

INŻYNIERIA PRODUKCJI

*Przykłady instrumentów zarządzania
produkcją i usługami*

Pod redakcją:
Justyny Patalas-Maliszewskiej
Juliana Jakubowskiego
Sławomira Kłosa

Zielona Góra 2013

UNIwersYTET ZIELONOGÓRSKI
Rada Wydawnicza Instytutu Informatyki i Zarządzania Produkcją
Josef Baśl, Julian Jakubowski, Sławomir Kłos,
Justyna-Patalas-Maliszewska, Michał Sąsiadek, Roman Stryjski, Waldemar Woźniak



Autorzy rozdziałów:

Rozdział 1: Tadeusz Szmigielski, Dariusz Kędziora

Rozdział 2: Marek Kokot, Barbara Zawadzka.

Rozdział 3: Justyna Patalas-Maliszewska, Małgorzata Sieroń

Rozdział 4: Sławomir Kłos, Michał Kata

Rozdział 5: Taras Nahirny, Marcin Kosiński

Rozdział 6: Roman Kielec, Łukasz Soliński

Rozdział 7: Waldemar Woźniak, Janusz Kłosowski

Rozdział 8: Julian Jakubowski, Teodor Rozwód

Rozdział 9: Michał Sąsiadek, Aneta Sałamaj

Redaktorzy naukowci:

Justyna Patalas-Maliszewska

Julian Jakubowski

Sławomir Kłos

Recenzenci:

prof. Irene Krebs, dr hab. inż. Roman Stryjski, prof. UZ

© Copyright by Instytut Informatyki i Zarządzania Produkcją
Zielona Góra 2013

ISBN 978-83-933843-3-4

Spis treści

Przedmowa	4
Rozdział 1	
Ocena stabilności procesu wytwarzania walcówki miedzianej metodą Contirod	7
Rozdział 2	
Wykorzystanie metody FMEA w produkcji ciśnieniowych odlewów aluminiowych ...	21
Rozdział 3	
Scenariusze rozwoju przedsiębiorstw w aspekcie wdrożenia informatycznych technologii	34
Rozdział 4	
Ocena efektywności planowania produkcji małoseryjnej na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa branży meblowej	47
Rozdział 5	
Zarządzanie niezawodnością systemów technicznych wspomagane komputerowo	65
Rozdział 6	
Nowa metoda planowania produkcji w przedsiębiorstwie Calesa sp. z o.o.	76
Rozdział 7	
Koncepcja oceny ryzyka inwestycji na przykładzie budowy farm wiatrowych	89
Rozdział 8	
Badania mechaniczne części samochodowych na przykładzie Wyrobu 151 A	99
Rozdział 9	
Normowanie czasu pracy operacji montażu motoreduktora	114
Bibliografia	127
Spis tabel	131
Spis rysunków	132

PRZEDMOWA

Współczesne przedsiębiorstwa charakteryzują się dużą świadomością znaczenia osiągnięć nauki pod postacią nowych rozwiązań w obszarze zarządzania. Konieczność szybkiego reagowania na zmiany zachodzące w otoczeniu sprawia, iż dostrzega się na nowo znaczenie poszczególnych narzędzi dla sprawnego funkcjonowania i rozwoju organizacji.

Książka podejmuje tematykę narzędzi wspomagających zarządzanie przedsiębiorstwem produkcyjnym i usługowym. Szczególną uwagę poświęcono zagadnieniom poprawy efektywności realizowanych procesów biznesowych w przedsiębiorstwach. Celem opracowania jest przedstawienie koncepcji teoretycznych i praktycznych rozwiązań w obszarze zastosowania narzędzi usprawniających działanie przedsiębiorstw.

W rozdziale pierwszym przedstawiono wyniki badań nad stabilnością procesu wytwarzania walcówki miedzianej metodą ciągłego odlewania i walcowania. W badaniach za kryterium oceny przyjęto parametry mające wpływ na wstępną kwalifikację produkowanego drutu, bezpośrednio po zejściu kręgu z linii produkcyjnej. Na podstawie zgromadzonych pomiarów wybranych parametrów wyrobu oraz poczynionych obserwacji dokonano oceny jakościowej procesu.

W rozdziale drugim przedstawiony został proces przeprowadzenia analizy FMEA produkcji detalu wykonanego w technologii ciśnieniowego odlewania aluminium, której wyniki posłużyły do zaproponowania środków zaradczych tam, gdzie współczynnik RPN przekroczył dopuszczalny limit. Efektem końcowym metody FMEA jest ograniczenie braków w produkcji, który uzyskano dzięki zmniejszeniu ilości wad odlewniczych.

W rozdziale trzecim zaprezentowano autorską procedurę prognozowania rozwoju przedsiębiorstwa w oparciu o stosowane technologie informatyczne. Przeprowadzono analizę stanu informatyzacji polskich przedsiębiorstw w latach 2008-2012, którą przedstawiono w rozdziale drugim. Następnie sformułowano procedurę tworzenia scenariusza rozwoju firm stosujących technologie informatyczne. W rozdziale czwartym zaprezentowano, stosując metodę najmniejszych kwadratów, scenariusz rozwoju wybranego przedsiębiorstwa w oparciu o wskaźniki charakteryzujące makrootoczenie, jak i sytuację wewnętrzną analizowanego przedsiębiorstwa. W podsumowaniu pokazano zasadność stosowania proponowanej procedury prognozowania rozwoju przedsiębiorstwa.

W rozdziale czwartym zaprezentowano koncepcję oceny efektywności planowania obciążenia zasobów produkcyjnych w wybranym przedsiębiorstwie produkującym meble tapicerowane. Wynikiem pracy jest opracowana efektywna metody oceny planów produkcji i harmonogramowania zadań, uwzględniającej ograniczenia logistyczne.

W rozdziale piątym przedstawiono zagadnienia związane z niezawodnością, rozkładem Weibulla, estymacją parametrów rozkładu Weibulla oraz metodą Monte Carlo. Omówiono opracowaną aplikację wspomagającą zarządzanie niezawodnością systemów technicznych, podstawowe założenia oraz schemat funkcjonalny aplikacji. Aplikację zilustrowano na przykładach wyznaczenia parametrów niezawodności, optymalnych czasów przeglądów profilaktycznych oraz prognozowania.

W rozdziale szóstym przedstawiono opracowaną i wdrożoną autorską metodę planowania produkcji w przedsiębiorstwie Calesa Sp. z o.o. w Lubsku. Przeprowadzono analizę dotychczasowego podejścia do procesu planowania oraz zaprezentowano nowy plan produkcji wraz z korzyściami ekonomicznymi wynikającymi z jego wdrożenia.

W rozdziale siódmym zaproponowano koncepcję jakościowej oceny ryzyka inwestycji budowy farmy wiatrowej z wykorzystaniem narzędzia jakim jest analiza FMEA (analiza w aspekcie jakościowym). Dodatkowo zaproponowano mierniki ekonomiczne, uwzględniające miarodajność oceny ekonomicznej inwestycji opartej o produkcję energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii. Przeanalizowano wskaźniki w kilku płaszczyznach: wartościowej, względnej (porównawczej) i czasowej. Zwrócono uwagę, że mimo iż, ocena wskaźników ekonomicznych zapewniła poprawną realizację inwestycji, to dopiero dokładne wyznaczenie czynności i pomiar ich ryzyka staje się gwarancją opłacalnego zakończenia długoterminowej inwestycji.

W rozdziale ósmym zaprezentowano charakterystykę procesu produkcyjnego detalu 151 A oraz wyniki badań wytrzymałościowych w aspekcie zapewnienia wymaganego poziomu jakości. Przeprowadzenie badań mechanicznych i fizykochemicznych pozwoliło na potwierdzenie stabilności procesu i wysokiej jakości produkcji detalu 151 A będącego częścią odpowiadającą za bezpieczeństwo w pojazdach mechanicznych.

W rozdziale dziewiątym przedstawiono wybrane elementy analiz dotyczących normowania czasu pracy zrealizowanych dla rzeczywistego procesu montażu motoreduktora. Badany proces zdekomponowano na operacje, a następnie każdą z nich analizowano metodami MTM oraz Lingskija i Siewastianowa celem

uzyskania norm czasowych. Wyniki omówiono i porównano z rzeczywistymi pomiarami czasów realizacji poszczególnych operacji analizowanego procesu.

Książka prezentuje doświadczenia i przemyślenia w zakresie metod i narzędzi usprawniających działanie przedsiębiorstw i jest wynikiem wspólnej pracy badaczy problematyki i studentów.

Życzymy przyjemnej i pożytecznej lektury.

Autorzy

ROZDZIAŁ 1

OCENA STABILNOŚCI PROCESU WYTWARZANIA WALCÓWKI MIEDZIANEJ METODĄ CONTIROD

1. WPROWADZENIE

Rozwój transportu, przemysłu budowlanego, elektryfikacja ogromnych obszarów, a w szczególności rozwój elektroniki i telekomunikacji, to główne dziedziny gospodarki stymulujące popyt na miedź. Ogromne zapotrzebowanie na ten metal, spowodowany dążeniem krajów rozwijających się do coraz wyższego standardu życia wymaga oprócz unowocześniania technologii otrzymywania tego pierwiastka do ciągłego rozwoju przemysłu przetwórczego dostarczającego półprodukty i gotowe wyroby o określonych parametrach i jakości [Golis B. i in., 2001], [Gorecki W., 2006].

Istotnym elementem nierozdzielnie związanym z powtarzalnością parametrów końcowego produktu jest stabilność prowadzonego procesu wytwórczego.

W procesach złożonych, jakim jest proces „Contirod” [materiały wewnętrzne Huty Miedzi „Cedynia], budowanie stabilności procesu to bardzo szeroka wiedza i umiejętności w zakresie przeróbki plastycznej (walcowanie), metalurgii (przygotowanie ciekłego metalu), automatyki przemysłowej (pomiary i układy automatycznej regulacji). Oprócz tego wiedza z zakresu zarządzania i inżynierii produkcji pozwalająca na właściwą organizację stanowisk pracy, standardów prowadzenia procesów produkcyjnych oraz umiejętność rozwiązywania pojawiających się problemów podczas procesu produkcyjnego [Hamrol A., 2008], [Łańcucki J., 1995]

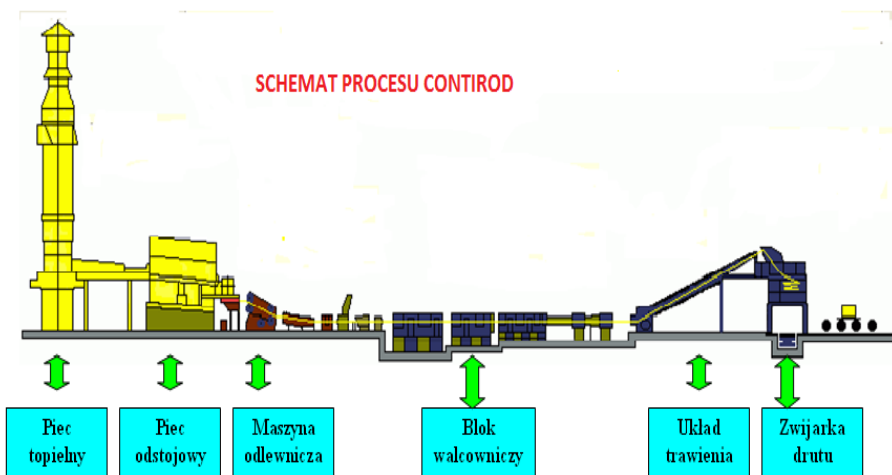
Wiedza ta wychodzi naprzeciw wymaganiom odbiorców walcówki miedzianej w zakresie składu chemicznego, struktury, wymiarów czy odpowiedniej plastyczności. Wymusza od producentów zastosowania odpowiedniego reżimu technologicznego oraz wprowadzenia odpowiednich procedur dotyczących kontroli jakości końcowego produktu.

W pracy oprócz opisanego jednej z najnowocześniejszych metod wytwarzania walcówki miedzianej podjęto próbę oceny stabilności procesu na podstawie własnych pomiarów i badań przeprowadzonych w rzeczywistym czasie pracy walcowni. W związku z tym, że w Hucie Miedzi „Cedynia” w Orsku produkowana jest walcówka w kilku klasach (w zależności od konieczności utrzymywania ustalonych parametrów produkcyjnych), do badań wybrano walcówkę najwyższej klasy oznaczanej jako „żółta”, której produkcja wymaga przestrzegania rygorystycznych norm produkcyjnych [materiały wewnętrzne Huty Miedzi „Cedynia].

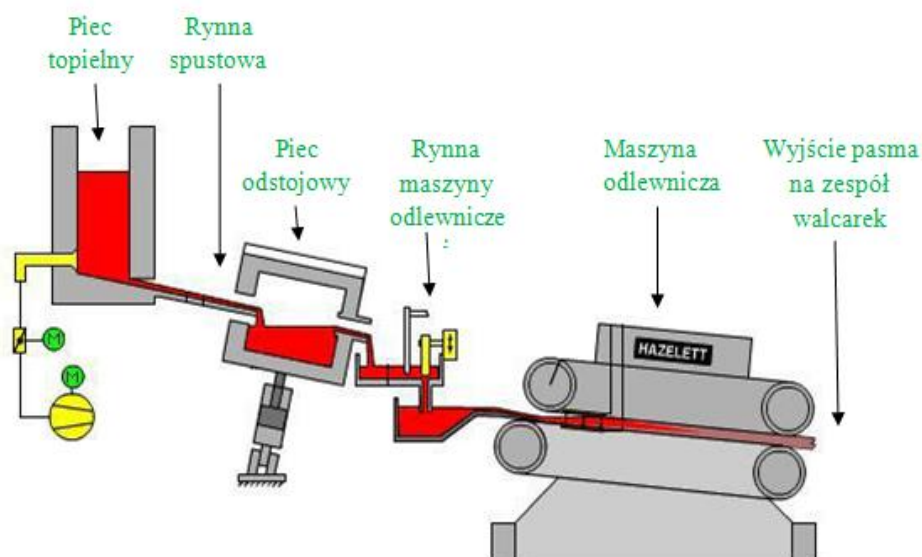
2. CHARAKTERYSTYKA PROCESU CONTIROD

Coraz większe wymagania dotyczące efektywności procesów wytwarzania oraz oszczędności energii i surowców skłaniają inżynierów do opracowywania i wdrażania coraz ekonomiczniejszych procesów wytwórczych. Procesy ciągłe charakteryzujące się bardzo dużą wydajnością, niskimi kosztami produkcji zdobywają dzięki ekonomii coraz większą popularność. Jednym z takich procesów jest metoda produkcji walcówki miedzianej pod nazwą *Contirod* (rys. 1 i rys. 2).

Metoda *Contirod* ciągłego procesu topienia, odlewania i walcowania łączy nowoczesność rozwiązań technologicznych z automatyzacją procesu i jego ciągłą kontrolą. W procesie tym możemy wyróżnić dwa zasadnicze etapy technologiczne. Pierwszy etap związany jest z przygotowaniem ciekłego metalu do odlewu (obieg ciekłego metalu od pieca topielnego do krystalizatora), drugi etap natomiast związany jest z procesem krystalizacji i formowaniem przeznaczonego do walcowania wlewka miedzi.



Rys.1.1 Schemat linii Contirod



Rys.1.2. Obieg ciekłej miedzi w procesie Contirod (opracowano wg [www.hazelett.com])

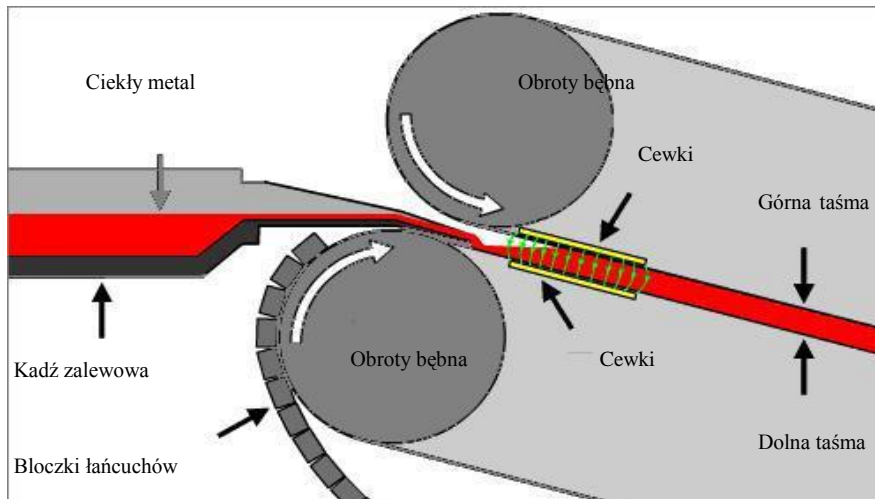
Otrzymywana w procesie walcówka jest wyrobem o ściśle określonych i powtarzalnych parametrach, które decydują o powodzeniu w dalszych procesach przerobczych (procesy przeciągania na mniejsze średnice w zakładach kablowych). Linia walcownicza ma zdolność produkcyjną na poziomie 250 tys. ton, co stanowi prawie 50% produkcji polskich hut miedzi.

Proces *Contirod* oparty jest na belgijskiej licencji Metallurgie Hoboken-Overpelt w Olen. Wsad do produkcji stanowią katody miedziane produkowane w hutach miedzi w Głogowie i Legnicy. Wszystkie dostawy podlegają odbiorowi pod względem ilości i jakości przez służby wydziału jakości (opracowano wg [materiały wewnętrzne: *Ekspert Jakości*]).

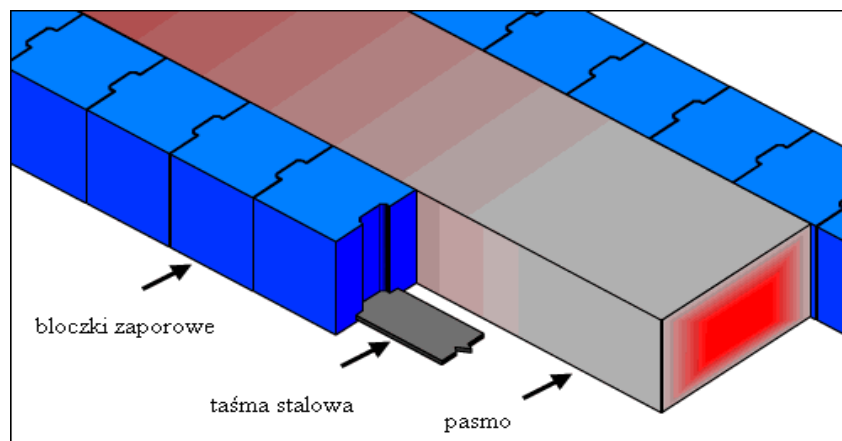
Roztopiona miedź w piecu topielnym rynną sływa do pieca odstojującego, który zabezpiecza odpowiednią ilość ciekłej miedzi potrzebnej do ciągłego odlewu pasma oraz pozwala na ustabilizowanie parametrów ciekłego metalu. Innym zadaniem pieca jest odpowiednie dozowanie odpowiedniej porcji miedzi do rynny maszyny odlewniczej. Ciekła miedź krystalizuje w postaci wlewka o przekroju prostokąta w maszynie odlewniczej w przestrzeni ograniczonej od dołu i góry taśmami stalowymi i po bokach łańcuchami zaporowymi (rys. 1.3 i rys. 1.4).

Utrzymanie stałego poziomu metalu w krystalizatorze maszyny odlewniczej zapewnia układ automatycznego odlewnika sterowany komputerem. Układ ten precyzyjnie utrzymuje poziom metalu na całej długości, co stwarza stabilne warunki odbioru ciepła a w konsekwencji jednakową krystalizację i wysoką jakość odlewanego pasma. Łańcu-

chy zaporowe składają się z bloczków wykonanych z brązu krzemowego, naciągniętych na sprężystą taśmę stalową. Łańcuchy umieszczone są między górną i dolną taśmą, wyznaczając szerokość odlewane go pasma (opracowano wg [8]).



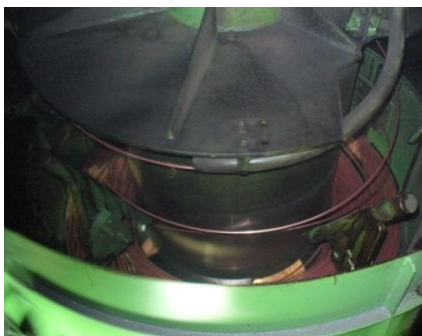
Rys. 1.3. Dozowanie ciekłej miedzi do krystalizatora, opracowano wg [www.hazelett.com]



Rys. 1.4. Formowanie wlewka w krystalizatorze, opracowano wg [www.hazelett.com]

Odlewane pasmo (rys. 1.4) po wyjściu z maszyny jest dodatkowo chłodzone w bloku chłodzenia wtórnego, a następnie z prędkością około 11,7 m/min. przemieszcza się po zespole rolek w kierunku bloku walcowniczego. Zadaniem linii walcowniczej jest przewalcowanie odlanego pasma na walcówkę o średnicy 8 mm. Po zakończeniu procesu walcowania walcówka poddana jest procesowi trawienia w układzie rury trawialniczej o długości 28 metrów. Celem trawienia jest maksymalne pozbycie się tlenków miedzi osadzających się na jej powierzchni. Wysuszona walcówka pokrywana jest warstwą wosku, który zabezpiecza ją przed wpływem czynników atmosferycznych podczas transportu i magazynowania. Za aparatem woskowania znajduje się komora układająca zwijarki, gdzie walcówka wprowadzana jest do kręcącej się rury zwanej ślimakiem (rys.1.5a). Odpowiednie ukształtowanie i konstrukcja rury powodują, że walcówka układa się w zwoje o różnej średnicy, tworząc krąg o wadze około 4,5 tony (rys.1.5b). Po ściśnięciu przez prasę i związaniu taśmami stalowymi krąg zostaje zabezpieczony folią, oznaczony odpowiednią etykietą i odtransportowany na magazyn wyrobów gotowych (opracowano wg [Zarządzanie produkcją i kontrola jakości na szczeblu KGHM Oddział Huta Miedzi „Cedynia”]).

a)



b)



Rys. 1.5. Komora układająca zwijarki oraz zwijany krąg walcówki [Archiwum Huty Miedzi „Cedynia” w Orsku]

Wstępna ocena jakości walcówki po zejściu kręgu z linii produkcyjnej odbywa się w dwojaki sposób:

- poprzez badania wykonywane na końcówce linii przez kontrolerów jakości (pomiar średnicy, tlenu, test skręcania 10/10, ocena wizualna powierzchni drutu),
- wstępna klasyfikacja przez informatyczny program „Ekspert Jakości”, zbierający dane w czasie rzeczywistym z poszczególnych odcinków produkcji walcówki.

W oparciu o zebrane dane z przebiegu zmiany produkcyjnej, zarejestrowane przez informatyczny system „Ekspert Jakości” i badania wstępne walcówki przeprowadzone przez kontrolera jakości, informatyczny system dokonuje wstępnej oceny jakości produkowanej walcówki i następuje automatyczne drukowanie wywieszki każdego kręgu

walcówki. Powyższe dane wraz z wynikami badań i analizą przebiegu zmian produkcyjnych dokonaną przez technologa w oparciu o zapisy w raportach węzłów technologicznych Wydziału Walcowni są podstawą do weryfikacji wstępnej oceny walcówki dokonanej przez informatyczny system „*Ekspert Jakości*”.

3. OPIS BADAŃ

Do oceny wybrano proces produkcji walcówki „*żółtej*”, charakteryzujący się rygorystycznym reżimem produkcyjnym i wąskim zakresem utrzymywanych parametrów procesowych.

Urządzenia pomiarowe

Tab.1. Przyrządy pomiarowe użyte do badań

Rodzaj urządzenia	Typ, dokładność
Urządzenie do pomiaru tlenu LECO	Analizator tlenu RO 500 C
Urządzenie do prób skręcania drutu 10/10	Producent: test GmbH/Niemcy T210.50NML/2007
Mikrometr	Dokładność: 0,01 mm
Nieuzbrojone oko (ocena wielkości pęknięć mechanicznych drutu po skręcaniu)	

Metodyka realizacji pomiarów

- a) pobieranie próbki:

Z każdego wyprodukowanego kręgu walcówki za pomocą nożycy odcinano próbkę o długości 350 mm. Odcinek pobranego drutu prostowano delikatnie za pomocą gumowego młotka.

- b) pomiar średnic drutu:

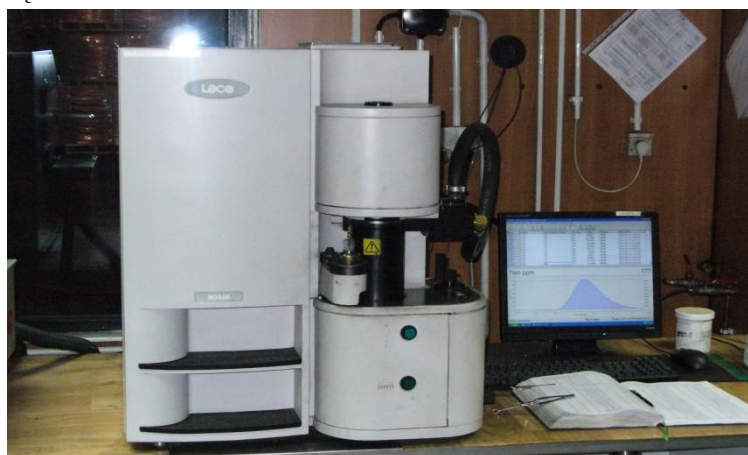
Pomiaru średnic drutu (rys. 1.6) dokonano w trzech miejscach próbki: w środku próbki oraz na zewnętrznych końcach drutu w odległości około 50 mm od krawędzi. Do karty wpisywano tylko średnicę minimalną i maksymalną



Rys.1.6. Stanowisko do pomiaru średnicy walcówki

c) pomiar zawartości tlenu:

Z końcówki pobranej próbki odcinano kawałek wióra miedzianego o ciężarze około 0,8g. Po umieszczeniu wióra w tyglu wprowadzano go do maszyny pomiarowej LE-CO (rys. 1.7). Wartość zawartości tlenu wyświetlana była na wyświetlaczu cyfrowym urządzenia.



Rys.1.7. Stanowisko do pomiaru zawartości tlenu w walcówce

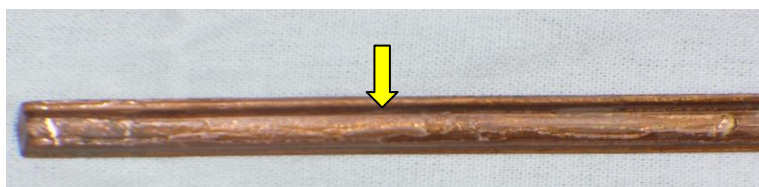
d) pomiar wad mechanicznych po skręcaniu 10/10:

Pobraną próbkę montowano w uchwytach skręcarki (rys. 8). Po załączeniu urządzenia następowało skręcanie drutu po 10 obrotów w lewo a następnie w prawo. Po dokonanej próbie skręcania dokonywano oceny wizualnej nieuzbrojonym okiem pod kątem powstałych pęknięć i powstałej łuski. Wartość wad oceniano wg skali 1, 2, 3 gdzie: 1 - oznacza brak wad, 2 - wady średnie (nie obniżają klasy walcówki), 3 - wady duże (obniżają klasę walcówki).



Rys. 1.8. Stanowisko do prób skręcania 10/10

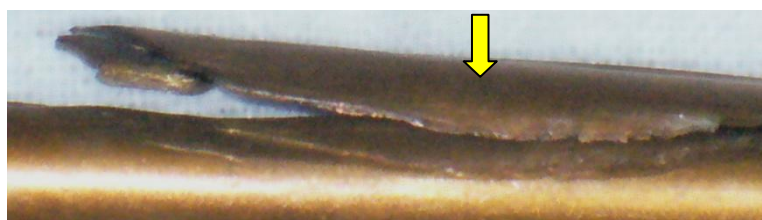
Na rysunkach poniżej pokazano najczęstsze wady walcówki.



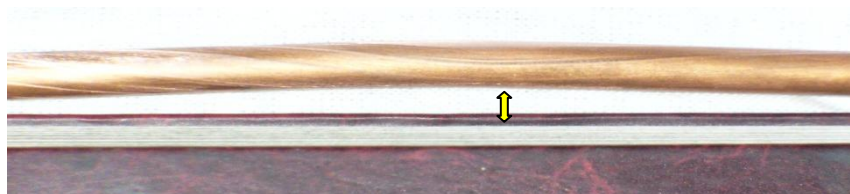
Rys. 1.9. Wady walcówki - wypływka



Rys. 1.10. Wady walcówki - pęknięcia



Rys. 1.11. Wady walcówki - łuska



Rys. 1.12. Wady walcówki - odkształcenia liniowe

4. WYNIKI POMIARÓW

Przykładowe rezultaty z pomiarów poszczególnych parametrów walcówki miedzianej wyprodukowanej w okresie trzech tygodni przedstawiono w tabeli 2. Łącznie przebadano 269 kręgów o łącznej masie około 1272 ton. Z kolei w tabeli 3 i rysunku 13 zamieszczono ilości wyprodukowanej walcówki w poszczególnych dniach i sklasyfikowanych klasach, natomiast procentowe zestawienie wad i przyczyn mających wpływ na obniżenie klasy walcówki przedstawiono na rys. 1.14.

