

Dr inż. Katarzyna Antosz

Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa
Politechnika Rzeszowska
Al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów, Poland
E-mail: katarzyna.antosz@prz.edu.pl

Dr inż. Dorota Stadnicka

Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa
Politechnika Rzeszowska
Al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów, Poland
E-mail: dorota.stadnicka@prz.edu.pl

Wyniki badań dotyczących identyfikacji działań realizowanych w zarządzaniu infrastrukturą techniczną w dużych przedsiębiorstwach

Słowa kluczowe: ankietyzacja, duże przedsiębiorstwa, maszyny, utrzymanie ruchu, zarządzanie

Streszczenie: Działania realizowane w zakresie nadzoru nad infrastrukturą techniczną są szczególnie istotne dla dużych przedsiębiorstw. Powszechnie panuje przekonanie, że w dużych przedsiębiorstwach istnieje duży zakres zadań realizowanych w ramach nadzoru nad infrastrukturą techniczną. Dotychczas przeprowadzone badania wskazują jedynie na stosowane w przedsiębiorstwach strategie nadzoru nad maszynami, jednakże nie wskazuje się, jakie działania są konkretnie realizowane. W rzeczywistości mimo zasad przyjętych dla każdej strategii w praktyce nie są one tak do końca stosowane. Celem badań, których wyniki przedstawiono w niniejszej pracy, było zidentyfikowanie rzeczywistych działań, które są prowadzone w przedsiębiorstwach w zakresie nadzoru nad infrastrukturą techniczną w dużych przedsiębiorstwach. Badania dotyczyły przedsiębiorstw produkcyjnych funkcjonujących w różnych branżach przemysłu na określonym obszarze. Wyniki badań opracowano i przedstawiono w postaci graficznej. Wyniki badań wskazują zarówno na te działania, które są powszechnie realizowane, jak i na te, które rzadko występują w tej grupie przedsiębiorstw.

1. Wprowadzenie

Stan techniczny posiadanej infrastruktury technicznej istotnie wpływa na poziom uzyskiwanej jakości wyrobu i ostatecznej konkurencyjności przedsiębiorstwa. Zagadnienie to jest szczególnie istotne w dużych przedsiębiorstwach, gdzie nagłe przerwy w produkcji spowodowane nieoczekiwanymi awariami narażają przedsiębiorstwa na ogromne straty finansowe [21, 25]. Awarie mogą powodować nagłe zmiany parametrów obróbki, a w rezultacie wyprodukowanie części niespełniających wymagań jakościowych, co zwiększa koszty produkcji. Dodatkowo może to generować koszty związane z niedotrzymaniem terminów realizacji wynikających z zawartych umów. No i oczywiście pozostają jeszcze koszty napraw. Dlatego ważnym zadaniem menedżerów tych przedsiębiorstw jest kształtowanie właściwego poziomu efektywności eksploatacji posiadanej infrastruktury technicznej poprzez realizowanie właściwego zakresu działań.

W prowadzonych dotychczas badaniach ograniczano się do identyfikowania bądź wskazywania strategii nadzoru nad maszynami [28, 33]. Analizowano również sposób ich

doboru i włączenia do strategii organizacji [3, 24]. Prowadzono także badania dotyczące identyfikacji oraz oceny polityki stosowanej przez przedsiębiorstwa w zakresie nadzoru nad infrastrukturą techniczną [31, 34], a w pracy [30] przedstawiono przykłady rozwoju stosowanych dotychczas strategii.

W pracy [4] natomiast autorzy wskazują na konieczność partycypacji personelu w programie utrzymania ruchu. Z kolei w pracy [22] przedstawiono ramy do stosowania nowoczesnej strategii RBM (risk-based maintenance).

Pojawiają się także propozycje zastosowania nowych podejść do nadzoru nad infrastrukturą techniczną [5], czy modele wspierające procesy podejmowania decyzji w stosowaniu określonych strategii [1, 10].

Prezentowano również różne modele optymalizacji działań związanych z utrzymaniem maszyn [23], a także wskaźniki do oceny nadzoru nad maszynami [16 lub za pomocą ankietyzacji identyfikowano te, które są stosowane w praktyce [18]. W pracy [26] dokonano przeglądu literatury pod kątem wskaźników wykorzystywanych do oceny efektywności maszyn w sektorze przemysłowym.

Trudno jest jednakże dotrzeć do badań wskazujących, jakie działania są w rzeczywistości realizowane przez przedsiębiorstwa. Na przykład w pracy [12] przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych w czeskich przedsiębiorstwach rolno-przemysłowych, ale nacisk położono na stosowane systemy informatyczne. Także w pracy [11] wskazano komputerowe systemy wspierające strategię nadzoru nad maszynami.

Autorzy dotarli również do badań, których wyniki przedstawiono w pracy [29]. Autorzy wspomnianej pracy przeanalizowali pięć dużych firm, ale jedynie pod kątem stosowanej strategii condition-based maintenance. Z kolei w pracy [2] przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych wśród szwedzkich przedsiębiorstw. Wskazano między innymi na najchętniej stosowane strategię.

Dostępne są również wyniki badań prowadzonych w małych i średnich przedsiębiorstwach, których celem była identyfikacja czynników mających wpływ na podejmowanie decyzji związanych z doskonaleniem strategii utrzymania ruchu [7]. Natomiast w pracy [8] sklasyfikowano narzędzia wykorzystywane w nadzorze nad maszynami z podziałem na ilościowe i jakościowe.

Znane strategię zarządzania infrastrukturą techniczną wskazują działania, które w ich zakresie należy realizować, jednakże rzeczywistość może wyglądać inaczej.

W niniejszym artykule dokonano przeglądu typowych strategii nadzoru nad maszynami oraz wskazano na działania, które powinny być realizowane w określonych strategiach, a następnie sprawdzono, czy w praktyce te działania są rzeczywiście realizowane.

Następnie przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych w wybranych dużych przedsiębiorstwach ulokowanych na ograniczonym obszarze geograficznym (Polska, woj. Podkarpackie). Badania dotyczyły identyfikacji działań realizowanych w zarządzaniu infrastrukturą techniczną ze szczególnym uwzględnieniem organizacji oraz realizacji czynności prewencyjnych realizowanych przez służby utrzymania ruchu.

2. Przegląd strategii nadzoru nad maszynami i działań realizowanych w ich zakresie

2.1. Rozwój strategii nadzoru nad maszynami

Zorganizowanie systemu produkcyjnego – w szczególności zbioru maszyn i urządzeń – jego użytkowanie oraz reorganizacja lub likwidacja, wiąże się z zastosowaniem określonej strategii eksploatacji i z wdrożeniem odpowiednich metod zarządzania.

Analiza sposobów podejścia do utrzymania w sprawności urządzeń i maszyn, dokonywana w perspektywie czasowej, pozwala na wyróżnienie trzech okresów, które ewolucyjnie przechodzą jeden w drugi [15, 17, 19, 20]:

- I. Okres reaktywnego utrzymania ruchu (**reactive maintenance**) – remonty realizowane są po pojawieniu się uszkodzenia (strategia według uszkodzeń (Corrective Maintenance) – inaczej awaryjne utrzymanie ruchu. Oznacza, że pracownicy czekają do wystąpienia uszkodzenia urządzenia, a następnie przystępują do usuwania awarii.
- II. Okres prewencyjnego utrzymania ruchu (**preventive maintenance**) – planowo-zapobiegawcze remonty (strategia według potencjału eksploatacyjnego (Scheduled Maintenance).
- III. Okres prognostycznego (proaktywnego) utrzymania ruchu (predictive/proactive maintenance) – inspekcje zapobiegawcze, monitorowanie stanu technicznego, udział operatorów urządzeń i maszyn w utrzymaniu ruchu (strategia według stanu – Condition Based Maintenance, według niezawodności – Reliability Centered Maintenance, produktywne utrzymanie maszyn TPM – Total Productive Maintenance).

W przedsiębiorstwie wykorzystywanych jest jednocześnie kilka z nich, często jednak da się wyróżnić podejście dominujące.

2.2. Corrective Maintenance

Podejście do uszkodzeń jest typowym przykładem podejścia reaktywnego w utrzymaniu maszyn. Cechą charakterystyczną tej strategii jest użytkowanie maszyn, aż do momentu zwiększonej intensywności uszkodzeń maszyny lub urządzenia. W ramach tej strategii najczęściej stosowana jest metoda remontów pouszkodzeniowych, która polega na wykonaniu remontu dopiero po wystąpieniu uszkodzenia powodującego utratę zdolności do dalszego użytkowania. Zakres remontu pouszkodzeniowego określa się na podstawie przeglądu przeprowadzonego po wystąpieniu uszkodzenia i obejmuje on zabiegi i czynności, których wykonanie gwarantuje przywrócenie obiektowi stanu zdatności. Metoda ta stosowana jest tylko dla tych maszyn i urządzeń, gdzie następstwa uszkodzeń nie powodują zagrożenia, nie naruszają zasad bezpieczeństwa pracy i nie zwiększają kosztów eksploatacji [9, 13].

