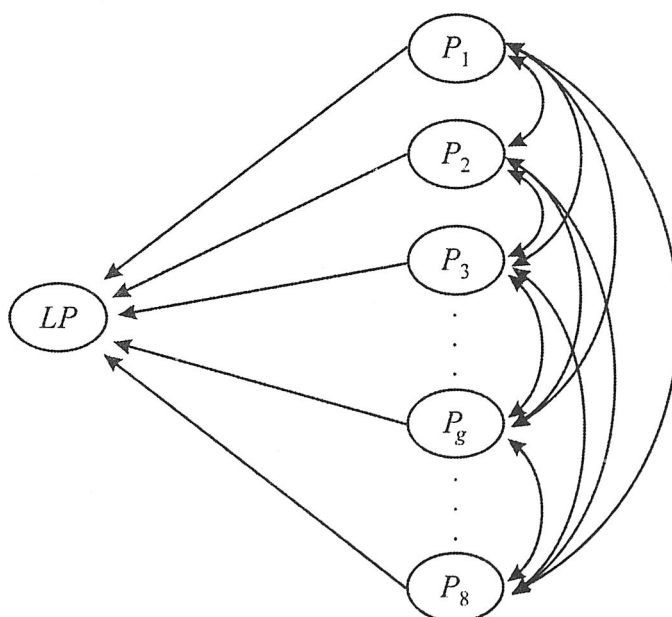
Z zastosowaniem współczynnika korelacji liniowej Pearsona [19, 23] zbadano zależności korelacyjne:

- między liczbą wypadków LP_i a liczbami poszczególnych przyczyn $P_{i,g}$ ($g = 1, \dots, 8$),
- między przyczynami porównywanymi parami P_g , $g = 1, \dots, 8$, (Z_g).

Graf badanych zależności korelacyjnych przedstawiono na rysunku 7.2, a uzyskane wartości współczynników korelacji zamieszczono w tabeli 7.3.



Rys. 7.1. Schemat przyporządkowania podzbiom $LP_{i,d} \in LP$ podzbiom $P_{i,d} \in P_g$



Rys. 7.2. Graf zależności korelacyjnych

Tabela 7.3. Wartości współczynników korelacji liniowej między liczbą wypadków LP a przyczynami wypadków P_g oraz między poszczególnymi przyczynami P_g

Współczynniki korelacji liniowej									
Podzbiory przyczyn wypadków	Liczba wypadków LP	Podzbiory przyczyn wypadków przy pracy $P_{i,d,g}, g = 1, \dots, 8$							
		P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
P_1	0,980	1	0,948	0,950	0,961	0,920	0,952	0,867	0,974
P_2	0,937	0,948	1	0,947	0,936	0,909	0,939	0,876	0,928
P_3	0,966	0,950	0,947	1	0,946	0,932	0,957	0,863	0,952
P_4	0,977	0,961	0,936	0,946	1	0,943	0,965	0,890	0,946
P_5	0,946	0,920	0,909	0,932	0,943	1	0,936	0,869	0,914
P_6	0,966	0,952	0,939	0,957	0,965	0,936	1	0,879	0,951
P_7	0,902	0,867	0,876	0,863	0,890	0,869	0,879	1	0,858
P_8	0,980	0,974	0,928	0,952	0,946	0,914	0,951	0,858	1

Wartości współczynników korelacji zamieszczone w tabeli 7.3 świadczą o tym, że istnieją silne związki liniowe między liczbą osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy w budownictwie a liczbami przyczyn zarejestrowanych w poszczególnych grupach przyczyn wypadków. Wartości współczynników korelacji między liczbą osób LP a liczbą przyczyn $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_8$ są bliskie jedności. Najśłabsza zależność liniowa występuje pomiędzy liczbą osób LP a liczbą przyczyn w grupie P_7 . Jednak również w tym przypadku wartość współczynnika korelacji liniowej jest większa od 0,9. Istnieją też silne zależności liniowe między parami poszczególnych przyczyn. Oznacza to, że jakakolwiek zmiana w liczbie przyczyn zakwalifikowanych do danej grupy wiąże się jednocześnie ze zmianami w liczbach przyczyn sklasyfikowanych w pozostałych grupach. Najśłabsza zależność liniowa występuje między liczbą przyczyn P_7 a liczbami pozostałych przyczyn. W przypadku tych zależności współczynnik korelacji liniowej osiągnął wartość poniżej 0,9. W przypadku pozostałych zależności współczynnik ten osiągnął wartości powyżej 0,9.

Analityczny model przyczynowo-skutkowy wypadków przy pracy w budownictwie można zatem przedstawić w postaci funkcji liniowej

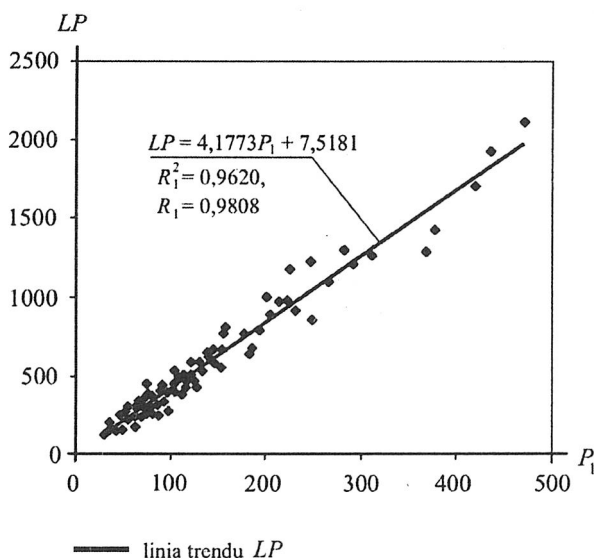
$$LP = a \times P_g + b.$$

Wartości współczynników a i b zależą od rodzaju przyczyny, która jest analizowana. W tabeli 7.4 zamieszczono funkcje trendu dla zależności między liczbą osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy w budownictwie a liczbami przyczyn zarejestrowanych w poszczególnych grupach oraz uzyskane wartości współczynników determinacji.

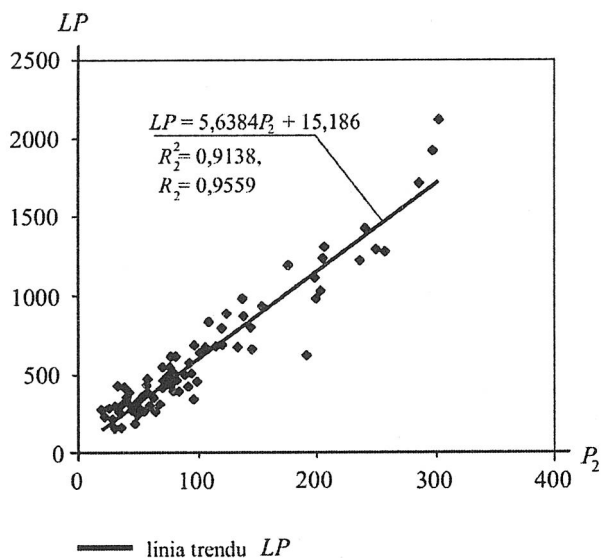
Tabela 7.4. Funkcje liniowe ilustrujące zależności liczby wypadków od liczb poszczególnych przyczyn wypadków

Numer przyczyny g	Funkcja trendu	Wartość współczynnika determinacji R_g^2
P_1	$LP = 4,1773P_1 + 7,5181$	$R_1^2 = 0,962$
P_2	$LP = 5,6384P_2 + 15,186$	$R_2^2 = 0,9138$
P_3	$LP = 6,1388P_3 + 48,82$	$R_3^2 = 0,9344$
P_4	$LP = 4,8403P_4 + 31,255$	$R_4^2 = 0,9547$
P_5	$LP = 20,231P_5 + 69,614$	$R_5^2 = 0,8954$
P_6	$LP = 6,0251P_6 + 51,486$	$R_6^2 = 0,9332$
P_7	$LP = 21,802P_7 + 18,549$	$R_7^2 = 0,8144$
P_8	$LP = 1,0201P_8 + 30,254$	$R_8^2 = 0,9612$

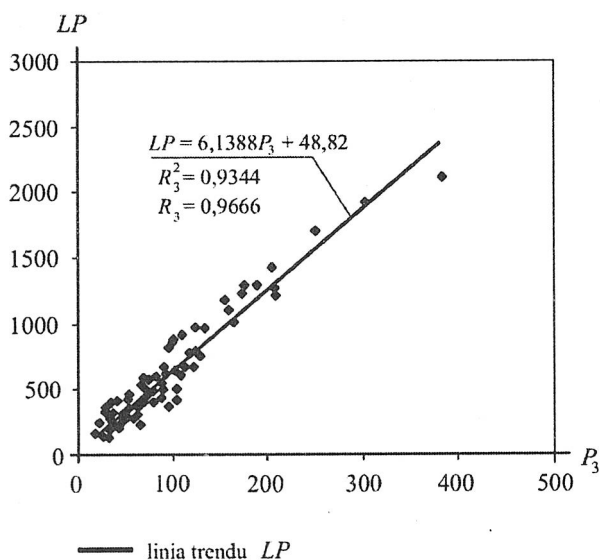
Na rysunkach 7.3–7.10 przedstawiono rozrzuty punktów dla zależności: liczba osób poszkodowanych w wypadkach LP a liczba przyczyn wypadków P_g ($g = 1, \dots, 8$) oraz linie trendu opisane wielomianami 1. stopnia.