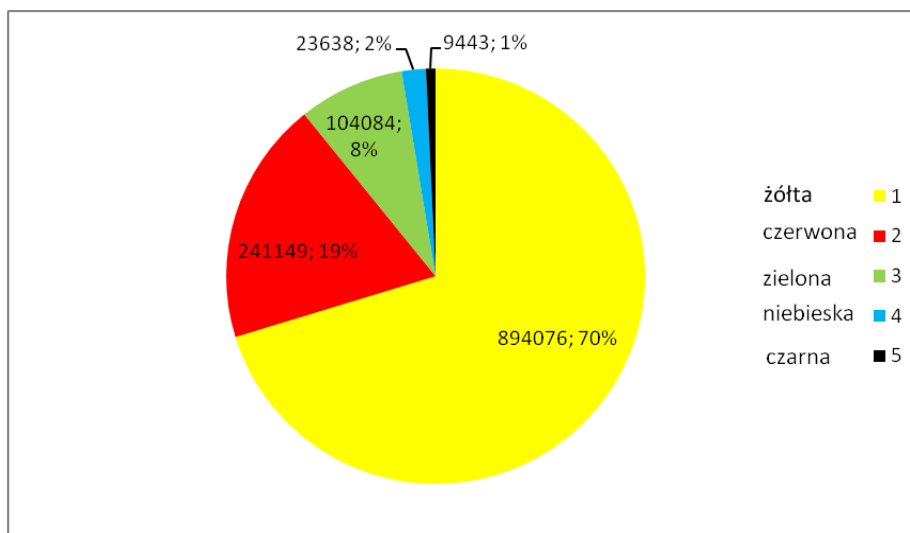
Tab. 1.2. Zestawienie wyników pomiarów

l.p.	nr kręgu	Ø min.	Ø max.	Ø średnie	tlen ppm.	Wady po skręceniu			wstępna ocena
						W1	W2	W3	
1	18185	7,85	8,07	7,865	173	1	2	1	żółta
2	6	7,73	8,03	7,88	172	2	2	1	żółta
3	7	7,75	8,05	7,9	175	1	2	1	żółta
4	8	7,69	8,04	7,865	171	2	2	1	żółta
5	9	7,75	8,07	7,91	184	2	2	1	żółta
6	18190	7,81	8,05	7,93	213	2	2	1	czerwona
7	1	7,73	8,09	7,91	226	2	2	1	zielona
8	2	7,68	8,02	7,87	194	2	2	1	zielona
9	3	7,74	8,1	7,92	188	2	2	1	zielona
10	4	7,78	8,07	7,925	181	2	2	1	czerwona
11	5	7,8	8,11	7,955	183	2	2	1	żółta
12	6	7,83	8,09	7,96	189	2	2	1	żółta
13	7	7,85	8,04	7,945	192	2	2	1	żółta
14	8	7,79	8,09	7,94	195	2	2	1	żółta
15	9	7,82	8,12	7,92	199	1	2	1	czerwona
16	18200	7,9	8,07	7,865	206	2	2	1	żółta
17	1	7,83	8,11	7,9	203	2	2	1	żółta
18	2	7,75	8,1	7,925	198	2	2	1	żółta
19	3	7,68	8,13	7,905	198	2	2	1	żółta

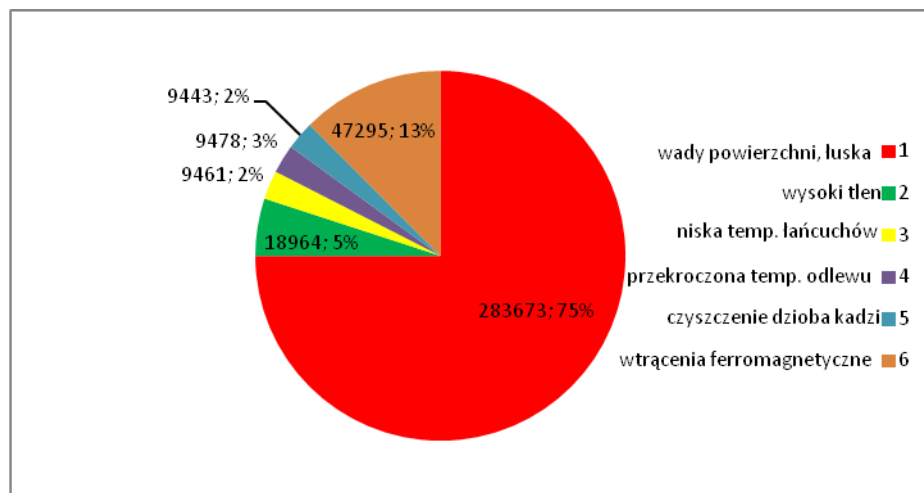
l.p.	nr kręgu	Ø min.	Ø max.	Ø średnie	tlen ppm.	Wady po skręceniu			wstępna ocena
						W1	W2	W3	
20	4	7,75	8,1	7,925	195	2	2	1	czerwona
21	5	7,74	8,02	7,88	189	2	2	1	czerwona
22	6	7,82	8,04	7,93	190	2	2	1	zielona
23	7	7,78	8,06	7,92	186	2	2	1	czerwona

Tab. 1.3. Ilość wyprodukowanej walcówki w poszczególnych klasach

data	żółta	czerwona	zielona	niebieska	czarna	suma
2011-09-27	165526	52054	28375	9462	4721	260138
2011-09-25	184653	28392	9464	0	0	222509
2011-09-23	118067	28320	23613	9440	4722	184162
2011-09-19	160982	42451	0	0	0	203433
2011-09-17	170024	42451	0	4736	0	217211
2011-09-05	94824	47481	42632	0	0	184937
suma	894076	241149	104084	23638	9443	1272390



Rys. 1.13. Ilość wyprodukowanej walcówki w poszczególnych klasach z wsadu „żółtego”



Rys. 1.14. Procentowe zestawienie przyczyn mających wpływ na obniżenie klasy walcówki

5. PODSUMOWANIE

Celem badań przeprowadzonych w niniejszej pracy było zidentyfikowanie obszarów oraz źródeł problemów, mających wpływ na stabilność prowadzonego procesu produkcji walcówki miedzianej najwyższej klasy określanej jako „żółta”. Ponieważ walcówka jest wsadem do ciągnięcia i jej parametry jakościowe mogą istotnie wpływać na jakość drutów oraz procesu ich otrzymywania i dalszego przetwarzania, jej wady takie jak: nadmiar zawartości tlenu, łuska, wtrącenia ferromagnetyczne muszą być wychwytywane już na etapie zejścia kręgu bezpośrednio z produkcji.

Przestrzeżenie założeń technologicznych produkcji walcówki miedzianej na poszczególnych odcinkach stwarza wysokie prawdopodobieństwo uzyskania produktu o zaplanowanych parametrach, predysponujących go do dalszej przeróbki zgodnie z końcowym przeznaczeniem. W przypadku procesów łączonych (ciągłych), jakim jest Contirod, charakteryzujących się dużą zmiennością właściwości przerabianego wsadu (stanu skupienia, składu chemicznego, struktury, kształtu) istotnym elementem jest ścisły monitoring parametrów technologicznych oraz utrzymywanie stabilnych warunków produkcyjnych na poszczególnych węzłach procesu. Większość walcówki miedzianej jest przerabiana w procesach ciągnięcia na druty bardzo małych średnicach (w przypadku walcówki żółtej są to druty najcieńsze: gołe, emaliowane, ocynowane o średnicy poniżej 0,1mm, pasemka 0,1mm). Jednym z istotnych cech takiego półproduktu jest stabilna powtarzalna struktura, gładka, wolna od wad powierzchnia, ustabilizowany skład chemiczny oraz wymiary.

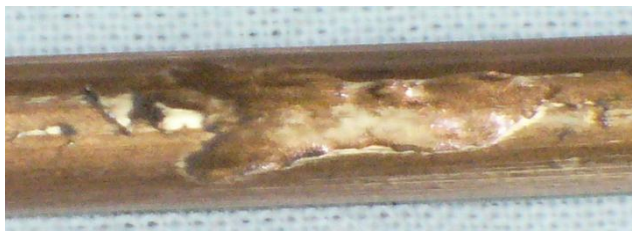
Przeprowadzone badania są standardowymi działaniami prowadzonymi w Hucie Miedzi „Cedynia” przy produkcji walcówki każdej klasy. Głównym zadaniem prowa-

dzonych kontroli jest jednak klasyfikacja produktu pod względem jakości i ewentualnego przeznaczenia. Nigdy jednak nie zastanawiano się nad oceną stabilności prowadzonego procesu wytwórczego pod względem bezwzględnego utrzymania parametrów produkcyjnych. Związane jest to ze specyfiką zamówień poszczególnych klas walcówki. Walcówka „żółta”, a więc najwyższej klasy jest produktem kupowanym przez odbiorców bardzo rzadko. Większą popularnością cieszą się walcówki klasy „czerwona” i „zielona”, które mają po procesach ciągnięcia większe zastosowanie jako kable elektryczne. W związku z tym obniżenie klasy produkowanego drutu nie stanowi istotnego problemu z punktu widzenia sprzedaży.

Natomiast z punktu widzenia stabilności procesu, utrzymywania parametrów w określonych ramach technologicznych takie obniżenie jakości świadczy o braku możliwości opanowania wszystkich zjawisk zachodzących na poszczególnych etapach topienia, odlewania i walcowania.

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że ze 100% (1272,39 tony) wsadu najwyższej jakości (rys. 13), wyprodukowano 70% (894,076 tony) walcówki „żółtej”. Pozostałe 30% (378,314 tony) przekwalifikowano na niższe klasy.

Na podstawie uwag dotyczących przyczyn obniżenia klasy walcówki oraz sporządzonego wykresu (rys. 14) możemy stwierdzić, że głównym problemem powodującym brak stabilności i powtarzalności procesu produkcji walcówki najwyższej klasy jest powstawanie na jej powierzchni wad w postaci łuski związanej (rys. 1.15) oraz wtrąceń ferromagnetycznych. Wady te są wykrywane przez Defectomat wykorzystujący układ cewek przelotowych wzbudzających prądy wirowe określonej częstotliwości penetrujących powierzchnię walcówki. Wtrącenia żelaza są wychwytywane przez elektromagnes. Odpowiednio przekształcone sygnały są przesyłane do programu *Ekspert Jakości* i wyświetlane na ekranie monitora. O ile wtrącenia żelaza oraz przekroczenia temperatur i zawartości tlenu stanowią razem 25 % powstających wad to łuska związana stanowi aż 75 %.



Rys. 1.15. Łuska związana

Poszukiwania przyczyn powstawania wady należałoby rozciągnąć na wszystkie obszary procesu: topienie, odlewanie, walcowanie, gdyż w każdej z nich może pojawić się przyczyna nieciągłości pojawiającej się na powierzchni walcówki. W procesie odlewania i formowania wlewka mogą to być zagazowania (rys. 1.16) wywołane chociażby turbulentnym przepływem ciekłego metalu i umiejscawianie się pęcherzy w środkowej części

wlewka. Takie pęcherze wówczas nie mogą być zgniecione przez walce zgniatające klatki „zerowej”, która jest do tego przeznaczona.

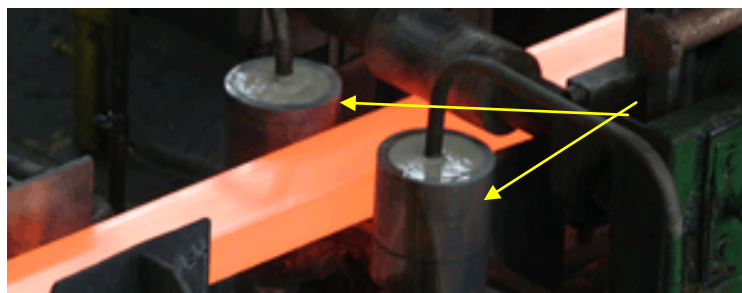


Rys. 1.16. Pustki pogazowe-przekrój poprzeczny pasma

W procesie walcowania głównymi przyczynami powstawania łuski związanej mogą być: temperatura walcowania, stopień wypełnienia wykrojów, poślizgi.

Analizując wyniki badań zawarte w tabelach po teście skręcania 10/10, nasuwa się wniosek związany z występowaniem na powierzchni drutu tzw. łuski niezwiązanej. Łuska niezwiązana, widoczna nieuzbrojonym okiem jest fragmentem cienkiej, odrywającej się od powierzchni walcówki warstewki miedzi. Warstewka ta prawdopodobnie jest nawalcowywana na pokryty tlenkami miedzi drut, uniemożliwiając zgrzanie jej z osnową. Łuska niezwiązana po próbie skręcania pojawiła się w 100% kontrolowanych próbek. Natężenie jej występowania było na tyle umiarkowane, że nie miało wpływu na obniżenie klasy walcówki.

Drugą poważną przyczyną mającą wpływ na brak powtarzalności parametrów dla walcówki *żółtej* są wtrącenia żelaza, stanowiące 13 % powstałych wad. Wtrącenia żelaza występują w walcówce stosunkowo rzadko. Przyczyną tego zjawiska mogą być ścierające się stalowe elementy poszczególnych urządzeń linii walcowniczej (rolki prowadzące pasmo przed wejściem wlewka do bloku walcowniczego (rys. 1.17), wtrącenia ze źle pokrywanych olejem stalowych taśm maszyny odlewniczej, wtrącenia z nadtopionych elementów palników podgrzewających ryny lub wykruszenia walców. Drobiny żelaza są następnie nawalcowywane na powierzchnię miedzianego drutu. Lokalizacja przyczyn pojawiania się wtrąceń ferromagnetycznych jest bardzo trudna i wymaga ciągłej obserwacji poszczególnych odcinków procesu.



Rys. 1.17. Rolki prowadzące pasmo [Archiwum Huty Miedzi „Cedynia” w Orsku]

Przeprowadzone badania wsparte wstępną oceną informatycznego programu *Ekspert Jakości* jednoznacznie wskazują, że proces produkcji walcówki o zaokrąglonych paramet-

trach produkcyjnych nie jest stabilny. Brak powtarzalności parametrów aż w 30% wyprodukowanego drutu wskazuje na wiele obszarów procesu wymagających specjalnego dopracowania. W szczególności powinny dotyczyć one stabilizacji przepływu (uwarstwienia) ciekłego metalu podczas transportu rynnami do maszyny odlewniczej oraz ograniczenie absorpcji gazów z atmosfery. Istotną rzeczą jest możliwie jak największa eliminacja stalowych elementów stykających się w procesie z przerabianym metalem i zastępowanie ich elementami ceramicznymi. Badania walcówki objęły okres jednego miesiąca. Analizując produkcję w poszczególnych dniach produkcyjnych możemy zauważyć, że pojawiające się wady nie są systematyczne (wtrącenia żelaza) a więc mogą być spowodowane przypadkowymi trudniami do natychmiastowej eliminacji przyczynami.

ROZDZIAŁ 2

ZASTOSOWANIE METODY FMEA W PRODUKCJI ALUMINIOWYCH ODLEWÓW CISNIENIEOWYCH

1. WPROWADZENIE

Zastosowanie metody FMEA ma na celu wykrycie już występujących lub potencjalnie możliwych wad na jak najwcześniejszym etapie procesu. Dzięki temu można wyeliminować większość zakłóceń produkcyjnych, postojów maszyn czy kosztów reklamacji. W końcowym efekcie przekłada się to na zwiększenie efektywności produkcji przy jednoczesnym obniżeniu jej kosztów. Korzyści jakie można uzyskać z przeprowadzenia analizy FMEA spowodowały, iż stała się ona jednym z głównych narzędzi pozwalających na określenie stabilności procesu ciśnieniowego odlewania aluminium. Proces ten jest bardzo złożony i dynamiczny, dlatego też niezbędne jest jego ciągłe monitorowanie a jednym z głównych problemów jest eliminowanie przyczyn wad odlewniczych.

2. METODA FMEA

Skrót FMEA pochodzi od angielskiej nazwy „Failure Mode and Effects Analysis”, co w tłumaczeniu oznacza analizę przyczyn i skutków wad. Metodologia FMEA oficjalnie została opracowana i wydana 9 listopada 1949 roku w Stanach Zjednoczonych. Była to procedura MIL-P 1629 „Procedure for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis”, którą początkowo stosowano w przemyśle zbrojeniowym do budowy rakiet [Huber Z, 2007]. Stosując metodę FMEA weryfikowano nie tylko projekty poszczególnych elementów składowych statków kosmicznych, lecz całe programy kosmiczne. Głównym celem było zapewnienie bezpieczeństwa uczestnikom wyprawy. W roku 1963 analiza FMEA stosowana była między innymi w najsłynniejszym programie kosmicznym NASA o nazwie Apollo, którego podstawowym założeniem było lądowanie człowieka na Księżycu i jego bezpieczny powrót na Ziemię [Verband der Automobilindustrie, 2009].

Z biegiem lat metoda FMEA stała się coraz bardziej popularna i już w latach 90-tych stosowana była nie tylko w branżach ściśle technicznych lecz także np. w medycynie czy obszarze usługowym, gdzie jest rozszerzeniem terminu „Jakość”, np. w Facility Management [Verband der Automobilindustrie, 2009].

Rozwój każdego przedsiębiorstwa uzależniony jest od ciągłych inwestycji w jakość i rozwój produktów oraz procesów technologicznych. Doskonalenie procesów

produkcji i jakości wyrobów wiąże się ze wzrostem zaufania i satysfakcji klientów z oferowanych produktów- w konsekwencji firma może liczyć na wzrost zysków. Działania mające na celu poprawę jakości wiążą się jednak z poniesieniem pewnych nakładów finansowych oraz wprowadzeniem odpowiednich metod wspomagających te działania. Jedną z tych metod jest analiza FMEA, określana przez jedno ze źródeł jako „...usystematyzowana metoda analizowania potencjalnych problemów, ich przyczyn i opracowywania działań zapobiegawczych w przypadkach, które tego wymagają”, [Huber Z., 2007]. Analiza FMEA jest więc analizą rodzajów wad oraz ich oddziaływania. Ma na celu ułatwienie analizy projektu wyrobu lub procesu i w konsekwencji uniknięcie występujących lub potencjalnie możliwych wad [Hamrol A., 2005]. FMEA jest szczególnie polecana w trakcie opracowywania i produkcji nowego wyrobu, ponieważ umożliwia rozpoznanie potencjalnych wad na odpowiednio wczesnym etapie. W takim przypadku możliwe jest zastosowanie środków zapobiegawczych jeszcze przed rozpoczęciem procesu produkcyjnego. Dzięki temu zaoszczędzić można nierzadko miliony wydawane na poprawę jakości wyrobu już w trakcie produkcji.

Najważniejsze cele wprowadzenia FMEA w przedsiębiorstwie przedstawione są na rysunku 2.1. Jako główny cel wymienić można przede wszystkim obniżenie kosztów złej jakości poprzez rozpoznanie i ocenę błędów mogących wystąpić w wyrobie lub procesie oraz ich skutków.



Rys. 2.1. Cele wprowadzenia analizy FMEA w przedsiębiorstwie

Największe możliwości poprawy błędów istnieją zanim jeszcze powstanie gotowy wyrób. Gdy produkt trafi do produkcji seryjnej lub nawet do klienta, możliwości likwidacji błędów są bardzo ograniczone i kosztowne, a czasami wręcz niemożliwe. Jeśli uda się wyeliminować wadę zanim produkt trafi do klienta, z pewnością obniżone zostaną koszty związane z jego naprawą w ramach gwarancji. Uniknięcie błędów pozwoli także wyeliminować zakłócenia w produkcji, postoję maszyn a co za tym idzie, zwiększy się efektywność produkcji przy jednoczesnym obniżeniu jej kosztów i obniżce cen produktów finalnych. Gotowe wyroby trafią do klientów na czas, będą funkcjonalne i niezawodne. Przeprowadzona analiza FMEA stanie się ważnym udokumentowaniem procesu w przedsiębiorstwie, który jest niezbędny np. w procesie uzyskania certyfikatów na wyroby gotowe lub certyfikatów na zgodność systemu zapewnienia jakości z normami ISO/TS.

Pierwszy, wstępny etap FMEA, polega na wyznaczeniu granic problemu, który ma obejmować analiza. Chodzi tutaj o ustalenie dokładnego celu i zakresu analizy czyli podjęcie decyzji czy FMEA wykonywana będzie dla procesu czy produktu. Decyzję na temat: czego, czy i kiedy, podejmuje w przedsiębiorstwie zazwyczaj osoba lub zespół odpowiedzialny za dany proces lub wyrób. W pierwszej fazie powstawania analizy FMEA, należy także określić sposób dokumentowania wyników pracy oraz harmonogram jej przeprowadzenia. Dokumentacja wyników pracy odbywa się przy pomocy specjalnych formularzy do FMEA lub też w programie komputerowym przeznaczonym do tego celu.

Podstawową zasadą analizy FMEA jest praca grupowa, dlatego też jak najszybciej należy utworzyć grupę roboczą odpowiedzialną za jej przeprowadzenie. Kluczowym aspektem sukcesu FMEA jest odpowiedni dobór osób pracujących w tym zespole roboczym. Grupa powinna liczyć około 6-8 osób i powinna być multidyscyplinarna czyli jej członkowie powinni być znawcami różnych dziedzin. Osobą nadzorującą przeprowadzenie analizy jest tzw. moderator. Powinien on zadbać o odpowiednią atmosferę w grupie oraz o to, aby każdy z jej członków miał prawo wypowiedzenia się na dany temat. Ma on często do czynienia z osobami narzucającymi swój punkt widzenia, dlatego ważne jest aby potrafił z nimi umiejętnie postępować udzielając głosu wszystkim członkom zespołu na równych prawach. Zalecane jest, aby moderator pełnił jednocześnie funkcję sekretarza, czyli notował do arkusza FMEA lub programu komputerowego, ustalenia wypracowane przez grupę. Pozwoli to na bardziej efektywne kontrolowanie pracy oraz wpływanie na porządek dyskusji.

W skład grupy oprócz moderatora powinni wchodzić specjaliści tacy jak: technolog, inżynier procesu lub produktu, pracownik produkcji, logistyk, pracownik kontroli jakości, a także jeśli jest to możliwe projektant lub konstruktor. Udział wyżej wymienionych osób w procesie przeprowadzania analizy FMEA zagwarantuje możliwe najdokładniejsze przeanalizowanie procesu na wszystkich jego etapach. Powołany zespół powinien posiadać szybki dostęp do wszystkich materiałów źródłowych związanych z wewnętrznymi analizami jakości, badaniami rynkowymi i serwisowymi oraz do danych statystycznych dotyczących reklamacji. Jak już wcześniej wspomniano analiza powinna opierać się na wiedzy i doświadczeniu członków zespołu na temat podobnych procesów i produktów w przedsiębiorstwie oraz u firm konkurencyjnych. Bardzo istotnym elemen-

tem jest tutaj pozytywne nastawienie i zaangażowanie kierownictwa firmy. Kierownictwo przedsiębiorstwa powinno być świadome korzyści jakie przynosi ze sobą prowadzenie FMEA i wspierać swoich pracowników biorących udział w tej inicjatywie.

Zanim rozpoczęta zostanie właściwa analiza PFMEA niezbędne jest przygotowanie mapy przepływu procesu (ang. Process Flow Chart). Bez uprzednio przygotowanej mapy przepływu procesu, uczestnicy tworzący FMEA mogą nie zauważyć niektórych problemów występujących w procesie produkcyjnym lub też całkowicie pominąć niektóre jego elementy. Istotne jest aby sporządzona mapa przepływu procesu była jak najdokładniejsza, ponieważ im dokładniejszy jest opis czynności technologicznych, tym łatwiej jest wykryć i wyeliminować wady które w nich występują. Przygotowanie mapy procesu najczęściej występuje w formie symboli. Ustalenie stosowanych symboli jest niezwykle istotne, ponieważ muszą być one jasne i zrozumiałe dla każdego członka grupy roboczej. Przykładowy wygląd mapy przepływu procesu przedstawia rysunek 2.2.

Nr	Symbol	Opis
10		Odbiór dostawy
20		Kontrola jakości dostawy
30		Zwrot do dostawcy towaru niezgodnego
40		Magazynowanie
50		Pobranie z magazynu komponentów
60		Wiercenie otworów w elemencie A
70		Czyszczenie i nałożenie pasty
80		Montaż elementu B
90		Test wyrobu
100		Naprawa wyrobu
110		Pakowanie wyrobu
120		Transport do magazynu
130		Magazynowanie wyrobu gotowego

Rys. 2.2. Mapa przepływu procesu zbudowana z zastosowaniem symboli określających poszczególne rodzaje operacji

Dysponując mapą przepływu procesu, należy ustalić potencjalne wady jakie mogą wystąpić w każdym z tych procesów. Należy je określać w sposób jednoznaczny i zrozumiały, tak aby unikać dowolności ich interpretacji na dalszych etapach analizy. Skutkiem zbyt ogólnego sformułowania opisu wad mogą być pominięte na dalszym etapie FMEA przyczyny ich powstania. Tabela 1 przedstawia sposób złego i dobrego opisu

jednego z defektów dla operacji frezowania rowka przy pomocy obrabiarki sterowanej numerycznie CNC [Huber Z., 2007].

Tabela 2.1. Sposób formułowania opisu potencjalnych wad w analizie FMEA

Źle (wada określona zbyt ogólnie)		Dobrze (wada określona dokładnie)	
Rowek nieprawidłowy	określenie nieprecyzyjne, przez co trudno będzie ustalić przyczynę wady	Rowek za duży	określenie wady bardziej dokładne, przyczyna wady daje się łatwiej ustalić
		Rowek za mały	
		Zła pozycja rowka	
		Wióry w rowku	
		Rowek za głęboki	
		Rowek za płytki	

Jeżeli opis jednej z potencjalnych wad sformułowany zostanie np. jako „rowek nieprawidłowy”, oznaczać może to właściwie wszystko. Prawidłowe sformułowanie powinno być bardziej szczegółowe, np. rowek za duży, za mały, przesunięty itp. Dzięki temu ryzyko pominięcia potencjalnych wad oraz ich przyczyn zdecydowanie maleje.

Każdy z nazwanych we wcześniejszym etapie FMEA skutków wad ma różne znaczenie dla procesów produkcyjnych, klientów czy pracowników. Dlatego też niezbędne jest określenie stopnia znaczenia każdej wady w skali od 1 do 10, gdzie 1 to znikome znaczenie, a 10 zagrożenie bezpieczeństwa lub naruszenie wymogów prawnych. Tabela 2 [Huber Z., 2007], przedstawia przykładowe kryteria jakie można przyjąć do ustalania znaczenia wad.

Tabela 2.2. Znaczenie wady w skali od 1 do 10

Punkty	Opis
1	Jest nieprawdopodobne, aby wada mogła mieć zauważalny wpływ na działanie wyrobu (lub komponentu). Wada prawdopodobnie nie zostanie zauważona przez klienta i nie będzie miała znaczenia.
2 - 3	Wada jest niewielka i ma niewielki wpływ na zadowolenie klienta. Klient prawdopodobnie zauważy tylko nieznaczne pogorszenie wyrobu.
4 - 6	Wada średnia, która powoduje niezadowolenie klienta. Klient czuje się obciążony wadą, zauważy pogorszenie wyrobu lub procesu i będzie musiał stosować niezaplanowane operacje.
7 - 8	Wada ważna, powodująca duży stopień niezadowolenia klienta. Może spowodować poważne zakłócenia w procesie (potrzebę dodatkowych operacji, naprawy). Nie wpływa ujemnie na poziom bezpieczeństwa i jest zgodna z prawem.
9 - 10	Wada nadzwyczaj ważna (krytyczna). Wpływa na bezpieczeństwo i jest sprzeczna z przepisami prawa. Uniemożliwia dalszą pracę.

Gdy ma się już ustalone znaczenie wad, należy określić prawdopodobieństwo wystąpienia ich. Podobnie jak poprzednio określane jest ono w skali od 1 do 10. W tym przypadku 1 oznacza, że wystąpienie wady jest mało prawdopodobne wręcz znikome, natomiast 10, że wada wystąpi praktycznie zawsze. Pomocne przy wyznaczaniu skali jest zadanie pytania: Jakie jest prawdopodobieństwo powstania wady z powodu danej przyczyny? Przykładowe kryteria określania prawdopodobieństwa powstania wady przedstawia tabela 3 [Huber Z., 2007].