2.3. Scheduled Maintenance

Podejście to nazywane często systemem prac zapobiegawczo-remontowym jest jedną ze skuteczniejszych metod zarządzania parkiem maszyn technologicznych. Głównym wyznacznikiem wykorzystania tego podejścia jest **resurs eksploatacyjny** (zasób ustalony) będący jednym z ważniejszych wskaźników jakości eksploatacji obiektów mechanicznych w teorii i praktyce eksploatacyjnej. Resurs jest miarą zdolności obiektu do realizacji wyróżnionych rodzajów użytkowania. Dla każdego obiektu mechanicznego wyznaczyć można taki zasób pracy L wyrażony, np. liczbą godzin pracy, po której wymaga on określonego rodzaju obsługi technicznej (OT1, OT2, ...) lub wymiany na nowy. Dla właściwej (optymalnej) pracy obiektu bardzo istotnym problemem jest tutaj ustalenie wartości resursów międzyobsługowych, czyli okresowej obsługi i jej zakresów [6, 9, 13].

2.4. Condition Based Maintenance

Podejście według stanu polega na kontrolowaniu stanów technicznych maszyn i opracowywaniu na tej podstawie informacji diagnostycznych, umożliwiających podejmowanie racjonalnych decyzji w systemie eksploatacji oraz w jego otoczeniu. Możemy wyróżnić dwa sposoby oceny stanu technicznego: ciągły (monitorowanie stanu) lub okresowy w wy-

branych chwilach czasu – różna odległość czasowa pomiędzy kolejnymi ocenami [13, 14]. Dzięki takiemu podejściu możliwe jest prowadzenie eksploatacji niemalże do momentu wystąpienia uszkodzenia. Rozwiązanie takie z reguły najbardziej korzystne jest również z punktu widzenia ekonomii [15, 32].

Proces ciągłego monitorowania ma wiele zalet takich jak: wydłużenie okresów międzyremontowych (zwiększona wydajność i zmniejszone koszty remontowe), rzeczywista zwiększona eliminacja nieoczekiwanych awarii (zwiększona niezawodność, a w efekcie wydajność), eliminacja następczych zniszczeń (np. proste uszkodzenie łożyska kończy się zniszczeniem przekładni), eliminacja strat podzespołowych (nie dochodzi do wymiany części nienaprawialnych), zmniejszenie magazynu części zamiennych (metoda wskazuje wymagane części zamienne), skrócenie czasu naprawy (planowanie koniecznych operacji) [6].

2.5. Podejście mieszane

W praktyce bardzo często bazuje się na częściowym sztywnym planie działań, a częściowo na realizowanej ciągle bądź okresowo diagnostyce [27, 32].

2.6. Działania podejmowane w ramach określonych strategii nadzoru nad maszynami

W tabeli 1 przedstawiono działania, jakie zakłada przyjęcie określonej strategii nadzoru nad maszynami. Działania te podzielono, jako realizowane przez służby utrzymania ruchu, operatora oraz automatyczne. Dodatkowo określono narzędzia wspomagające realizację określonej strategii.

Tabela 1. Działania przyjęte dla określonych strategii zarządzania infrastrukturą techniczną

Strategia nadzoru	Działania realizowane przez służby utrzymania ruchu	Działania realizowane przez operatora	Działania realizowane automatycznie	Stosowane narzędzia dodatkowe
Podejście według potencjału eksploatacyjnego (Scheduled Maintenance, Preventive Maintenance) PM	Realizowanie konserwacji, przeglądów i remontów maszyn zgodnie z liczbą pracowanych godzin	Zgłaszanie nieprawidłowości pracy maszyny	Rejestracja czasu pracy maszyny	Harmonogram pracy maszyny
Podejście według potencjału stanu (Condition based maintenance) CBM	Analiza stanu technicznego maszyn, ciągłe monitorowanie stanu maszyn	Bieżąca analiza stanu technicznego, zgłaszanie nieprawidłowości pracy maszyny	Zbieranie i analiza danych dotyczących parametrów technicznych maszyny (np. drgania, hałas, dokładność obróbki)	Analiza hałasu drgań, temperatury, wibracji itp.
Podejście według efektywności (Corrective maintenance) CM	Bieżące usuwanie awarii, identyfikacja przyczyny awarii oraz jej usunięcie	Zgłaszanie nieprawidłowości pracy maszyn	Rejestracja nieprawidłowości	-
Podejście mieszane (Mixed Strategy) MS	Realizowanie konserwacji, przeglądów i remontów maszyn, analiza stanu technicznego maszyn, ciągłe monitorowanie stanu maszyn	Bieżąca analiza stanu technicznego, zgłaszanie nieprawidłowości w pracy maszyn	Rejestracja czasu pracy maszyny, zbieranie i analiza danych dotyczących parametrów technicznych maszyny (np. drgania, hałas, dokładność obróbki)	Harmonogram pracy maszyny. Analiza hałasu drgań, temperatury, wibracji itp.
Outsourcing O	Brak - Prace realizowane przez służby zewnętrzne	Bieżąca analiza stanu technicznego	-	-

Wskazane działania powinny być realizowane przy stosowaniu określonej strategii. Jak jednak wynika z doświadczeń autorów nie zawsze tak jest, stąd też decyzja dotycząca przeprowadzenia badań zaprezentowanych w niniejszej pracy.

3. Przedmiot i metodyka badań

Zidentyfikowane i przedstawione w tabeli 1 działania poddane zostały weryfikacji poprzez badania przeprowadzone w zakresie nadzoru nad infrastrukturą techniczną w dużych przedsiębiorstwach. Badania dotyczyły przedsiębiorstw produkcyjnych funkcjonujących w różnych branżach przemysłu na określonym obszarze. Jako szczegółowy przedmiot badań analizie poddano określone w tabeli 2 obszary zarządzania infrastrukturą przedsiębiorstwa.

Tabela 2. Obszary zarządzania infrastrukturą objęte badaniami

Lp.	Obszar zarządzania infrastrukturą	Badany element zarządzania infrastrukturą
1.	Sposoby nadzoru nad maszynami technologicznymi	<ul style="list-style-type: none"> – Rodzaj i zakres wykonywanych prac – Odpowiedzialni za nadzór nad maszynami
2.	Rodzaje informacji dotyczących maszyn zbieranych w przedsiębiorstwach	<ul style="list-style-type: none"> – Rodzaje przestojów pojawiające się w firmie – Zbierane informacje – Osoby odpowiedzialne za zbieranie informacji – Sposób rejestrowania informacji
3.	Działania podejmowane w celu minimalizacji nieprzewidzianych przestojów maszyn	<ul style="list-style-type: none"> – Rodzaj podejmowanych działań

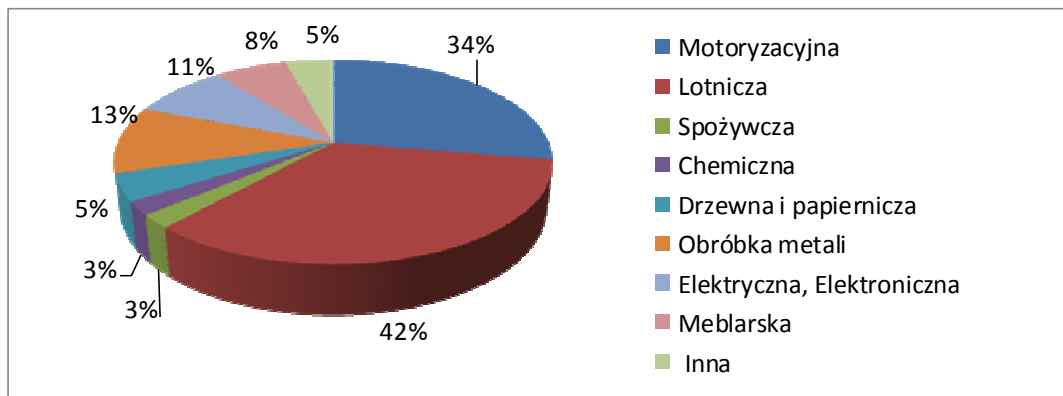
W badanym obszarze (woj. Podkarpackie) w roku 2010, kiedy rozpoczynano badania, było zarejestrowanych 152 618 przedsiębiorstw, w tym 202 dużych przedsiębiorstw (dane Urzędu Marszałkowskiego Województwa Podkarpackiego, Departament Strategii i Planowania Przestrzennego). W trakcie prowadzonych badań przedsiębiorstw przyjęto następujące kategorie identyfikacji populacji: branża oraz typ produkcji. Do badań zaproszono 150 przedsiębiorstw. Obiektem badań mogło być przedsiębiorstwo, zakład, bądź wydział tego przedsiębiorstwa posiadające własną strategię i rozliczane z uzyskiwanych osiągnięć. Z przeprowadzonych badań zebrano 46 ankiet.