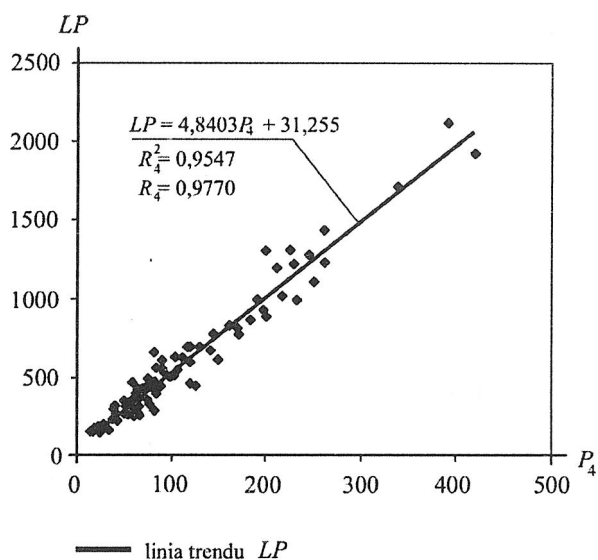
Rys. 7.3. Przebieg zależności pomiędzy liczbą osób poszkodowanych w wypadkach LP a liczbą przyczyn P_1 , tj. niewłaściwym stanem czynnika materialnego



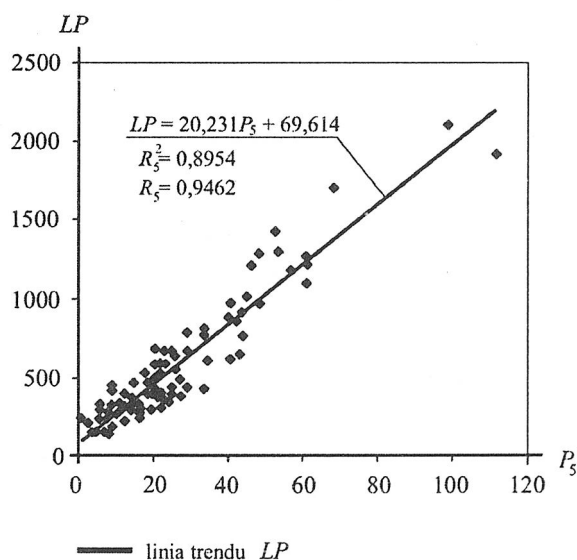
Rys. 7.4. Przebieg zależności pomiędzy liczbą osób poszkodowanych w wypadkach LP a liczbą przyczyn P_2 , tj. niewłaściwą ogólną organizacją pracy



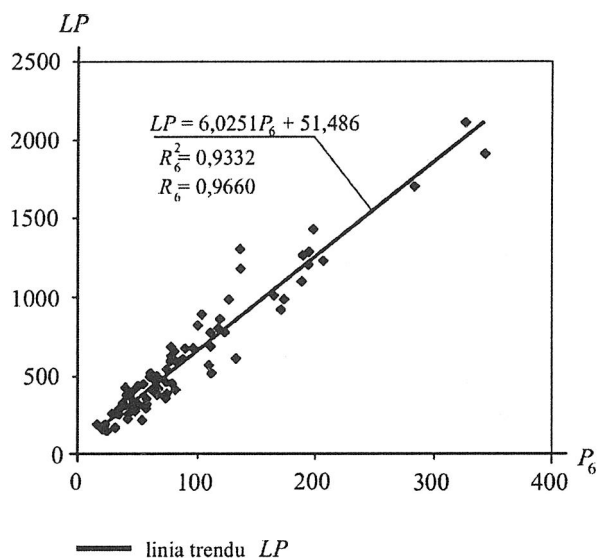
Rys. 7.5. Przebieg zależności pomiędzy liczbą osób poszkodowanych w wypadkach LP a liczbą przyczyn P_3 , tj. niewłaściwą organizacją stanowiska pracy



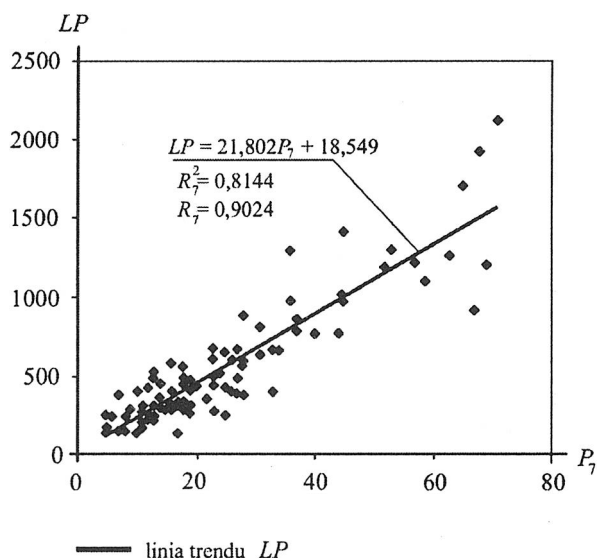
Rys. 7.6. Przebieg zależności pomiędzy liczbą osób poszkodowanych w wypadkach LP a liczbą przyczyn P_4 , tj. brakiem czynnika materialnego lub niewłaściwym posługiwaniem się nim przez pracownika



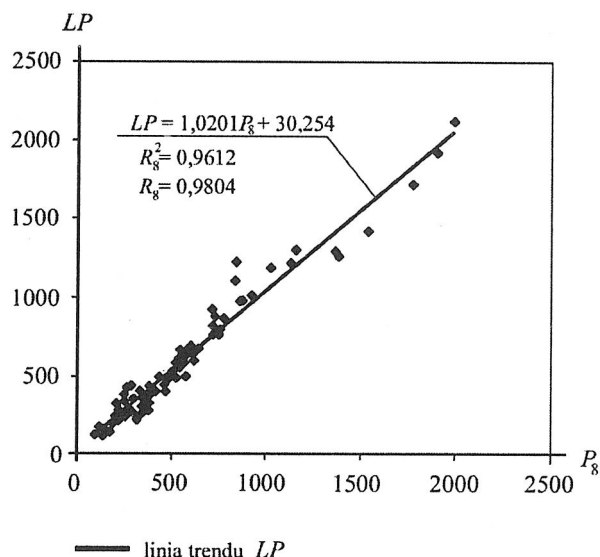
Rys. 7.7. Przebieg zależności pomiędzy liczbą osób poszkodowanych w wypadkach LP a liczbą przyczyn P_5 , tj. nieużywaniem sprzętu ochronnego przez pracownika



Rys. 7.8. Przebieg zależności pomiędzy liczbą osób poszkodowanych w wypadkach LP a liczbą przyczyn P_6 , tj. niewłaściwym samowolnym zachowaniem się pracownika



Rys. 7.9. Przebieg zależności pomiędzy liczbą osób poszkodowanych w wypadkach LP a liczbą przyczyn P_7 , tj. stanem psychofizycznym pracownika, niezapewniającym bezpiecznego wykonywania pracy



Rys. 7.10. Przebieg zależności pomiędzy liczbą osób poszkodowanych w wypadkach LP a liczbą przyczyn P_8 , tj. nieprawidłowym zachowaniem się pracownika

Wielomian 1. stopnia bardzo dobrze odwzorowuje przebieg zmian liczby wypadków LP w zależności od liczby przyczyn $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_8$. Wartość współczynnika korelacji oraz determinacji jest tu bowiem większa od 0,9 lub bardzo bliska 0,9. W przypadku natomiast zależności: liczba wypadków LP a liczba przyczyn P_7 wielomian 1. stopnia jedynie dobrze opisuje badane zjawisko. Współczynnik determinacji osiągnął tu wartość 0,8144, natomiast współczynnik korelacji 0,9024.

7.3. Analiza wpływu liczby przyczyn wypadków na liczbę osób poszkodowanych w wypadkach

Jak już wspomniano, istnieją zależności liniowe między parami poszczególnych przyczyn. Jakkolwiek zmiana w liczbie przyczyn zakwalifikowanych do danej grupy wiąże się jednocześnie ze zmianami w liczbach przyczyn sklasyfikowanych w pozostałych grupach. W tabeli 7.5 zamieszczono przykładowo wyniki obliczeń ilustrujące wpływ procentowej zmiany liczby przyczyn w grupie P_7 na procentową zmianę liczby przyczyn w pozostałych grupach.

Jednocześnie zależności liniowe występujące między liczbą osób poszkodowanych w wypadkach a poszczególnymi przyczynami pozwalają na określenie wpływu zmian liczby poszczególnych przyczyn na liczbę osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy w budownictwie.

Tabela 7.5. Wartości spadków (%) liczby przyczyn sklasyfikowanych w poszczególnych grupach w zależności od procentowego spadku liczby przyczyn w grupie P_7

P_7	Spadek liczby przyczyn w grupie P_7 , %				
	10	20	30	40	50
P_1	9,797153	19,59431	29,39146	39,18861	48,98576
P_2	9,816391	19,63278	29,44917	39,26556	49,08195
P_3	9,946366	19,89273	29,83910	39,78546	49,73183
P_4	9,968464	19,93693	29,90539	39,87385	49,84232
P_5	10,01528	20,03057	30,04585	40,06114	50,07642
P_6	10,00321	20,00641	30,00962	40,01282	50,016030
P_8	9,878640	19,75728	29,63592	39,51456	49,39320

Za pomocą funkcji trendu zamieszczonych w tabeli 7.4 obliczono procentowy spadek liczby osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy w budownictwie w zależności od procentowego spadku liczby poszczególnych przyczyn. Wartości te zamieszczono w tabeli 7.6.