Tabela 2.3. Określenie prawdopodobieństwa wystąpienia wady w skali od 1 do 10

Punkty	Opis
1	Jest nieprawdopodobne, aby wada mogła wystąpić, praktycznie nigdy nie występowała w tym lub podobnych procesach/wyrobach.
2	Bardzo małe prawdopodobieństwo, wady występują pojedynczo i bardzo rzadko. Proces jest stabilny.
3	Małe prawdopodobieństwo. Występują pojedyncze wady w podobnych procesach/wyrobach.
4 - 6	Średnie prawdopodobieństwo. Wady występują w niedużych ilościach.
7 - 8	Duże prawdopodobieństwo. Wady występują często, proces nie jest stabilny i nie jest sterowany statystycznie.
9 - 10	Bardzo duże prawdopodobieństwo. Wady występują.

Kolejnym etapem koniecznym do przeprowadzenia analizy FMEA jest określenie, jakie środki są obecnie stosowane do zapobiegania lub ograniczania wystąpienia przyczyn konkretnej wady. Należy jednak odróżniać to od metod detekcji (wykrycia) wady, która już wystąpiła. Przykładowymi działaniami, które zapobiegają lub w znacznym stopniu ograniczają wystąpienie przyczyny wady są:

- kontrola ustawień procesu (szybkość, temperatura itp.),
- okresowe przeglądy maszyn,
- procedury postępowania (procedura dotycząca identyfikacji wyrobów),
- kontrola statystyczna SPC.

Mając wiedzę o stosowanych obecnie metodach zapobiegania wystąpienia przyczyny wady, należy określić środki stosowane do wykrycia danej wady lub przyczyny jej powstania. Należy wówczas przyjąć, że dana wada już wystąpiła, a celem jest odnalezienie sposobu na jej wykrycie. Metodami detekcji mogą być np. urządzenia poka-yoke, testy wykonywane przez urządzenia sprawdzające funkcjonalność wyrobu (elektryczne, mechaniczne, optyczne), kontrola statystyczna wyrobu (pobieranie próbek) czy też kontrola wizualna wykonywana przez pracownika w trakcie procesu. Prawdopodobieństwo wykrycia wady również określa się w skali od 1 do 10, gdzie 1 oznacza 100% - tową pewność wykrycia wady a 10, że wada jest niemożliwa do wykrycia. Przykładowe kryteria służące do oszacowania tego parametru przedstawia tabela 2.4 [Huber Z., 2007].

Tabela 2.4. Określenie prawdopodobieństwa detekcji wady w skali od 1 do 10

Punkty	Opis
1 - 2	Wykrycie wady pewne. Do detekcji stosowane jest urządzenie typu poka- yoke lub zautomatyzowany test.
3 - 4	Szanse wykrycia wady są duże, stosowany jest test/kontrola funkcjonalności z dużym prawdopodobieństwem wykrycia.
5 - 6	Kontrola może wykryć wady, średnia wykrywalność. Kontrola optyczna wykonywana przez operatora (defekt stosunkowo łatwy do wykrycia wizualnie).
7 - 8	Wykrycie wady jest utrudnione. Kontrola wizualna przez operatora, defekt jest trudny do wykrycia.
9 - 10	Wykrycie wady jest niezmiernie trudne lub niemożliwe lub też nie przeprowadza się kontroli mogącej wykryć daną wadę.

Dysponując wartościami wyżej opisanych parametrów, oblicza się dla każdej konkretnej wady Liczbę Priorytetowego Ryzyka czyli tzw. współczynnika RPN, którego nazwa pochodzi od pierwszych liter angielskiej pisowni Risk Priority Number. Oblicza się go według wzoru [2]:

$$RPN = S \times O \times D \quad (1)$$

gdzie:

S - ryzyko wystąpienia wady (ang. Severity),

O- znaczenie wady (ang. Occurrence),

D- poziom wykrywalności (ang. Detection).

Współczynnik RPN pozwala ona określenie, które z potencjalnych zagrożeń wykrytych w trakcie analizy FMEA niosą ze sobą największe ryzyko. Dzięki temu określić można kolejność, w jakiej należy podjąć działania zapobiegawcze. Wartości RPN powyżej pewnego założonego poziomu oznaczają najwyższy priorytet, czyli tymi wadami należy zająć się w pierwszej kolejności, natomiast wady znajdujące się poniżej przyjętego progu nie wymagają natychmiastowych działań zapobiegawczych. Wielkość progową RPN uzależniona jest od wewnętrznych standardów przyjętych w firmie i wymagań klienta, przy czym najczęściej jako wartość graniczną przyjmuje się na poziomie równym 100. W przypadku wad, dla których wartość liczby priorytetowej ryzyka przekracza ustalony limit, wymagane jest przygotowanie natychmiastowych działań prewencyjnych. Działania zapobiegawcze powinny dotyczyć przede wszystkim sposobu zmniejszenia prawdopodobieństwa wystąpienia przyczyny powstawania wady lub ulepszenia detekcji powstałej wady. Należy pamiętać, że nie można zmieniać znaczenia wady, chyba że wprowadzone zostaną zmiany w konstrukcji wyrobu. Zanim opracowane zostaną działania zapobiegawcze należy upewnić się, że punktacja przy „Znaczeniu wady” nie została zawyżona oraz czy znana jest faktyczna przyczyna powstania danej wady. Kiedy działania zapobiegawcze zostaną ustalone, należy stworzyć harmonogram ich realizacji oraz osobę, która będzie odpowiedzialna za nadzór nad prowadzonymi pracami naprawczymi. Działania te muszą zostać opisane w sposób jednoznaczny i zwięzły tak, aby były zrozumiałe nie tylko dla wszystkich członków grupy roboczej i osób wykonujących te działania, ale np. także dla klienta. Możliwe jest także odwoływanie się do innych do-

kumentów opisujących działania zapobiegawcze (np. instrukcji pracy). Po zrealizowaniu działań zapobiegawczych w kolejnej analizie FMEA należy ponownie obliczyć poziom RPN poprzez określenie na nowo parametrów „Występowanie” oraz „Detekcja”, natomiast wartość „Znaczenie” zostaje przepisana, gdyż nie wolno jej zmieniać.

Zalety analizy FMEA spowodowały jej powszechne zastosowanie w różnych dziedzinach przemysłu w tym również w przemyśle odlewniczym. W ciągu ostatnich lat poczynił on duże postępy w obrębie automatyzacji i mechanizacji procesów. Głównym celem technologicznym stało się dążenie do produkowania odlewów o wysokiej jakości, lekkich i wytrzymałych, wykonywanych tylko w procesie odlewania ciśnieniowego, bez konieczności stosowania obróbki skrawaniem przy jednoczesnym obniżaniu kosztów produkcji. Można to uzyskać przez zastosowanie technologii ciśnieniowego odlewania siluminów czyli stopów aluminium i krzemu. Detale wyprodukowane w ten sposób cechują przede wszystkim dobre właściwości mechaniczne, lekkość i odporność na korozję. Do zalet należy również zaliczyć właściwości fizyczne siluminów w tym niska temperatura topienia, dobre przewodnictwo cieplne i elektryczne, mały współczynnik rozszerzalności cieplnej, dobrą lejność i łatwość wypełniania formy, mały skurcz odlewniczy oraz dobrą obrabialność. Głównymi odbiorcami aluminiowych elementów wykonanych metodą wtrysku są przemysł samochodowy, elektromaszynowy i lotniczy.

Proces ciśnieniowego odlewania siluminów jest bardzo złożony i dynamiczny, dlatego też niezbędne jest jego ciągłe monitorowanie. Jednym z narzędzi pozwalających na określenie stabilności tego procesu oraz wyeliminowanie przyczyn wad odlewniczych stała się analiza FMEA. Zastosowanie jej pozwala na uniknięcie występujących lub potencjalnie możliwych wad, poprzez wykrycie ich przyczyn na odpowiednio wczesnym etapie tak skomplikowanego procesu jakim jest odlewanie ciśnieniowe.

Poniżej zostanie przedstawiony przykład zastosowania metody FMEA w produkcji aluminiowych odlewów ciśnieniowych w jednej z firm działającej w ramach Kostrzyńsko-Słubickiej Strefy Ekonomicznej, w podstrefie położonej na terenie miasta Nowa Sól. Analizie został poddany cały proces produkcyjny odlewu wykorzystywanego jako obudowa i radiator elektronicznego układu sterowania wentylatora systemu chłodzenia samochodów osobowych. Ze względu na rozbudowany charakter analizy, zostanie przedstawiona tylko analiza FMEA dla jednego procesu- szlifowania ręcznego.

Do przeprowadzenia analizy FMEA w zakładzie powołano grupę roboczą, w skład której weszli pracownicy będący przedstawicielami wszystkich poszczególnych działów firmy:

- Logistyki,
- Kontroli Jakości,
- Utrzymania ruchu,
- Topialni,
- Odlewni,
- Narzędziowni,
- Kontroli jakości.

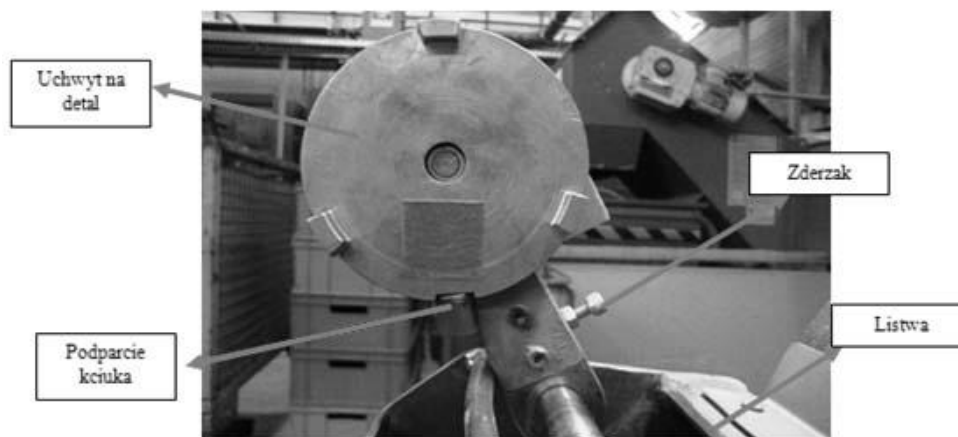
Do tworzenia analizy FMEA zespół wykorzystał narzędzie wspomagające tą analizę w postaci programu komputerowego APIS IQ-RM. W oparciu o to oprogramowanie

było możliwe stworzenie dokumentacji inżynierskiej i jakościowej wymaganej m.in. przez normy ISO/TS 16949 oraz VDA takie jak:

- arkusze FMEA,
- dokumenty DRBFM,
- przebieg procesu (ang. Flow Chart),
- plany kontroli (ang. Control Plan),
- raporty 8D.

Jedną z pierwszych decyzji zespołu było przyjęcie maksymalnego poziomu liczby priorytetowej ryzyka, który wyniósł 120. W przypadku przekroczenia dopuszczalnego poziomu RPN należało podjąć działania zaradcze, mające na celu ustabilizowanie procesu i zmniejszenie tego wskaźnika.

Jednym z procesów produkcyjnych, w którym występował duży poziom braków było szlifowanie ręczne na szlifierce taśmowej. Przeprowadzona analiza wykazała, iż głównym powodem takiego stanu rzeczy był brak powtarzalności wymiarów. Pierwszą czynnością jaką wykonał zespół było zapoznanie się z działaniem stanowiska do szlifowania, które wyposażone jest w specjalny przyrząd do mocowania detalu. Dla zapewnienia powtarzalności wymiarów wyznaczonego obszaru, przyrząd ten wyposażony jest w specjalny uchwyt, do którego mocuje się detal. Dokładną budowę przyrządu przedstawia rysunek 2.3.



Rys 2.3. Szlifierka z przyrządem do zamocowania detalu

Pracownik przed przystąpieniem do wykonywania czynności szlifowania musi upewnić się, że ustawienie zderzaka i detalu względem taśmy szlifującej jest prawidłowe oraz wykonać jedną sztukę na próbę. Drugim ważnym czynnikiem wpływającym na jakość wykonanego procesu jest zużycie papieru ściernego używanego do szlifowania. Jego wymiana powinna następować po upływie określonego czasu. Nadzór nad popraw-

nie prowadzoną dokumentacją powinien sprawować brygadzysta. Obszary przeznaczone do szlifowania zaznaczono na rysunku 4 czarnymi liniami.



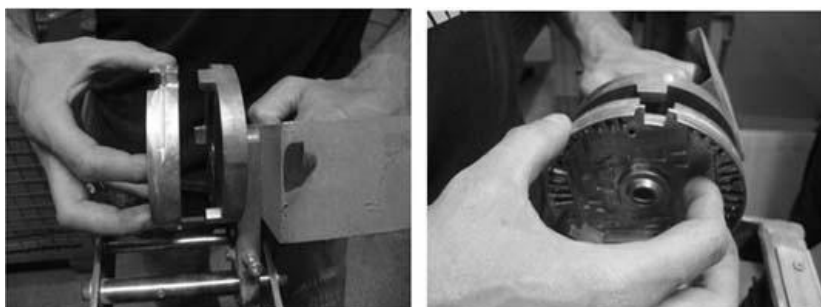
Rys. 2.4. Obszary szlifowania detalu

Proces szlifowania ma na celu usunięcie zapłytki powstającej na detalu w miejscu podziału formy. Uzyskanie płaskiej powierzchni jest niezbędne ze względu na konieczność klejenia etykiety, na której nie mogą być widoczne żadne nierówności. Różnicę pomiędzy między częścią przed oraz po szlifowaniu przedstawia rysunek 2.5.



Rys. 2.5. Wygląd powierzchni detalu:
a) przed szlifowaniem, b) po szlifowaniu

Kolejną rzeczą jaką musiał ustalić zespół zajmujący się tworzeniem analizy FMEA, było ustalenie kolejności operacji wykonywanych podczas procesu szlifowania detalu. Najpierw detal zostaje zamocowany na uchwycie szlifierki. Sposób zamocowania pokazuje rysunek 2.6.



Rys. 2.6. Mocowanie detalu na szlifierce

Następnie przyrząd z zamocowanym elementem przysuwa się do papieru i wykonuje detalem ruch o 180° w przód i w tył. Sposób wykonywania czynności szlifowania pokazano na rysunku 2.7 gdzie strzałki pokazują kierunek wykonywanych ruchów. Po wykonaniu tych czynności pracownik zdejmuje detale ze szlifierki.



Rys. 2.7. Obracanie detalu na szlifierce

Po ustaleniu wszelkich czynności związanych z procesem szlifowania, zespół przystąpił, przy wykorzystaniu programu komputerowego APIS IQ-RM, do stworzenia arkusza FMEA. W tworzonym arkuszu przyjęto dwa obszary analizy: transportu detali od maszyny odlewniczej do szlifowania oraz samego procesu szlifowania. Otrzymane wyniki zostały zawarte w arkuszu FMEA, który został przedstawiony na rysunku 2.8. Jak już wcześniej wspomniano, głównym kryterium na podstawie którego zespół do analizy FMEA podejmował decyzję o podjęciu działań zaradczych, była wielkość liczby priorytetowej ryzyka RPN, którą na początku działalności ustalono na poziomie 120 pkt.

F M E A										Numer:	
Procesu										1.1	
Typ/Model/Produkcja/Charge:			Numer detalu: 290 880 EZ		Odpowiedzialny: Firma:			Utworzono: 2005-10-19			
FMEA/Systemelement: FMEA DCL-V4 KK880			Numer detalu: 290 880 EZ		Odpowiedzialny: Firma:			Utworzono: 2010-05-07 Zmieniono: 2013-02-10			
Skutek	B	K	Rodzaj błędu	Przyczyna błędu	Środki zaradcze/ prewencyjne	A	Środki detekcyjne	E	RPZ	Odpowiedzialni	
Systemelement: 1.8 Transport maszyna odlewnicza- stanowisko do szlifowania											
Funkcja: 1.8.a Transport zgodnie z Instrukcją Pracy {1}											
1.a.6 Obniżenie właściwości mechanicznych {1}	9		1.8.a.1 Transport niezgodnie z Instrukcją Pracy {1}	1.8.1.a.1 Praca niezgodnie z Instrukcją Pracy {1}	Stan - Początek: 2012-08-23 Instrukcja Pracy {1}	4	Kontrola wizualna {1}	3	108	Kontrola Jakości 2012-08-23 zakończono	
1.b.5 Problem z klejeniem etykiety {1}	8										
Systemelement: 1.9 Szlifowanie											
Funkcja: 1.9.a Szlifowanie- usunięcie gratu {1}											
1.a.2 Problemy montażowe i zakończenia w funkcjonalności detalu {1}	7		1.9.a.1 Detal niewłaściwie oszlifowany {1}	1.9.1.a.1 Złe parametry nastawcze szlifierki {1}	Stan - Początek: 2012-08-25 Instrukcja Pracy {1}	4	Kontrola wizualna {1}	3	96	Brygadziści/ Kontrola Jakości 2012-08-25 zakończono	
1.b.5 Problem z klejeniem etykiety {1}	8			1.9.2.a.1 Zużyty papier {1}	Stan - Początek: 2012-08-25 Instrukcja Pracy {1}	3	Kontrola wizualna {1}	5	120	Brygadziści/ Kontrola Jakości 2012-08-25 zakończono	
				1.9.2.a.3 Brak powtarzalności – ręczne szlifowanie {1}	Stan - Początek: 2012-08-23 Instrukcja Pracy {1}	10	Kontrola wizualna, urządzenie pokayoke {1}	2	120	Brygadziści/ Kontrola Jakości 2012-08-23 zakończono	
1.a.2 Problemy montażowe i zakończenia w funkcjonalności detalu {1}	7		1.9.a.2 Detal nieoszlifowany {1}	1.9.2.a.2 Detal na złym miejscu odkładczym {1}	Stan - Początek: 2012-08-24 Instrukcja Pracy, wyznaczone miejsca dla detali oszlifowanych i nieoszlifowanych {1}	4	Kontrola wizualna {1}	3	84	Brygadziści/ Kontrola Jakości 2012-08-24 zakończono	

Rys. 2.8. Arkusz FMEA z programu komputerowego APIS IQ-RM

Jak widać z wyników zamieszczonych w arkuszu FMEA, wartość współczynnika RPN w dwóch wypadkach jest równy założonej przez zespół jego górnej granicy. W tym przypadku wartość tą potraktowano jako przekroczenie dopuszczalnego limitu i przyjęto, że dla obu procesów należy natychmiast zaproponować środki zaradcze.

Pierwszym elementem dla którego wartość liczby priorytetowej ryzyka była równa 120, jest szlifowanie ręczne detalu. Głównym problemem tego procesu był brak powtarzalności wymiarów. Jako środek zaradczy, zespół przeprowadzający analizę FMEA, nakazał przeprojektowanie przyrządu, do którego mocowany jest detal, tak aby każdy

odlew miał taką samą siłą docisku. Efektem wprowadzonych zmian było obniżenie ilości braków i detali kierowanych do poprawy.

Drugim elementem dla którego należało natychmiast podjąć działania zaradcze jest proces zużywania się papieru ściernego w trakcie szlifowania. W tym przypadku nakazano wprowadzenie obowiązku dokumentowania zmian papieru na specjalnie do tego przeznaczonych kartach. Wymiana papieru powinna odbywać się w ściśle określonych przedziałach czasowych.

Po wprowadzeniu działań zaradczych, zespół dokonał ponownej analizy FMEA tylko dla tych dwóch elementów, dla których liczba priorytetowego ryzyka była równa 120. Jak już wcześniej wspomniano, przy ponownym obliczaniu poziomu RPN określono na nowo tylko parametry „Występowanie” i „Detekcja”, natomiast wartość „Znaczenie” została przepisana. W obu przypadkach, po ponownym obliczeniu, wartość liczby priorytetowego ryzyka RPN była poniżej 100, co zespół do przeprowadzenia analizy FMEA uznał za wynik satysfakcjonujący.

3. PODSUMOWANIE

Przeprowadzenie analizy FMEA procesu produkcji detalu metodą odlewania ciśnieniowego aluminium pozwoliło na określenie potencjalnych zagrożeń mogących występować w procesie powodując jego niestabilność i w konsekwencji straty. W przypadku przekroczenia dopuszczalnego limitu Liczby Priorytetowej Ryzyka RPN zaproponowano środki zaradcze. Określono także te elementy procesu, w których wprowadzenie środków zaradczych nie jest konieczne, ale ich wartość znajduje się w górnych granicach dopuszczalnego limitu RPN. W związku z tym zalecono nad nimi szczególny nadzór.

Przeprowadzona analiza FMEA procesu powstała przy wykorzystaniu narzędzia wspomagającego tworzenie tego rodzaju analizy w postaci programu komputerowego Apis IQ- FMEA. Utworzone w ten sposób arkusze FMEA stanowią część dokumentacji jakościowej firmy, która jest wymagana przez odbiorcę detalu.

ROZDZIAŁ 3

SCENARIUSZE ROZWOJU PRZEDSIĘBIORSTW W ASPEKTCIE WDROŻENIA INFORMATYCZNYCH TECHNOLOGII

1. WPROWADZENIE

Obecnie złożone struktury społeczno-gospodarcze wymagają od społeczności dysponowania coraz większymi zasobami informacji. Utrzymywanie i rozwój tych zasobów możliwy jest dzięki nowoczesnym technologiom informacyjnym, integrującym procesy generowania, gromadzenia, przechowywania, przekazywania i udostępniania informacji.

Jeżeli przedsiębiorstwo ma być konkurencyjne, musi wprowadzać zmiany, na bieżąco dostosowując się do potrzeb rynku. Podmioty gospodarcze, aby dostosować się do zmian w otoczeniu i uzyskać lub utrzymać przewagę na rynku wciąż powinny poszukiwać nowych rozwiązań. Można założyć, że proces budowania innowacyjnego przedsiębiorstwa sektora MSP (małych i średnich przedsiębiorstw) powinien opierać się na ciągłym monitorowaniu zmian w otoczeniu dalszym i bliższym przedsiębiorstwa (wśród podmiotów konkurencyjnych, klientów, dostawców oraz w makrootoczeniu), które nabiera coraz większego znaczenia dla rozwoju innowacyjności i przedsiębiorczości firm [Patalas-Maliszewska i Kłós, 2013].

Formułowanie strategii rozwoju przedsiębiorstwa wiąże się nie tylko z planowaniem zasobów wewnętrznych przedsiębiorstwa ale również z przystosowaniem się do zmian zachodzących w otoczeniu. Scenariuszy rozwoju firmy nie należy traktować jako specjalnej techniki działania, ale jako sposób myślenia określający „ramy”, w których występują decyzje dotyczące rodzaju oraz kierunku działalności przedsiębiorstwa.

W artykule podjęto próbę zbudowania procedury prognozowania rozwoju przedsiębiorstwa w oparciu o stosowane technologie informatyczne. Przygotowano scenariusze rozwoju przedsiębiorstwa, które będą pomocne przy podejmowaniu ważnych decyzji związanych z obszarem informatycznych systemów wspomagania. Analizując dotychczasowy stan informatyzacji polskich przedsiębiorstw w latach 2008-2012 oraz tendencje zmian badanych jednostek gospodarczych nakreślono ich przyszłe trendy rozwoju.

2. ANALIZA STANU INFORMATYZACJI POLSKICH PRZEDSIĘBIORSTW W LATACH 2008-2012

W celu zbudowania scenariuszy rozwoju przedsiębiorstw w oparciu o stosowane informatyczne technologie konieczne jest przeprowadzenie analizy makrootoczenia

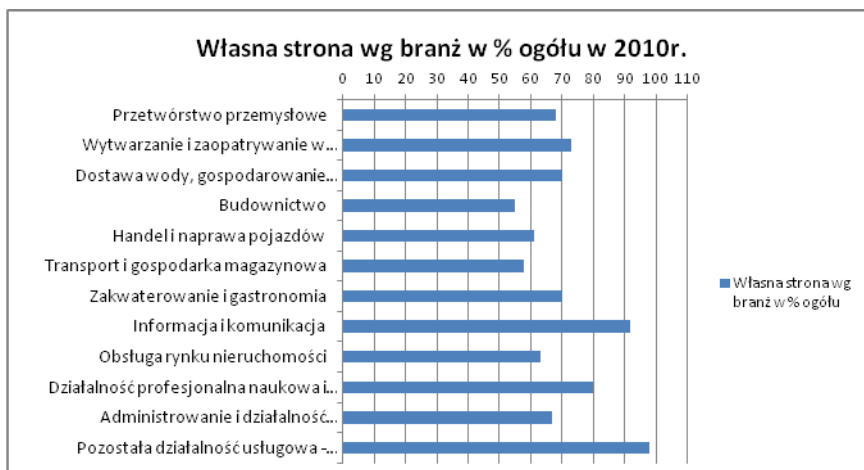
w przedmiotowym zakresie. Dokonano analizy, na podstawie danych z Głównego Urzędu Statystycznego, stanu informatyzacji polskich podmiotów gospodarczych w latach 2008-2012.

Analizując dynamikę zmian w obszarze dostępu polskich przedsiębiorstw do Internetu, pomimo mniejszej ilości firm w roku 2009r., dostęp do Internetu posiadało 95,78% z nich, w latach następnych powstawały nowe przedsiębiorstwa, lecz ich dostęp do powyższego medium nie był tak szeroki. I tak w roku 2010 był on na poziomie 93,91% ogółu wszystkich firm, a w roku 2011r. było to już tylko 93,24%. Drastyczny spadek w dostępie do sieci ogólnosiwiatowej zanotowano w 2011r. w dużych firmach zatrudniających powyżej 250 pracowników.

W 2010r. średnio przedsiębiorstwa posiadały dostęp do tego medium na poziomie około 96%. Obszarem, który zarówno w 2010r. jak i 2011r. posiadał procentowo niewielki udział przedsiębiorstw z dostępem do Internetu był region świętokrzyski. Województwem, które wyróżniało się in-plus na tle innych było opolskie. Podmioty gospodarcze z tego terenu posiadały procentowo największy dostęp do Internetu, jednak w przeliczeniu na ilość dominującym na pewno byłoby województwo mazowieckie. Województwo opolskie posiada najmniejszą liczbę przedsiębiorstw z dostępem do sieci – nieco ponad 1800, a woj. mazowieckie ponad 12000.

Do efektywnego przejścia fazy od przedsiębiorstwa „tradycyjnego” do e-firmy niezbędne jest stworzenie własnej strony internetowej. W Polsce własne strony posiadają firmy, które przede wszystkim chcą nawiązać kontakt z potencjalnym klientem, lub które decydują się na stworzenie własnego sklepu w sieci. Wyraźnie zauważa się, że co roku liczba jednostek, które tworzyły wirtualne strony rosła – w 2009r. było to 68,34% ogółu przedsiębiorstw z dostępem do Internetu, w 2010r. – 68,86%, w 2011r. – 72,45%. Strony internetowe zaczęły nabierać coraz większego znaczenia. Dziś nie służą jedynie do zamieszczenia danych kontaktowych oraz ogólnych informacji o firmie, lecz często są miejscem wymiany danych pomiędzy jednostkami zewnętrznymi takimi jak dostawcy, czy klienci.

W analizowanych badaniach zwrócono również uwagę na zróżnicowanie branż posiadających własną stronę internetową. Branżą, która posiada najmniej stron internetowych jest budownictwo. Tylko 54% ogółu przedsiębiorstw tej branży korzysta z takiej możliwości reklamy swojej firmy. Rys. 3.1 pokazuje udział % firm posiadających własną stronę internetową w podziale na branże.