Badania przeprowadzono w formie wywiadów. W badaniach uczestniczyli przedstawiciele średniego i najwyższego kierownictwa oraz pracownicy bezpośrednio odpowiedzialni za proces nadzorowania maszyn i urządzeń technologicznych w firmie, a także wybrani operatorzy maszyn. Badania realizowane były w formie koniunktywnych pytań zamkniętych, które zawierały listę przygotowanych, z góry przewidzianych odpowiedzi przedstawionych respondentowi, umożliwiającą dokonanie wyboru więcej niż jednej z podanych na nie możliwych odpowiedzi. Dodatkowo można było udzielić innych odpowiedzi, jeżeli nie znajdowały się one w przygotowanych opcjach.

4. Struktura badanych przedsiębiorstw

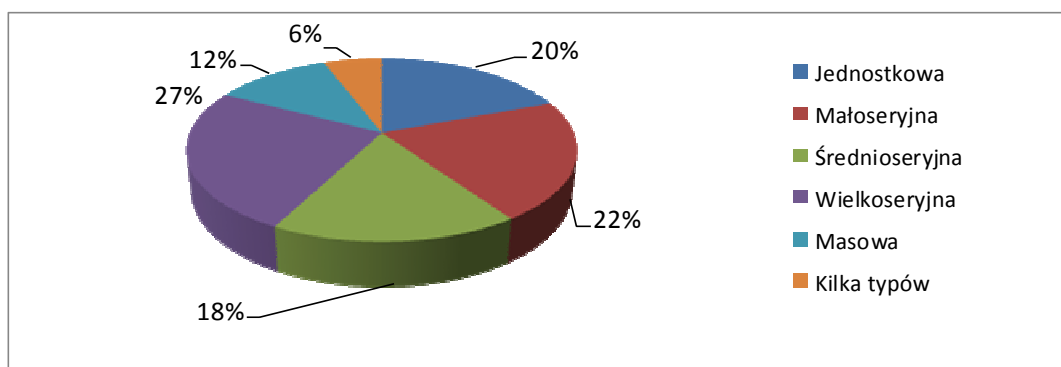
W trakcie prowadzonych badań przedsiębiorstwa klasyfikowano według następujących kryteriów: branża, typ produkcji, typ własności przemysłowej (rodzaj kapitału), struktura infrastruktury technicznej.

Najwięcej firm, bo aż 42% (rys. 1) stanowiły firmy z branży lotniczej, 34% to firmy branży motoryzacyjnej. Pozostałe branże to, m.in. obróbka metali, chemiczna, drzewna i papiernicza oraz spożywcza.



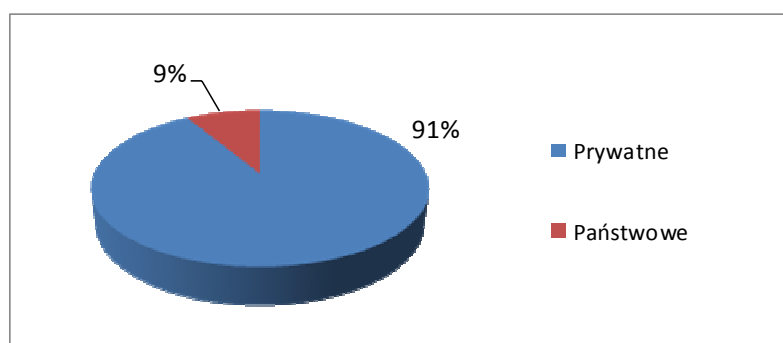
Rys. 1. Struktura przedsiębiorstw według branży

Na rysunku 2 przedstawiono strukturę przedsiębiorstw, w których prowadzone były badania, według typów produkcji. Wśród badanych przedsiębiorstw najczęściej było organizacje, w których dominowała produkcja wielkoseryjna – 27%. W 6% badanych przedsiębiorstw występuje kilka typów produkcji jednocześnie.

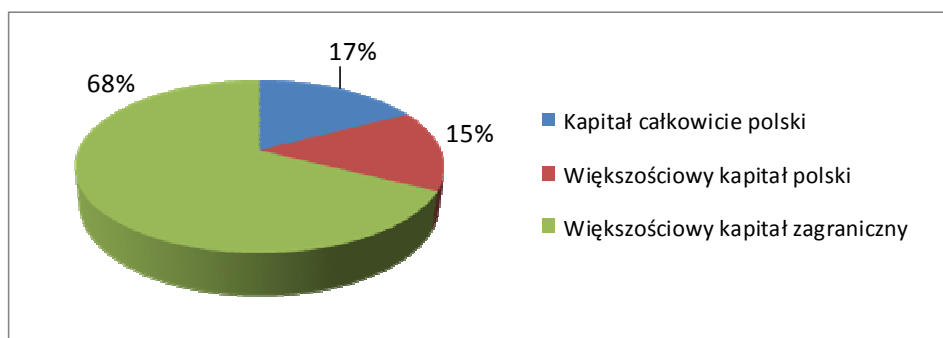


Rys. 2. Struktura przedsiębiorstw według typów produkcji

Większość badanych firm (91%) to przedsiębiorstwa prywatne, pozostałe zaś (9%) państwowe (rys. 3). 68% z nich posiadała większościowy kapitał zagraniczny, 15% większościowy kapitał krajowy, natomiast 17% z nich to firmy z kapitałem całkowicie polskim (rys. 4). W większości przedsiębiorstw wykorzystywane są przede wszystkim maszyny CNC (rys. 5).

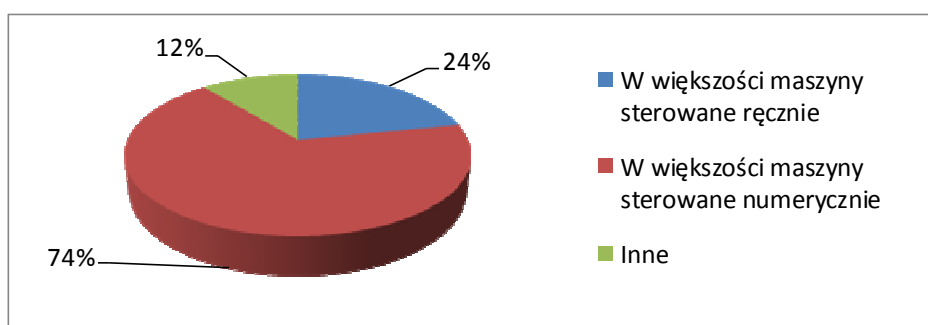


Rys. 3. Rodzaj własności badanych przedsiębiorstw



Rys. 4. Rodzaj kapitału badanych przedsiębiorstw

W większości badanych przedsiębiorstwach dominujące były maszyny sterowane numerycznie (74%). A wśród innych urządzeń technicznych wymieniano, m.in. automaty.



Rys. 5. Rodzaj posiadanych maszyn w badanych przedsiębiorstwach

Większość z badanych przedsiębiorstw, bo aż 72% ocenia swoją sytuację, jako rozwijającą, a 28% przedsiębiorstw, jako stabilną. Żadna z firm nie oceniła swojej sytuacji, jako trudnej.

5. Wyniki przeprowadzonych badań

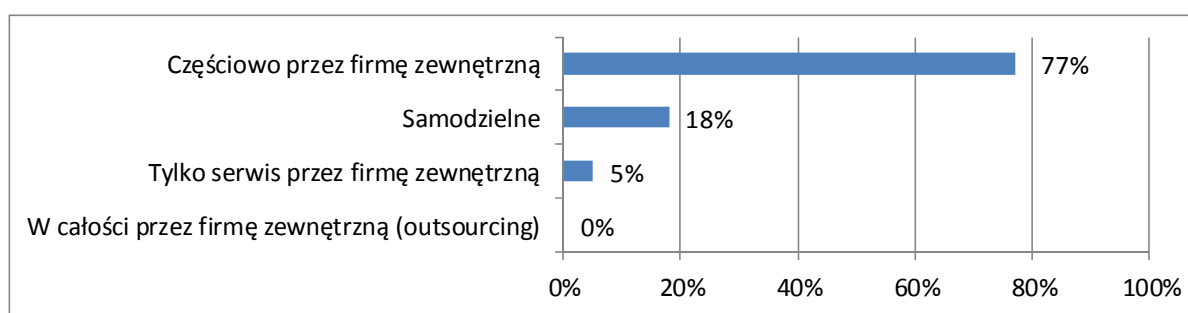
5.1. Sposoby nadzoru nad maszynami technologicznymi

Z przeprowadzonych badań wynika, że zaledwie jedna z badanych firm stosuje tylko strategię opartą na usuwaniu awarii (rys. 6). Do najczęściej stosowanych strategii należy natomiast realizowanie planowych przeglądów przez służby utrzymania ruchu – 65% badanych firm ją stosuje. 63% firm wdrożyło ocenę stanu technicznego przez operatora przed przystąpieniem do pracy. Z dodatkowych danych wynika, że jest także np. stosowane comiesięczne czyszczenie maszyn i ich ogólny przegląd.