Tabela 7.6. Wartości spadków liczby wypadków (%) w zależności od procentowego spadku liczby poszczególnych przyczyn

Numer przyczyny	Spadek liczby przyczyn, %				
	10	20	30	40	50
P_1	9,8	19,9	29,4	39,2	49,1
P_2	9,7	19,4	29,2	38,9	48,6
P_3	9,2	18,5	27,7	37,0	46,3
P_4	9,3	18,7	28,1	37,5	46,9
P_5	9,6	19,3	29,0	38,6	48,3
P_6	9,2	18,4	27,6	36,8	46,0
P_7	9,9	19,8	29,7	39,6	49,5
P_8	7,7	15,4	23,1	30,8	38,8

Analiza wartości zamieszczonych w tabeli 7.6 pozwala uszeregować przyczyny wypadków według wielkości ich wpływu na liczbę wypadków. Największy wpływ na minimalizację liczby wypadków ma przyczyna P_7 . Oznacza to, że najsilniej na zmniejszenie liczby wypadków wpływają przyczyny związane z psychofizycznym stanem pracownika niezapewniającym bezpiecznego wykonywania pracy. Następne w kolejności są następujące przyczyny: P_1 , P_2 , P_5 , P_4 , P_3 , P_6 , P_8 .

7.4. Wnioski wynikające z analizy

1. Zauważono, że zgodnie z teorią powstawania wypadków przy pracy [38, 153, 150] każdy wypadek jest skutkiem kilku przyczyn, które z kolei są skutkiem za-

grożeń występujących w środowisku pracy. Przyczyna wypadku odnosi się do pojedynczego zdarzenia. Zbiór przyczyn dotyczących pojedynczego wypadku jest nieodpowiedni do wyciągnięcia wniosków dotyczących działalności profilaktycznej. Wypadkowość jest zjawiskiem masowym, oznacza to, że prawidłowości zachodzące w badanym zjawisku można dostrzec tylko w odpowiednio dużej masie badanego zjawiska. Możliwość taką daje analiza zbioru przyczyn dotyczących zbioru wypadków przy pracy.

2. Przeprowadzone analizy wykazały, że zależności występujące między liczbą osób LP a liczbą przyczyn zarejestrowanych w poszczególnych grupach P_g przyczyn wypadków przy pracy w budownictwie mają charakter liniowy. Występują również silne zależności liniowe między liczbami przyczyn zarejestrowanych w poszczególnych grupach przyczyn. Zwiększenie liczby przyczyn w jednej grupie wiąże się ze zwiększeniem liczby przyczyn w pozostałych grupach. O sile tych związków świadczą uzyskane bardzo duże wartości współczynników korelacji. Analitycznym modelem przyczynowo-skutkowym wypadkowości w budownictwie jest funkcja liniowa.
3. Zastosowanie zbudowanego modelu do rozwiązania problemów praktycznych pozwoliło na analizę wpływu zmian liczby poszczególnych przyczyn na spadek liczby wypadków przy pracy w budownictwie. W wyniku tej analizy stwierdzono, że największy wpływ na minimalizację liczby wypadków ma przyczyna P_7 – stan psychofizyczny pracownika niezapewniający bezpiecznego wykonywania pracy. Zmniejszenie o 50% liczby przyczyn w grupie P_7 wpływa na zmniejszenie liczby wypadków o 49,5%. Najmniejszy wpływ ma przyczyna P_8 – nieprawidłowe zachowanie się pracownika. Zmniejszenie o 50% liczby przyczyn w grupie P_8 wpływa na zmniejszenie liczby wypadków jedynie o 38,5%.

8. Podsumowanie oraz wnioski końcowe

Zainteresowanie problematyką bezpieczeństwa pracy w budownictwie w ostatnich kilkunastu latach bardzo istotnie się zwiększyło. Zmiany zachodzące w budownictwie polskim po 1990 roku, związane między innymi z przekształceniami własnościowymi, miały negatywny wpływ na bezpieczeństwo pracy. Chęć osiągnięcia szybkiego i dużego zysku w nowo powstałych, na ogół małych, przedsiębiorstwach wiązała się w wielu przypadkach z obniżaniem kosztów ponoszonych na zapewnienie bezpieczeństwa pracy. Z drugiej strony starania Polski o wejście do Unii Europejskiej wiązały się z wypełnieniem przez stronę polską wielu zobowiązań, między innymi w zakresie dostosowania polskiego prawa do standardów prawnych Unii. Przekształcenia własnościowe z jednej strony oraz zmiany w ustawodawstwie z drugiej strony miały niewątpliwie wpływ na kształtowanie się poziomu wypadkowości w budownictwie.

W rozprawie przedstawiono wyniki badań i analiz wypadkowości w budownictwie polskim w przedziale czasu obejmującym okres od 1992 do 2005 roku. Na podstawie analizy dotychczasowych prac, przeprowadzonych rozważań, przedstawionych modeli, przeanalizowanych i przedyskutowanych wyników badań własnych sformułowano wnioski końcowe.

8.1. Obecny stan badań wypadkowości w budownictwie

Na podstawie analizy literatury przedmiotu sformułowano następujące wnioski dotyczące badania wypadkowości w budownictwie:

- Obecnie podstawowym miernikiem poziomu bezpieczeństwa pracy w budownictwie jest liczba wypadków, które wystąpiły podczas wykonywania procesów budowlanych oraz liczba osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy. Ocena wypadkowości jedynie poprzez pryzmat liczby wypadków oraz liczby osób poszkodowanych w wypadkach nie jest jednak oceną wystarczającą. Na jej podstawie nie można bowiem ocenić, jak często zdarzają się wypadki i jaki jest stopień ich ciężkości.
- Do tej pory brak jest naukowego podejścia do oceny wypadkowości w budownictwie uwzględniającego różnorodne aspekty oraz złożoność tego niepożądanego zjawiska. Stosowana dotychczas metodyka oceny polega na obliczeniu war-

tości wskaźników określających jak często zdarzają się wypadki przy pracy i jaki jest stopień ich ciężkości. Wypadkowość jest jednak zjawiskiem bardziej złożonym, a jej ocena tylko przez wskaźnik częstości wszystkich rodzajów wypadków oraz wskaźnik ciężkości wypadków nie jest oceną wszechstronną, pozwalającą uwzględnić złożoność oraz dynamiczny charakter zjawiska.

8.2. Podejście zaproponowane w pracy

W rozprawie do oceny wypadkowości w budownictwie zaproponowano trzy podejścia, które pozwalają ocenić wypadkowość jako zjawisko jednorodne, jako zjawisko niejednorodne albo jako zjawisko dynamiczne. Atrybuty wypadkowości, analizowanej jako zjawisko statyczne jednorodne, statyczne niejednorodne oraz zjawisko dynamiczne, zamieszczono w podrozdziale 5.3 rozprawy.

- Do oceny wypadkowości jako zjawiska statycznego jednorodnego zastosowano wskaźniki częstości wypadków lekkich, ciężkich i śmiertelnych oraz ogółem w odniesieniu do zatrudnionych osób, wskaźniki częstości wypadków lekkich, ciężkich i śmiertelnych oraz ogółem w odniesieniu do zatrudnionych osób oraz wartości produkcji budowlanej, a także wskaźnik ciężkości wypadków. Zasady obliczania wartości tych wskaźników omówiono w podrozdziale 5.3.1 rozprawy.
- Do oceny wypadkowości analizowanej jako zjawisko niejednorodne zastosowano wskaźnik standaryzowanej częstości wypadków w odniesieniu do zatrudnionych osób oraz wskaźnik standaryzowanej częstości wypadków w odniesieniu do zatrudnionych osób oraz wartości produkcji budowlanej. Algorytmy służące do obliczenia wartości wskaźników standaryzowanych zamieszczono w podrozdziale 5.3.2 rozprawy.
- Do oceny wypadkowości jako zjawiska dynamicznego zastosowano łańcuchowe i jednopodstawowe indeksy dynamiki częstości i ciężkości wypadków. Założenia przyjęte do obliczeń indeksów dynamiki zamieszczono w podrozdziale 5.3.3 rozprawy. W ocenie bezpieczeństwa pracy podczas realizacji robót budowlanych duże znaczenie ma również porównanie tempa zmian zachodzących w wypadkowości z tempem zmian zachodzących w wartości produkcji budowlanej. W tym celu zaproponowano wskaźniki zmian dynamicznych, wyrażone za pomocą łańcuchowych i jednopodstawowych indeksów dynamiki częstości wypadków i wartości produkcji budowlanej. Zasady obliczania wartości tych wskaźników zamieszczono w podrozdziale 5.3.3 rozprawy.
- Dla przedziału czasu obejmującego okres od 1992 do 2005 roku obliczono wartości wymienionych wyżej wskaźników wypadkowości i indeksów dynamiki. Przebieg zmian w czasie każdego analizowanego wskaźnika przedstawiono w postaci modelu tendencji rozwojowej opisanego wielomianem stopnia m oraz funkcją liniową. Model w postaci wielomianu stopnia m uwidacznia zarówno

korzystne, jak i niekorzystne zmiany zachodzące w analizowanych zjawiskach w krótkich odcinkach czasu. Modele opisane funkcjami liniowymi przedstawiają ogólne tendencje wzrostu lub spadku analizowanych zjawisk w całym badanym przedziale czasu. Przyjęte do budowy modelu tendencji rozwojowej wypadkowości w budownictwie założenia zamieszczono w podrozdziale 6.1 rozprawy, natomiast ogólny opis modelu oraz zasady jego weryfikacji – w podrozdziałach 6.2 i 6.3.

8.3. Wnioski z analizy wypadkowości jako zjawiska jednorodnego

Analizę wypadkowości w budownictwie jako zjawiska jednorodnego zamieszczono w podrozdziale 6.4.1 rozprawy. Do oceny wypadkowości wykorzystano jednorodne jakościowo atrybuty osób poszkodowanych w wypadkach, jak: rodzaj doznanych obrażeń oraz liczba dni absencji w pracy w wyniku wypadku. O wartości wskaźnika decyduje liczba stwierdzonych cech jednorodnych.