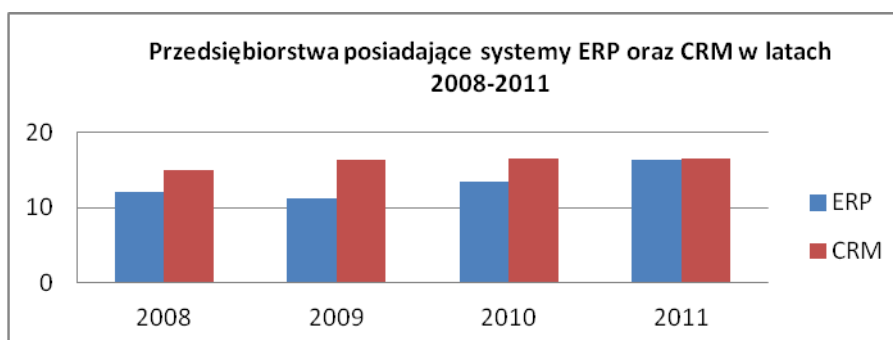
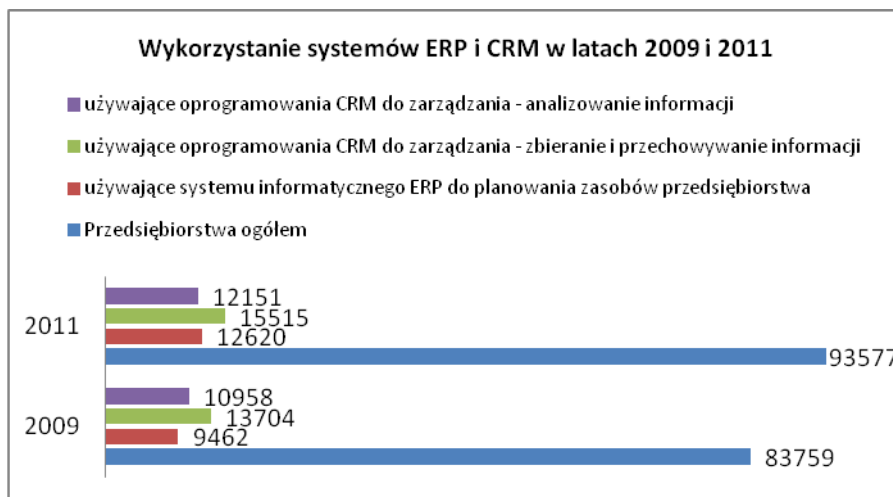
Rys. 3.1 Udział % firm posiadających własną stronę internetową w podziale na branże na podstawie : www.stat.gov.pl

W prowadzonych badaniach obiektem badań jest przedsiębiorstwo, które posiada informatyczne technologie wspomagające pracę przedsiębiorstwa, w szczególności systemy klasy ERP. Systemy ERP są oprogramowaniem modułowym, czyli składają się z niezależnych od siebie choć ściśle ze sobą współpracujących aplikacji. Podstawowym ich elementem jest baza danych, która jest przeważnie wspólna dla wszystkich pozostałych modułów.

Rys. 2.2-2.3 prezentują szacunkowe dane dotyczące polskich przedsiębiorstw pracujących w systemach klasy ERP. Porównując wyniki 2010 i 2011 można zauważyć, że liczba firm korzystających z programów tych klas wzrosła.

Zaprezentowane wyniki analizy stanu informatyzacji polskich przedsiębiorstw w latach 2008-2012, ze szczególnym uwzględnieniem analizy wskaźnika wykorzystania systemów informatycznych klasy ERP, wskazuje na ciągły rozwój informatyzacji w polskich przedsiębiorstwach. Jednak systemy klasy ERP posiadało w 2011r. zaledwie 13% przedsiębiorstw.

Realizując projekt wdrożenia systemu informatycznego klasy ERP lub jego modyfikację, można tego typu działania potraktować jako inwestycję, strategię poprawy i rozwoju przedsiębiorstwa. W takim ujęciu należy również zdefiniować korzyści z dokonywanej inwestycji. Zastosowanie proponowanej procedury prognozowania rozwoju przedsiębiorstwa w oparciu o stosowane technologie informatyczne pozwoli przedsiębiorstwu na podjęcie decyzji o rozwoju systemu informatycznego klasy ERP w oparciu o zdefiniowane korzyści.



Rys.2.2-2.3 Przedsiębiorstwa posiadające systemy ERP oraz CRM w latach 2008-2011, na podstawie: www.stat.gov.pl

3. PROCEDURA PROGNOZOWANIA ROZWOJU PRZEDSIĘBIORSTWA W OPARCIU O STOSOWANE TECHNOLOGIE INFORMATYCZNE

Dla potrzeb zbudowania scenariuszy rozwoju przedsiębiorstw w aspekcie stosowanych informatycznych systemów klasy ERP sformułowano autorską, pięcio-etapową procedurę tworzenia takiego scenariusza.

ETAP1:

Określenie problemów w przedsiębiorstwie, które mają istotny wpływ na jego dalszy rozwój w aspekcie stosowania systemów informatycznych.

Etap 2:

Zbudowanie listy determinantów rozwoju przedsiębiorstwa (mierników opisujących zdefiniowane problemy w przedsiębiorstwie). Zbudowano bazę mierników w pięciu perspektywach:

Perspektywa 1. Czynniki determinujące rozwój przedsiębiorstw w obszarze zaopatrzenia:

- liczba dostaw w roku (%)
- czas dostawy (zamówienie/przyjęcie) (min)
- min czas przyjęcia dostawy (min)
- max czas przyjęcia dostawy (min)
- wartość uszkodzeń (materiał + opako. + mat. pomoc.) (%)
- liczba wadliwych dostaw (%)

Perspektywa 2. Czynniki determinujące rozwój przedsiębiorstw w obszarze produkcji:

- liczba zleceń produkcyjnych (%)
- min czas cyklu produkcyjnego (h)
- max czas cyklu produkcyjnego h
- min czas od przyjęcia zlecenia do wyprodukowania (dni)
- max czas od przyjęcia zlecenia do wyprodukowania (dni)
- wartość całej produkcji (%)
- liczba wadliwych wyrobów (%)
- wykorzystana zdolność produkcyjna (%)
- czas przestoju (h)

Perspektywa 3. Czynniki determinujące rozwój przedsiębiorstw w obszarze obsługi magazynu:

- wartość zapasów magazynowych %
- wartość sprzedaży zł
- wartość wyrobów nierotujących %
- koszty pomieszczeń magazynowych zł
- ilość miejsc składowych %
- ilość wykorzystanych miejsc składowych %
- czas obsługi zlecenia kompletacyjnego %
- czas przemieszczeń magazynowych %
- liczba zleceń kompletacyjnych %
- liczba wadliwych zleceń kompletacyjnych szt.

Perspektywa 4. Czynniki determinujące rozwój przedsiębiorstw w obszarze dostaw do klientów:

- Min dostawy do klienta – od momentu złożenia zam. dni
- Max dostawy do klienta – od momentu złożenia zam. dni
- Ilość błędnych dostaw %
- Ilość zwróconych dostaw %
- Ilość powtórnych dostaw %
- Ilość reklamowanych dostaw (uszkodzonych) %

Perspektywa 5. Czynniki determinujące rozwój przedsiębiorstw w obszarze obsługi klienta:

- Średni czas opracowania zamówienia %
- Ilość zamówień ogółem %
- Ilość nie zrealizowanych zamówień %
- Ilość zamówień zrealizowanych w terminie %
- Ilość wystawionych faktur %
- Ilość błędnych faktur (ceny, ilości, dane klientów) %

Etap 3:

Opracowanie listy czynników w otoczeniu, które mają istotny wpływ na funkcjonowanie organizacji.

Przyjęto następujące czynniki:

- zmiany techniki wytwarzania produktów i usług, czyli rewolucja technologiczna
- rozwój sektora, branży
- kapitał intelektualny, czyli dostęp do wykwalifikowanej kadry;
- dostęp do zewnętrznych źródeł finansowania;
- efekt makroekonomiczny,
- czynniki polityki fiskalnej i monetarnej, prawne oraz interwencjonizm państwowy, inflacja;
- działania konkurencji [Piasecki i in., 1999]

Powyższe czynniki, które będą wpływały na wewnętrzne czynniki determinujące rozwój przedsiębiorstwa podzielono na dwie grupy: (1) rozwój sektora, (2) zmiany technologiczne (pp. Tab. 3.1 i Tab. 3.2)

Tabela 3.1. Zewnętrzne czynniki determinujące rozwój przedsiębiorstwa: (I) rozwój sektora

woj. Lubuskie	2008	2009	2010	2011
Środki własne	58,29	67,17	70,97	73,23
Środki budżetowe	2,45	4,08	5,74	5,98
Kredyty i pożyczki krajowe	27,98	16,04	9,54	10,3
Środki zagraniczne ogółem	6,88	5,79	7,79	8,04
W tym zagraniczne kredyty	1,03	4,12	2,63	3,08
Inne źródła	3,24	5,19	4,21	4,68
Nakłady niefinansowe	1,17	1,72	1,75	1,84
Absolwenci szkół wyższych kierunków przyrodniczych, technicznych i informatycznych ogółem (na 100 mieszkańców woj. lubuskiego)	2	2	2,2	2,5
Polska	2008	2009	2010	2011
Popyt krajowy	5,6	-1,1	4,6	3,7
PKB	5,1	1,6	3,9	4,3
Wskaźnik cen towarów i usług konsumpcyjnych (% rok do roku)	104,2	103,5	102,6	104,3
Innowacyjna gospodarka (nakłady na działalność-inwestycyjną - jako % wartości produkcji sprzedanej wszystkich przedsiębiorstw.)	1,03	1,23	1,25	1,32
Ośrodki innowacji i przedsiębiorczości (szt.)	710	717	735	738

Ludność	10089 62	10100 47	10232 15	10231 58
Stopa bezrobocia %	9,5	12,1	12,4	12,5
Liczba pracowników wyposażona w sprzęt komputerowy w %	35,9	39,1	40,1	42,3
Działalność związana z oprogramowaniem i doradztwem w zakresie informatyki (w % w stosunku do 2005r.)	113,1	110,1	125,7	110,2

Tabela 3. 2. Zewnętrzne czynniki determinujące rozwój przedsiębiorstwa: (2) zmiany technologiczne

	2008	2009	2010	2011
Ilość firm posiadających/prowadzących:				
komputery	96,7	98,9	98,4	97,5
dostęp do Internetu	92,5	90	95,6	93,8
własną stronę www	56,5	57,4	65,5	64,7
elektroniczną wymianę danych (EDI)	11	16	54	74,1
E-administrację	68	89,3	92	92,4
System klasy ERP	12	11,3	13,5	16,4
System klasy CRM	15	16,3	16,5	16,6
RFID			0,9	1,7

Etap 4:

Opracowanie modelu rozwoju przedsiębiorstwa (opracowanie macierzy wzajemnych zależności czynników w otoczeniu i determinantów rozwoju przedsiębiorstwa).

Do tego celu zastosowano Metodę Najmniejszych Kwadratów. Jest to linia prosta w przestrzeni dwuwymiarowej (na płaszczyźnie) zdefiniowana przez równanie $Y=a+b*X$. Oznacza ono, że wartość zmiennej Y może być obliczona jako suma wartości stałej (a) oraz iloczynu nachylenia (b) przez zmienną X . Występująca w równaniu stała bywa również nazywana wyrazem wolnym, a nachylenie współczynnikiem regresji lub współczynnikiem B .

Wzór dla wielu zmiennych : $Y = a + a*X_1 + b*X_2 + \dots + z_p*X_p$, który umożliwia przeprowadzenie symulacji w aspekcie rozwoju przedsiębiorstwa.

Etap 6:

Dokonanie analizy opisowej scenariuszy rozwoju przedsiębiorstwa.

4. SCENARIUSZ DLA PRZEDSIĘBIORSTWA „A”

Zgodnie z zaprezentowaną procedurą zbudowano scenariusz rozwoju przedsiębiorstwa „A” w aspekcie stosowanego informatycznego systemu klasy ERP. Podmiot „A” działa jako jednostka produkcyjno-handlowo-dystrybucyjna w branży spożywczej na terenie Europy.

Etap1:

Określono następujące problemy w przedsiębiorstwie, które mają istotny wpływ na jego dalszy rozwój w aspekcie stosowania systemów informatycznych.

Dział zaopatrzenia w surowce zajmujące się pozyskiwaniem odpowiedniej jakości surowca dla potrzeb produkcji oleju oraz rozliczania finansowego zakupu – brakuje dostępu do platformy zakupowej, gdzie można byłoby nawiązać współpracę z różnymi dostawcami z terenu Polski oraz całej Europy. Brak łączności internetowej oraz elektronicznej wymiany dokumentów z innymi bazami skupującymi rzepak.

Dział: kadrowo-płacowy oraz finansowy nie jest zintegrowany z działem produkcji. Dane o procesach spływają na podstawie zestawień przygotowanych przez kierownika produkcji. Nie wykorzystane możliwości przesyłania danych sprawozdawczych do organów państwowych (brak e-administracji). Nie wykorzystane funkcjonalności programu ERP związane z raportowaniem i controllingiem finansowym i płacowym. Zbyt wysoki wskaźnik należności (36dni), oznacza złą jakość systemu windykacji.

Dział produkcyjno-techniczny oraz kontroli jakości – brak systemu klasy MES, który wykorzystując technologie informatyczne, oprogramowanie, urządzenia elektroniczne i elementy automatyki, umożliwiłby efektywniejsze zbieranie informacji w czasie rzeczywistym wprost ze stanowisk produkcyjnych i ich transfer na obszar biznesowy. Brak harmonogramowania produkcji, pomimo zwiększenia liczby dostaw nadal zdarzają się przestoje, co ujemnie wpływa na ogólne koszty produkcyjne.

Dział handlowy – powinien zapewnić dobrą i szybką jakość sprzedaży produktów masowych (oleje rafinowane, tłuszcz cukierniczy, olej rzepakowy surowy, śruta rzepa-

kowa, kwasy tłuszczowe) – nie zawsze jest ona na najwyższym poziomie. Brak systemu CRM związanego z relacjami pomiędzy firmą „B” a klientami. Brak możliwości zamawiania towaru drogą internetową, co zawęża grupę odbiorców. Brak wykorzystania zawartych w programie ERP możliwości związanych z polityką rabatową, co wydłuża czas przygotowywania oferty jak i zamówienia sprzedaży.

Dział logistyki i transportu – podstawowym problemem jest brak systemu harmonogramującego pracę kierowców. Brak dostępu do platformy-giełdy transportowej, w związku z tym zdarzają się puste przebiegi samochodów dostawczych w czasie kursów powrotnych. Brak systemu oznakowania logistycznych towarów gotowych (np. RFID), co utrudnia inwentaryzację, kontrolę wydawanych towarów do przewozu oraz pochłania zbędny czas pracowników przy ręcznym wystawianiu listów przewozowych oraz lokalizacji miejsc składowych.

Sprzęt komputerowy stacjonarny jak i mobilny jaki posiada firma nie jest przestarzały, ale słabo wykorzystywany – brak szkoleń dla kadry.

Etapy 2 -5:

Do analizy stanu firmy „B” przyjęto wybiórcze z czynników. Model rozwoju przedstawiono w oparciu o macierze skonstruowane jak w przypadku firmy „A”.

Etap 2, Etap 3:

Zastosowano listę determinantów rozwoju przedsiębiorstwa (mierników opisujących zdefiniowane problemy w przedsiębiorstwie) oraz czynników zewnętrznych.

Etpa4:

Opracowano modele rozwoju przedsiębiorstwa stosując Metodę Najmniejszych Kwadratów. Sformułowano macierze wzajemnych zależności czynników w otoczeniu i determinantów rozwoju przedsiębiorstwa. Poniżej zaprezentowano przykłady takich macierzy oraz otrzymane modele rozwoju przedsiębiorstwa (pp. tab. 3.3-3.6):

Tabela 3.3: Macierz wzajemnych zależności czynników w otoczeniu i determinantów rozwoju przedsiębiorstwa

	liczba dostaw w roku %	System klasy CRM	Popyt krajowy
Przed wdrożeniem 2009	100,00	15,00	5,60
rok 2010	120,00	16,30	-1,10
Po wdrożeniu 2011	140,00	16,60	3,70
Okres przyszły/prognoza 2015	153,09	17,00	4,50

Przy zakładanym wzroście popytu do 4,5% i wzroście dostępności przedsiębiorstwa do systemów klasy CRM liczba dostaw w roku zwiększy się do 153,09% w stosunku do

roku przed wdrożeniowego. Większa ilość dostaw zapewni wzrost wydajności produkcji (dotychczasowy był na poziomie 5%) oraz wypełni dotychczasowe luki i przestoje.

Tabela 3.4. Macierz wzajemnych zależności czynników w otoczeniu i determinantów rozwoju przedsiębiorstwa

	czas dostawy (zamówienie /przyjęcie) (h)	elektroniczną wymianę danych (EDI)	Innowacyjna gospodarka (nakłady na działalność- inwestycyjną - jako % wartości produkcji sprzedanej wszystkich przedsiębiorstw)
Przed wdrożeniem 2009	90,00	11,00	1,03
rok 2010	85,00	16,00	1,23
Po wdrożeniu 2011	40,00	74,10	1,32
Okres przy- szły/prognoza 2015	36,13	79,00	1,34

Zakres wykorzystywania sieci, oraz nowe e-usługi takie jak platformy oraz giełdy internetowych zakupów umożliwiłyby nawiązywanie nowych kontaktów. Dzięki elektronicznej wymianie danych (zakładany wzrost liczby przedsiębiorstw korzystających z EDI – 79% ogółu firm polskich) i ciągle zwiększającym się nakładom na działalność inwestycyjną (zakładany wzrost do 1,34%) można osiągnąć dużo krótsze czasy przygotowywania zamówień w zaopatrzeniu – w przypadku analizowanej firmy „A” nawet do 36,13godzin.

Tabela 3.5. Macierz wzajemnych zależności czynników w otoczeniu i determinantów rozwoju przedsiębiorstwa

	wartość uszkodzeń (materiał +opako.+ mat. pomoc.) w %	RFID	Działalność związana z oprogramowaniem i doradztwem w zakresie informatyki (w % w stosunku do 2005r.)
Przed wdrożeniem 2009	10,00	0,00	113,10
rok 2010	8,00	0,90	125,70
Po wdrożeniu	6,00	1,70	110,20

2011			
Okres przy- szły/prognoza 2015	4,21	2,50	120,00

Dzięki wdrożeniu nowych technologii takich jak radiowa identyfikacja znaczników uniknięto by zbędnych operacji związanych z przeładunkiem, a w związku z tym zmniejszyłaby się wartość uszkodzonych towarów. Przy założeniu, że znaczniki będą cieszyły się coraz popularności (współczynnik firm polskich wykorzystujących tę technologię wzrośnie do 2,5) oraz nadal będzie odnotowywany wzrost firm zajmujących się oprogramowaniem i doradztwem w zakresie informatyki, to oczekiwać można, że wartość uszkodzeń towarów, opakowań i materiałów pomocniczych zmaleje do 4,21%.

Tabela 3.6. Macierz wzajemnych zależności czynników w otoczeniu i determinantów rozwoju przedsiębiorstwa

	liczba zleceń produkcyjnych (szt.)	ilość komputerów	Środki wła- sne
Przed wdrożeniem 2009	100,00	96,70	58,29
rok 2010	130,00	98,90	67,17
Po wdrożeniu 2011	150,00	98,40	70,97
Okres przy- szły/prognoza 2015	164,89	97,50	73,23

Dzięki pozyskaniu dodatkowej liczby klientów istnieje możliwość wzrostu ilości zleceń produkcyjnych. Pomimo prognozowanego spadku (o 0,9% w stosunku do roku poprzedniego) ilości komputerów stacjonarnych, rynek urządzeń przenośnych posiadających aplikacje mobilne cały czas rośnie, co umożliwia kontakt z klientem w każdej chwili. Jednak niższa ta nie wpływa ujemnie na ogólny wynik liczy zleceń, gdyż udział środków własnych na inwestycję jest na tyle silny (planowany wzrost o 2,26%), że firma może zainwestować w zakup nowych technologii umożliwiających obsługę większej liczby zleceń (np. zakup i wdrożenie systemu MES).

Powyżej zostały pokazane tylko wybrane modele rozwoju przedsiębiorstwa, które zostały zbudowane w oparciu o autorską procedurę. Wyraźnie jednak zauważa się, iż jest to dobre narzędzie do oceny potencjalnych korzyści związanych z rozwojem informatycznych systemów klasy ERP w przedsiębiorstwie.

Etap 5: Analiza opisowa scenariusza rozwoju przedsiębiorstwa.

Analizując otrzymane modele rozwoju przedsiębiorstwa, nie tylko te zaprezentowane, można stwierdzić m. in., iż:

- Przy współczynniku inflacji, który za rok 2012 wynosił 3,7% oraz przy prognozowanych, zakładanych wzrostach PKB rozwój przedsiębiorstwa będzie również możliwy. Zysk firmy ostatecznie powinien w roku 2015 wynieść 5,52% co stanowi w stosunku do roku powdrożeniowego wzrost o 0,52%.
- Przy zakładanym popycie 4,5% i ilości przedsiębiorstw posiadających system klasy CRM liczba dostaw w roku zwiększy się do 53,09% w stosunku do roku przed wdrożeniowego. Pozyskanie nowych dostawców będzie możliwe przy zarejestrowaniu firmy na portalu logistycznym lub giełdzie rolno-spożywczej. Przedsiębiorstwo od dłuższego czasu nie przechodziło zmian w organizacji działania. Problemy z zaopatrzeniem nie wynikają jedynie z braku nowoczesnych technologii, ale również z braku wiedzy na temat zarządzania magazynem. Dzięki elektronicznej wymianie danych (zakładany wzrost liczby przedsiębiorstw korzystających z EDI – 79% ogółu firm polskich) i ciągle zwiększającym się nakładom na działalność inwestycyjną (zakładany wzrost do 1,34%) można osiągnąć dużo krótsze czasy przygotowywania zamówień w zaopatrzeniu – w przypadku analizowanej firmy „A” nawet do 36,13godzin. Istnieje również możliwość obniżenia wartości uszkodzeń towarów, opakowań i materiałów pomocniczych do 4,21%. Aby obniżyć czasy związane z poszukiwaniem dostawców niezbędna jest również sieć wymiany danych pomiędzy innymi skupami surowców.
- Dla klientów niezbędna jest możliwość zamawiania towaru drogą internetową. Stworzenie platformy lub wystawienie swojej oferty na internetowej giełdzie rolno-spożywczej otworzyłoby klientom nowe formy komunikowania się z dostawcą. Bez unowocześnienia systemu i utworzenia nowej ścieżki pozyskiwania zamówień ich liczba będzie na podobnym poziomie, a w przeciwnym razie można uzyskać wzrost do 111,67% liczby zamówień w stosunku do roku 2009.

5. WNIOSKI

Dla wybranego podmiotu gospodarczego sformułowano, w rozdziale czwartym, scenariusze rozwoju przedsiębiorstwa, które są pomocne przy podejmowaniu ważnych decyzji związanych z obszarem informatycznych systemów klasy ERP. Analizując dotychczasową sytuację wewnętrzną przedsiębiorstwa oraz tendencje zmian badanych jednostek gospodarczych nakreślono ich przyszłą sytuację. Zaprezentowana procedura prognozowania rozwoju przedsiębiorstwa w oparciu o stosowane technologie informatyczne wydaje się być dobrym narzędziem umożliwiającym zdefiniowanie korzyści dla przedsiębiorstwa przy wdrożeniu/rozwoju systemów informatycznych stosowanych w przedsiębiorstwie.

ROZDZIAŁ 4

OCENA EFEKTYWNOŚCI PLANOWANIA PRODUKCJI MAŁOSERYJNEJ NA PRZYKŁADZIEWYBRANEGO PRZEDSIĘBIORSTWA BRANŻY MEBLOWEJ

1. WPROWADZENIE

Aby skutecznie planować należy realizować zasadę celowości i planowania. Z której to wynika potrzeba określenia jasnych celów. Cele muszą być zrozumiałe dla wszystkich, którzy będą brali udział w ich realizowaniu. Ważne jest właściwe określenie celów jakie powinien zakładać każdy plan. Po określeniu celu można w łatwy sposób porównać czy zakładane cele są realizowane zgodnie z planem. W przypadku wykrycia rozbieżności należy podjąć działania korygujące. Dzięki temu, że istnieje plan możliwe jest sterowanie produkcją. Relacje pomiędzy planami, celami a decyzjami kształtują się na różne sposoby, a także przez różne szczeble kierownicze przedsiębiorstwa. Relacje te nie zawsze są ustabilizowane i w zależności od otoczenia mogą być zmienne. Do najbardziej stabilnych można zaliczyć cele strategiczne nazywane również strategią. Zmiany otoczenia zazwyczaj nie mają wpływu na zachwianie stabilności strategii, ponieważ cele strategiczne są określane w sposób ogólny. Uogólniony cel przedsiębiorstwa, który jest przyporządkowany do strategii nazywany jest misją przedsiębiorstwa.

Aby określić strategię należy kierować się zasadami:

- a) jedności pozycji rynkowej – należy określić rynek właściwy dla oferowanych produktów,
- b) jedności wielkości produkcji – należy dobrać odpowiednią wielkość produkcji dla wytwarzanych wyrobów,
- c) jedności złożoności wyrobów – należy dopasować złożoność wyrobu do specyfiki branży.

Dzięki określeniu celów strategicznych możliwe jest stworzenie planów strategicznych, taktycznych i operacyjnych. Plany operacyjne powinny wynikać z planów taktycznych, a plany taktyczne powinny wynikać z planów strategicznych. Zarządzanie produkcją kładzie istotny nacisk na plany taktyczne i operacyjne, to one są najistotniejsze, ponieważ są powiązane ze sterowaniem produkcją. Planowanie zasobów materiałowych, zasobów produkcyjnych i główny plan produkcji wchodzi w skład planów taktycznych. Plan produkcji ukazuje szczegółowo przebieg produkcji poszczególnych wyrobów w okresie czasu. Plany operacyjne można zaliczyć do planów krótkoterminowych są to harmonogramy przedstawiające obciążenie stanowisk roboczych w założonym okresie czasu.

Podejmowanie decyzji związanych z realizowaniem określonych zadań w okresie czasu umożliwia harmonogramowanie. Harmonogram określa zadania do wykonania uwzględniając rozłożenie w czasie tych zadań za pomocą wykresu bądź w formie opisowej. Harmonogram umożliwia poukładanie określonych działań, operacji czy też zadań w czasie. Horyzont czasowy harmonogramu powinien być zgodny z okresem planistycznym jaki funkcjonuje w przedsiębiorstwie. Dla planów operacyjnych tworzy się powiązane z nimi harmonogramy operacyjne. W zależności czy produkcja w przedsiębiorstwie ma charakter produkcji MTS – produkcja na magazyn, czy MTO – produkcja na zamówienie harmonogramy operacyjne będą się różniły. Dla produkcji na magazyn (MTS) harmonogram jest stabilny w określonym okresie czasu. Największym problemem w tym przypadku jest balansowanie, ustabilizowanie przepływu materiału dla pojedynczych stanowisk roboczych. Dzięki temu możliwe jest uzyskanie odpowiedniego obciążenia stanowisk. Harmonogram operacyjny zmienia się dopiero w przypadku gdy produkowany jest inny wyrób [Brzeziński, 2002]. Można nazwać taki harmonogram harmonogramem statycznym, który powinien w jasny sposób określać czas odbioru i przekazania na magazyn partii produkcyjnej. Produkcja na magazyn ma rację bytu przede wszystkim w średnich i dużych firmach mających renomę i znaną markę na rynku. W takiej sytuacji wyroby są znane na rynku i posiadające doskonale rozwinięte kanały dystrybucji. Harmonogram statyczny opracowuje się na dłuższy okres czasu i jest on powtarzalny w przypadku uzupełnienia stanów magazynowych danego wyrobu.

W przypadku, gdy zachodzi potrzeba produkcji kilku wyrobów jednocześnie mamy do czynienia z harmonogramem stworzonym dla produkcji MTO (produkcja na zamówienie). Produkcja na zamówienie występuje przeważnie dla konkretnych klientów. Zamówienia klientów są niestabilizowane, o różnej wielkości i specyfice zamówienia. Klient może zmieniać również zamówienie w trakcie jego realizacji. Owa sytuacja powoduje częste zmiany harmonogramów operacyjnych, które powodują konieczność dokonania skorygowania obciążenia stanowisk. Przyczyn zmian harmonogramów może być wiele. Może to być spowodowane awarią maszyny, zmianą zamówienia przez klienta, napłynięcie kolejnego zamówienia, absencji pracownika. W związku z tym harmonogram stworzony w przypadku produkcji na zamówienie można nazwać harmonogramem dynamicznym.

2. KRYTERIA OCENY PLANOWANIA PRODUKCJI

Gdy cele strategiczne przedsiębiorstwa zostały jasno określone i na ich podstawie obrano kierunek w jakim zmierza firma, można wtedy opracować plany taktyczne i operacyjne. Niezbędna jest kontrola realizacji planu na każdym jej poziomie. Częstość kontroli realizacji planu zależy od horyzontu jaki określa plan. Wiadomo, że plany strategiczne opracowane na 5 lat będą podlegały kontroli np. co kwartał czy pół roku. Plany produkcyjne, które można zaklasyfikować do planów operacyjnych będą podlegały najczęstszym kontrolom. W przypadku planów strategicznych, jeżeli pojawia się rozbieżności od wyznaczonego celu, błąd ten można wykryć dopiero po upływie czasu. Jeśli chodzi o plan produkcyjny to każdy błąd ujawni się w niedługim okresie czasu i może skutkować zatrzymaniem produkcji czy nie zrealizowaniem w terminie

zleceń produkcyjnych. Jeżeli mowa o ocenie efektywności planowania produkcji to należałoby się zastanowić pod jakim względem można ocenić planowanie produkcji. W dzisiejszych czasach przedsiębiorstwa produkcyjne na każdym kroku zastanawiają się jak poprawić rentowność produkcji czyli jak zredukować koszty produkcji, czas produkcji, zwiększyć wydajność, ograniczyć marnotrawstwo, zwiększyć jakość produkowanych wyrobów. Podczas kontroli i oceny planowania produkcji kryteria jakimi należy się kierować poza wyznaczonymi celami firmy, planowanie produkcji można oceniać pod względem następujących aspektów:

- terminowość realizacji planu,
- poziom zapasów wyrobów gotowych i magazynów międzyoperacyjnych,
- ilość przebrojeń,
- jakość wykonania,
- przestoje (postojowe dla ludzi w związku z brakiem planu, moce produkcyjne nie wypełnione w pełni),
- wydajność - wzrost lub spadek spowodowany planowaniem produkcji,
- czy plan zakłada prace w godzinach nadliczbowych w przypadku nieprzekroczenia dostępnego funduszu czasu pracy.