W większości firm (77%) działania związane z maszynami częściowo realizowane są przez firmy zewnętrzne, ale żadna z firm nie zleca całości prac związanych z nadzorem nad parkiem maszyn technologicznych firmie zewnętrznej na zasadzie outsourcingu (rys. 7).



Rys. 6. Sposoby nadzoru nad maszynami technologicznymi



Rys. 7. Sposób realizacji działań związanych z utrzymaniem infrastruktury technicznej

18% firm proces nadzoru nad maszynami realizuje samodzielnie, a w 5% przypadków prace związane z nadzorem nad maszynami realizowane są tylko w ramach serwisu przez firmy zewnętrzne.

5.2. Rodzaje informacji dotyczących maszyn rejestrowane w przedsiębiorstwach

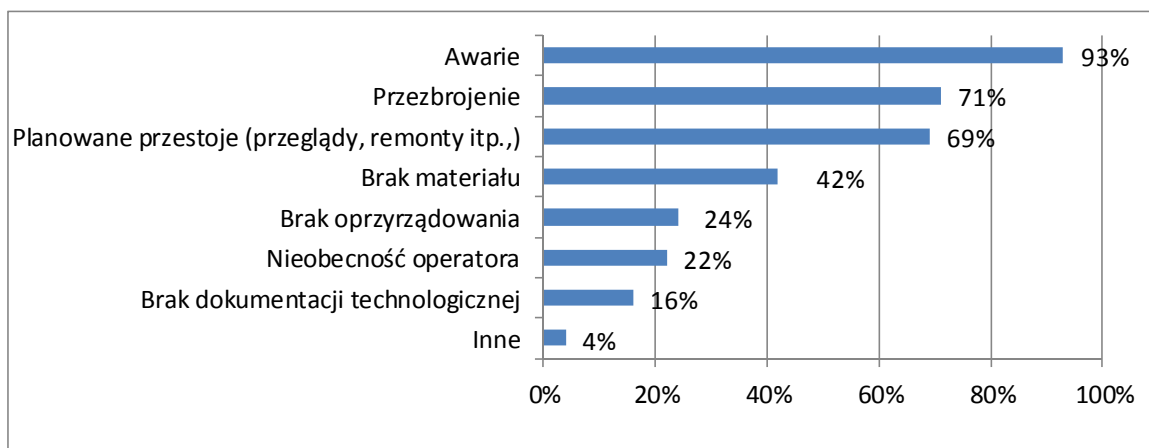
Decyzje dotyczące działań podejmowanych w ramach nadzoru nad parkiem maszyn technologicznych powinny być podejmowane na podstawie faktów. Można więc powiedzieć, że efektywność procesu zarządzania infrastrukturą techniczną w dużej mierze zależy od rodzaju oraz ilości informacji zbieranych o maszynach. Gdyż, jeżeli nie wiemy, że są problemy oraz gdzie one występują nie możemy ich eliminować, ani im zapobiegać.

Jak wskazuje autor w pracy [13] gromadzenie potrzebnych informacji, podejmowanie właściwych decyzji w odpowiednim czasie oraz zapewnienie celowego działania i reagowania są ciągłym wyzwaniem dla systemu informacji organizacji.

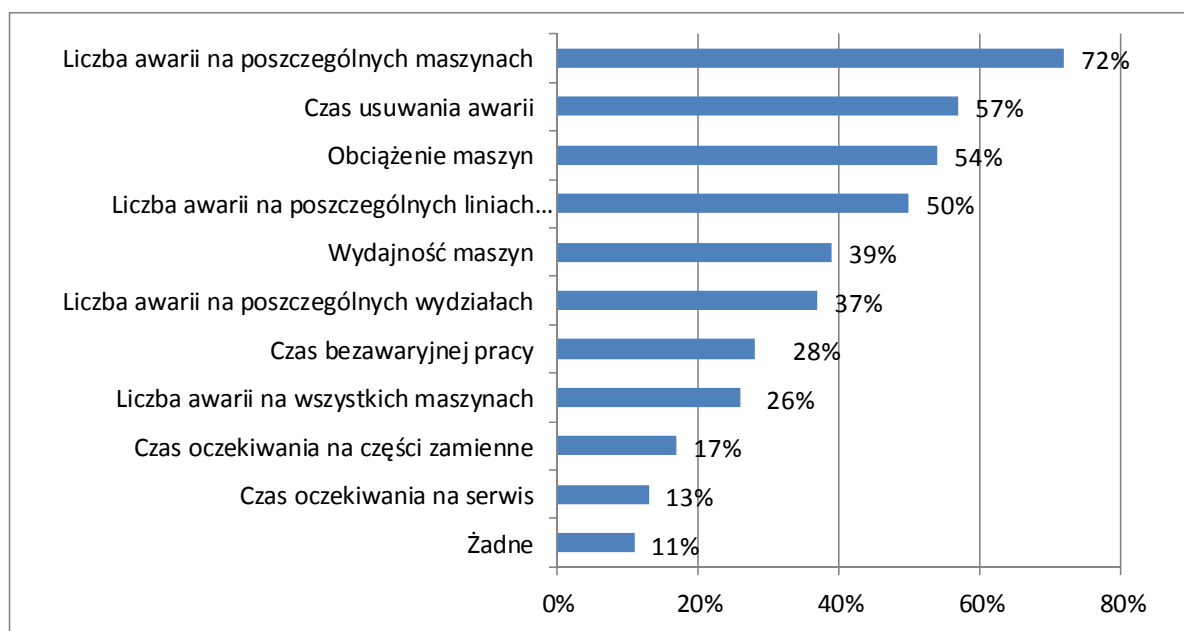
Jedną z grup informacji, które powinny być rejestrowane w firmach, to informacje o przestojach. Z przeprowadzonych badań wynika, że najczęściej rejestrowanymi rodzajami przestojów są awarie maszyn (rys. 8), na co wskazuje 93% badanych przedsiębiorstw. W 71% firm rejestrowane są przestoje spowodowane przezbrojeniami.

W przedsiębiorstwach zbierane są różne rodzaje informacji dotyczących maszyn. Dotyczą one zarówno pojedynczych stanowisk roboczych, jak również linii czy wydziałów pro-

dukcyjnych. Dotyczą zarówno czasu bezawaryjnej pracy maszyn, czasu oczekiwania na serwis, części zamiennych do maszyn, wydajności jak i obciążenia maszyn. Prowadzone badania wykazały, że informacje, które najczęściej są zbierane w firmach w celu ułatwienia realizacji działań związanych z maszynami to liczba awarii na poszczególnych maszynach (72%). Na rysunku 9 przedstawiono również inne zbierane informacje oraz udział procentowy przedsiębiorstw, które te informacje rejestrują.