- W ocenie wypadkowości ważne jest, jak często zdarzają się urazy zakwalifikowane do lekkich, ciężkich, a zwłaszcza śmiertelnych. Do oceny wypadkowości jako zjawiska jednorodnego zaproponowano zatem wskaźniki częstości wypadków, z podziałem na wypadki lekkie, ciężkie i śmiertelne oraz ogółem, w odniesieniu do zatrudnionych osób, oraz wskaźnik ciężkości wypadków, określający przeciętną liczbę dni zwolnienia lekarskiego przypadającą na jedną osobę poszkodowaną w wypadku lekkim lub ciężkim.
- Na takie zjawiska, jak wypadki przy pracy, duży wpływ ma również tempo pracy. Aby uzyskać pełniejszy obraz zmian stanu bezpieczeństwa w budownictwie w badanym przedziale czasu, w ocenie wypadkowości, oprócz liczby osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy oraz liczby osób zatrudnionych, należy także uwzględnić parametry określające wielkość produkcji budowlanej. W ocenie wypadkowości jako zjawiska jednorodnego zastosowano też wskaźniki częstości wypadków, z podziałem na wypadki lekkie, ciężkie i śmiertelne oraz ogółem, w odniesieniu do zatrudnionych osób oraz do wartości produkcji budowlanej.

8.4. Wnioski z analizy wypadkowości jako zjawiska niejednorodnego

Analizę wypadkowości w budownictwie jako zjawiska niejednorodnego zamieszczono w podrozdziale 6.4.1 rozprawy. Z przeprowadzonych badań i analiz wynika, że wypadkowość w budownictwie nie jest zjawiskiem w pełni jednorodnym. W kolejnych latach zmienia się bowiem zarówno częstość poszczególnych rodzajów wypadków, jak i ich struktura. Analiza zjawiska niejednorodnego jako kilku niezależnych równolegle

biegnących zjawisk jednorodnych jest dużym uproszczeniem, a uzyskane wyniki badań nie pozwalają w pełni ocenić zmian zachodzących w poziomie zjawiska złożonego.

- Aby ocenić zmiany zachodzące w poziomie bezpieczeństwa pracy, wypadkowość w budownictwie należy badać i analizować jako złożone zjawisko niejednorodne, uwzględniając jednocześnie zmiany zachodzące w częstości poszczególnych rodzajów wypadków i w ich strukturze.
- Wskaźnikami pomocnymi w takim podejściu może być zaproponowany w rozprawie wskaźnik standaryzowanej częstości w odniesieniu do zatrudnionych osób, a także wskaźnik standaryzowanej częstości w odniesieniu do zatrudnionych osób oraz wartości produkcji budowlanej.
- Zaproponowane do oceny wypadkowości wskaźniki standaryzowane są agregatem przedstawiającym w postaci jednej liczby wypadkowość jako zjawisko złożone. Wprowadzenie do oceny wypadkowości wskaźników standaryzowanych znacznie ułatwia obserwowanie zmian zachodzących w wypadkowości w poszczególnych analizowanych okresach. Ułatwia również porównywanie poziomu wypadkowości pomiędzy poszczególnymi przedsiębiorstwami budowlanymi oraz pomiędzy poszczególnymi sekcjami gospodarki narodowej.

8.5. Wnioski z analizy wypadkowości jako zjawiska dynamicznego

W ocenie wypadkowości ważnym czynnikiem jest możliwość porównywania dynamiki zachodzących zmian. W badaniu tempa i intensywności zmian zachodzących w wypadkowości pomocne są indeksy dynamiki. Do oceny dynamiki zmian zachodzących w wypadkowości w budownictwie zaproponowano łańcuchowe i jednopodstawowe indeksy dynamiki częstości i ciężkości wypadków. Analizę wypadkowości za pomocą tych wskaźników zamieszczono w podrozdziale 6.4.3 rozprawy.

- Z przeprowadzonych badań wynika, że łańcuchowe indeksy dynamiki, ze względu na ruchomą bazę porównań, wykazują w kolejnych latach badanego okresu bardzo dużą zmienność. Analiza łańcuchowych indeksów dynamiki pozwala zauważyć nagle, zarówno korzystne, jak i niekorzystne, zmiany w rozwoju wypadkowości, które zaszły w okresie jednego roku. Szczególną uwagę należy zwrócić na nagłe duże wzrosty wartości łańcuchowych indeksów dynamiki. Są one wskazówką, że stan bezpieczeństwa pracy w badanym okresie uległ znacznemu pogorszeniu w stosunku do okresu bezpośrednio go poprzedzającego. Zastosowanie w badaniu i ocenie wypadkowości łańcuchowych indeksów dynamiki powinno być jednym z elementów zarządzania bezpieczeństwem pracy w przedsiębiorstwie budowlanym.
- Analiza jednopodstawowych indeksów dynamiki ze względu na stałą bazę porównań wskazuje na intensywność zmian zachodzących w dłuższym okresie. Efekty podjętych działań w zakresie zmian legislacyjnych, technicznych, orga-

nizacyjnych i technologicznych, mających na celu poprawę bezpieczeństwa pracy, widoczne są dopiero w następnych okresach. Przebieg zmian wartości jednopodstawowego indeksu dynamiki wskazuje, jakie jest tempo i jaka jest reakcja przedsiębiorstwa budowlanego na zmiany wprowadzane w jego systemie bezpieczeństwa.

- W ocenie wypadkowości interesujące jest również, jakie jest tempo zmian zachodzących w wypadkowości w stosunku do tempa zmian zachodzących w wartości produkcji budowlanej. W tym celu do analizy i oceny dynamiki połączonych zjawisk zastosowano wskaźniki zmian dynamicznych, opisane indeksami jednopodstawowymi i łańcuchowymi.

8.6. Analiza przyczynowo-skutkowa wypadkowości w budownictwie

Przebieg wszystkich analizowanych w pracy zjawisk związanych z wypadkowością w budownictwie wskazuje, po korzystnym spadku w latach 1992–2002, na niekorzystny wzrost zjawiska w ostatnich trzech latach badanego okresu. Stwierdzenie, co jest przyczyną takiego kształtowania się zjawisk związanych z wypadkowością, nie jest łatwe. Proces powstawania wypadków jest sekwencją przyczynowo-skutkowego łańcucha zdarzeń, a wypadek jest skutkiem wielu przyczyn występujących w różnych konfiguracjach.

- W badaniach statystycznych przyczyny wypadków w budownictwie podzielone są na osiem grup rodzajowych. Dane liczbowe dotyczące przyczyn sklasyfikowanych w poszczególnych grupach pozwoliły określić zależności występujące pomiędzy liczbami przyczyn a liczbą osób poszkodowanych w wypadkach. Przeprowadzone analizy wykazały, że zależności występujące między liczbą osób poszkodowanych w wypadkach LP a liczbą przyczyn zarejestrowanych w poszczególnych grupach P_g przyczyn wypadków przy pracy w budownictwie mają charakter liniowy. Występują również silne zależności liniowe między liczbami przyczyn zarejestrowanych w poszczególnych grupach przyczyn analizowanymi parami. Zwiększenie liczby przyczyn w jednej grupie wiąże się ze zwiększeniem liczby przyczyn w pozostałych grupach. Można więc jednoznacznie stwierdzić, że zbiór przyczyn, w wyniku którego dochodzi do wypadku przy pracy, jest zbiorem wieloelementowym oraz że liczba osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy w budownictwie zależy od liczby zidentyfikowanych przyczyn wypadków przy pracy.
- Analitycznym modelem przyczynowo-skutkowym wypadkowości w budownictwie jest funkcja liniowa. Analizując wpływ zmian liczby poszczególnych przyczyn (skorelowanych liniowo z pozostałymi przyczynami) na spadek liczby osób poszkodowanych w wypadkach przy pracy w budownictwie, stwierdzono, że największy wpływ na minimalizację tej liczby ma przyczyna P_7 , która oznacza taki stan psychofizyczny pracownika, który nie zapewnia bezpiecznego wyko-

nywania przez niego pracy. Zmniejszenie o 50% liczby przyczyn w grupie P_7 wpływa na zmniejszenie liczby wypadków o 49,5%. Zmniejszenie o 50% liczby przyczyn w grupie P_8 , która oznacza nieprawidłowe zachowanie się pracownika, wpływa natomiast na zmniejszenie liczby wypadków jedynie o 38,5%.

8.7. Wnioski dotyczące działań profilaktycznych

Aby profilaktyka wypadkowa w budownictwie była skierowana we właściwym kierunku, należy znaleźć odpowiedź na pytanie: jakie czynniki występujące w procesach budowlanych powodują zwiększenie liczby przyczyn prowadzących do wypadków przy pracy?

- W łańcuchu zdarzeń prowadzących do wypadku wyróżnia się: zagrożenie, przyczyny pośrednie i bezpośrednie wypadku, niebezpieczne wydarzenie, którego skutkiem jest uraz. W profilaktyce wypadkowej istotna jest wiedza na temat pierwszego elementu znajdującego się w łańcuchu zdarzeń prowadzących do wypadku. Jak wykazują statystyki, prawie 80% przyczyn związanych z powstawaniem wypadków to przyczyny ludzkie. Wiąże się to z faktem, że człowiek w procesie powstawania wypadków występuje w potrójnej roli: jako decydent, jako sprawca i jako poszkodowany. Decyzje, postępowanie i zachowanie się człowieka w sytuacji zagrożenia nie zawsze jest przewidywalne, a w wielu przypadkach jest niemierzalne. Postawa pracowników wobec zagadnień związanych z bezpieczeństwem pracy nosi nazwę kultury bezpieczeństwa. Kultura bezpieczeństwa jest pierwszym elementem w łańcuchu czynników prowadzących do wypadków przy pracy i chorób zawodowych.
- Retrospektywna ocena kultury bezpieczeństwa w budownictwie w badanym w rozprawie przedziale czasu jest raczej niemożliwa. Kształtowanie pożądanej kultury bezpieczeństwa pracy jest działaniem długofalowym i wymaga stosowania odpowiednich narzędzi. Kultura bezpieczeństwa jest przejmowana przez osoby rozpoczynające pracę w przedsiębiorstwie w sposób automatyczny, a często nawet nieświadomy. Informacje o panujących zwyczajach i deklarowanych wartościach związanych z bezpieczeństwem pracy są przekazywane pracownikowi podczas wstępnych rozmów i szkoleń. Dalszą natomiast naukę pobiera on w codziennej pracy i w mniej formalnych kontaktach z innymi pracownikami; wtedy odkrywa, co tak naprawdę jest ważne i przystosowuje swoje zachowanie do rzeczywiście oczekiwanych i nagradzanych sposobów postępowania.