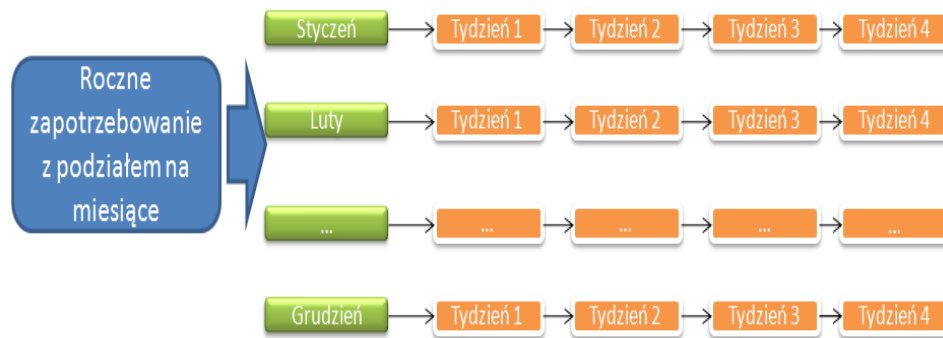
Terminowość realizacji planu ma ogromne znaczenie w przypadku produkcji na zlecenie (MTO). Większość umów obarczonych jest karami za niedotrzymanie terminów wynikających z umowy. Niedotrzymanie terminu często wiąże się z dotkliwymi karami finansowymi, a także może skutkować utratą klienta. W rezultacie przedsiębiorstwo traci klienta, a także jest narażone na złą opinię wygłaszaną przez niezadowolonego klienta. Takich strat często nie da się wyliczyć pod względem ekonomicznym, a są najbardziej dotkliwe dla przedsiębiorstwa produkcyjnego. W czasach doskonale rozwiniętej konkurencji w większości branż ciężko jest pozyskać klienta a jeszcze łatwiej go stracić. W przypadku produkcji na magazyn (MTS) pojawienie się zakłóceń podczas realizacji planu może skutkować zachwianiem rentowności produkcji. Często opóźnienia podczas produkcji powodujące nieterminową realizację planu wiążą się z pracą ludzi w godzinach nadliczbowych. W przypadku braku możliwości nadrobienia opóźnień powstaje zagrożenie zrealizowania planu produkcyjnego opracowanego na nowy tydzień. W takim przypadku zlecenia są przekładane na kolejny tydzień kosztem realizacji zleceń z nowego tygodnia co w efekcie wpływa na rezultat rentowności produkcji. Zapas międzyoperacyjny a raczej jego zredukowanie do minimum niejednokrotnie przysparza wielu problemów organizatorom produkcji. Jego rozmiary zależą od możliwości i predyspozycji przedsiębiorstwa. Podstawą procesów logistycznych jest sterowanie zasobami materiałowymi, a także przepływem materiału pomiędzy operacjami, stanowiskami. Duży wpływ na rozmiary zapasów ma harmonogramowanie czynności, które jest skutkiem realizacji planów operacyjnych. Rozmiary zapasów wpływają na wzrost kosztów produkcji, a także ograniczają miejsce. W zależności od wyznaczonych celów strategicznych przedsiębiorstwa do obowiązku planisty jest ułożenie planu produkcji, który będzie zakładał najmniejszy możliwy zapas. Oczywiście zapas między operacyjny jest podyktowany w głównej mierze specyfiką produkcji czy marszrutą technologiczną. Wszystkie zabiegi podczas planowania produkcji zmierzające do redukcji, ograniczenia zapasu międzyoperacyjnego powodują

zmniejszenie kosztów produkcji. Redukcja zapasów nie może doprowadzić do sytuacji, że ze względu na brak materiału czy surowca realizacja planu produkcyjnego zostanie zagrożona. Dlatego wymagane jest zachowanie zapasu bezpieczeństwa, który pozwoli na realizowanie produkcji zgodnie z założonymi terminami. Każda produkcja jest o odmiennym charakterze. W zależności od jej specyfiki przebrojenia są bardziej lub mniej pracochłonne i czasochłonne. W przypadku procesu o niskim stopniu automatyzacji przebrojenia będą bardziej czasochłonne, co wiąże się z wydłużeniem realizacji planu. Przedsiębiorstwo mające wpływ na rodzaj produkowanego asortymentu jest w komfortowej sytuacji i może sobie pozwolić na zminimalizowanie liczby przebrojeń bądź ich uniknięcie w trakcie procesu produkcyjnego. Planista w trakcie harmonogramowania zadań powinien również zwracać uwagę na przebrojenia. Wiedza na temat ograniczeń technologicznych maszyn jest bardzo cenna dla jego pracy. Może on podczas planowania produkcji uniknąć potrzeby wielokrotnych przebrojeń. Im mniej przebrojeń tym lepiej. W czasach doskonale rozwiniętego rynku produktów i usług występuje wiele sytuacji, gdzie przedsiębiorstwo, aby przyciągnąć klientów rywalizuje nie tylko ceną, a również jakością proponowanych wyrobów. W sytuacji, gdy podobne wyroby na rynku nie różnią się znacząco ceną ani funkcjonalnością, duże znaczenie ma jakość wyrobu. Na jakość wykonania składa się wiele czynników. Począwszy od użytych materiałów, surowców do produkcji po maszyny biorące udział w procesie aż po ludzi, którzy wykonują wyrób. Nie można wpłynąć na jakość wykonania wyrobu nie znając powiązań jakie za tym się kryją. Dlatego podczas planowania produkcji niezbędny jest kontakt planisty z wydziałami produkcyjnymi i kontrolerami jakości. Już na etapie planowania produkcji znając ograniczenia wpływające na jakość wytwarzanego wyrobu należy zastanowić się jak zaplanować produkcję, aby przyczynić się do poprawienia jakości. Podczas planowania produkcji należy dążyć do wypełnienia w pełni mocy produkcyjnych. Przy charakterystyce produkcji wielopoziomowej i dostępnych mocach sytuacja, w której podczas podstawowego czasu pracy ludzi nie ma dla nich pracy firma zmuszona jest skierować ludzi na urlop. Takie sytuacje powodują ponoszenie przez firmę kosztów związanych z wynagrodzeniem dla pracowników, a brakiem powstania wartości dodanej, którą tworzy wyrób finalny. Planując pracę na wydziałach finalnych (montażowych) należy mieć na uwadze wszystkie wydziały przygotowawcze, aby plan w całości był spójny i nie doprowadził do przestoju na wydziałach przygotowawczych. Bądź na odwrót nie można doprowadzić do sytuacji, że jest potrzebny przestój na wydziałach finalnych spowodowany nienadaniem wydziałów przygotowawczych. Plan musi zakładać ciągłość produkcji i zapewnić zgodny przyływ produkcji na wszystkich wydziałach produkcyjnych. Analizując przestoje wydziałów przygotowawczych przy pełnym obłożeniu pracą wydziałów finalnych zmusza organizatorów produkcji do rozważenia nad redukcją zatrudnienia pracowników wydziałów przygotowawczych, aby nie generować przestojów. Pojawiające się przestoje podczas podstawowego wymiaru czasu pracy pracowników produkcyjnych są niepożądaną sytuacją i prowadzą do zachwiania rentowności produkcji. Zachowanie wydajności na niezachwianym poziomie jest kluczowe do terminowego zrealizowania planu produkcyjnego. Należy unikać sytuacji, w której harmonogramowanie zadań prowadzi do obniżenia wydajności. Wydajność w

rozumieniu wyprodukowania maksymalnej liczby wyrobów o danej pracochłonności w danej jednostce czasu. Mając do dyspozycji określone moce, nie można zaplanować więcej zleceń niż produkcja jest w stanie wykonać. Planując w pełni obłożenie wydziałów produkcyjnych nie zostawiając żadnych luzów czasowych trzeba mieć na uwadze, że w sytuacji awarii czy absencji pracownika plan będzie wymagał natychmiastowej korekty. W najgorszym wypadku skończy się brakiem możliwości wykonania planu. Ważne jest, aby w porozumieniu z pracownikami produkcyjnymi poznać asortyment, który wpływa na wzrost wydajności. Bardzo pomocna również jest wiedza w jakich konfiguracjach najlepiej są realizowane zlecenia. Dlatego warto przed przystąpieniem do układania planu produkcyjnego, znając pulę zleceń na nowy tydzień porozumieć się z produkcją w jakiej konfiguracji ułożyć plan. Oczywiście w przypadku, gdy terminowość zleceń jest od górnice nałożona przez klienta trudno będzie ułożyć idealny plan. Ale w sytuacji realizacji zleceń na magazyn jak najbardziej jest taka możliwość. Praca w godzinach nadliczbowych nie jest pożądanym zjawiskiem dla żadnej firmy. Organizatorzy produkcji zmagają się z redukowaniem nadgodzin w największym możliwym stopniu. Jeżeli wydział produkcyjny nie potrafi sobie poradzić z wyeliminowaniem pracy w nadgodzinach to osoby na stanowiskach kierowniczych postawione są przed podjęciem decyzji o zwiększeniu zatrudnienia, bądź reorganizacji pracy na owym wydziale. Przy wypełnionym maksymalnie dostępnym funduszu czasu pracy Dział Planowania Produkcji ma za zadanie w taki sposób przeprowadzić harmonogramowanie zadań, aby nie generować niepotrzebnych nadgodzin. Podczas planowania produkcji nie można dopuścić do sytuacji, w której wystąpi brak możliwości wykonania zlecenia ze względu na skumulowanie zleceń w jednym czasie na wydziale finalnym. Dlatego należy zwrócić ogromną uwagę na harmonogramowanie zadań na wydziale produkcyjnym, który stanowi wąskie gardło całego procesu.

3. PLANOWANIE PRODUKCJI MEBLI TAPICEROWANYCH

W pracy skupiono się na produkcji małoseryjnej na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa branży meblowej. Przedsiębiorstwo ma na celu w danym okresie czasu zrealizować różnorodny portfel zleceń przy zachowaniu ekonomicznego wymiaru produkcji. Firma, której poświęcono uwagę w pracy zatrudnia ponad 3000 wykwalifikowanych pracowników, posiada 150 000 m² powierzchni nowoczesnego parku maszynowego i wydajność na poziomie 2500 sztuk mebli tapicerowanych dziennie. Koszyk zleceń produkcyjnych jest mocno uzależniony od zamówień klientów. Obecną strukturę klientów przedsiębiorstwa można podzielić 90 na 10 tzn. 90% zamówień jest realizowanych dla klienta strategicznego, a pozostałe 10% stanowią zamówienia klientów indywidualnych. W układzie rocznym negocjowany jest asortyment produkowany dla klienta strategicznego oraz wielkość zamówień co przedstawia Rysunek 4.1.

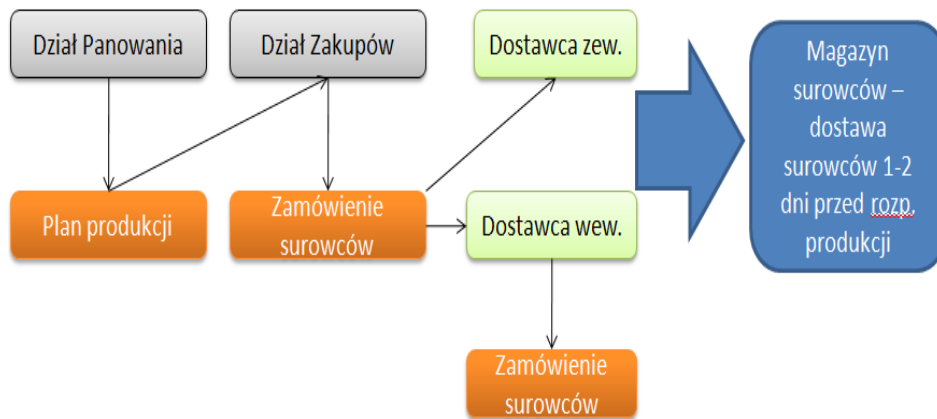


Rys. 4.1. Zapotrzebowanie na wyroby gotowe (opracowanie własne)

Dla spełnienia oczekiwań klienta strategicznego charakterystyka planowania produkcji jest następująca:

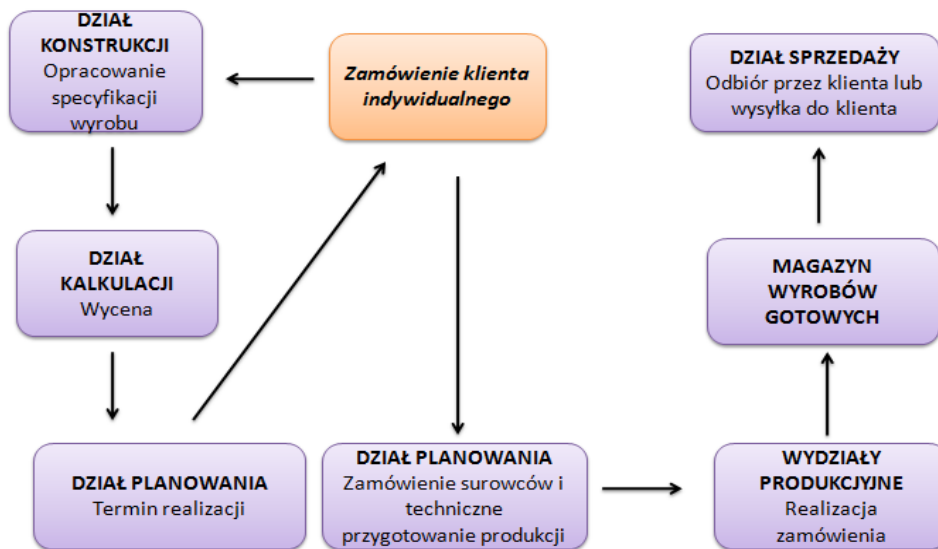
- odbiór wyrobów gotowych następuje co tydzień,
- planowanie produkcji odbywa się w partiach,
- zapotrzebowanie na wyroby gotowe jest nierównomierne,
- występują wahania zamówień.

Wahania zamówień są dużym problemem podczas planowania produkcji. W okresie gdy poziom zamówień jest stosunkowo niski produkcja odbywa się na magazyn, aby uniknąć kosztownych przestoju i w sezonie zapewnić dostawy wyrobów gotowych. Jak wynika z rysunku 4.2 Dział Planowania dwa tygodnie wcześniej opracowuje plan produkcyjny. Na jego podstawie Dział Zakupów zamawia surowce pod produkcję. Informacja do dostawców surowców musi trafić jak najwcześniej, żeby zaopatrzenie produkcji było na czas. Aby produkcja odbyła się w założonym terminie surowce pod produkcję muszą być sprowadzone z bezpiecznym wyprzedzeniem, a także na strategicznych surowcach musi być utrzymywany bezpieczny zapas.



Rys. 4.2. Zaopatrzenie produkcji (opracowanie własne)

Zamówienia indywidualne obowiązuje osobna procedura. Na rysunku 4.3 przedstawiono ścieżkę postępowania w przypadku zleceń indywidualnych na specjalne zamówienie.



Rys. 4.3 Schemat postępowania – klient indywidualny (opracowanie własne)

Klient może zgłosić się z własnym projektem, bądź wykonać go wspólnie z konstruktorem. Następnie projekt podlega wycenie czym zajmuje się Dział Kalkulacji. Dział Planowania ma za zadanie określić dostępność surowców do wykonania indywidualnego zlecenia, a także zaproponować termin realizacji. Następnie trafia

informacja zwrotna do klienta z ceną i terminem realizacji. W przypadku akceptacji przez klienta wszystkich ustaleń Dział Planowania zajmuje się technicznym przygotowaniem produkcji, a także sprowadzeniem surowców. Po zrealizowaniu zamówienia wyrób gotowy trafia na magazyn i klient dokonuje odbioru w ustalonym terminie.

Dynamicznie zmieniające się trendy panujące na rynku zmuszają firmy do oferowania szerokiej gamy produktów. Specyfika planowania produkcji musi spełniać uwarunkowania przedsiębiorstwa. Produkowany asortyment można scharakteryzować następująco:

- a) zróżnicowane zamówienia,
- b) tworzone jest zamówienie klienta,
- c) klient określa termin realizacji,
- d) możliwość zmiany zamówienia po przyjęciu do realizacji pod pewnymi warunkami,
- e) przekształcenie zamówienia klienta w zlecenie produkcyjne następuje podczas planowania produkcji,
- f) priorytet realizacji zamówienia jest nadawany po określeniu ważności klienta.

Charakterystyka zasobów produkcyjnych:

- a) w skład systemu wytwórczego wchodzi zasoby techniczne i ludzkie,
- b) liczba zasobów technicznych jest inna niż zasobów ludzkich,
- c) każdy zasób ma ściśle określony zakres prac jakie może wykonać,
- d) wszystkie zasoby mają określone zdolności produkcyjne,
- e) w systemie wytwórczym występuje niedobór zasobów ludzkich,
- f) zasób, który uniemożliwia realizację harmonogramu ze względu na nadmierne obciążenie pracą jest wąskim gardłem systemu,
- g) niezakłócona dostępność materiałów i surowców niezbędnych do realizacji planu produkcji,
- h) konserwacje tygodniowe maszyn i prace przeglądowe uwzględnia plan produkcji,
- i) park maszynowy jest w pełni sprawny,
- j) dąży się do pełnego wykorzystania zdolności produkcyjnych i maksymalnego obciążenia stanowisk roboczych pracą.

Zasoby ludzkie:

- a) cykl szkoleń pracowników produkcyjnych kładzie nacisk na elastyczność, tak aby pracownik mógł być przypisany do kilku stanowisk roboczych,
- b) praca odbywa się w systemie trzy zmianowym,
- c) pracownicy produkcyjni rozliczani są stawką akordową,
- d) przy terminowej realizacji planu produkcji pracownicy dostają premię,
- e) w przypadku obniżonej wydajności pracownicy produkcyjni tracą premię,

Charakterystyka procesów w przedsiębiorstwie:

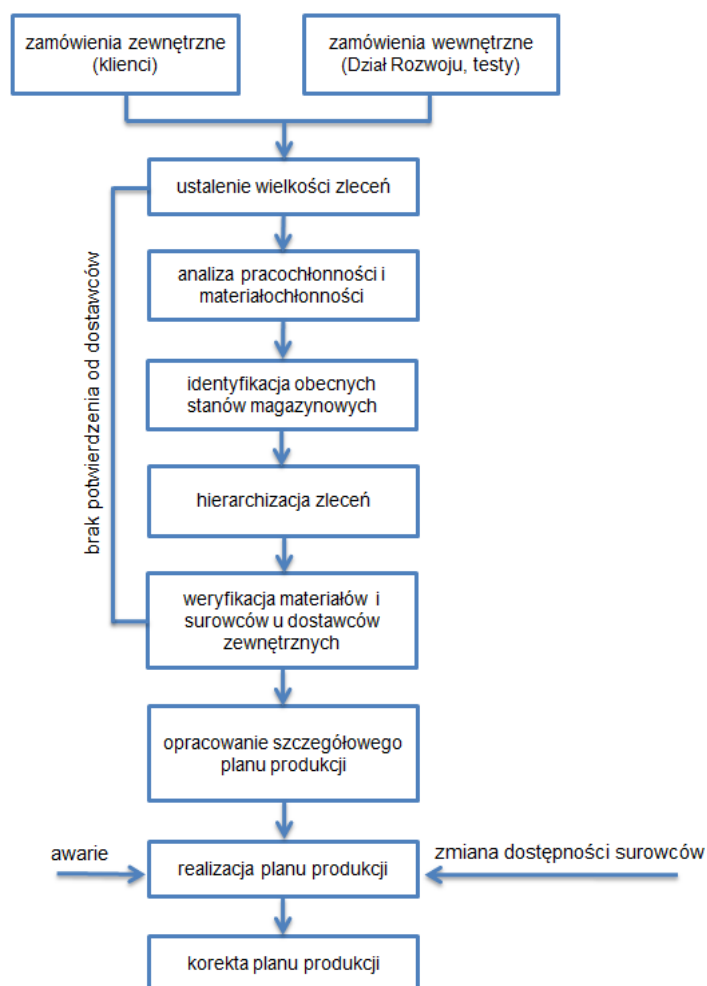
- a) występują zasoby współdzielone,
- b) kolejność realizacji operacji w procesie dla każdej grupy asortymentowej jest różna,
- c) występuje wariantowość produkcji,

- d) czasy przebrojeń są uzależnione od koszyka zleceń produkcyjnych,
- e) zmierza się do obniżenia czasu jednostkowego na zasobie stanowiącym wąskie gardło,
- f) czasy przebrojeń nie są uwzględniane w planie produkcji,
- g) czasy transportu wewnątrzzakładowego nie są uwzględniane w planie produkcji,
- h) planowanie produkcji opracowuje harmonogramy w oparciu o ograniczenia zasobu stanowiącego wąskie gardło,

Rysunek 3.4 przedstawia schemat planowania produkcji w wybranym przedsiębiorstwie zajmującym się produkcją mebli tapicerowanych. Danymi wejściowymi w procesie planowania są zamówienia, które można podzielić na dwie składowe zewnętrzne i wewnętrzne. Na ich podstawie ustalane są wielkości zleceń produkcyjnych. Zamówienia zewnętrzne to suma zamówień złożonych przez klientów indywidualnych i ilości do wyprodukowania dla klienta strategicznego. Koszyk zamówień wewnętrznych tworzą zlecenia na potrzeby testów wyrobów gotowych, prototypy, wzory wykonywane na rzecz Działu Rozwoju lub produkcja na magazyn. Po zgromadzeniu wszystkich zamówień następuje określenie wielkości zleceń. Na ich podstawie przeprowadzana jest analiza pracochłonności i materiałochłonności. Na tym etapie dąży się do maksymalnego wypełnienia zdolności produkcyjnych zakładu. W przypadku, gdy zamówienia na wyroby gotowe przewyższają dostępne moce następuje określenie priorytetowości zamówienia według ważności klienta. Zamówienia o najniższej kategorii priorytetu zostają przełożone na następny okres planistyczny. Okres na jaki tworzony jest plan produkcji wynosi 7 dni. Po przeprowadzeniu identyfikacji stanów magazynowych następuje hierarchizacja zleceń. Surowce i materiały znajdujące się na zapasie są pobierane do produkcji w pierwszej kolejności. Na pozostałe zlecenia przeprowadzana jest weryfikacja dostępności u dostawców zewnętrznych. W przypadku braku potwierdzeń dostępności surowców następuje zmiana konfiguracji koszyka zleceń na dany tydzień. Po uzyskaniu wszystkich potwierdzeń oraz terminów dostaw surowców niezbędnych do uruchomienia produkcji zostaje opracowany szczegółowy plan produkcji. Po zatwierdzeniu przez organizatorów produkcji planu wchodzi on w życie wraz z rozpoczęciem pierwszego dnia nowego tygodnia.

Wiele czynników ma wpływ na terminową realizację zleceń produkcyjnych. Niejednokrotnie pojawiają się zakłócenia spowodowane różnymi sytuacjami. Nieplanowane przestoje spowodowane awarią czy brakiem energii, a także opóźnienia w dostawach surowców np. spowodowane złymi warunkami atmosferycznymi. Pojawienie się jednego z wyżej wymienionych czynników powoduje zakłócenia w realizacji planu. Dział Planowania na każdą zmianę musi reagować i po przeanalizowaniu zakłóceń generowana jest korekta planu produkcji. Plan ulegnie zmianie również gdy pojawi się dodatkowe zamówienie, które należy wykonać w trybie pilnym. W przypadku pojawienia się ludzkiej pomyłki, która spowoduje np. brak surowców do produkcji firma narażona jest na straty związane z przełożeniem realizacji bądź zrezygnowaniem z zamówienia. Opóźnienie w realizacji zamówienia powoduje kary jakie musi firma zapłacić z niedotrzymania ustalonego terminu. Natomiast zrezygnowanie z wykonania zamówienia naraża firmę na utratę czy pomniejszenie zysku. Dlatego wszelkie błędy

popelniane przy planowaniu czy zaopatrzeniu produkcji przez człowieka są niedopuszczalne. Od pracowników biorących udział w procesie planowania wymagane jest ogromne skupienie i rzetelność wykonywania powierzonych zadań. W tym przypadku drobny błąd ludzki powoduje ogromne skutki. Jeżeli nie występują żadne zakłócenia w realizacji planu produkcji pozostaje czas na kontrolowanie. Generowane opóźnienia np. spowodowane obniżeniem wydajności lub absencją pracowników produkcyjnych powodują uruchomienie pracy w godzinach nadliczbowych, tak aby nadrobić opóźnienia. Sytuacja taka jest jak najmniej pożądana, gdyż generuje dodatkowe koszty dla firmy.



Rys. 4.4. Schemat procesu planowania produkcji (opracowanie własne)

4. ZESTAWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

W czasach natłoku licznych informacji napływających z zewnętrznego otoczenia przedsiębiorstwa, a także generowane wewnątrz organizacji, pojawia się problem jak uchwycić wszystkie te informacje. Na każdym kroku przedsiębiorstwa zbierają i przetwarzają dane. Informacje i dane są coraz to bardziej cennym i pożądanym aspektem do oceny kondycji przedsiębiorstwa, procesu czy zasobu. W rozdziale drugim pracy zdefiniowano i scharakteryzowano kryteria, według których przeprowadzono ocenę efektywności planowania produkcji. Aby ocenić aktualny proces planowania niezbędne jest przeprowadzenie badań mających na celu zebranie danych.

Przeprowadzone badania opierają się na danych, które pochodzą z zakładowego systemu informatycznego klasy ERP, a także opracowań i analiz własnych. Dla każdego zamówienia klienta przed przyjęciem do realizacji zostaje nadany unikalny i niepowtarzalny numer. Wszystkie numery zamówień klienta są rejestrowane w systemie informatycznym a następnie są przekształcane w zlecenia produkcyjne i trafiają do realizacji. W pracy zdecydowano się na użycie danych z systemu informatycznego ponieważ w systemie zawarte są wszystkie informacje dotyczące zamówień klienta, a także zleceń produkcyjnych. Każda zmiana czy korekta planu produkcji jest rejestrowana w systemie co wpływa na obszerność danych oraz decyduje o ich kompletności i spójności. Do badań wykorzystano dane z okresu od połowy 2011 roku do połowy 2012 roku. Łącznie zebrano dane za pełny rok z podziałem na tygodnie produkcyjne co daje w sumie analizę 52 tygodni. Wyniki zostały zaprezentowane w postaci tabel i wykresów. Wszystkie omówiono i sformułowano nasuwające się wnioski.

Analiza poziomu zapasów

Pierwszym aspektem pod kątem którego przeprowadzono ocenę planowania produkcji jest analiza poziomu zapasów. Polegała na konfrontacji wielkości produkcji z aktualnym stanem zapasów. Z zakładowego systemu informatycznego zaimportowano dane z okresu jednego roku z podziałem na tygodnie produkcyjne.

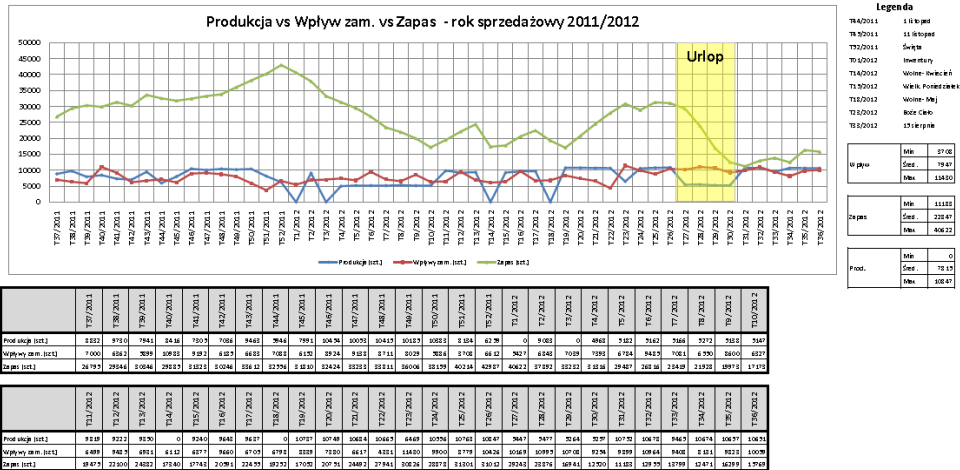
Wykres 4.1 przedstawia podsumowanie produkcji od połowy września 2011 do połowy września 2012. Na wykresie przedstawiono rzeczywisty poziom produkcji w sztukach, rozmiary składanych zamówień w sztukach, a także wielkość zapasu po zrealizowaniu tygodnia produkcyjnego. Poddając analizie rozmiary produkcji należy zwrócić uwagę, że najniższy poziom produkcji to 0 szt./tydzień, średni poziom produkcji to 7815 szt./tydzień. Natomiast maksymalna ilość wyprodukowanych wyrobów gotowych przy dostępnych trzech zmianach na dobę to 10 847 szt./tydzień. Jak wynika z wykresu produkcja w tygodniu: 01/2012, 3/2012, 14/2012, 18/2012 wynosi 0szt. ponieważ w tym okresie była przerwa związana ze świętami kościelnymi bądź państwowymi. Ponadto można zauważyć niski poziom produkcji w tygodniu: 44/2011, 45/2011, 52/2011, 15/2012, 23/2012, 33/2012 ze względu na krótszy tydzień produkcyjny spowodowany przerwami. Szczegóły przestojów przedstawia legenda dołączona do wykresu 4.1.