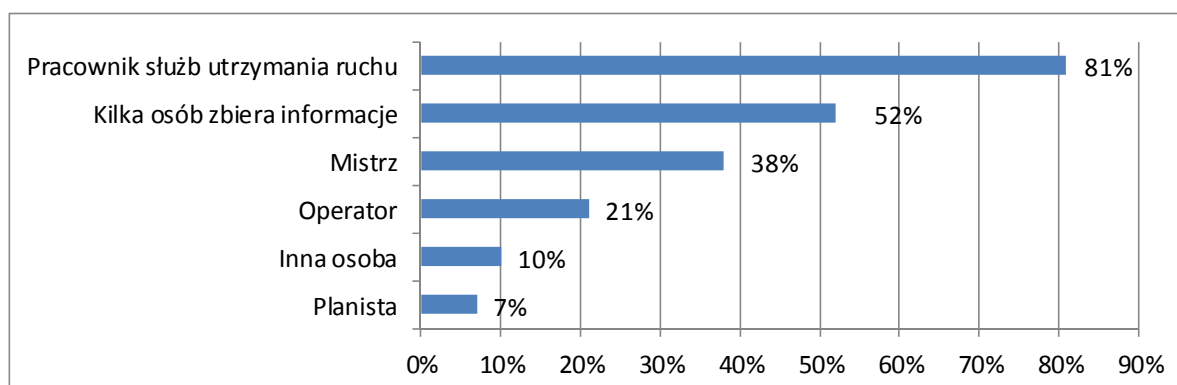
Rys. 8. Rodzaje przestojów rejestrowane w przedsiębiorstwach



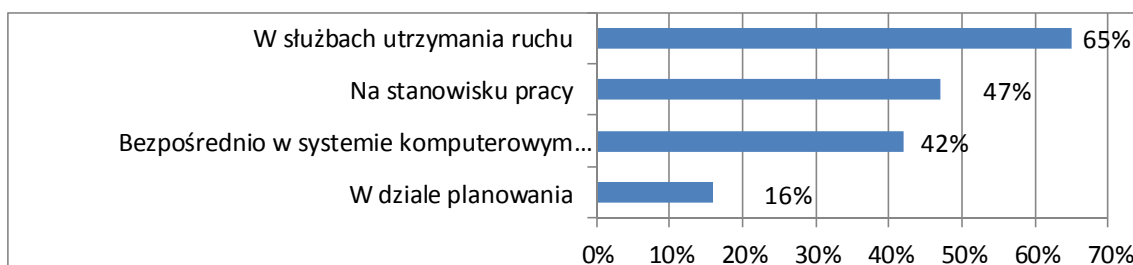
Rys. 9. Rodzaje informacji dotyczących maszyn zbierane w przedsiębiorstwach

Ważnym elementem kompletności i wiarygodności uzyskiwanych danych jest określenie właściwego, skutecznego sposobu ich zbierania i rejestrowania. W większości firm (81%) osobą odpowiedzialną za zbieranie informacji o maszynach jest pracownik służb utrzymania ruchu (rys. 10). Przy czym warto zaznaczyć, że w 52% firm kilka osób zbiera i rejestruje informacje. Może pojawić się pytanie, czy te same informacje rejestrowane są przez różne osoby i czy w takiej sytuacji dane się ze sobą pokrywają. W przeprowadzonych badaniach nie zostało to jednak sprawdzone. Wśród innych osób zaangażowanych do zbierania informacji wymieniono np. specjalistę ds. ciągłego doskonalenia w firmie czy technologa.

W 65% przypadków miejscem rejestrowania informacji dotyczących maszyn jest dział utrzymania ruchu (rys. 11). W 42% firm informacje wprowadzane są bezpośrednio do systemu informatycznego, np. przez kiosk informatyczny znajdujący się na hali produkcyjnej.



Rys. 10. Osoby odpowiedzialne za zbieranie informacji dotyczących maszyn w przedsiębiorstwach



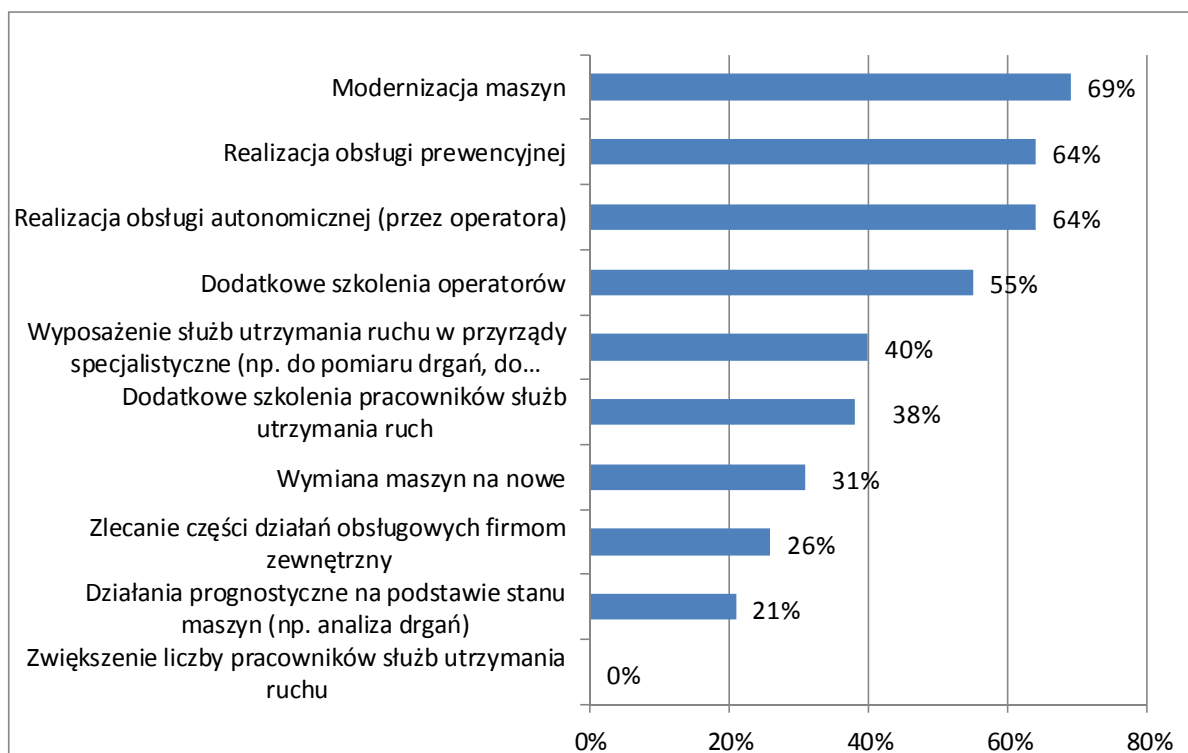
Rys. 11. Miejsce zbierania informacji dotyczących maszyn w przedsiębiorstwach

Tylko w 16% firm informacje dotyczące maszyn rejestrowane są w dziale planowania.

5.3. Działania podejmowane w celu minimalizacji nieprzewidzianych przestoju maszyn

Ważnym elementem działalności służącej minimalizacji przestoju maszyn, jest realizowanie właściwych działań. Działania te realizowane mogą być zarówno przez operatora bezpośrednio na maszynie, bądź też przez służby w przedsiębiorstwie do tego celu powołane.

Badania wykazały, że do działań najczęściej podejmowanych w celu minimalizacji nieprzewidzianych postojów możemy zaliczyć (rys. 12) modernizację maszyn (69%), realizację obsługi prewencyjnej (64%) oraz realizację obsługi autonomicznej przez operatora (64%).



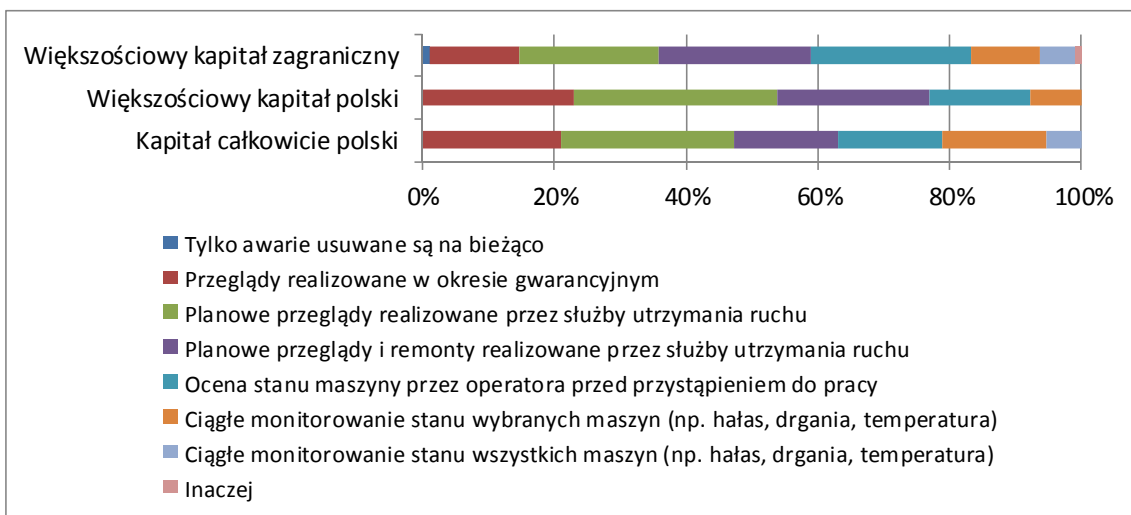
Rys. 12. Działania podejmowane w celu minimalizacji nieprzewidzianych postojów maszyn

Tylko 31% firm wskazało, że decyduje się na wymianę maszyn na nowe, a żadne z badanych przedsiębiorstw nie zwiększa zatrudnienia pracowników służb utrzymania ruchu, aby przeciwdziałać nieprzewidywalnym przestojom.