8.8. Proponowane kierunki dalszych badań

Przedstawione w rozprawie wyniki badań własnych i analiz nie wyczerpują wszystkich problemów związanych z wypadkowością. Autorka dostrzega potrzebę

kontynuacji rozwiniętej w rozprawie problematyki, a postulowane kierunki badań są następujące:

1. Dotychczas wypadkowość jest oceniana za pomocą wielu wskaźników uwzględniających różne aspekty tego zjawiska. Kierunkiem następnych, podjętych już, badań jest opracowanie algorytmu służącego do sformułowania agregatowego miernika wypadkowości. Miernik taki będzie uwzględniać wiele różnych jakościowo wskaźników elementarnych, a globalna ocena wypadkowości będzie ujęta w postaci jednej liczby.
2. Ze względu na dużą specjalizację przedsiębiorstw budowlanych w zakresie wykonywanych robót budowlanych warto dalszych badań i analiz jest określenie związku pomiędzy wypadkowością a rodzajem wykonywanych robót. Wyniki takich badań pozwoliłyby określić, z którymi rodzajami robót budowlanych wiąże się największe ryzyko zawodowe i z jakimi czynnikami występującymi w trakcie realizacji tych robót jest ono związane.
3. Urazy, które są skutkiem wypadków przy pracy, kwalifikowane są do lekkich, ciężkich i śmiertelnych. Istotnym, nierozwiązanym dotychczas, zagadnieniem w ocenie wypadkowości – jako zjawiska niejednorodnego – jest określenie współczynników ważności poszczególnych kategorii obrażeń powstałych w wyniku wypadku przy pracy. Opracowanie wiarygodnej i obiektywnej metodyki wyznaczania takich współczynników dla wypadków zakwalifikowanych jako lekkie, ciężkie i śmiertelne, uwzględniającej aspekty ekonomiczne, organizacyjne i moralne wypadków, jest bardzo istotnym czynnikiem w obiektywnej ocenie poziomu bezpieczeństwa pracy w różnych przedsiębiorstwach budowlanych.
4. W prawidłowym zarządzaniu bezpieczeństwem pracy istotne znaczenie ma umiejętność przewidywania skutków wprowadzanych działań profilaktycznych. W rozwiązaniu tego typu zagadnień mogą być pomocne metody sztucznej inteligencji. Metody takie, jak sieci neuronowe czy też algorytmy genetyczne, z powodzeniem sprawdziły się w badaniach innych obszarów naukowych w dziedzinie budownictwa, między innymi w organizacji robót budowlanych [60, 61, 62, 63, 141]. Należy podjąć próbę wykorzystania metody sztucznej inteligencji w prognozowaniu wypadkowości i zarządzaniu bezpieczeństwem pracy w budownictwie.
5. Jak wynika z rozważań zamieszczonych w podrozdziale 3.4.3, istnieją relacje pomiędzy wypadkami przy pracy w budownictwie a awariami i katastrofami budowlanymi. Zbadanie udziału w wypadkowości awarii i katastrof budowlanych, które zdarzyły się w czasie realizacji robót budowlanych, jest kolejnym kierunkiem możliwych badań naukowych.
6. Ze względów praktycznych bardzo przydatne byłoby opracowanie katalogu zagrożeń związanych z robotami budowlanymi. Katalog taki mógłby być pomocny w prowadzeniu szkoleń z zakresu bezpieczeństwa pracy na stanowiskach pracy w budownictwie oraz przy opracowywaniu planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia do realizacji konkretnych obiektów budowlanych.

Literatura

- [1] Abudayyeh O., Federicks T., Palmquist M., Torres H., *Analysis of occupational Injuries and Fatalities in Electrical Contracting Industry*. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, March–April 2003, 152–158.
- [2] Abdelhamid T.S., Everett J.G., *Identifying root causes of construction accidents*. Journal of Construction Engineering and Management, 126, 1, 2000, 52–60.
- [3] Arboleda C., Abraham D., *Fatalities in Trenching Operations- Analysis Using Models of Accident Causation*. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, March–April 2004, 273–280.
- [4] Balasińska-Świtkowska E., *Młodzi w wypadkach przy pracy*. Bezpieczeństwo Pracy, 5, 2006, 2–3.
- [5] Becla A., Zielińska A., *Elementy statystyki i metod ilościowych*. Wydawnictwo I-BIS, Wrocław 2003.
- [6] *Biuletyn statystyczny*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 1993–2006.
- [7] Bojanowski R., *Nowa statystyczna karta wypadku przy pracy*. Bezpieczeństwo Pracy, 7–8, 2005.
- [8] Bojanowski R., *Europejska statystyka wypadków przy pracy*. Bezpieczeństwo Pracy, 7–8, 2006, 12–15.
- [9] Borys T., *Elementy teorii jakości*. PWN, Warszawa 1980.
- [10] Borys T., *Wskaźniki ekorozwoju*. Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok 1999.
- [11] Brenner L., *Accident Investigations-multilinear events sequencing methods*. Journal of Safety Research, 7, 1975.
- [12] Carter G., Smith S.D., *Safety Hazard Identification on Construction Projects*. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, February 2006, 197–205.
- [13] Chua D.K.H., Goh Y.M., *Incident Causation Model for Improving Feedback of Safety Knowledge*. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, July–August 2004, 542–551.
- [14] Cieszyński K. i in., *Przemysłowa produkcja prefabrykatów. Organizacja produkcji*. PWN, Warszawa 1983.
- [15] Czapliński K., Mrozowicz J., *Realizacja obiektów budowlanych podstawy teoretyczne*. Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1982.
- [16] Czapliński K., *O odpowiedzialności prawnej eksperta*. Przegląd Budowlany, 10, 1978, 534–535.
- [17] Diaz R.J., Cambrera D.D., *Safety climate and attitude as evaluation measures of organizational safety*. Accident analysis and prevention, 29 (5), 1997, 643–650.
- [18] Dohn K., *Studium oceny procesu produkcyjnego w przedsiębiorstwie przemysłowym*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2006.
- [19] Drozd W., *Analiza kosztów ponoszonych przez przedsiębiorstwo, wynikających z zaniedbań w dziedzinie bezpieczeństwa pracy*. Prace Naukowe Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej, Technologia i zarządzanie w budownictwie, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2006, 191–198.

- [20] Dudka G., *Rejestrowanie i analiza wydarzeń wypadkowych bezurazowych*. Bezpieczeństwo Pracy, 5, 2005.
- [21] Dudka G., *Rejestrowanie zdarzeń potencjalnie wypadkowych*. Bezpieczeństwo Pracy, 3, 2005.
- [22] *Działalność przedsiębiorstw niefinansowych w 2003 r.* GUS, Informacje i opracowania statystyczne, Warszawa 2003–2004.
- [23] Dyrektywa 89/391/EWG o wprowadzeniu środków w celu zwiększenia bezpieczeństwa i poprawy zdrowia pracowników podczas pracy.
- [24] El-Rayes K., Khalafallah A., *Trade-of between Safety and Cost in Planning Construction Site Layouts*. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, November 2005, 1186–1195.
- [25] Everett J.G., Frank P.B. Jr., *Cost of accidents and injuries to the construction industry*. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 122 (2), 1996, 158–164.
- [26] Fang D.P., Huang X.Y., Hinze J., *Benchmarking Studies on Construction Safety Management in China*. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, May–June 2004, 424–432.
- [27] Filipkowski S., *Powstawanie wypadków przy pracy i zasady profilaktyki*. IWZZ, 1975.
- [28] Fredericks T., Abudayyeh O., Choi S., Wiersma M., Charles M., *Occupational Injuries and Fatalities in the Roofing Contracting Industry*. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, November 2005, 1233–1240.
- [29] Gantar E., *Symboliczne metody klasyfikacji danych*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1998.
- [30] Gilewicz A., *Bezpieczeństwo i ochrona zdrowia przy robotach budowlanych*. Przegląd Budowlany, 6, 2003.
- [31] Gilewicz A., *BIOZ w zamówieniach publicznych*. Przegląd Budowlany, 2, 2007, 44–45.
- [32] Gutenbaum J., *Modelowanie matematyczne systemów*. Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2003.
- [33] Hadicusumo B.H.W., Rowlinson S., *Capturing Safety Knowledge Using Design-for-Safety-Process Tool*. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, March–April 2004, 281–289.
- [34] Hadicusumo B.H.W., Rowlinson S., *Integration of Virtually real construction model and design-for-safety-process Database*. Automation in Construction, Elsevier, 11, 2002, 501–509.
- [35] Hale A.R., Hale M., *A review of industrial accident research*. Her majestys safety office, London 1971.
- [36] Hansen A., *Wypadkoznawstwo na co dzień (accidentologie) – O systemie gałęzi TOL*. Wyd. Ośrodek Szkolenia PIP, Wrocław 1994.
- [37] Hansen A., *Kompleksowa ocena poziomu bezpieczeństwa i higieny pracy*. Instytut Wydawniczy Związków Zawodowych, Warszawa 1988.
- [38] Hansen A., *Zarys wypadkoznawstwa*. Warszawa 1992.
- [39] Haras-Ringdahl L., *Safety analysis. Principles and Practice In occupational safety*. Elsevier, London 1993.
- [40] Hebda A., *Metoda techniczno-ekonomicznej oceny składników oraz uciążliwości ryzyka wystąpienia wypadków przy pracy w kopalniach węgla kamiennego*. Wydawnictwa Akademii Górniczo-Hutniczej, Kraków 2005.
- [41] Heinrich H.W., *Industrial Accidents prevention*. McGraw Hill Book Company, INC., New York, Toronto, London 1959.
- [42] Hejducki Z., *Sprzężenia czasowe w metodach organizacji złożonych procesów budowlanych*. Prace Naukowe Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej, Monografie nr 34, Wrocław 2000.
- [43] Hinze J., Gambatese J., *Factors That Influence Safety Performance of Specialty Contractors*. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, March–April 2003, 159–164.