Średni poziom zapasu wyrobów gotowych kształtował się na poziomie 22 847 szt./tydzień. Minimalny zapas wyniósł 11 183 szt./tydzień, a maksymalny zapas

to 40 622 szt./tydzień. Maksymalne możliwości magazynowe zakładu są na poziomie 41 000 szt. wyrobów gotowych. Można zauważyć wzrost poziomu zapasu w T42-52/2011. Na pewno bezpośredni wpływ na to ma czynnik spadających zamówień co widać na wykresie 4.1. Niski poziom zamówień wiąże się z brakiem pracy dla pracowników produkcyjnych i wysłaniem ich na przymusowy urlop. Aby uniknąć takiego rozwiązania co dla niektórych przy końcu roku wiązałoby się z urlopem bezpłatnym dla ludzi, którzy wykorzystali w pełni wymiar urlopu przez cały rok. W konsekwencji podjęto decyzję się o produkowaniu na magazyn co bezpośrednio przełożyło się na wzrost poziomu zapasu wyrobów gotowych. W analizowanym okresie należy zauważyć, że na przełomie tygodni 27-30/2012 odbył się letni urlop wypoczynkowy dla pracowników produkcyjnych. W tym okresie dostępny fundusz czasu pracy był obniżony o jedną zmianę produkcyjną, która przebywała na tygodniowym urlopie wypoczynkowym. W normalnym układzie produkcja odbywa się w systemie trzy zmianowym. Każda zmiana przebywała w okresie letnim na tygodniowym urlopie co wpływa na obniżony fundusz czasu pracy w okresie trzech tygodni.

Jak wynika z wykresu 4.1 tygodniowy wpływ zamówień kształtuje się na różnym poziomie. Analizując przebieg krzywej brak przesłanek do określenia sezonowości zamówień. W takim układzie wielkość zamówień jest trudna do przewidzenia i ustabilizowanie produkcji nie jest łatwe, co zmusza do bieżącego reagowania na zmiany i zachowanie elastycznego systemu produkcji. W analizowanym okresie 52 tygodni najmniejszy wpływ zamówień to 3 708 szt./tydzień. Średni poziom zamówień utrzymywał się na poziomie 7 947 szt. zamówionych wyrobów gotowych na tydzień. Maksymalny wpływ zamówień wyniósł 11 430 szt./tydzień.

Bardzo istotny jest punkt zderzenia ze sobą trzech krzywych co wskazuje na dojście do sytuacji gdzie zapas wyrobów został w dużym stopniu wykorzystany. W chwili nie dotrzymania realizacji zamówień kluczowego klienta na zakład zostałaby nałożona wysoka kara, a nawet w konsekwencji wycofanie się strategicznego klienta z dalszej współpracy. Przy wahaniami popytu w ciągu roku budowano zapas na czas letniego urlopu, podczas którego zamówienia utrzymywały się na wysokim poziomie, a dostępne moce produkcyjne były okrojone. Dzięki takiej strategii sterowania poziomem zapasów nie doszło do zachwiania realizowania bieżących zamówień klienta co jest niedopuszczalne. Po przeanalizowaniu 52 tygodni widać, że decyzja podjęta zimą 2011 roku o produkowaniu na magazyn, a także wyznaczeniu stopniowego urlopu letniego na rok 2012 pracowników produkcyjnych okazała się prawidłowa i utrzymywany zapas nie przewyższył dostępnych możliwości magazynowych. W przypadku wysłania ludzi na urlop w okresie zimowym 2011 i urlopie letnim całego zakładu w jednym czasie firma nie zapewniłaby bieżącej realizacji zamówień na wyroby gotowe co wskazuje sytuacja na wykresie 4.1 z tygodnia 31/2012. Po tygodniu 31/2012 widać odbudowanie zapasu co wskazuje na kontynuowanie obranej strategii sterowania zapasem wyrobów gotowych przez kadrę zarządzającą. O ile wielkość zamówień w analizowanym przypadku jest trudna do przewidzenia i na to wpływ jest znikomy to rozmiary produkcji i poziom zapasu jest jak najbardziej czynnikiem, na który można wpłynąć i podlega ciągłej kontroli.



Wykres 4.1. Produkcja vs wpływ zam. vs zapasy - rok sprzedażowy 2011/2012 (opracowanie własne)

Wykorzystanie zdolności produkcyjnych

Jeżeli mowa o przestojach związanych z brakiem pracy lub jej nadwyżką, która wiąże się z pracą w godzinach nadliczbowych to należy skupić się na wykorzystaniu zdolności produkcyjnych. Zarówno przestoje jak i praca w nadgodzinach są mało pożądanym zjawiskiem, ponieważ generują zwiększenie kosztów produkcji. Przestoje wiążą się z obowiązkiem oddelegowania ludzi na urlop, za okres ten zakład musi zapłacić. Powstaje wówczas koszt utrzymania zasobów ludzkich bez przyrostu wartości dodanej przedsiębiorstwa. W sytuacji występowania nadgodzin sytuacja jest bardziej korzystna dla przedsiębiorstwa, ale nie jest zjawiskiem pozytywnym dla rentowności produkcji. Koszty produkcji wzrastają o wynagrodzenie wypłacone pracownikom produkcyjnym za pracę w godzinach nadliczbowych. Przeprowadzona analiza wykorzystania zdolności produkcyjnych opiera się na danych archiwalnych za rok 2011/2012. Dane zebrano na podstawie przeprowadzonej własnej analizy tygodniowych planów produkcji i przedstawiono na wykresie 4.2. Pod wykresem przedstawiono szczegółowe dane z podziałem na tygodnie w postaci tabeli. Kolumny przedstawiają poszczególne tygodnie produkcyjne, natomiast wiersze zawierają tygodniowe obciążenie zasobów ludzkich w liczbie zmian oraz dostępną liczbę zmian produkcyjnych przypadających na badany okres.

Jak wynika z wykresu 4.2 w badanym okresie zakład miał do dyspozycji stały fundusz czasu pracy oprócz okresu urlopowego. Co w rezultacie daje w badanym okresie dostępnych średnio 14 zmian na tydzień. W pełnym tygodniu produkcyjnym były dostępne 3 zmiany na dobę co daje łącznie dostępnych 15 zmian/tydzień przy pięciodniowym tygodniu pracy. O ile dostępny fundusz czasu pracy jest stały o tyle faktyczne obciążenie dostępnych zmian podlega wahaniom. Zmianowe obciążenie tygodniowe w analizowanym okresie roku przedstawia się następująco:

- a) minimalne wykorzystanie 0 zmian/tydzień,
- b) średnie wykorzystanie 12 zmian/tydzień,
- c) maksymalne wykorzystanie 18 zmian/tydzień.

Analizując wykres 4.2 można zauważyć występowanie pracy w godzinach nadliczbowych oraz przestoje w produkcji. W większej części występuje brak pracy co jest związane z przestojami. W tygodniu 42/2011 i 43/2011 można zauważyć pracę w godzinach nadliczbowych co wskazuje zwiększone obciążenie pracą dostępnych zmian produkcyjnych. Obciążenie w tym okresie wynosi 18 zmian produkcyjnych na tydzień. Wracając do wykresu 4.1 (załącznik 1) widzimy, że nie występował w tych tygodniach wzrost zamówień. Wnioskować można, że występujące nadgodziny są związane z wykonaniem w pełni planu produkcji przy pewnych komplikacjach np. związanych z brakiem dostaw energii, awarią maszyn, zakłóceniem terminowości dostaw surowców. Przez dalszą część badanego okresu nie występuje więcej pracy w godzinach nadliczbowych.

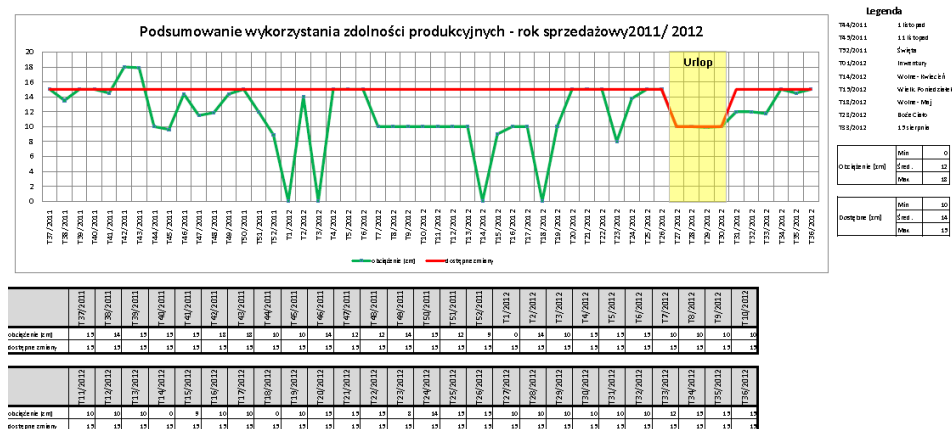
Radykalne przestoje przedstawione są na wykresie 4.2 poprzez gwałtowne załamanie krzywej obciążenia. Największe przestoje wiążące się z zerowym wykorzystaniem dostępnych zasobów ludzkich przypadają na tydzień: 1/2012, 3/2012, 14/2012, 18/2012. W tygodniach tych zakład nie pracował. W okresie świąt kościelnych i państwowych można zauważyć mniejszy stopień obciążenia. Obniżona dostępność funduszu czasu pracy przypada na tydzień:

- a) 44/2011 w tygodniu tym występuje 1 listopada co wpływa na krótszy tydzień produkcyjny,
- b) 45/2011 w tym tygodniu pojawia się 11 listopada co jest dniem ustawowo wolnym od pracy, automatycznie powoduje to krótszy tydzień produkcyjny,
- c) 52/2011 na ten tydzień przypadają Święta Bożego Narodzenia,
- d) 01/2012 wraz z początkiem nowego roku kalendarzowego przeprowadzona została inwentaryzacja co związane jest z tygodniowym przestojem produkcji,
- e) 14/2012 i 15/2012 skrócone dwa tygodnie produkcyjne ze względu na Święta Wielkanocne,
- f) 18/2012 wolne związane ze Świętami majowymi (1 i 3 maja dni ustawowo wolne od pracy),
- g) 23/2012 tydzień krótszy o Święto kościelne Boże Ciało,
- h) 33/2012 tydzień produkcyjny krótszy o Święto kościelne obchodzone w dniu 15 sierpnia.

Na wyżej wymienione przestoje nie ma wpływu żaden organizator produkcji gdyż w większości wolne podyktowane jest przez ustawodawcę. Przy wyznaczaniu planów długoterminowych lub opracowaniu prognoz należy mieć na uwadze okres w którym będą obowiązkowe przestoje co wiąże się z obniżeniem dostępnych mocy produkcyjnych. W tygodniach 27-30/2012 występuje letni urlop wypoczynkowy. W tym okresie należy zauważyć obniżoną dostępność zmian produkcyjnych. Urlop przebiegał stopniowo tzn. każda zmiana po kolei szła na tygodniowy urlop. Co daje w tym okresie dostępne dwie zmiany produkcyjne przez pięć dni w tygodniu czyli łącznie dostępnych było dziesięć zmian na tydzień. Sytuacja taka trwała przez trzy tygodnie. Jak wynika z wykresu 4.2 w większej części badanego okresu zakład ponosił koszty związane z przesto-

jami, które wiążą się z brakiem pracy dla pracowników produkcyjnych. Taka sytuacja wpływa niekorzystnie na rentowność produkcji i jest wielkim wyzwaniem dla organizatorów produkcji. W sytuacji gdy następuje zrównanie dwóch krzywych na wykresie 4.2 mamy do czynienia z efektywnym wykorzystaniem zdolności produkcyjnych. Takie sytuacje są najbardziej pożądane i mają pozytywny wpływ na opłacalność produkcji.

Decydując o rozmiarach zatrudnienia obsługi całego procesu produkcyjnego trzeba brać pod uwagę wiele czynników. Należy eliminować przestoje związane z brakiem pracy. Popyt na rynku w obecnych czasach jest zmienny i trudny do przewidzenia co wymusza reakcje na pojawiające się zmiany i szybkość podejmowania decyzji ma ogromny wpływ na rentowność produkcji. Trudne zadanie stoi przed Działem Planowania, który to na podstawie ilości prognozowanych musi wyznaczyć w nadchodzącym okresie czasu planowane obciążenie zasobów produkcyjnych. Prognozowanie jest obarczone pewnym błędem. Im dłuższy horyzont czasowy na który wyznacza się prognozę tym większym błędem obarczona jest wynik tej prognozy ze względu na dynamicznie rozwijającą się sytuację na rynku. Przy podjęciu decyzji o zatrudnieniu dodatkowej kadry produkcyjnej należy zdawać sobie sprawę z jakimi wiąże to się konsekwencjami w przypadku braku zapewnienia pracy.



Wykres 4.2. Podsumowanie wykorzystania zdolności produkcyjnych - rok sprzedażowy 2011/2012 (opracowanie własne)

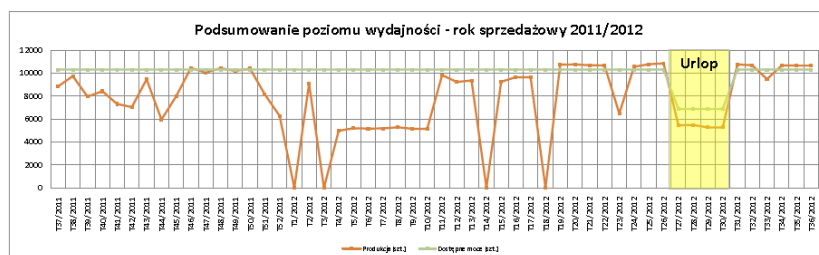
Analiza wydajności

Jeżeli zmierzmy lub zbadamy ilość wyprodukowanych wyrobów gotowych w jednostce czasu to otrzymamy wydajność systemu produkcyjnego. Wydajność można nazywać zamiennie jako produktywność, dzięki czemu jesteśmy w stanie określić kondycję zakładu produkcyjnego. W tym podrozdziale zostaną zaprezentowane wyniki badań faktycznych rozmiarów produkcji w odniesieniu do dostępnych mocy w danej jednostce czasu. Zebrano dane na temat ilości wyprodukowanych sztuk wyrobów gotowych na przełomie roku 2011/2012. Dane pochodzą z własnego źródła opracowań a także z analizy raportowanej produkcji w systemie informatycznym klasy ERP. Na wykresie 4.3

przedstawiono rezultaty zebranych danych. Dla zachowania czytelności wyników wykres 4.3 został wykonany na papierze formatu A3 i dołączony do pracy jako załącznik 3.

Wykres 4.3 przedstawia dwie serie danych. Pierwsza seria to roczne rozmiary produkcji w sztukach z podziałem na tygodnie produkcyjne, a druga seria danych to dostępne moce produkcyjne na dany okres w sztukach. Wykres składa się z dwóch osi. Oś X przedstawia wartości w sztukach. Natomiast na osi Y przedstawiono okres czasu jaki podlegał badaniom w układzie tygodniowym. W badanym okresie w tygodniach produkcyjnych 1/2012, 3/2012, 14/2012, 18/2012 odnotowano przestoje. Obniżona dostępność czasu pracy przypada na tygodnie w których odnotowano Święta czy uroczystości państwowe, które wiążą się z dniami wolnymi od pracy. Szczegółowa legenda opisująca wolne w ciągu badanego okresu została przedstawiona obok wykresu 4.3. Dostępne moce produkcyjne kształtowały się przez cały rok na takim samym poziomie oprócz okresu urlopowego. Urlop letni przypadł na T27-30/2012 i w tym okresie dostępne moce wynosiły 6867 szt./tydzień. Przy pełnej dostępności zasobów ludzkich i technicznych zakład w badanym okresie miał możliwość wyprodukowania 10 300 wyrobów gotowych na tydzień. Co daje przy dostępnym czasie do wykorzystania 450min/zmianę (po odjęciu czasu na przerwę) dzienną produkcję na poziomie 687 sztuk wyrobów gotowych. Oczywiście przy stu procentowej wydajności systemu produkcyjnego na który przypada wiele składowych. Przeprowadzone badania wykazały, że średnio w ciągu roku produkowano 7815 sztuk na tydzień co daje średnią wydajność na poziomie 76%. Czyli średnio zmiana produkcyjna w ciągu dnia wyprodukowała 521 sztuk wyrobów gotowych. Jest to rezultat poniżej oczekiwanego poziomu. Minimalna produkcja w badanym okresie wyniosła 0 sztuk na tydzień, natomiast maksymalna produkcja to 10 847 sztuk na tydzień. W tygodniach gdzie przekroczone zostały dostępne moce można mówić o wzroście wydajności. Jak wynika z wykresu 4.3 jest to okres przed urlopem letnim i po urlopie.

Sytuacja na wykresie, w której następuje zrównanie dwóch krzywych wskazuje na stu procentową wydajność w tym okresie. Z punktu rentowności produkcji są to sytuacje najbardziej pożądane przez organizatorów produkcji. W sytuacji gdy tygodniowy poziom produkcji znajduje się poniżej krzywej dostępnych mocy można mówić o obniżonym poziomie wydajności (produktywności) w tym okresie. Najniższy poziom wydajności odnotowano w tygodniach 4-10/2012. Poziom produkcji był porównywalny do poziomu w okresie urlopu letniego. Wpływ na poziom wydajności ma wiele czynników. Dużo zależy od pracowników produkcyjnych od ich sprawności, samopoczucia, atmosfery pracy, motywacji do pracy. Wpływ na to mają również warunki pracy przygotowane przez pracodawcę. Ważnym elementem w tym wszystkim jest stan techniczny maszyn, zaplecze techniczne, socjalne. Jednym z zadań każdego organizatora produkcji jest opracowanie skutecznego systemu motywacyjnego pracowników produkcyjnych. Należy nieustannie dążyć do ciągłego podnoszenia wydajności. Wszystkie wymienione powyżej elementy składają się na cały system produkcyjny tworząc jeden organizm. I jego funkcjonowanie wpływa między innymi na taki aspekt jak wydajność. Jak wynika z wykresu 4.3 przez większą część badanego okresu wydajność jest poniżej stu procent. W nielicznych przypadkach został osiągnięty pożądany próg. Przedstawiony rok nie należy jednak oceniać negatywnie ponieważ występują również okresy w których wydajność przewyższała sto procent.



Legenda

T0A/2011	1 lipiec
T0B/2011	15 lipiec
T0C/2011	Święta
T0A/2012	Inwentary
T0A/2012	Wolne - wakacje
T0B/2012	Wolne - wakacje
T0C/2012	Wolne - wakacje
T0D/2012	8 września
T0E/2012	15 września

Prod.	Min	0
	Usc	7000
	Max	10000

Dot. Moce	Min	6000
	Usc	10000
	Max	10000

	T07/2011	T07/2011	T08/2011	T08/2011	T09/2011	T09/2011	T10/2011	T10/2011	T11/2011	T11/2011	T12/2011	T12/2011	T01/2012	T01/2012	T02/2012	T02/2012	T03/2012	T03/2012	T04/2012	T04/2012	T05/2012	T05/2012	T06/2012	T06/2012		
Produkcja (szt)	8232	9750	7943	8436	7305	7058	9463	8844	7991	10636	10095	10417	10123	10885	11134	8238	0	9083	0	4962	5212	5467	5366	5212	5283	5147
Dostępne moce (szt)	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000

	T13/2012	T13/2012	T14/2012	T14/2012	T15/2012	T15/2012	T16/2012	T16/2012	T17/2012	T17/2012	T18/2012	T18/2012	T19/2012	T19/2012	T20/2012	T20/2012	T21/2012	T21/2012	T22/2012	T22/2012	T23/2012	T23/2012	T24/2012	T24/2012	T25/2012	T25/2012	T26/2012	T26/2012
Produkcja (szt)	9318	9212	9330	0	9240	9443	9457	0	10721	10748	10814	10643	10648	10796	10781	10647	10647	10647	10647	10647	10647	10647	10647	10647	10647	10647	10647	
Dostępne moce (szt)	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	

Wykres 4.3. Podsumowanie poziomu wydajności - rok sprzedażowy 2011/2012 (opracowanie własne)

5. WNIOSKI

Każde przedsiębiorstwo produkcyjne powinno produkować według opracowanego planu. Brak planu powoduje chaos zwłaszcza w firmach produkujących szeroki asortyment i oprócz skatalogowanych wyrobów przyjmujących do realizacji projekty na indywidualne zamówienie klienta. Struktura portfela zleceń w wybranym do przeprowadzenia badań przedsiębiorstwie to 90% realizowanych zamówień dla klienta strategicznego, a pozostałe 10% to zamówienia indywidualnych klientów z całego świata.

Plan powinien zawierać jasno wyznaczony cel i należy zmierzać do jego osiągnięcia. Gdy nastąpi opracowanie planu i zostanie on w pełni zrealizowany należałoby rozliczyć owy plan. Wówczas nasuwają się pytania jak to zrobić. W pracy przedstawiono własne kryteria oceny planowania produkcji, za pomocą których zbadano stan faktyczny planowania produkcji. Obierając kierunek pod jakim kątem przeprowadzić ocenę efektywności procesu planowania wzięto pod uwagę następujące czynniki:

- profil działalności przedsiębiorstwa,
- ograniczenia logistyczne,
- specyfikę produkcji,
- specyfikę przyjmowanych i realizowanych zamówień,
- złożoność procesu planowania.

Do przeprowadzenia badań wykorzystano dane pochodzące z zakładowego informatycznego systemu klasy ERP, a także przeprowadzono własne analizy planów produkcji za okres od połowy września 2011 do połowy września 2012 roku. W tym okresie czasu zebrano i poddano analizie dane na temat:

- poziomu zapasów wyrobów gotowych,
- wykorzystania zdolności produkcyjnych,
- poziomu wydajności,

- d) czasochłonności przebrojeń,
- e) terminowości realizacji zleceń.

Po analizie wyników jakie uzyskano z przeprowadzonych badań można wymienić obszary nad którymi należałoby się zastanowić. Budowanie i utrzymywanie poziomu zapasów wyrobów gotowych w badanym okresie było jak najbardziej słuszne. Cały zapas magazynowy został skonsumowany w okresie urlopu letniego. Dzięki temu nie doszło do zachwiania realizacji bieżących zamówień. Zachwianie terminowości realizacji zleceń wystąpiło w 13% realizowanych zleceń w badanym okresie co było spowodowane:

- a) przerwami w dostawach energii,
- b) awariami maszyn/urządzeń,
- c) zakłóceniami w terminowej dostawie surowców pod produkcję.

Na wyżej wymienione zakłócenia, które wpływają na terminowość realizacji zleceń nie można wpłynąć podczas procesu planowania produkcji.

Poprawić należy kwestię planowania pracy w dłuższym horyzoncie czasu, tak aby uniknąć pracy w godzinach nadliczbowych i przestojów związanych z brakiem pracy. Firma w tych okresach ponosi dodatkowe koszty. Wypracowana metoda oceny efektywności planowania może posłużyć do oceny kondycji procesu planowania w każdym przedsiębiorstwie produkcyjnym, ponieważ wykorzystuje ona ogólne aspekty, które zmierzają do zwiększenia rentowności produkcji.

ROZDZIAŁ 5

ZARZĄDZANIE NIEZAWODNOŚCIĄ SYSTEMÓW TECHNICZNYCH WSPOMAGANE KOMPUTEROWO

1. WPROWADZENIE

Wraz z rozwojem konkurencyjności na rynkach, wzrosły również wymagania dotyczące sprawności technologicznej, produkcyjnej, jakości oferowanych produktów oraz wymagań dotyczących niezawodności [Muhlemann A.P. i in., 1997], [Dwiliński L., 2002], [Nakagawa T., 2005]. Niezawodność systemów technicznych, w tym maszyn i urządzeń jest zagadnieniem bardzo złożonym, gdyż współczesne systemy charakteryzują się wysokim stopniem złożoności konstrukcyjnej, a każdy element podatny jest na awarie i kolizje, wpływając bezpośrednio na niezawodność całego systemu. Wymóg zwiększenia niezawodności obiektów wymusza wykorzystanie coraz bardziej zaawansowanych metod opisujących prace obiektów, niejednokrotnie wykraczając poza obszar produkcji, techniki i technologii. Procesy badawcze, modelujące eksploatację obiektów technicznych są coraz częściej stosowane do budowy modeli teoretycznych opisujących zjawiska rzeczywiste występujące w procesach użytkowania. W związku z tym badanie modeli teoretycznych zastępuje badanie obiektów rzeczywistych w procesie analizy niezawodności. Wykorzystując rzeczywiste dane na temat awarii oraz rozkład Weibulla możliwe jest wyznaczenie charakterystyk niezawodności. Stopień dopasowania modelu teoretycznego do modelu rzeczywistego zależy od parametrów rozkładu Weibulla. Wybór odpowiedniej metody estymacji parametrów determinuje uzyskanie zadawalających wyników [Migdalski J., 1982], [Bobrowski D., 1985].

W latach 60-tych XX wieku, kiedy był już znany rozkład Weibulla, a komputery i oprogramowanie do badania niezawodności nie były jeszcze dostępne, jedyną metodą estymacji parametrów było wykorzystanie siatek prawdopodobieństwa, z których odczytywano parametry rozkładu. W erze komputerów, wyznaczanie parametrów pozostawiono komputerom wyposażonym w specjalistyczne oprogramowanie, a metody graficzne zastąpiono metodami analitycznymi.

W związku z zaletami wynikającymi ze stosowania modeli teoretycznych do badania niezawodności, konieczne stało się wykorzystanie nowych metod i narzędzi w tym komputerów i oprogramowania wspomagającego prace.

2. METODA MONTE CARLO A NIEZAWODNOŚĆ

Metoda Monte Carlo jest metodą modelowania statystycznego ciągłej zmiennej losowej X o wiadomej funkcji rozkładu $F(x)$. Bazuje ona na rozwiązaniu względem x_i równania $F(x_i) = r_i$, gdzie x_i jest wartością zmiennej X , r_i jest liczbą losową. Metodę wykorzystuje się do projektowania eksperymentów, rozwiązywania i modelowania złożonych procesów o charakterze stochastycznym [Cafilisch R. E., 1998].

2.1. Rozkład Weibulla w niezawodności

Rozkład Weibulla jest to ciągły rozkład prawdopodobieństwa, wykorzystywany w teorii niezawodności do matematycznego modelowania rozkładu czasu bezawaryjnej pracy badanego obiektu [1, 4, 7]. Gęstością prawdopodobieństwa rozkładu jest

$$f(t) = \frac{\eta}{\beta} \left(\frac{t}{\beta}\right)^{\eta-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\eta\right] \quad (1)$$

gdzie β – parametr skali ($\beta > 0$), η – parametr kształtu ($\eta > 0$).

Dystrybuanta rozkładu Weibulla wyrażona jest wzorem

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\eta\right] \quad (2)$$

Dla obliczenia niezawodności produktu $R(t)$, czyli prawdopodobieństwa, że będzie on funkcjonował w czasie t , dla całego okresu jego życia ogólnie akceptowalnym jest wzór, zgodny z rozkładem Weibulla

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\eta\right] \quad (3)$$

Należy zaznaczyć, że parametr kształtu charakteryzuje fazę intensywności uszkodzeń: $\eta < 1$ podczas fazy uszkodzeń początkowych, $\eta = 1$ podczas fazy sprawnego życia, $\eta > 1$ podczas fazy zużycia.