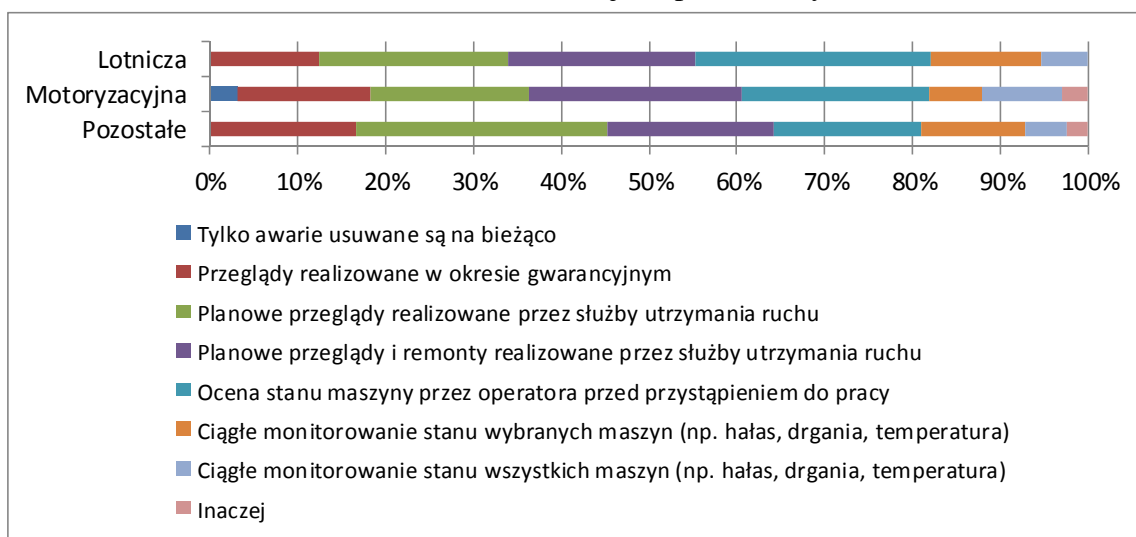
5.4. Analiza danych

W dalszych analizach autorzy poszukiwali zależności pomiędzy:

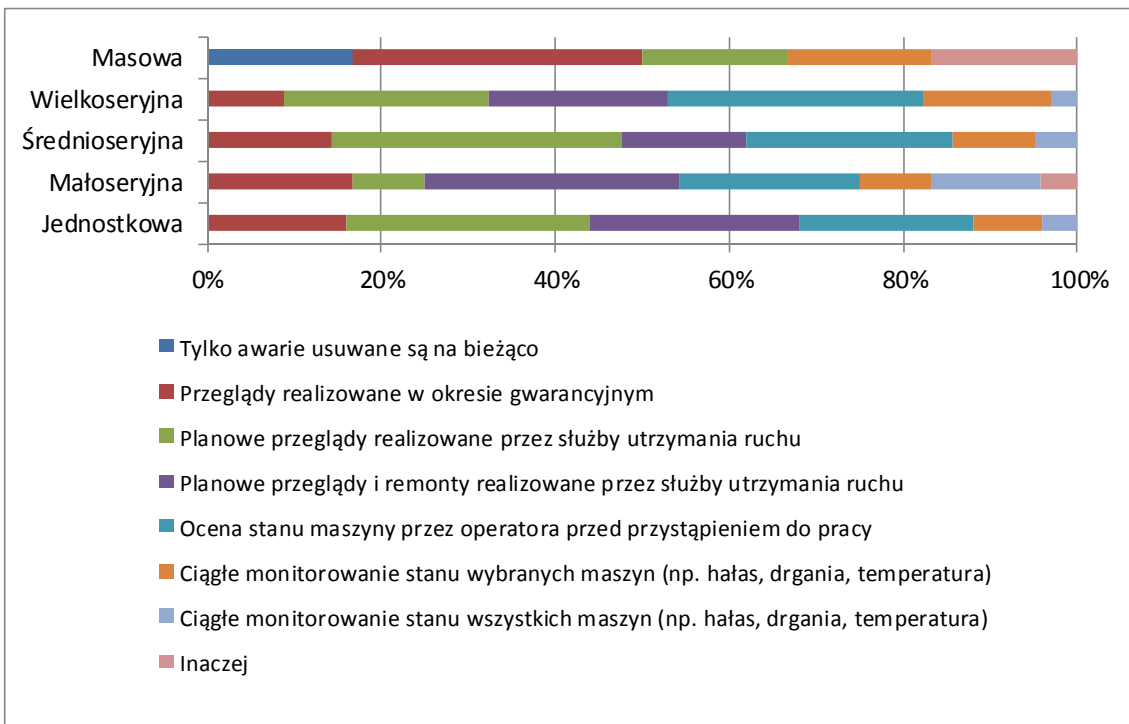
- rodzajem kapitału, a rodzajem podejmowanych działań (rys. 13),
- branżą, w jakiej firma działa, a rodzajem podejmowanych działań (rys. 14),
- realizowaną wielkością produkcji, a rodzajem podejmowanych działań (rys. 15),
- rodzajem kapitału, a informacjami dotyczącymi infrastruktury, które są gromadzone w organizacji (rys. 16),
- branżą, w jakiej firma działa, a informacjami dotyczącymi infrastruktury, które są gromadzone w organizacji (rys. 17),
- realizowaną wielkością produkcji, a informacjami dotyczącymi infrastruktury, które są gromadzone w organizacji (rys. 18).



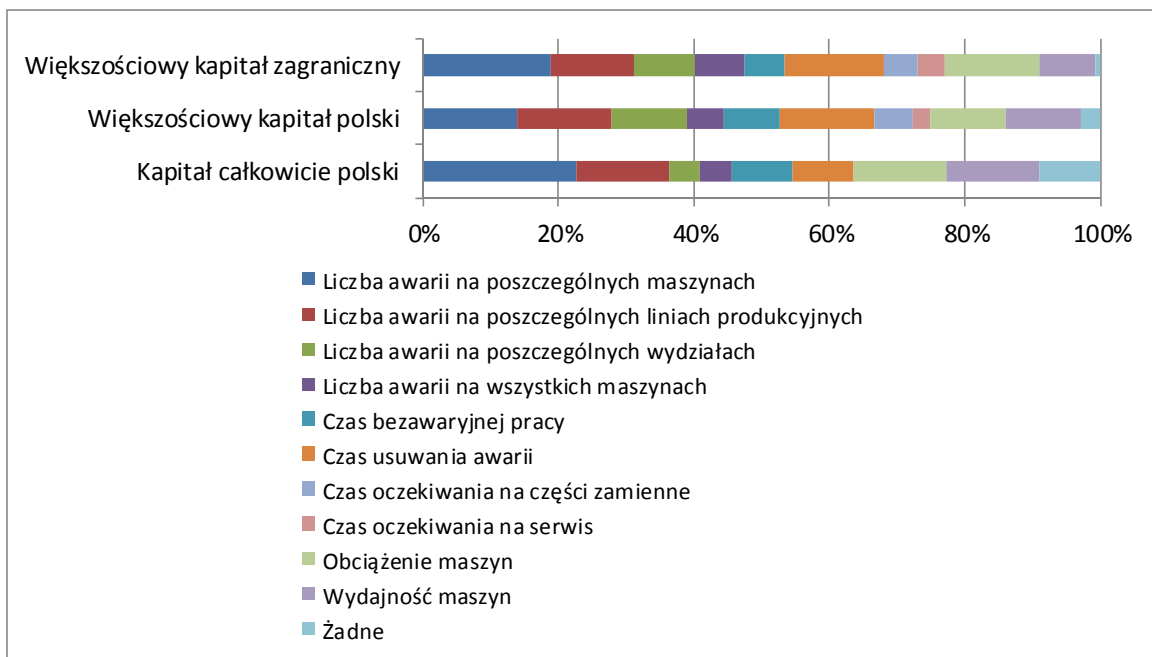
Rys. 13. Działania podejmowane w celu minimalizacji nieprzewidzianych postojów maszyn w zależności od rodzaju kapitału firmy