- [44] Hinze J., Davenport J., Giang G., *Analysis of construction worker Injuries That do not Result in lost time*. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, March 2006, 321–326.
- [45] Hinze J., Huang X., Terry L., *The Nature of Struck-by Accidents*. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, February 2005, 262–268.
- [46] Hoła B., Hejducki Z., *Niektóre aspekty bezpieczeństwa pracy w robotach remontowo-budowlanych*. Problemy remontowe w budownictwie ogólnym. VIII konferencja naukowo-techniczna, Wrocław–Kudowa Zdrój, 2–5 grudnia 1998, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1998, 73–79.
- [47] Hoła B., *Wybrane aspekty bezpieczeństwa pracy w robotach budowlanych remontowo-modernizacyjnych*. Przegląd Budowlany, 6, 1999, 19–22.
- [48] Hoła B., Czarnecki A., *Bezpieczeństwo pracy przy robotach wyburzeniowych*. Przegląd Budowlany, 2, 2000.
- [49] Hoła B., *Accident situation In Polish Construction industry*. International Conference on Developments In Building Technology, Conferencee proceedings, Bratislava, 12–14 September, Slovenska Technicka Univerzita, cop., Bratislava 2001, 31–35.
- [50] Hoła B., *Próba analizy wypadkowości w budownictwie*. Przegląd Budowlany, 5, 2001, 29–32.
- [51] Hoła B., *Analiza sytuacji wypadkowej w polskim budownictwie*. Przegląd Budowlany, 10, 2003, 45–48.
- [52] Hoła B., *Sytuacja wypadkowa w polskim budownictwie w latach 1992–2001. Ekologia w inżynierii procesów budowlanych*. Konferencja naukowa, Lublin–Kazimierz Dolny, 24–26 kwietnia 2003. Instytut Budownictwa i Architektury, Politechnika Lubelska, Lublin 2003, 29–34.
- [53] Hoła B., Mrozowicz J., *Modelowanie procesów budowlanych o charakterze losowym*. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2003.
- [54] Hoła B., *Analisis of accident situation in polish construction industry in period proceding accesion to the European Union*. Journal of Civil Engineering and Management, Vol. X, Supplement 2, 2004, 107–113.
- [55] Hoła B., Sawicki M., *Bezpieczeństwo pracy w robotach remontowych balkonów i loggii*. Materiały Budowlane, 5, 2005.
- [56] Hoła B., *Model of development tendency of accident situation in construction industry*. Archives of Civil Engineering LII, 1, 2006, 177–188.
- [57] Hoła B., *Bezpieczeństwo pracy podczas robót remontowych balkonów i loggii*. W: Remonty i modernizacje balkonów i loggii w budynkach mieszkalnych, red. J. Hoła, M. Sawicki, Centralny Ośrodek Informacji Budownictwa, Warszawa 2006, 87–101.
- [58] Hoła B., *Development tendency for accident situation in building construction*. Archives of Civil and Mechanical Engineering, Vol. VI, No. 3–14, 2006.
- [59] Hoła B., *Zagadnienia bezpieczeństwa przy pracach remontowych*. W: Naprawy i wzmocnienia konstrukcji budowlanych. Konstrukcje żelbetowe. XXI ogólnopolska konferencja „Warsztat pracy projektanta konstrukcji”, Szczyrk 8–11 marca 2006. T. 1. Wykłady, PZITB, Gliwice 2006, 319–364.
- [60] Hoła B., Schabowicz K., *Zastosowanie sztucznych sieci neuronowych do predykcji wydajności układów maszyn do robót ziemnych*. Prace Naukowe Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej, Technologia i zarządzanie w budownictwie. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2006, 101–108.
- [61] Hoła B., Schabowicz K., *Methodology of designing work standards for earthmoving machinery*. W: Vyojove tendencie v technologii stavieb. Medzinarodna konferencia. Zbornik, Bratislava, 13–14 September 2006. Bratislava, Vydavatelstvo STU, 2006, s. 69–74.
- [62] Hoła B., Schabowicz., *Prediction of effectiveness ratios for earthmoving machinery using artificial intelligence*. W: Mezinarodni konference o technologii staveb v podminkach trvale udrzitelneho rozvoje. TECHSTA 2006, Praha, 12–13.X.2006, ČVUT, Praha 2006, s. 25–30.

- [63] Hoła B., Schabowicz K., *Determination of effectiveness ratios for earthmoving machinery using artificial neural networks*. W: Modern building materials, structures and techniques. Proceedings of the 9th international conference, Vilnius, Lithuania, 2007, Technika, Vilnius 2007, 931–936.
- [64] Hoła B., *Przyczyny wypadków a liczba wypadków przy pracy w budownictwie. Problemy naukowo-badawcze budownictwa*. W: Materiały, technologie i organizacja w budownictwie. Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok 2007, 233–240.
- [65] Hoła B., *General model of accident rate growth in the construction industry*. Journal of Civil Engineering and Management, Vol. 13, No. 4, 2007, 255–263.
- [66] Hoła B., *Kultura bezpieczeństwa w budownictwie*. Przegląd Budowlany, 11, 2007, 55–62.
- [67] Hoła B., Schabowicz K., *Neural identification of earthmoving machinery's productivity*. Archives of Civil Engineering LII, 1, 2007, 697–711.
- [68] Hsiao H., Simeonov P., *Preventing falls from roofs, a critical review*. Ergonomics, 5, 2001, 537–561.
- [69] Huang X., Hinze J., *Analysis of Construction Worker Fall Accidents*. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, May–June 2003, 262–271.
- [70] Huang X., Hinze J., *Owner's Role in Construction Safety, Guidance Model*. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, February 2006, 174–181.
- [71] Huang X., Hinze J., *Owners Role in Construction Safety*. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, February 2006, 164–173.
- [72] Irizarry J., Simonsen K.L., Abraham D.M., *Effect of Safety and Environmental Variables on Task Durations in Steel Erection*. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, December 2005, 1310–1319.
- [73] Kanecka M., Skarżyski A., *Uproszczona metoda oceny ryzyka zawodowego na stanowiskach pracy w budownictwie. Bezpieczeństwo i higiena pracy w budownictwie, gospodarce komunalnej i przemyśle, Zespół Organizacji i bezpieczeństwa Pracy Ergbud sp. z o.o., 3, Warszawa 2006*.
- [74] Kanecka M., Skarżyski A., *Zapobieganie zagrożeniom występującym podczas wykonywania robót budowlanych. Plan bezpieczeństwa i ochrony zdrowia. Bezpieczeństwo i higiena pracy w budownictwie, gospodarce komunalnej i przemyśle, Zespół Organizacji i bezpieczeństwa Pracy Ergbud sp. z o.o., 4, Warszawa 2005*.
- [75] Kapliński O., *Wypadkowość w budownictwie w Hong Kongu*. Przegląd Budowlany, 2, 2003, 47–49.
- [76] Kapliński O., *Accident rate on building sites as a quality data in a simulation model of production*. Proceedings of Triennial Conference CIB WO99 Implementation of Safety and Health on Construction Sites, Hong Kong 7–10 May, 2002, 95–101.
- [77] Kapliński O., *Possibilities of the accident rate analysis and it's inclusion in reliability model of production*. Foundations of Civil and Environmental Engineering, No. 2, 2002, 55–68.
- [78] Kasprowicz T., *Metody wyboru technologii i organizacji robót inżynieryjno-budowlanych*. Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 1990.
- [79] Kassyk-Rokicka H., *Statystyka nie jest trudna*. PWE, Warszawa 1986.
- [80] Koehn E., Datta N.K., *Quality, Environmental, and Health and Safety Management Systems for Construction Engineering*. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, September–October 2003, 562–569.
- [81] Kondratowicz L., *Modelowanie symulacyjne systemów*. WNT, Warszawa 1979.
- [82] Koradecka D., *Zagrożenia czynnikami mechanicznymi i szkodliwymi w środowisku pracy*. Praca zbiorowa, CIOP, Warszawa 2000.
- [83] Koradecka D., *Bezpieczeństwo pracy i ergonomia*. Praca zbiorowa, CIOP, Warszawa 1999.
- [84] Kowalczyk Cz., *Metoda oceny bezpieczeństwa pracy w zakładach produkcyjnych*. Praca doktorska, Wydział Inżynierii Produkcji, Politechnika Warszawska, Warszawa 1997.
- [85] Kowalczyk Z., *Metody matematyczne w ekonomice, organizacji i zarządzaniu w budownictwie*. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 1978.