2.2. Wybrane metody estymacji parametrów rozkładu Weibulla

Od czasu wykorzystania rozkładu Weibulla do badania niezawodności oraz analizy utrzymania ruchu zostało opracowano wiele metod estymacji parametrów na podstawie danych statystycznych, w tym metody graficzne oraz metody analityczne. Każda z metod charakteryzuje się właściwymi dla siebie możliwościami i ograniczeniami. Rozwój technologiczny, w tym rozwój komputerów i oprogramowania przyczyniły się do eliminacji stosowania metod graficznych oraz powszechnego wykorzystania metod analitycz-

nych. Analityczne metody estymacji rozkładu Weibulla można podzielić na pięć grup [Zhang L., 2008]:

metody estymacji regresji liniowej (*LSE, RRX, RRY, WLSE, RRE*),

metoda największej wiarygodności (*MLE*),

metoda estymacji momentów (*MME/MMME*),

liniowo statystyczne metody estymacji (*BLUE, NBLUE, BLIE*),

inne (nieliniowe metody estymacji, metody procentowe).

Metody *MLE, LSE, RRY* i *RRX* ze względu na dobre właściwości statystyczne oraz łatwość algorytmiczną w wyznaczaniu parametrów spowodowały, że należą one do najbardziej popularnych, najczęściej używanych i wykorzystywanych metod estymacji parametrów w programach komputerowych wspomagających badania niezawodności [Zhang L., 2008], [Al-Fawzan M., 2000].

Optymalne terminy przeglądów profilaktycznych

Wykorzystując informacje na temat awarii systemów technicznych, wartości parametrów rozkładu oraz ponoszonych kosztach można wyznaczyć optymalny czas przeglądów profilaktycznych a także prognozować oczekiwany czas pracy między uszkodzeniami (parametr *MTBF*).

W celu wyznaczenia optymalnego czasu przeglądów profilaktycznych można wykorzystać kryterium oczekiwanych strat [1]

$$OS = \frac{n \left(C_1 \sum_{t=1}^{T-1} p_t + C_2 \right)}{T}, \quad (4)$$

wariancji strat

$$WS = n \left(\frac{C_1}{T} \right)^2 \left\{ \sum_{t=1}^{T-1} p_t - \sum_{t=1}^{T-1} p_t^2 \right\} \quad (5)$$

lub uogólniony kryterium bazujący na wzorach (4), (5)

$$OW = OS + a WS \quad (6)$$

gdzie: C_1 – koszty ponoszone na naprawę systemu technicznego, C_2 – koszty ponoszone na konserwację, p_t – prawdopodobieństwo awarii systemu w czasie t , T – przedział czasu, n – ilość analizowanych jednostek, a – stała, która zwykle traktuje się jako poziom nieskłonności do ryzyka (większe wartości a prowadzą do zmniejszenia strat).

Dla wyznaczenia oczekiwanego czasu pracy między uszkodzeniami, korzystając z metody Monte Carlo i rozkładu Weibulla możemy zapisać

$$MTBF = -\eta \left(\xi \right)^{\frac{1}{\beta}} \quad (7)$$

gdzie ξ – liczba losowa z przedziału (0, 1).

3. ZARZĄDZANIE NIEZAWODNOŚCIĄ WSPOMAGANE KOMPUTEROWO – PROGRAM „CARELIA”

Aplikacja CARElia została opracowana dla wspomaganie zarządzania niezawodnością obiektów technicznych w oparciu o metodę Monte Carlo i rozkład Weibulla. Program umożliwia wprowadzenie danych (czasów awarii), wybranie metody analizy i estymatora, wyliczenie parametrów rozkładu Weibulla, wybór kryteria i wyznaczenie optymalnych czasów przeglądów profilaktycznych oraz prognozowanie czasów awarii. W celu lepszej analizy i wizualizacji wyników, aplikacja umożliwia przedstawienie ich w postaci wykresów.

Aplikacja została napisana dla systemu operacyjnego Windows, wykorzystuje jego środowisko graficzne, posiada prostą i intuicyjną obsługę, estetyczny interfejs, czyniąc go przyjaznym dla użytkownika.

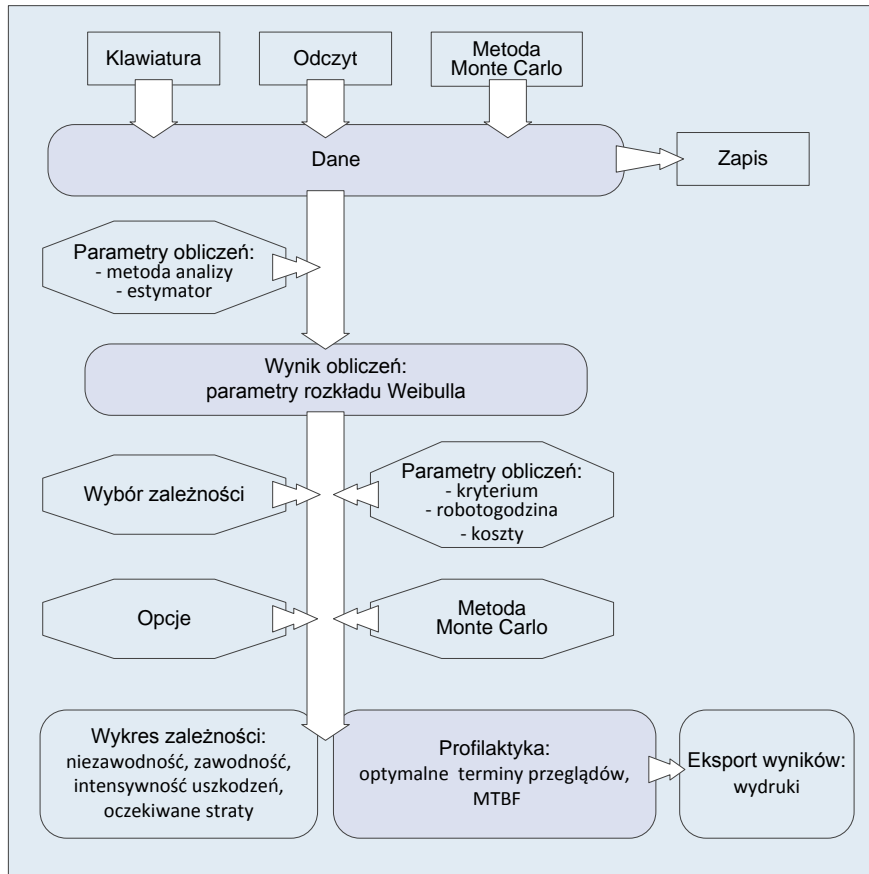
W aplikacji wspomagającej obliczenia parametrów charakteryzujących niezawodność zostały wykorzystane najpopularniejsze metody estymacji, do których należą metody największej wiarygodności (*MLE*) i najmniejszych kwadratów (*LSE*) [Al-Fawzan M., 2000], [Björck Å., 1996]. Metody regresji liniowej umożliwiają oszacowanie parametrów rozkładu, wykorzystując estymator Weibulla, Bernarda lub Hazena. W obliczeniach wykorzystuje się czasy awarii obiektów lub teoretyczne dane wygenerowane za pomocą metody Monte Carlo. Metoda najmniejszych kwadratów w celu wyznaczania parametrów rozkładu wykorzystuje regresję liniową funkcji rozkładu, metody *RRX* i *RRY* minimalizując poziome bądź pionowe odległości między punktami a linią prostą dopasowaną do tych punktów. Metoda *MLE* polega na wyznaczeniu oczekiwanej wartości na poziomie równym modalnej rozkładu, znając rozkład zmiennej, wówczas wartość oczekiwana równa jest największemu prawdopodobieństwu realizacji w określonym okresie. Po wyznaczeniu parametrów, program daje możliwość wyznaczenia zależności: prawdopodobieństwa awarii, niezawodności, gęstości lub intensywności uszkodzeń względem czasu w postaci wykresów.

Podstawowe funkcje programu:

- odczyt i zapis informacji,
- przygotowanie danych do obliczeń,
- obliczenia,
- graficzna reprezentacja wyników,
- eksport wyników.

Aplikacja zbudowana jest z wymienionych niżej bloków funkcjonalnych:

Moduł odczytu i zapisu danych. Umożliwia wprowadzenie danych do programu (informacji o awariach) z klawiatury, z pliku w formacie *.csv* (format obsługiwany przez edytory tekstu lub MS Excel) oraz wykorzystując metodę Monte Carlo do generowania próbek (aplikacja wymaga wprowadzenia przynajmniej dwóch informacji na temat awarii). Moduł odczytu sprawdza poprawność wprowadzanych danych, błędne dane zostają pominięte. Część odpowiedzialna za zapis umożliwia zachowanie danych wprowadzonych do programu w postaci pliku *.csv*.



Rys.5.1 Schemat blokowy aplikacji

Przygotowanie danych do obliczeń. Moduł odpowiedzialny jest za sortowanie danych i przygotowanie niezbędnych informacji do obliczeń, takich jak całkowita liczba danych, wybór metody estymacji parametrów (dostępne metody *RRX*, *RRY*, *MLE*) i estymatora.

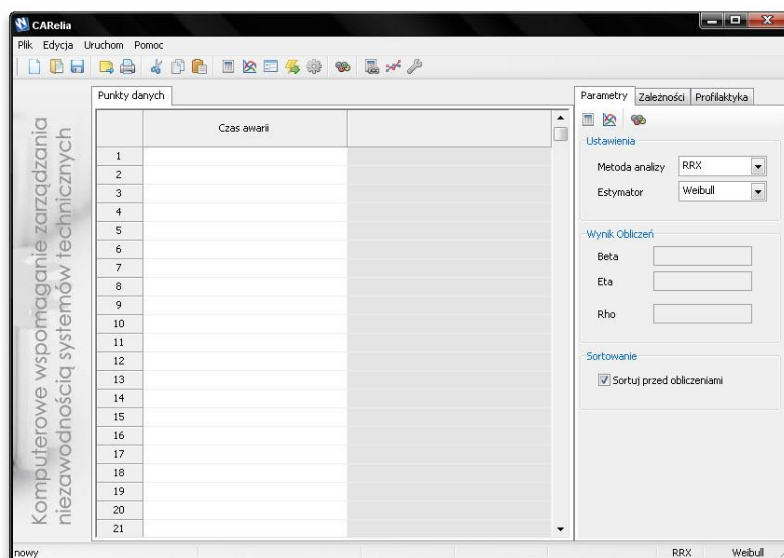
Moduł Obliczenia odpowiada za wszystkie obliczenia, w zależności od wybranych metod estymacji i estymatora obliczane są parametry rozkładu Weibulla, które w razie konieczności można skorygować i udostępnić do dalszych obliczeń. Moduł wymaga conajmniej dwóch danych wejściowych do przeprowadzenia obliczeń. Część obliczeniowa odpowiada również za prognozowanie, obliczenia minimalnych kosztów przeglądów technicznych, wymagane wówczas jest wprowadzenie dodatkowych informacji. Dla generowania liczb pseudolosowych w obliczeniach oczekiwanego czasu pracy między uszkodzeniami (parametra *MTBF*) stosowana jest metoda liniowej kongruencji [Hörmann W., i in. 2011].

Moduł Graficzna reprezentacja wyników. Po wykonaniu obliczeń, wykorzystując moduł graficzny, możliwa jest prezentacja wyników w postaci wykresów. Moduł umożliwia użytkownikowi zmianę przedziałów osi, dokładności wyników, jak również wszystkich parametrów wykresu. W celu aktywowania modułu graficznego konieczne jest wykonanie obliczeń.

Moduł Eksport wyników. Moduł ten umożliwia zapis plików graficznych, bitmapowego i wektorowego – *bmp* i *wmf* oraz wydruk wszystkich wykresów. Umożliwia również zapis danych, które zostały wykorzystane do wykresu w postaci skoroszytu programu Excel. Opcje dostępne tylko po wygenerowaniu wykresów.

Uruchomienie programu następuje poprzez dwukrotne kliknięcie w ikonę aplikacji, po chwili na ekranie pojawi się okno powitalne. Aby kontynuować pracę z programem należy kliknąć przycisk OK.

Główne menu programu to typowe menu rozwijane. Poniżej menu znajduje się lista przycisków, które funkcjonalnie odpowiadają menu programu.



Rys. 5.2. Główne okno programu

Panel sterowania programu składa się z trzech zakładek

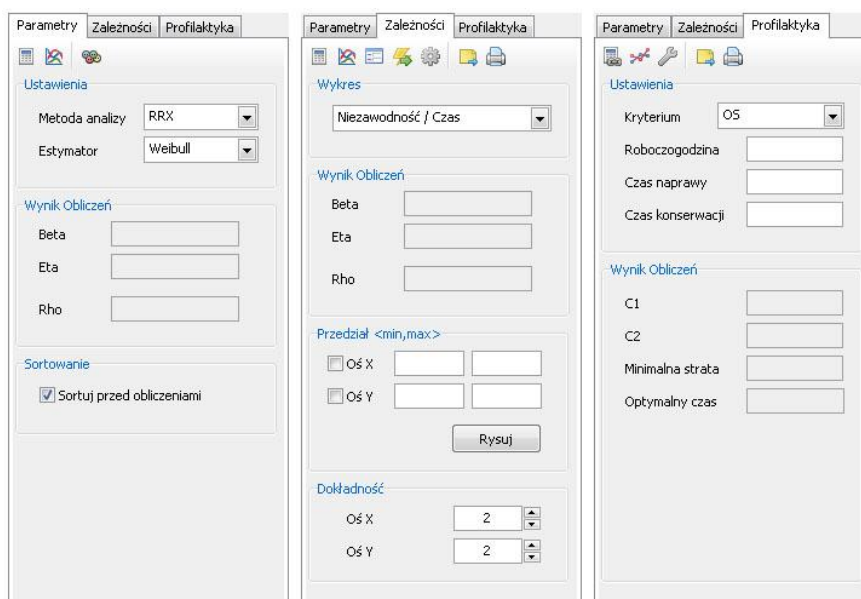
Parametry: wybór metody analizy i estymatora;

Zależności: wybór zależności, prognozowanie czasów awarii oraz zmianę przedziału osi i dokładności

Profilaktyka: wybór kryterium oraz wprowadzenie parametrów, dotyczących przeglądów profilaktycznych.

Na każdej zakładce znajdują się dodatkowo ikony, które mają na celu przyspieszenie pracy, a funkcjonalnie odpowiadają ikonom na pasku narzędzi.

Opcje dostępne w panelu sterowanie przedstawia rysunek 3.

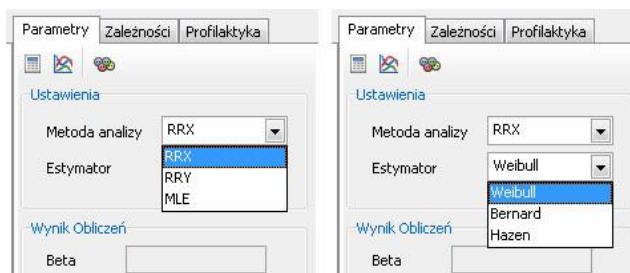


Rys. 5.3. Zakładki z dostępnymi opcjami

Prace z programem można podzielić na etapy:

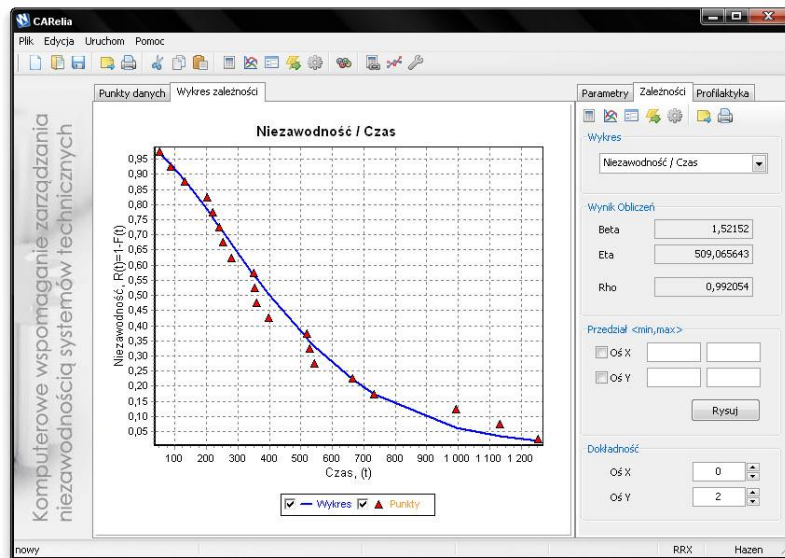
1. Wprowadzanie danych polega na wypełnieniu kolumny *Czas awarii* wartościami rzeczywistych czasów awarii obiektów technicznych. Każda próba wprowadzenia nieprawidłowych danych tj. wartości, które nie są liczbami spowoduje wyświetlenie komunikatu z informacją o błędzie wraz z miejscem wystąpienia. W każdym momencie działania programu istnieje możliwość odczytu i zapisu czasów awarii używając przycisków *Otwórz*, *Nagraj* lub wybierając z menu *Plik | Otwórz plik* lub *Plik | Zapisz jako*. Innym sposobem wprowadzanie danych jest skorzystanie z metody Monte Carlo, która generuje charakterystyczne dla procesu i zgodne z rozkładem prawdopodobieństwa wartości czasów awarii obiektów. Aby wygenerować wartości należy kliknąć w ikonę *Metoda Monte Carlo* lub wybrać z menu *Uruchom/Monte Carlo*, następnie określić parametry skali, kształtu, ilość próbek oraz dokładność. Wygenerowane wartości zapisane zostaną w kolumnie *Czas awarii*.
2. W kolejnym kroku należy wybrać metodę estymacji parametrów i estymatora. Opcje w polach list rozwijanych znajdują się na panelu kontrolnym w zakładce *Parametry* po prawej stronie aplikacji. Metody estymacji parametrów zaimplemento-

wane w programie to *RRX*, *RRY*, *MLE* zaś estymatory to Weibull, Bernard, Hazen. Informacje o wybranych parametrach znajdują się na pasku stanu po prawej stronie.

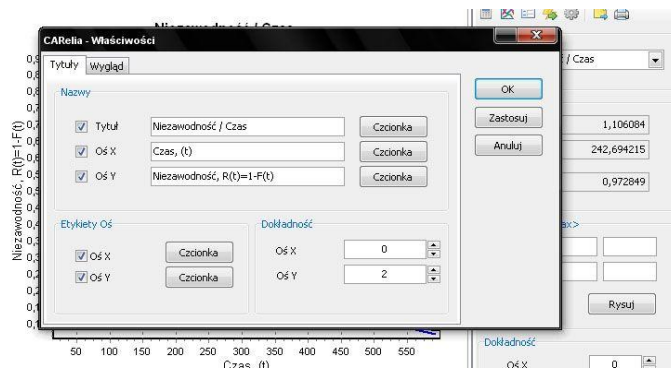


Rys 5.4. Wybór dostępnych estymatorów

3. Parametry rozkładu zostaną obliczone po kliknięciu w ikonę *Oblicz parametry* lub z menu *Uruchom | Oblicz parametry*. Parametry rozkładu pojawią się w polu *Wyniki obliczeń*. Opcja *Zmień parametry rozkładu* (trzecia ikona w zakładce *Zależności* lub menu *Uruchom | Zmień parametry*) pozwala na zmianę bądź korektę parametrów beta i eta (β , η). Po każdej zmianie parametrów konieczne jest ponowne wykonanie obliczeń.
4. Wykorzystując parametry skali oraz kształtu, aplikacja umożliwia wyznaczenie jednej z zależności (niezawodność, zawodność, gęstość oraz poziom uszkodzeń) w postaci wykresu, kliknąć w ikonę *Rysuj wykres* lub wybierając z menu *Uruchom | Rysuj wykres*. Zależność ustawiona domyślnie to *Niezawodność / Czas*.
5. Opcje eksportu danych umożliwiają zapisanie wykresu do plików graficznych, (bitmapowego-*bmp*, wektorowego-*emf*), jak również umożliwiają zapis współrzędnych punktów wykorzystanych do narysowania wykresu do arkusza kalkulacyjnego Excel. Aplikacja umożliwia również wydruk wykresów.
6. Opcje graficzne zaimplementowane w aplikacji umożliwiają zmianę przedziału osi, dokładności etykiet osi jak również całkowicie zmienić wygląd wykresu. Możliwe jest włączanie i wyłączanie nazw, nadawanie dowolnych nazw wykresom i osiom, zmiana czcionki i koloru, sam zaś wykres w zależności od wybranych opcji może charakteryzować się kolorem, kształtem i wielkością.



Rys. 5.5. Wykres niezawodność – czas

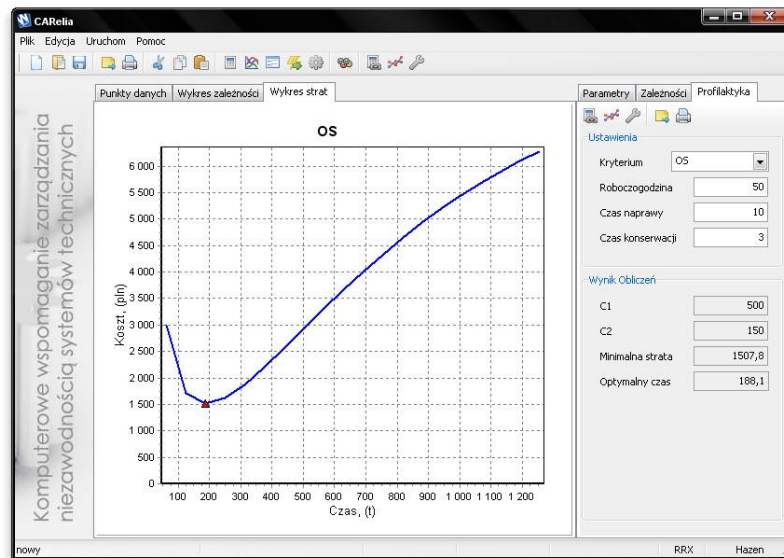


Rys. 5.6. Okno właściwości wykresu

Zakładka Profilaktyka w Panelu kontrolnym udostępnia funkcjonalność, która umożliwia wyznaczenie minimalnych kosztów funkcjonowania systemów technicznych według kryterium oczekiwanych strat, wariacji strat lub uogólnionego kryterium. W wyniku działania algorytmów zostaną obliczone wartości kosztów spowodowanych naprawą i remontem obiektu jak również optymalny czas przeglądu przy minimalnych kosztach. Dodatkowo została zaimplementowana graficzna reprezentacja wyników w postaci wykresu zależności kosztów do czasu użytkowania. Podobnie jak w przypadku wykresów zależności istnieje możliwość zmiany elementów graficznych wykresu (dokładność

osi, etykiety, kolor wykresu), udostępnia również możliwość eksportu i wydruku wykresów.

Znając parametry rozkładu, aplikacja CARElia umożliwia również przeprowadzenie prognozowania zależności w określonym czasie. Uzyskane wyniki prognozowania mogą być uwzględnione na wykresach odpowiednich zależności.



Rys. 5.7. Wykres oczekiwanych strat

WNIOSKI

Wybór odpowiedniego rozkładu, który powinien jak najlepiej charakteryzować czas pracy obiektów, metody estymacji parametrów, ilości próbek ma istotny wpływ na uzyskane wyniki, w konsekwencji na podejmowane decyzje. Z tego względu bardzo istotnym czynnikiem przy zarządzaniu niezawodnością jest staranny dobór danych wejściowych. Jedną z najpopularniejszych metod opisujących czas życia systemów technicznych jest rozkład Weibulla. Ważną zaletą analizy z wykorzystaniem rozkładu Weibulla jest możliwość wyznaczenia czasu życia systemu wykorzystując względnie małą ilość danych. Dobierając odpowiednie wartości parametrów rozkładu, możliwe jest uzyskanie dużej zgodności wartości teoretycznych z danymi rzeczywistymi. Wyznaczenie optymalnych terminów przeglądów profilaktycznych systemów technicznych jak również innych parametrów charakteryzujących niezawodność opiera się na badaniach statystycznych, informacjach o rzeczywistych awariach systemu, analizie modeli teoretycznych. Wykorzystanie komputerów, oprogramowania wspomagającego obliczenie parametrów niezawodności umożliwiają symulacje czasu życia produktu, wyznaczanie optymalnych strategii napraw prewencyjnych, czasów remontów i wymian, ekonomicznego okresu

użytkowania, co w konsekwencji minimalizuje koszty poniesione na eksploatację obiektów. Uzyskane informacje umożliwiają podejmowanie skutecznych decyzji w zakresie projektowania, jakości i organizacji produkcji jak również przy określeniu okresów gwarancji.

ROZDZIAŁ 6

NOWA METODA PLANOWANIA PRODUKCJI W PRZEDSIĘBIORSTWIE CALESA SP. Z O.O.

1. WPROWADZENIE

Wzrastające potrzeby społeczeństwa i związane z tym dynamiczny rozwój produkcji wysokojakościowych wyrobów spowodowały, że zaistniała potrzeba wdrażania nowych metod planowania i zarządzania przedsięwzięć.

Potrzebę wprowadzenia dobrego harmonogramu widać wyraźnie wtedy, gdy jego nie ma. Kiedy przy okazji realizacji złożonego procesu produkcyjnego nic nie idzie tak, jak powinno, terminy nie są dotrzymywane, planowane koszty przekroczone a realizacja zamówień nie można być dokończona ponieważ nie zaangażowano odpowiedniego pracownika. Taką sytuację można skomentować jednoznacznie, wkradł się irytujący bałagan. Dopiero wtedy zaczynamy dostrzegać wagę planowania, kierowania i kontrolowania produkcji oraz sprawnej organizacji [Brzeziński M., 2002].

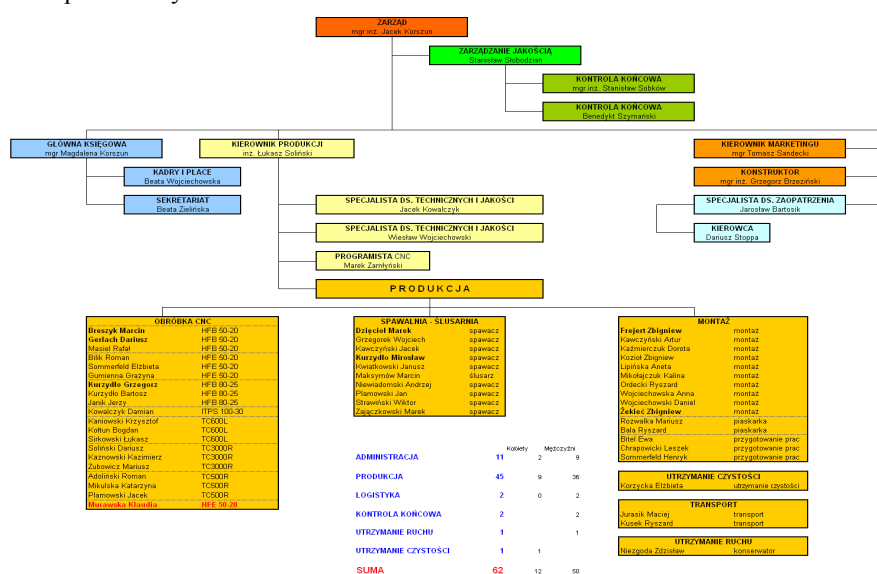
Współczesny poziom nauki, techniki oraz ekonomiki w przemyśle nakłada na każde przedsiębiorstwo przemysłowe specjalne zadania w zakresie eksploatacji urządzeń, utrzymania ruchu, remontów i regeneracji środków trwałych. Czasy, w których techniczna strona gospodarowania środkami trwałymi była dominantą, a strona ekonomiczna nie interesowała inżyniera lub technika, należą już do nieodwracalnej przeszłości. Tak samo należy już do przeszłości zasada „produkcji za wszelką cenę”. Obecny stan rzeczy, w zakresie planowania wytwarzania wymaga świadomego, ekonomicznego działania administracji przedsiębiorstw i ich zasobów oraz stałego konfrontowania wszelkich przedsięwzięć w tym zakresie z osiągnięciami i wymaganiami nowoczesnej inżynierii finansowej i techniki.

Metody zarządzania i organizacji procesów można wykorzystać w celu optymalizacji realizacji złożonych projektów. Zmodyfikowana struktura procesu powinna charakteryzować się optymalnym całkowitym kosztem i/lub czasem jego realizacji. Zagadnienie optymalizacji procesów technologicznych, produkcyjnych jest bardzo ważne ze względu na dążenie przedsiębiorstw do coraz krótszych cykli rozwoju produktów i ich wdrażania. Optymalizacja procesów wymuszona jest nie tylko chęcią i próbą obniżenia kosztów produkcji czy remontu, ale przede wszystkim koniecznością konkurencyjnego działania na rynku poprzez ciągłą modernizację wyrobów i oferowanie nowych [Kielec R., 2009] [Rohatyński R., Kielec R., 2001]. Jest to szczególnie ważne w aktualnych warunkach gospodarczych, kiedy znikają bariery technologiczne i cenowe, a cykl życia produktów wytworzonych jest coraz krótszy, tworząc w ten sposób popyt na nowoczesne i innowa-

cyjne produkty. Sprostać takim warunkom można tylko poprzez stosowanie nowoczesnych narzędzi we wszystkich fazach planowania produkcji [Ignasiak E, 2001].