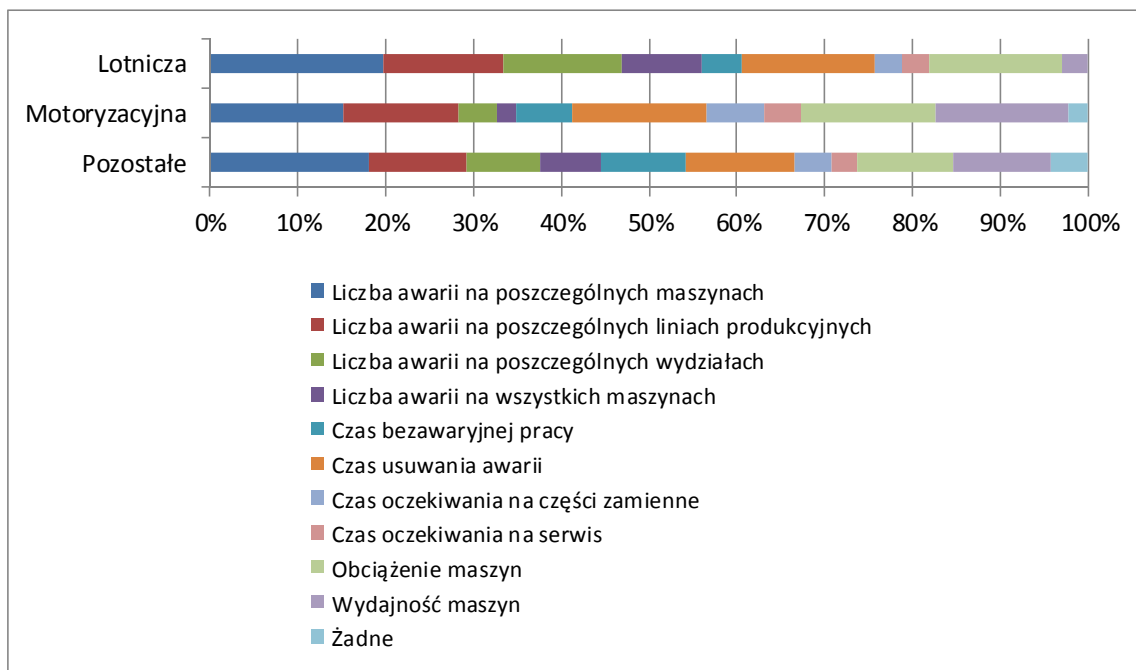
Rys. 14. Działania podejmowane w celu minimalizacji nieprzewidzianych postojów maszyn w zależności od branży



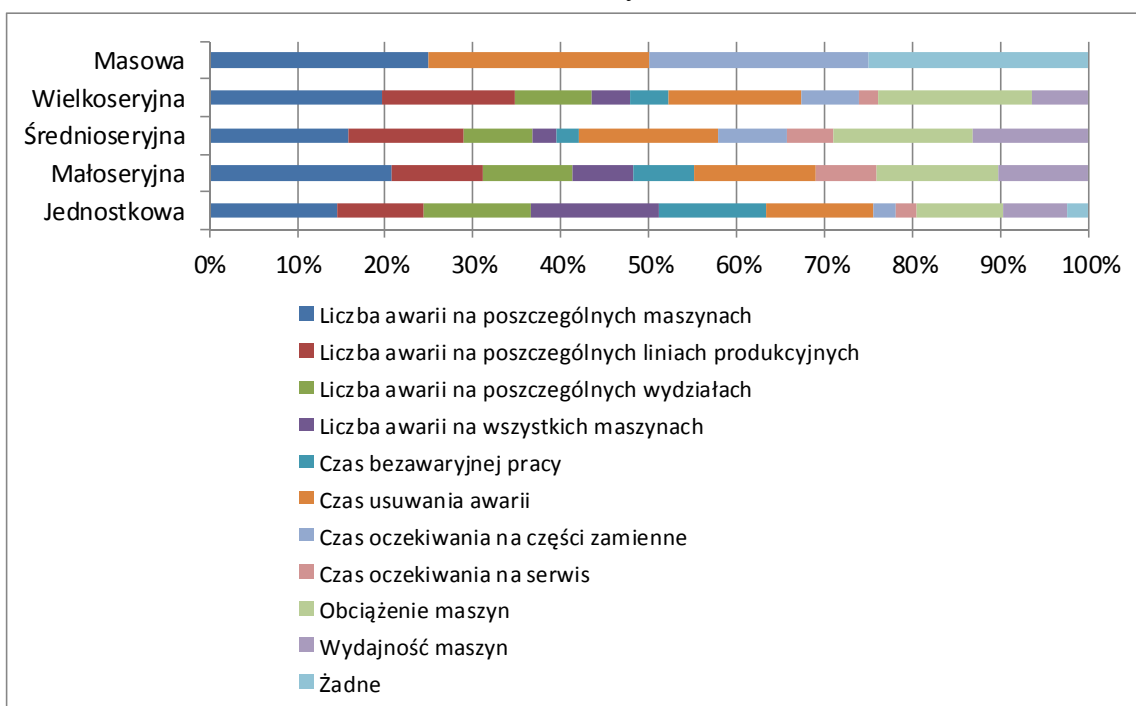
Rys. 15. Działania podejmowane w celu minimalizacji nieprzewidzianych postojów maszyn w zależności od wielkości produkcji



Rys. 16. Informacje dotyczące infrastruktury rejestrowane w przedsiębiorstwie w zależności od rodzaju kapitału firmy



Rys. 17. Informacje dotyczące infrastruktury rejestrowane w przedsiębiorstwie w zależności od branży



Rys. 18. Informacje dotyczące infrastruktury rejestrowane w przedsiębiorstwie w zależności od wielkości produkcji

Dla przedstawionych danych przeprowadzono analizy χ^2 , aby ocenić czy istnieje statystycznie uzasadniony wpływ branży, rodzaju posiadanego kapitału, czy wielkości produkcji na działania podejmowane w zakresie nadzoru nad infrastrukturą, czy gromadzone informacje. Analizy przeprowadzone z wykorzystaniem programu Minitab 16, a wyniki przedstawiono w tab.3.

Tabela 3. Postawione hipotezy oraz uzyskane wartości *P-value*

Lp.	Hipoteza	<i>P-value</i>
1.	Nie ma różnicy pomiędzy rodzajem działań podejmowanych przez przedsiębiorstwa z kapitałem polskim lub większościowym kapitałem polskim, a przedsiębiorstwa z kapitałem zagranicznym	0,726
2.	Nie ma różnicy pomiędzy rodzajem działań podejmowanych przez przedsiębiorstwa z różnych branż	0,941
3.	Nie ma różnicy pomiędzy rodzajem działań podejmowanych przez przedsiębiorstwa realizujące różną wielkość produkcji	0,755
4.	Nie ma różnicy pomiędzy informacjami rejestrowanymi przez przedsiębiorstwa z kapitałem polskim lub większościowym kapitałem polskim, a przedsiębiorstwa z kapitałem zagranicznym	0,811
5.	Nie ma różnicy pomiędzy informacjami rejestrowanymi przez przedsiębiorstwa z różnych branż	0,798
6.	Nie ma różnicy pomiędzy informacjami rejestrowanymi przez przedsiębiorstwa realizujące różną wielkość produkcji	0,940

Z przeprowadzonych analiz wynika, że ani rodzaj działań podejmowanych w ramach nadzoru nad parkiem maszyn technologicznych, ani rodzaj zbieranych informacji nie zależy ani od rodzaju kapitału, ani od branży, ani od wielkość produkcji realizowanej w dużych przedsiębiorstwach.

5.5. Ocena działań wykonywanych w ramach nadzorowania parku maszyn technologicznych w porównaniu z założeniami teoretycznymi

Głównym celem badań, było zidentyfikowanie rzeczywistych działań, które są realizowane w dużych przedsiębiorstwach w zakresie nadzoru nad infrastrukturą techniczną. W tabeli 4 przedstawiono działania związane z nadzorem nad maszynami zalecane przez teorię w ramach określonych strategii nadzoru oraz te, które w przeprowadzonych badaniach zidentyfikowano, jako stosowane w praktyce. Podano również udział procentowy przedsiębiorstw realizujących określone zadania.