- [86] Kowalski J., *Analiza trendów wypadków przy pracy, chorób zawodowych i zagrożeń w środowisku pracy w okresie transformacji gospodarczej*. Bezpieczeństwo Pracy, 12, 2001.
- [87] Langford D., Rowlings S., Sawacha E., *Safety behavior and safety management, its influence on the attitudes of workers in the UK construction industry*. Engineering, Construction and Architectural Management, 7, 2, 2000, 133–140.
- [88] Lee S., Halpin D.W., *Predictive Tool for Estimating Accident Risk*. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, July–August 2003, 431–436.
- [89] Lewandowski J., *Zarządzanie bezpieczeństwem pracy w przedsiębiorstwie*. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2000.
- [90] Lis T., Nowacki K., *Zarządzanie bezpieczeństwem i higieną pracy w zakładzie przemysłowym*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2005.
- [91] Marcinkowska E., *Problemy decyzyjne w projektowaniu obiektów i procesów budowlanych*. Prace Naukowe Instytutu Budownictwa, Seria monografie, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1986.
- [92] Marcinkowski R., *Metody rozdziału zasobów realizatora w działalności inżynieryjno-budowlanej*. Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 2002.
- [93] Marcinkowski R., *Bezpieczeństwo i ochrona zdrowia na placu budowy*. Cz. I, Przegląd Budowlany, 7–8, 2004, 58–59.
- [94] Marcinkowski R., *Bezpieczeństwo i ochrona zdrowia na placu budowy*. Cz. II, Przegląd Budowlany, 9, 2004, 43–45.
- [95] Marcinkowski R., *Metodyka opracowania planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia dla budowy*. Przegląd Budowlany, 7–8, 2005, 56–65.
- [96] Mazurczak J., *Projektowanie struktur systemów produkcyjnych*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2002.
- [97] Mielczarek M., Najmiec A., *The Relationship Between Workers Safety Culture and Accidents, Near Accidents and Health Problems*. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE), Vol. 10, No. 1, 2004, 25–33.
- [98] Mielczarek M., *Młodzi pracownicy – bezpieczny start*. Bezpieczeństwo Pracy, 1, 2006, 2–4.
- [99] Mitropoulos P., Abdelhamid T.S., Howell G., *Systems Model of Construction Accident Causation*. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, July 2005, 816–825.
- [100] Mitzel A., Stachurski W., Suwalski J., *Awarie konstrukcji betonowych i murowych*. Wyd. 2, Wydawnictwo Arkady, Warszawa 1982.
- [101] Mohammed S., *Empirical investigation of construction safety management activities and performance in Australia*. Safety Science, 1998, 129–142.
- [102] Mohamed S., *Scorecard Approach to Benchmarking Organizational Safety Culture in Construction*. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, January–February 2003, 80–88.
- [103] Mohamed S., *Safety Climate in Construction Site Environments*. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, September–October 2002, 375–384.
- [104] Nawrot T., *O awariach i katastrofach w budownictwie*. Inżynieria i Budownictwo, 12, 2006.
- [105] Niczyporuk Z., *Kształtowanie bezpieczeństwa na przykładzie eksploatacji zmechanizowanych kompleksów ścianowych w kopalniach węgla kamiennego*. Prace Naukowe Głównego Instytutu Górniczego, Katowice 1996.
- [106] Nowak S., *Studia z metodologii nauk społecznych*. PWN, Warszawa 1965.
- [107] Obolewicz J., *Etos bezpiecznego budowniczego*. Przegląd Budowlany, 1, 2004, 26–30.
- [108] Okoń J., *Psychologia bezpieczeństwa pracy*. Instytut Wydawniczy CRZZ, 1974.
- [109] Ostasiewicz S., Rusnak Z., Siedlecka U., *Statystyka. Elementy teorii i zadania*. Wrocław 2001.
- [110] Ostasiewicz S. i in., *Statystyka elementy teorii i zadania*. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Wrocław 1999.

- [111] Ostasiewicz W., *Statystyczne metody analizy danych*. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Wrocław 1999.
- [112] Pawłowska Z., *Harmonizacja statystyk w zakresie wypadków przy pracy w krajach europejskich*. Bezpieczeństwo Pracy, 10, 2002.
- [113] Pawłowska Z., *Jak oceniać funkcjonowanie przedsiębiorstwa w obszarze bezpieczeństwa i higieny pracy*. Bezpieczeństwo Pracy, 2, 2006, 5–7.
- [114] Pawłowska Z., *Wypadki przy pracy według oszacowań Międzynarodowej Organizacji Pracy*. Bezpieczeństwo Pracy, 3, 2005, 8–11.
- [115] Pietrzak L., *Modelowanie wypadków przy pracy* (1). Bezpieczeństwo Pracy, 4, 2002, 3–6.
- [116] Pietrzak L., *Modelowanie wypadków przy pracy* (2). Bezpieczeństwo Pracy, 5, 2002, 6–9.
- [117] PN-N-18002, *Systemy zarządzania bezpieczeństwem pracy. Ogólne wytyczne do oceny ryzyka zawodowego*.
- [118] Pogorzelski W., *Teoria systemów i metody optymalizacji*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1999.
- [119] Podgórski D., Pawłowska Z. (red.), *Podstawy systemowego zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy*. Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2004.
- [120] Pszczółowski T., *Mała encyklopedia prakseologii i teorii zarządzania*, Ossolineum, Wrocław 1978.
- [121] Rączkowski B., *BHP w praktyce*. Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr, Gdańsk 2005.
- [122] *Roczniki statystyczne*. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 1993–2006.
- [123] *Roczniki statystyczne poszczególnych województw Polski*. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 1999–2006.
- [124] Rozporządzenia Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 8 grudnia 2004 r. w sprawie statystycznej karty wypadku przy pracy, Dz. U. Nr 269, poz. 2672.
- [125] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy, Dz. U. Nr 217, poz. 1833.
- [126] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 23 czerwca 2003 r. w sprawie informacji dotyczącej bezpieczeństwa i ochrony zdrowia oraz planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia, Dz. U. Nr 120, poz. 1126.
- [127] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 5 czerwca 2000 r. w sprawie ustalenia wzoru statystycznej karty wypadku przy pracy oraz związanego z nią trybu postępowania, Dz. U. Nr 51, poz. 612.
- [128] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 23 czerwca 2003 r. w sprawie informacji dotyczącej bezpieczeństwa i ochrony zdrowia oraz planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia, Dz. U. Nr 120, poz. 1126.
- [129] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 marca 1997 r. w sprawie Polskiej Klasyfikacji Wyrobów i Usług (PKWiU), Dz. U. Nr 42, poz. 264.
- [130] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy, Dz. U. z 2003 r. Nr 169, poz. 1650.
- [131] Runkiewicz L. i in., *Zagrożenia, awarie i katastrofy budowlane, etap 2000 r.* Instytut Techniki Budowlanej, praca badawcza nr 3.2.0.07 NK-20/00, Warszawa 2000.
- [132] Runkiewicz L., *O awariach i katastrofach budowlanych w Polsce w latach 1962–2004*. Inżynieria i Budownictwo, 4, 2006, 193–195.
- [133] Runkiewicz L., *Przyczyny zagrożeń, awarii i katastrof obiektów budowlanych*. Przegląd Budowlany, 10, 2004, 3–9.
- [134] Rzemkowski Z., *Elementy cybernetyki ekonomicznej*. Akademia Ekonomiczna w Poznaniu, Poznań 1994.

- [135] Rzepecki J., *Ile kosztuje praca*. Sprawy Nauki – miesięcznik publicystyczno-informacyjny 4–5, 2007.
- [136] Rzepecki J., *Koszty i korzyści wdrażania systemów zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy w przedsiębiorstwach*. Bezpieczeństwo Pracy, 12, 2006, 8–12.
- [137] Rzepecki J., *Spółeczne koszty wypadków przy pracy w Polsce*. Bezpieczeństwo Pracy, 7–8, 2005, 34–37.
- [138] Sanicz W., *Koszty pośrednie wypadków*. Przyjaciół przy pracy, 12, 1994, 22–23.
- [139] Sawacha E., Naoum S., Fong D., *Factors affecting safety performance on construction sites*. International Journal of Project Management, 1999, 309–315.
- [140] Sanvido V., Grobler F., Parfitt K., Guvenis R., Coyle M., *Critical success factors for construction projects*. Journal of Construction Engineering and Management, 1992, 94–111.
- [141] Schabowicz K., Hoła B., *Mathematical-neural model for assessing productivity of earthmoving machinery*. Journal of Civil Engineering and Management (J. Civ. Eng. Manag.), Vol. 13, No. 1, 2007, 47–54.
- [142] Słomka A., *Zarządzanie bezpieczeństwem i higieną pracy*. Wydawnictwo Państwowej Inspekcji Pracy, 2005.
- [143] Słomka A., *Ryzyko zawodowe w budownictwie*. GIP, Warszawa 2005.
- [144] *Słownik języka polskiego*. PWN, Warszawa 1978.
- [145] Sobotka A., *Wrażliwość decyzji logistycznych w przedsiębiorstwie budowlanym*. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2000.
- [146] Stala A., Dąbrowski A., *Przykład wdrażania i funkcjonowania systemu monitorowania bezpieczeństwa pracy na placu budowy*. Bezpieczeństwo Pracy, 4, 2006, 28–31.
- [147] Statistical Office of the European Communities, epp.eurostat.ec.europa.eu
- [148] Stecko R., *Bezpieczeństwo pracy w świetle postępu technicznego w górnictwie*. Zeszyty Naukowe AGH, Górnictwo, z. 93, 1976.
- [149] Studencki R., *Teorie przyczynowości wypadkowej i ich empiryczna weryfikacja*. Seria Prace Głównego Instytutu Górnictwa, Główny Instytut Górnictwa, Katowice 1986.
- [150] Studencki R., *Organizacja bezpiecznej pracy w przedsiębiorstwie*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1996.
- [151] Studencki R., *Kultura bezpieczeństwa Polaków i Brytyjczyków*. Atest – Ochrona Pracy, 3, 1999, 43–44.
- [152] Surami A., Duff W.R., Peckitt S.J., *Development of causa model of construction accident causation*. Journal of Engineering and Management, 127, 4, 2001 337–344.
- [153] Szczurowski A., *Wprowadzenie do teorii powstawania wypadków*. Polska Akademia Nauk, Zakład Narodowy Imienia Ossolińskich, Wrocław 1983.
- [154] Szlęzak J., *Zastosowanie teorii katastrof Rene Thoma do analizy wypadkowości*. Proceedings of Miocen, 2005.
- [155] Szlęzak J., Szlęzak N., *Bezpieczeństwo i higiena pracy*. AGH Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2005.
- [156] Szozda R., *Zapobieganie „wypadkom w zatrudnieniu”*. ATEST Ochrona Pracy, 6, Wydawnictwo SIGMA-NOT, 2007, 38–39.
- [157] Szromek A.R., *Wskaźniki ilościowe w ocenie sprawności operacyjnej sanatoriów*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2007.
- [158] Toole T.M., *Construction Site Safety Roles*. Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, May–June 2002, 203–210.
- [159] Twaróg J., *Mierniki i wskaźniki logistyczne*. Instytut Logistyki i magazynowania, Poznań 2003.
- [160] Ustawa *Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej* z dnia 16 lipca 1997 roku, Dz. U. z 1997 r. Nr 78, poz. 483.