Tabela 4. Działania związane z nadzorem nad maszynami zalecane przez teorię w realizacji określonych strategii nadzoru nad infrastrukturą techniczną i stosowane w praktyce wraz z oceną stosowania w praktyce

Strategia nadzoru					Działania związane z nadzorem nad maszynami zalecane przez teorię w ramach realizacji określonych strategii nadzoru	Zalecane przez teorię	Stosowane w praktyce	Udział firm, gdzie działania są stosowane w praktyce [%]
PM	CBM	CM	MS	O				
					Modernizacja maszyn	+	+	69
					Planowe przeglądy realizowane przez służby utrzymania ruchu	+	+	65
					Analiza stanu technicznego przez operatora	+	+	64
					Realizacja obsługi prewencyjnej	+	+	64
					Ocena stanu maszyny przez operatora przed przystąpieniem do pracy	+	+	63
					Planowe przeglądy i remonty realizowane przez służby utrzymania ruchu	+	+	61
					Dodatkowe szkolenia operatorów	+	+	55
					Przeglądy realizowane w okresie gwarancyjnym	+	+	43

Strategia nadzoru					Działania związane z nadzorem nad maszynami zalecane przez teorię w ramach realizacji określonych strategii nadzoru	Zalecane przez teorię	Stosowane w praktyce	Udział firm, gdzie działania są stosowane w praktyce [%]
PM	CBM	CM	MS	O				
					Wyposażenie służb utrzymania ruchu w przyrządy specjalistyczne (np. do pomiaru drgań, do pomiaru poziomu hałasu)	+	+	40
					Dodatkowe szkolenia pracowników służb utrzymania ruchu	+	+	38
					Wymiana maszyn na nowe	+	+	31
					Ciągłe monitorowanie stanu wybranych maszyn (np. hałas, drgania, temperatura)	+	+	30
					Zlecanie części działań obsługowych firmom zewnętrznym	+	+	26
					Działania prognostyczne na podstawie stanu maszyn (np. analiza drgań)	+	+	21
					Ciągłe monitorowanie stanu wszystkich maszyn (np. hałas, drgania, temperatura)	+	+	17
					Tylko suwanie awarii	-	+	2

Na podstawie analizy danych z tabeli 4 można stwierdzić, że najczęściej w przedsiębiorstwach jest stosowane podejście według potencjału eksploatacyjnego (PM): przeglądy realizowane w okresie gwarancyjnym, planowe przeglądy realizowane przez służby utrzymania ruchu, planowe przeglądy i remonty realizowane przez służby utrzymania ruchu. Rzadziej realizowane są działania zalecane w podejściu według potencjału stanu (CBM). Na szczęście najrzadziej stosowanym podejściem jest podejście według efektywności (CM), które nakierowane jest tylko na realizację działań związanych z usuwaniem już powstałych awarii i podejmowaniem jedynie przeglądów wymaganych w okresie gwarancyjnym. Często również stosowane jest podejście mieszane, a jedynie 26% badanych stwierdziło, że zleca prace obsługowe na zewnątrz (O).

6. Podsumowanie i wnioski

Właściwa realizacja procesu zarządzania infrastrukturą techniczną w przedsiębiorstwie wymaga systematycznych, planowych i uzasadnionych ekonomicznie działań. Przeprowadzone badania wykazały, że menadżerowie dużych przedsiębiorstw świadomi wpływu infrastruktury technicznej na końcową jakość wyrobów oraz konkurencyjność przedsiębiorstwa, podejmują różnorodne działania dla polepszenia efektywności funkcjonowania maszyn i urządzeń.

W wielu firmach realizowane są systematyczne przeglądy oraz podejmowane są różnorodne działania w celu eliminacji nieprzewidzianych przestojów i awarii. Wyniki badań wskazują, że najchętniej stosowane jest podejście według potencjału eksploatacyjnego (PM), ale firmy coraz chętniej również stosują ciągłe monitorowanie. 30% badanych wskazało, że stosuje ciągłe monitorowanie w odniesieniu do wybranych maszyn.

Ciągle jednak istnieje potrzeba realizacji prac związanych zarówno z rozwojem strategii nadzoru nad infrastrukturą techniczną, ale i również z rozpowszechnianiem wiedzy o strategiach obecnie istniejących i stosowanych.

Literatura

1. Ahmad R, Kamaruddin S, Azid I, Almanar I. Maintenance management decision model for preventive maintenance strategy on production equipment. *J. Ind. Eng. Int.* 2011; 7(13): 22-34.
2. Alsyouf I. Maintenance practices in Swedish industries: Survey results. *International Journal of Production Economics* 2009; 121(1): 212-23.
3. Al-Turki U. A framework for strategic planning in maintenance. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 2011; 17(2): 150-162.
4. Arca J C, Prado J C P. Reflective practice; personnel participation as a factor for success in maintenance program implementation. *International Journal of Productivity and Performance Management* 2008; 57(3): 247-258.
5. Baglee D, Knowles M. Maintenance strategy development within SMEs: the development of an integrated approach. *Control and Cybernetics* 2010; 39 (1): 275-303.
6. Będkowski L. *Elementy diagnostyki technicznej*. Warszawa: WAT, 1992.
7. Burhanuddin M A, Ahmed A R, Desa M I. An application of decision making grid to improve maintenance strategies in small and medium industries. *Second IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications* 2007; 455-460.
8. Crespo Márquez A, Moreu de León P, Gómez Fernández J F, Parra Márquez C, López Campos M. The maintenance management framework: A practical view to maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 2009; 15(2): 167-178.
9. Downarowicz O. *Systemy eksploatacji. Zarządzanie zasobami techniki*. Radom: ITE, 2000.
10. Fatemeh H, Sha'ri M Y. Continuous improvement through an integrated maintenance model. *Contemporary Engineering Sciences* 2011; 4(8): 353-362.
11. Hao Q, Xue Y, Shen W, Jones B, Zhu J. A Decision support system for integrating Corrective Maintenance, Preventive Maintenance, and Condition-Based Maintenance. *Construction Research Congress* 2010: 470-479.
12. Jurca V, Ales Z. Maintenance management systems in agricultural companies in the Czech Republic. *Eksplatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability* 2012; 14(3): 233-238.
13. Kaźmierczak J. *Eksplatacja systemów technicznych*. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2000.
14. Kwiotkowska A. *Zagadnienia działalności remontowej w przedsiębiorstwie produkcyjnym w ujęciu logistycznym*. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2006.
15. Legutko S. Trendy rozwoju utrzymania ruchu urządzeń i maszyn. *Eksplatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability* 2009; 42(2): 8-16.
16. Muchiria P, Pintelona L, Geldersa L, Martinb H. Development of maintenance function performance measurement framework and indicators. *International Journal of Production Economics* 2011; 131(1): 295-302.

17. Muther R, Wheeler J D. Simplified systematic layout planning. Management and Industrial Research Publications, USA 1994.
18. Muchiria P N, Pintelona L, Martinb H, De Meyerc A. Empirical analysis of maintenance performance measurement in Belgian industries. *International Journal of Production Research* 2010; 48(20): 5905–5924.
19. Piersiala S, Trzcieliński S. Systemy utrzymania ruchu. Koncepcje zarządzania systemami wytwórczymi. Poznań: Instytut Inżynierii Zarządzania Politechniki Poznańskiej, 2005.
20. Pruszkowski L. Zarządzanie obsługą eksploatacyjną nieruchomości i obiektów technicznych. Płock: K&K, 2010.
21. Salonen A, Deleryd M. Cost of poor maintenance: A concept for maintenance performance improvement. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 2011; 17(1): 63-73.
22. Selvika J T, Avenb T. A framework for reliability and risk centered maintenance. *Reliability Engineering & System Safety* 2011; 96(2): 324-331.
23. Sharma A, Yadava G S, Deshmukh S G. A literature review and future perspectives on maintenance optimization. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 2011; 17(1): 5-25.
24. Sherwin D J. A review of overall models for maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 2000; 1(1): 15-19.
25. Shingo S. Study of „Toyota” Production system from industrial engineering viewpoint. Tokyo: Japan Management Association, 1981.
26. Simões J M, Gomes C F, Yasin M M. A literature review of maintenance performance measurement: A conceptual framework and directions for future research. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 2011; 17(2): 116-137.
27. Słowiński B, Podstawy badań i oceny niezawodności obiektów technicznych. Koszalin: WU WSI, 1992.
28. Tan C M, Raghavan N. A framework to practical predictive maintenance modeling for multi-state systems. *Reliability Engineering and System Safety* 2008; 93(8): 1138-1150.
29. Veldman J, Klingenberg W, Wortmann H. Managing condition-based maintenance technology: A multiple case study in the process industry. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 2011; 17(1): 40-62.
30. Waeyenberg G, Pintelon L. Maintenance concept development: A case study. *International Journal Production Economics* 2004; 89: 395-405.
31. Wang H. A survey of maintenance policies of deteriorating systems. *European Journal of Operational Research* 2002; 139(3): 469-489.
32. Ważyńska-Fiok K, Jaźwiński J. Niezawodność systemów technicznych. Warszawa: PWN, 1990.
33. Zhaoyang T, Jianfeng L, Zongzhi W, Jianhu Z, Weifeng H. An evaluation of maintenance strategy using risk based inspection. *Safety Science* 2011; 49(6): 852-860.

34. Zhu G, Gelders L, Pintelon L. Object/ Objective oriented maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 2002; 8(4): 306-318.