-
- [161] Ustawa *Kodeks pracy* z dnia 26 czerwca 1974 roku, Dz. U. z 1998 r. Nr 21, poz. 94.
- [162] Ustawa *Prawo budowlane* z dnia 7 lipca 1994 roku. Ustawa z 2003 r. Nr 207, poz. 2016.
- [163] Ustawa z dnia 30.10.2002 r. o ubezpieczeniach społecznych z tytułu wypadków przy pracy i chorób zawodowych, Dz. U. Nr 199, poz. 1673 ze zm.
- [164] Wanat J., *Bezpieczeństwo i higiena pracy w górnictwie*. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1974.
- [165] Wasilewski Z.J., *BHP na placu budowy*. Arkady, Warszawa 1989.
- [166] Winn G.L., Seaman B., Baldwin J.C., *Fall Protection Incentives in the Construction Industry, Literature Review and Field Study*. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE), Vol. 10, No. 1, 2004, 5–11.
- [167] Wójcicki R., *Wykłady z metodologii nauk*. PWN, Warszawa 1982.
- [168] Wroński J., *Bezpieczeństwo pracy na budowach*. Inżynier budownictwa, Polska Izba Inżynierów Budownictwa, 1, 2007, 28–30.
- [169] *Wypadki przy pracy w latach 1992–2005*. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 1993–2006.
- [170] Wytyczne do systemów zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy ILO-OSH 2001 CIOP, Warszawa 2001.
- [171] Zeliaś A., *Metody statystyczne*. PWE, Warszawa 2000.

Qualitative and quantitative modelling of accident situation in building industry

The building industry is a section of the national economy, which is characterised by the high level of hazards for workers' life and health and the high level of the accident situation. The high level of the accident situation is an effect of the dangerous working conditions, their high changeability and the dangerous behaviors of workers. The employer is obliged to secure the safe working conditions according to the valid law regulations as well as the moral responsibility for the other people. Furthermore, the safe working conditions are the one of the fundamental factors, which decides about the success of a project.

The statistics of the accidents at work are very important in the estimation of the work safety state. They enable to elaborate the indices, which are applied for the estimation of the accident situation and to do the comparative analyses in the scope of the research of the accident situation. In this paper, the accident situation in the building industry was estimated as a static, homogeneous phenomenon, as a static non-homogeneous phenomenon and as a dynamic phenomenon. The own indices of the accident situation were applied for the estimation and the analysis of the accident situation. They take into account the different aspects of the accident situation estimation and they present the accident situation both in the quantitative as well as in the qualitative formulation.

In order to describe the course of particular phenomena, the models of the development tendency of the accident situation in the building industry were elaborated. Furthermore, the reliability estimation of these models was done, and next the conformability of the real and the theoretical course of the examined phenomena was analysed and finally the general conclusion were drawn.

Next, in order to enable the forecast of the accident situation level – according to the number and character of the reasons, which can initiate the accidents at work in the building industry – the analytic reason-effect model of the accident situation was elaborated. On the grounds of the researches, which were done on the elaborated model, it was estimated the effect of the particular reasons on the formation of the number of the accidents at work. The obtained results enable to estimate the directions of the changes that should be introduced in the accident prophylaxis in order to improve the work safety state in the building industry.

The presented in the paper researches extend the scope of the knowledge concerning the accident situation in the building industry. The conclusions and the final remarks have not only the theoretical meaning but also the practical meaning.



PRACE NAUKOWE INSTYTUTU BUDOWNICTWA
(wydane w latach 1998–2008)

- Nr 70, Konferencje nr 23, *Budownictwo betonowe w energetyce*. I Konferencja naukowo-techniczna, Wrocław 1998
- Nr 71, Konferencje nr 24, *Problemy remontowe w budownictwie ogólnym*. VIII Konferencja naukowo-techniczna, Wrocław 1998
- Nr 72, Monografie nr 31, H. Nowak, *Oddziaływanie ciepłego promieniowania środowiska zewnętrznego na budynek*, Wrocław 1999
- Nr 73, Monografie nr 32, A. Ubysz, *Odształcenia plastyczne i samonapężenia w żelbetowych konstrukcjach prętowych*, Wrocław 1999
- Nr 74, Konferencje nr 25, *Problemy projektowania oraz optymalizacja rozwiązań materiałowych i technologii wykonywania obiektów w aspekcie trwałości i ochrony przed korozją*. XI Konferencja OKTRA '99, Wrocław 1999
- Nr 75, Konferencje nr 26, *Materiały kompozytowe – właściwości, wytwarzanie, zastosowanie*. II Konferencja naukowo-techniczna, Wrocław 1999
- Nr 76, Monografie nr 33, J. Hoła, *Napężenia inicjujące i krytyczne a destrukcja naprężeniowa w betonie ściskany*, Wrocław 2000
- Nr 77, Monografie nr 34, Z. Hejducki, *Sprężenia czasowe w metodach organizacji złożonych procesów budowlanych*, Wrocław 2000
- Nr 78, Konferencje nr 27, *Problemy eksploatacji, remontów i wznoszenia budowlanych obiektów energetycznych*. II Konferencja naukowo-techniczna, Wrocław 2000
- Nr 79, Konferencje nr 28, *Diagnostyka, utrzymanie, remonty, modernizacje oraz budowa obiektów budowlanych na terenie Lubńskiego Zagłębia Miedziowego*, Wrocław 2001
- Nr 80, Konferencje nr 29, *Materiały kompozytowe – właściwości, wytwarzanie, zastosowanie*. III Konferencja naukowo-techniczna, Wrocław 2001
- Nr 81, Konferencje nr 30, *Budownictwo w energetyce*. III Konferencja naukowo-techniczna, Wrocław 2002
- Nr 82, Konferencje nr 31, *Problemy remontowe w budownictwie ogólnym i obiektach zabytkowych*, Wrocław 2002
- Nr 83, Monografie nr 35, E. Hotała, *Nośność graniczna nieuźebrowanych cylindrycznych płaszcz-silosów stalowych*, Wrocław 2003
- Nr 84, Konferencje nr 32, *Budownictwo w energetyce*. IV Konferencja naukowo-techniczna, Wrocław 2004
- Nr 85, Monografie nr 36, J. Karyś, *Czynniki materiałowe i technologiczne warunkujące trwałość zbrojonych kompozytów z cementów glinowych w środowisku siarczanowym*, Wrocław 2005
- Nr 86, Studia i Materiały nr 17, *Budownictwo w energetyce*, Wrocław 2006
- Nr 87, Studia i Materiały nr 18, *Technologia i zarządzanie w budownictwie*, Wrocław 2006
- Nr 88, Monografie nr 37, J. Pędziwiatr, *Podstawowe zagadnienia przyczepności stali i betonów w elementach żelbetowych*, Wrocław 2007



BIBLIOTEKA GŁÓWNA

336844 L/1

Budownictwo na tle innych gałęzi s
ryzuje się wysokim poziomem zagro
ników oraz dużą wypadkowością. Za
ków pracy jest wynikiem właściwie podjętych działań profilaktycznych,
sformułowanych na podstawie wcześniej przeprowadzonej analizy
i oceny wypadkowości.

W rozprawie zaproponowano metodykę analizy i oceny wypadko-
wości w budownictwie. Wypadkowość potraktowano jako zjawisko
statyczne jednorodne, zjawisko statyczne niejednorodne oraz jako
zjawisko dynamiczne. Do oceny i analizy wypadkowości zapropono-
wano wskaźniki wypadkowości uwzględniające różne aspekty jej oce-
ny i ujmujące badane zjawiska zarówno w ujęciu jakościowym, jak
i ilościowym. Zbudowano modele tendencji rozwojowej wypadkowości,
dokonano oceny wiarygodności tych modeli, a następnie przeanalizo-
wano zgodność rzeczywistego i teoretycznego przebiegu badanych
zjawisk.

Aby umożliwić przewidywanie poziomu wypadkowości – w zależno-
ści od liczby i charakteru przyczyn mogących inicjować wypadki przy
pracy w budownictwie – opracowano analityczny model przyczynowo-
-skutkowy wypadkowości. Na podstawie badań przeprowadzonych na
opracowanym modelu określono wpływ, jaki poszczególne przyczyny
mają na kształtowanie się liczby wypadków przy pracy.



Wydawnictwa Politechniki Wrocławskiej
są do nabycia w księgarni „Tech”
plac Grunwaldzki 13, 50-377 Wrocław
budynek D-1 PWr., tel. 071 320 29 35
Prowadzimy sprzedaż wysyłkową

ISSN 0324-9875