2. STRUKTURA ORGANIZACYJNA FIRMY

Struktura organizacyjna przedsiębiorstwa CALESA sp. z o.o. z Lub ska przedstawiona została na rys. 6.1. Ilustruje ona hierarchię pracowników odpowiedzialnych za poszczególne departamenty.



Rys. 6.1. Schemat organizacyjny firmy CALESA

Jak przedstawiono na rys. 1, struktury organizacyjnej przedsiębiorstwa, dział planowania produkcji nie został ujęty, ponieważ nie istnieje w formie jawnej w firmie. Dlatego też istniała potrzeba usystematyzowania prac związanych z planowaniem produkcji oraz powołaniem nowego działu i osadzeniem go w nowej strukturze organizacyjnej.

Osobą odpowiedzialną za planowanie produkcji w firmie Calesa jest kierownik produkcji, który przyjmuje wszystkie zamówienia. Jego zadaniem jest wspólne zaplanowanie produkcji z specjalistą do spraw zakupów. Ponadto kierownik produkcji odpowiedzialny jest za opracowanie dokumentacji technicznej wyrobu.

Przedmiotowe podejście do zagadnień związanych z rozwiązywaniem problemów planowania produkcji jest aktualnie niewystarczające [Pasternak K, 2005]. W rzeczywistości zarządzanie planem produkcyjnym w firmie odbywało się w sposób chaotyczny, bez odpowiednich narzędzi i nowoczesnych metod. Niemożliwe było określenie obciążenia produkcyjnego firmy, prace planowano z dnia na dzień, a żaden z nadzorujących pracowników nie był w stanie odpowiedzieć na proste pytanie, jakie zlecenia będą realizowane w kolejnym dniu. Ponadto nie rejestrowano normatywów czasów pracy. W

zasadzie w przedsiębiorstwie nie istniało skuteczne planowanie procesu produkcyjnego. Konieczne stało się więc opracowanie nowej metody planowania oraz wdrożenia odpowiednich narzędzi do zarządzania procesami inżynierskimi.

3. OPRACOWANIE I WDROŻENIE NOWEJ METODY PLANOWANIA PRODUKCJI W FIRMIE CALESA SP. Z O.O.

Specjalnie opracowana metoda oraz system komputerowy do zarządzania produkcją w firmie Calesa składa się z wielu modułów roboczych. Podstawowe z nich szczegółowo opisano poniżej [Soliński. L., 2007].

➤ Przyjęcie zamówienia

Pierwszym etapem planowania produkcji jest przyjęcie zamówienia od klienta. Osobą przyjmującą zamówienie i planującą cały proces produkcyjny, jest kierownik produkcji. Jego zadaniem jest zaplanowanie pracy na każdym ze stanowisk. Na rys. 6.2 przedstawiono autorską nową koncepcję przyjęcia zamówień w przedsiębiorstwie.

lp	KLIENT	NR ZAMÓWIENIA	NR WYSIANKU	NR AKTYWNOŚCI	ILOŚĆ ZAMÓWIENIA	ILOŚĆ WYSIANKA	ILOŚĆ WYSLANIA	WYSŁANIA	NUMER ZLECENIA WYKONAWCY	FIRMA MATKA			Termin Wypływu	Cena [€/szt.]	SUMA [EURO]	SUMA [EURO]	SUMA [EURO]
										15 610,00 €	RYNEK POLSKI	RYNEK EUROPEJSKI					
										27 309,55 €							
										12 542,50 €							
											MATKA	POLSKA	EUROPA				
4	Matka	6036095	8700786A	8700786	100	100	100	100	100	Montageplatte 271x287	14 szt	14,00 €	1 400,00 €				
5	Polska	6035375	9407584A	9407584	45	45	45	45	45	Box KBA308AS10RS21	14 szt	4,00 €		180,00 €			
5	Polska	6035375	9407584A	9407584	45	45	45	45	45	Box KBA308AS1	14 szt						
5	Polska	6035375	8424694A	8424694	45	45	45	45	45	Bracket KAA316BCE2	14 szt						
5	Polska	6035375	8426155A	8426155	135	135	135	135	135	Winkel KAA316ALP1	14 szt						
5	Polska	6035375	8463116B	8463116	90	90	90	90	90	Winkel KAA316ALP2	14 szt						
6	Europa	6035375	9407831B	9407831	24	24	24	24	24	Montageplatte GC388E	14 szt				360,00 €		
6	Europa	6035375	8483861B	8483861	24	24	24	24	24	Montageplatte GC388E	14 szt						
7	Matka	6035799	84253851E	84253851	60	60	60	60	60	Gehäuse F11 1200x800	14 szt		560,00 €				
7	Matka	6035799	8425387E	8425387	60	60	60	60	60	Bok lewy/góra	14 szt						
7	Matka	6035799	8425386E	8425386	60	60	60	60	60	Bok prawy/spód	14 szt						
8	Polska	6035799	8425389B	8425389	60	60	60	60	60	Tur F11 754x1106 roh	14 szt	24,00 €		1 440,00 €			
8	Polska	6035799	8429748A	8429748	120	120	120	120	120	Wzmocnienie	14 szt						
9	Europa	6035799	8425388D	8425388	120	120	120	120	120	Socklecke	14 szt	21,00 €		2 520,00 €			
10	Matka	6035799	8428984A	8428984	160	160	160	160	160	Sockelleiste 800x200 roh	14 szt	20,00 €	3 200,00 €				
11	Polska	6035842	8428987B	8428987	32	32	32	32	32	Gehäuse 1200x600x350 geschw.PJ	14 szt	9,00 €		288,00 €			
11	Polska	6035842	8428989D	8428989	32	32	32	32	32	Seitenleiste links / Dach	14 szt						
11	Polska	6035842	8428988B	8428988	32	32	32	32	32	Seitenleiste rechts / Boden	14 szt						
12	Europa	6035842	8428376G	8428376	32	32	32	32	32	Tur 596x1198 F11, FRI	14 szt	23,00 €		736,00 €			
12	Europa	6035842	8428122A	8428122	64	64	64	64	64	Kątownik	14 szt						
12	Europa	6035842	8428267E	8428267	64	64	64	64	64	Wzmocnienie	14 szt						
18	Matka	6036082	8416109D	8416109	550	550	550	550	550	Häskerschene	14 szt	16,00 €	8 800,00 €				
20	Polska	6036082	8410481B	8410481	200	200	200	200	200	Z-Winkel (AMADA)	14 szt	37,00 €		5 400,00 €			
1	Europa	6035798	8431371B	8431371	24	24	24	24	24	Schrank B30versel 15501	21 szt	18,00 €		432,00 €			
1	Europa	6035798								Gehäuse 454x454x237	21 szt						
1	Europa	6035798								Gehäuseanteil	21 szt						
1	Europa	6035798								Przawid 454x237	21 szt						
1	Europa	6035798								Häkewinkel links	21 szt						
1	Europa	6035798								Häkewinkel rechts	21 szt						
1	Europa	6035798								Deckel 464x664x14 farbH	21 szt						
1	Europa	6035798								Montageplatte 410x410x3	21 szt						
2	Matka	6036095								Gehäuse DE 300x300x131,5	21 szt	10,00 €	1 000,00 €				
2	Matka	6036095								Eckblech	21 szt						
3	Polska	6036095	8491769A	8491769	100	100	100	100	100	Deckel DE 300x300	21 szt	6,00 €		600,00 €			
13	Europa	6035897	8441185C	8441185	100	100	100	100	100	Gehäuse	21 szt	6,00 €		600,00 €	800,00 €		
13	Europa	6035897	8433489A	8433489	400	400	400	400	400	Naroznik (15x15, D4,0)	21 szt						
13	Europa	6035897	8441185C	8441185	100	100	100	100	100	Skrzynka	21 szt						
13	Europa	6035897	8441185B	8441185	400	400	400	400	400	Uch	21 szt						
14	Matka	6035897	8441186D	8441186	100	100	100	100	100	Deckel 312x312	21 szt	5,00 €		500,00 €			
15	Polska	6036082	8470795C	8470795	16	16	16	16	16	Geh. Frako 600x800x275roh	21 szt	7,00 €		112,00 €			
16	Europa	6036082	8470794C	8470794	16	16	16	16	16	Tur 590x790x14,5	21 szt						
16	Europa	6036082	8410481B	8410481	16	16	16	16	16	Z-Winkel (AMADA)	21 szt				352,00 €		

Rys. 6.2. Przyjęcie zamówienia

Do białych pól z rys. 2 wpisuje się wszystkie parametry zamawianych produktów. W analizowanym przypadku są to standardowe obudowy oraz szafy sterownicze wraz z oprzyrządowaniem montażowym produkowane przez firmę Calesa. Metoda planowania, opracowana na potrzeby firmy, zostanie omówiona na rzeczywistym przykładzie przemysłowym.

W niebieskich polach wpisane są części, które wchodziły w skład zamawianych produktów. Są to detale składowe, wytwarzane przez firmę. Wszystkie pozostałe części, nie

wytwarzane przez przedsiębiorstwo Calesa, kupowane są przez specjalistę do spraw zakupów. W czasie od przyjęcia zamówienia do jego rzeczywistej realizacji, kierownik zmiany konsekwentnie wpisuje je do planu produkcji. Szczegółowe informacje, o numerze zamówienia, artykule, detali z jakich składa się produkt i ich ilości, niezbędne są do opracowania dokumentacji techniczno-ruchowej oraz opracowania prawidłowego planu produkcji. Ponadto wpisywana jest nazwa zamówionych detali, termin realizacji zlecenia oraz cena jednostkowa produktu.

➤ Szacowanie czasów na poszczególne operacje

Kolejnym etapem planowania produkcji jest oszacowanie czasów wymaganych do realizacji zlecenia w poszczególnych gniazdach.

	Termin Wyśliki	Wystawianki			Schweissen Sprawalnina
		Wystawianki	Ciętaruki	Montage Montaż	
		250	280	467	
FIRMA MATKA 15 610,00 €					
RYNEK POLSKI 27 509,55 €					
RYNEK EUROPEJSKI 12 542,50 €					
Montageplatte 271x287	14 sty	1,2		0,4	2,6
BOX KBA308AAS1 OTIS21	14 sty				7,7
Box KBA308AAS1	14 sty	6,1	4,6		8,2
Bracket KAA316BCE2	14 sty	0,6	0,7		0,5
Winkel KAA316ALP1	14 sty	0,2	0,6		0,3
Winkel KAA316ALP2	14 sty	0,3	0,5		0,4
Montageplatte GCA386ES1 OTIS21	14 sty				31,4
Montageplatte GCA386ESJ10	14 sty	6,1	4,8	3,4	2,4
Gehäuse FL1 1200x800x378 geschw.	14 sty				16,5
Bok lewy/gora	14 sty	2,7	5,2		
Bok prawy/spod	14 sty	2,9	5,2		
Tür FL1 794x1196 roh	14 sty	2,3	3,3	1,5	3,8
Wzmocnienie	14 sty	0,2	1,2		
Socketlecke	14 sty	1,7	4,3		
Socketblende 800x200 roh	14 sty	0,6	0,9		
Gehäuse 1200x600x350 geschw.FJ	14 sty				15,1
Seitenteil links / Dach	14 sty	2,6	3,4		
Seitenteil rechts / Boden	14 sty	2,6	3,1		
Tür 596x1198 FJ1, FR1	14 sty	1,8	3,3	1,6	3,9
Kątownik	14 sty	0,4	0,3		
Wzmocnienie	14 sty	0,2	0,9		
Rasterschiene	14 sty	0,9	0,7		
Z-Winkel (AMADA)	14 sty	0,3	0,6		
Schrank Blattverst. CS101	21 sty				15,4
Gehäuse 454x454x237	21 sty				17,1 29,9
Gehäusemantel	21 sty	3,6	4,9	1,9	
Seitenwand 454x237	21 sty	1,4	0,9		
Halfewinkel links	21 sty	1,2	0,7		
Halfewinkel rechts	21 sty	1,2	0,7		
Deckel 464x464x14 farblich	21 sty	1,5	2,1		2,4
Montageplatte 410x410x3	21 sty	2,2			2,9

Rys. 6.3. Szacowanie czasów na poszczególne operacje

Poprawne oszacowanie czasów niezbędnych do wykonania poszczególnych operacji jest najważniejszą czynnością wykonywaną w czasie planowania produkcji. Czasy te wykorzystywane są do wykonania harmonogramu w poszczególnych tygodniach oraz przedstawiają obciążenie gniazd obróbczych, jak i całej firmy w danym okresie rozliczeniowym.

W przypadku realizowania zamówienia po raz pierwszy, kierownika produkcji szacuje czas wykonywania zabiegów. Bardzo ważną rzeczą jest weryfikowanie ich podczas

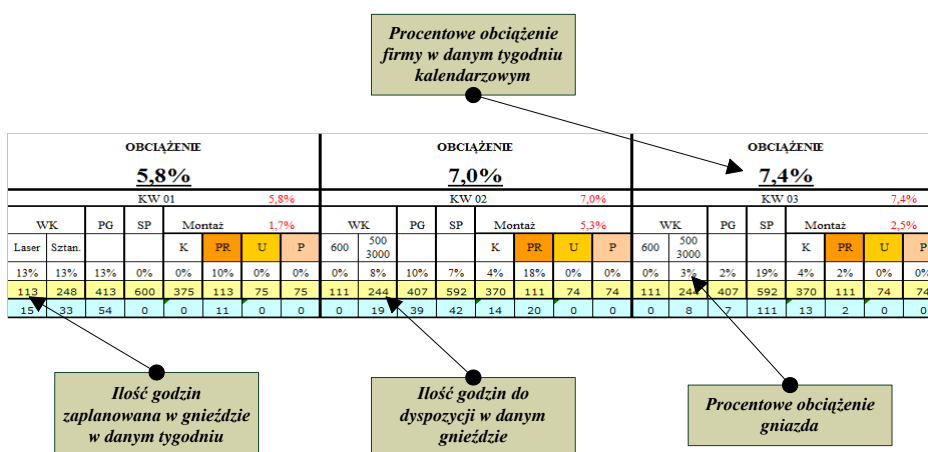
rzeczywistej realizacji całego zlecenia oraz naniesienie na rzeczywisty plan produkcji. Mając do dyspozycji dane historyczne wytwarzania detali oraz aktualne możemy uśrednić wyniki i wprowadzić do opracowanego systemu planowania produkcji.

➤ Informacje zawarte w planie produkcji

Po wprowadzeniu zamówienia do planu produkcji można przystąpić do jego planowania. W celu zapewnienia jakości przeprowadzonej analizy niezbędne jest poprawne wygenerowanie poniższych danych:

- ilość godzin zarezerwowanych w każdym gnieździe – procentowe obciążenie gniazda,
- ilość godzin jaka pozostała do dyspozycji.

Dane te, możemy szybko i bezproblemowo znaleźć w planie produkcji (rys. 6.4)



Rys. 6.4. Kontrola obciążenia w poszczególnych tygodniach

Ilość godzin do dyspozycji w danym gnieździe obróbczym ustalana jest na podstawie dokumentacji osobowych znajdujących się w planie produkcji (rys. 6.5). Do planu wpisani są wszyscy pracownicy produkcyjni firmy, każdy z nich ma odpowiedni status – liczbowe odzwierciedlenie ilości godzin przepracowanych przez pracownika firmy w danym tygodniu, np.

- 1 – pracownik obecny w pracy przez cały tydzień (40 godzin)
- 0 – pracownik nie obecny w pracy przez cały tydzień (0 godzin)

	Plan produkcji 2012					OBciążENIE							
	Termin Wysyłki	Wykrawarki	Gietarki	Montaż	Sobwarsen	6,2%							
						KW 01							
						6,2%							
						WK	PG	SP	Montaż				1,7%
Lasar	Sztan		K	PR	U	P							
zycznych godzin		40%	15%	13%	0%	0%	10%	0%	0%				
250	280			467	38	225	413	600	375	113	75	75	
					15	33	54	0	0	11	0	0	
WYKRAWARKI													
TC 600L													
8,0 osób													
	1,0	Wykrawarki				1,00							
	1,0	Wykrawarki				0,00							
	1,0	Wykrawarki				0,00							
TC 50000													
	1,0	Wykrawarki					1,00						
	1,0	Wykrawarki					1,00						
	1,0	Wykrawarki					1,00						
TC 3000R													
	1,0	Wykrawarki					1,00						
	1,0	Wykrawarki					1,00						
	1,0	Wykrawarki					1,00						
GIETARKI													
AMADA													
12,0 osób													
	1,0	Gietarka					1,00						
	1,0	Gietarka					1,00						
	1,0	Gietarka					1,00						
	1,0	Gietarka					1,00						
	1,0	Gietarka					1,00						
	1,0	Gietarka					1,00						
	1,0	Gietarka					1,00						
	1,0	Gietarka					1,00						
	1,0	Gietarka					1,00						
	1,0	Gietarka					1,00						
	1,0	Gietarka					1,00						
	1,0	Gietarka					1,00						
	1,0	Gietarka					1,00						
	1,0	Gietarka					1,00						
MONTAŻ													
Sommerfeld Henryk													
18,0 osób													
	1,0	Montaż						1,00					
	1,0	Montaż						1,00					
	1,0	Montaż						1,00					
	1,0	Montaż						1,00					
	1,0	Montaż						1,00					
	1,0	Montaż						1,00					
	1,0	Montaż						1,00					
	1,0	Montaż						1,00					
	1,0	Montaż						1,00					
	1,0	Montaż						1,00					
	1,0	Montaż						1,00					
PRACE RĘCZNE													
	1,0	Prace ręczne							1,00				
	1,0	Montaż							1,00				
	1,0	Prace ręczne							1,00				
PIANKOWANIE													
	1,0	Uszczelka/Montaż								1,00			
	1,0	Uszczelka/Montaż								1,00			
PIASKARKA													
	1,0	Piaskarka									1,00		
	1,0	Piaskarka									1,00		
SPAWALNIA													
BRYGADA 1													
16,0 osób													
	1,0	Ślusarz					1,00						
	1,0	Spawacz					1,00						
	1,0	Spawacz					1,00						
	1,0	Spawacz					1,00						
	1,0	Spawacz					1,00						
	1,0	Spawacz					1,00						
	1,0	Spawacz					1,00						
	1,0	Spawacz					1,00						
	1,0	Spawacz					1,00						
	1,0	Spawacz					1,00						
	1,0	Spawacz					1,00						
	1,0	Spawacz					1,00						
	1,0	Spawacz					1,00						
	1,0	Spawacz					1,00						
	1,0	Spawacz					1,00						
	1,0	Spawacz					1,00						
	1,0	Spawacz					1,00						
	1,0	Spawacz					1,00						
	1,0	Spawacz					1,00						
	1,0	Spawacz					1,00						
	1,0	Spawacz					1,00						
	1,0	Spawacz					1,00						

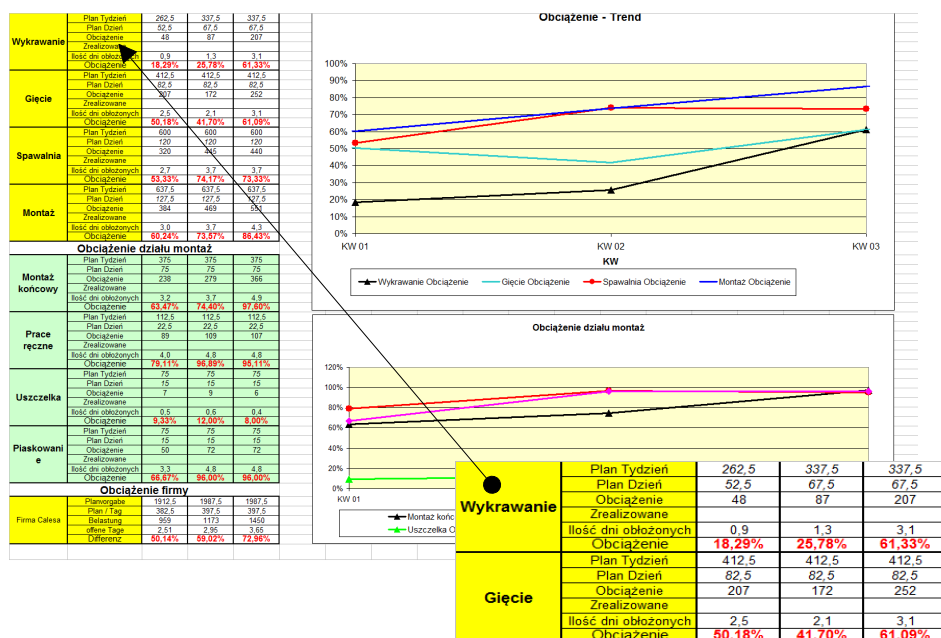
Rys. 6.5. Tygodniowe planowanie godzin w gniazdach obróbczych

Za cel główny powyższego postępowania wyznaczono dokładne zaplanowanie ilości godzin, jakie mamy do dyspozycji w poszczególnych gniazdach produkcyjnych, w danym tygodniu. Każdy pracownik produkcyjny wpisany jest do planu produkcji (rys 6.5) i nadzorowany przez system monitorujący czas pracy bez obciążenia. Takie podejście do planu produkcji gniazda obróbczego, pozwala szybko i łatwo reagować na sytuację, którą nie można przewidzieć wcześniej, a mają bardzo duży wpływ na prawidłowość realizacji całego harmonogramu produkcji – np pracownik przynosi zwolnienie lekarskie we wtorek (to znaczy że w pracy był jeden dzień i jego status zostaje zmieniony na 0,2). Poprzez szybką zmianą jego statusu z 1 na 0,2 otrzymujemy natychmiastową aktualizację obciążenia. Podgląd aktualnego obciążenia pozwala nam w sposób elastyczny i szybki reagować na powstałe trudności.

Status 1 - pracownik zatrudniony na pełny etat, pracujący w tygodniu 40 godzin. Godziny te pomniejsza się o czas przerw i postoju. W związku z tym status 1 odpowiada 37,5 godzinom wypracowywanym w tygodniu. W odpowiednie pole wpisuje się status danego pracownika w danym tygodniu. Na rys. 6.5 można zauważyć, że w tygodniu kalendarzowym 01 na maszynie „Laser” odnotowano jednego pracownika ze statusem 1, jednego na zwolnieniu lekarskim, co symbolizuje komórka zaznaczona na zielono, jednego na urlopie wypoczynkowym, wyświetlił się niebieski kolor komórki oraz status 0. W wyniku przeprowadzonej analizy w tygodniu 14 na maszynie TC 600L zwolniono 34 godziny produkcyjne. Na taką ilość godzin można ponownie planować obciążenie obrabiarki. W sposób analogiczny planuje się inne gniazda produkcyjne. W momencie planowania prac w komórce „Ilość godzin do dyspozycji w danym gnieździe” sumowane są wszystkie czasy niezaplanowane i zwolnione z obciążenia gniazd. W wyniku podzielenia godzin produkcyjnych przez sumę godzin zaplanowanych otrzymujemy w odpowiedniej komórce „obciążenie danego gniazda”.

➤ Długoterminowa kontrola mocy produkcyjnych firmy

W planie produkcji możemy znaleźć informacje o długo terminowym obciążeniu firmy przez poszczególne gniazda obróbcze rys. 6.6. Informacje te są niezbędne do prawidłowego funkcjonowania firmy, pozwalają odpowiednio szybko reagować na „wahania” ilości zamówień. W łatwy i szybki sposób można sprawdzić, jak w kolejnych tygodniach wygląda obciążenie produkcyjne firmy. Plan taki pozwala na kontrolowanie parametrów z wyprzedzeniem nawet półrocznym.



Rys. 6.6. Kontrola obciążenia firmy

➤ Planowanie produkcji

Kolejnym etapem analizowania planu produkcji (rys. 6.7) jest zaplanowanie operacji w poszczególnych tygodniach kalendarzowych.

Planowanie odbywa się na zasadzie ustalenia rzeczywistego czasu wykonywania operacji w danym gnieździe (rys. 6.3) i pomnożenia przez ilość zamówionych sztuk. Otrzymaną wartość dzieli się przez sześćdziesiąt, otrzymując wymagany czas na wykonanie wszystkich detali zlecenia. Czynność tą wykonuje się w specjalnie do tego celu zaprogramowanej komórce w dowolnym tygodniu kalendarzowym X.

calesa										WARTOŚĆ ZAMÓWIEŃ 40 835,00 €		Plan produkcji 2017				OGRAŃCZENIE 62%				OGRAŃCZENIE 71%				OGRAŃCZENIE 7,5%												
FEDRA MATKA 14 712,00 € RYNEK POLSKI 17 301,00 € RYNEK EUROPEJSKI 8 821,00 €										Cena Wzrost		Cena (t=1)		CENA EUROZON		CENA EUROZON		CENA EUROZON		Lata		Styczeń		Luty		Marzec		Kwiecień								
KLIENT	NR ZAMÓWIENIA	NR TYTUŁOWY	NR AKTYWIZACJI	NUMEROWA WYKONAWCZA	WYKONAWCZA	WYKONAWCZA	WYKONAWCZA	WYKONAWCZA	WYKONAWCZA	WYKONAWCZA	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost
Mexico	8407595	8407595	8407595	8407595	8407595	8407595	8407595	8407595	8407595	8407595	14,712	14,712	14,712	14,712	14,712	14,712	14,712	14,712	14,712	14,712	14,712	14,712	14,712	14,712	14,712	14,712	14,712	14,712	14,712	14,712	14,712	14,712	14,712	14,712	14,712	14,712
Polonia	8407596	8407596	8407596	8407596	8407596	8407596	8407596	8407596	8407596	8407596	17,301	17,301	17,301	17,301	17,301	17,301	17,301	17,301	17,301	17,301	17,301	17,301	17,301	17,301	17,301	17,301	17,301	17,301	17,301	17,301	17,301	17,301	17,301	17,301	17,301	17,301
Europa	8407597	8407597	8407597	8407597	8407597	8407597	8407597	8407597	8407597	8407597	8,821	8,821	8,821	8,821	8,821	8,821	8,821	8,821	8,821	8,821	8,821	8,821	8,821	8,821	8,821	8,821	8,821	8,821	8,821	8,821	8,821	8,821	8,821	8,821	8,821	8,821

Planowanie wycinania

Planowanie gięcia oraz innych prac niezbędnych do wykonania bolców

Planowanie montażu gotowego produktu

Rys.6.7. Planowanie produkcji

Produktywność

Plan produkcji umożliwia szybkie oszacowanie produktywności w dowolnym wybranym miesiącu. Wszystkie operacje zaplanowane i zrealizowane w wybranym tygodniu dają sumę wypracowanych godzin w danym gnieździe produkcyjnym. Program automatycznie wstawia wyliczoną wartość godzin w zakładce wydajność w odpowiedniej komórce. Po wpisaniu w odpowiednie pole liczby godzin wypracowanych w danym miesiącu przez pracownika następuje automatyczne ich przeliczenie. W Wyniku otrzymuje się efektywność pracy w danym okresie rozliczeniowym.

W celu poprawnego wyliczenia produktywności należy wpisać dodatkowe dane:

- godziny pozaprodukcyjne – suma godzin poświęcana przez pracownika na prace nie związane bezpośrednio z produkcją, np. sprzątanie, konserwacja maszyn i urządzeń itp.,
- gratowanie – suma godzin poświęcona na gratowanie detali, czas nie jest ujęty w planie produkcji,

- zlecenia własne – czas poświęcony na prace, które nie są ujęte w planie produkcji, np. naprawa reklamacji, budowa wzorów itp.

Styczeń 2012															
KW 01								KW 02							
49	148	172	324	151	91	4	50	94	202	292	385	221	126	12	72
KW 03								KW 04							
91	218	245	575	314	107	6	90	89	182	219	373	342	136	16	69
KW 05															
58	165	272	518	284	114	21	100								

	st pers	przenw	bryg	poza pr	do wypr	gratow	zlec wł	wyprac	suma	
TC600	512,0	15,36		38,33	458,31	0,00	40,62	380,27	420,88	91,83%
TC3000/500	968,0	29,04		36,17	902,79	15,92	16,50	914,55	946,97	104,89%
Wykrawarka	1480,0	44,40				15,92	57,12	1294,82	1367,85	101,99%
Gietarka	1392,00	41,76				12,92	10,87	1201,58	1225,36	97,67%
Spawalnia	2374,00	71,22				4,75	73,50	2175,31	2253,56	102,36%
Montaż końcowy	1480,00	44,40				17,58	107,08	1312,16	1436,82	101,48%
Prace ręczne	443,00	13,29		13,00	416,71	6,08	11,67	573,95	591,70	141,99%
Piankowanie	320,00	9,60		14,50	295,90	15,33	36,92	59,32	111,57	37,71%
Piaskarka	476,00	14,28		15,42	446,30	12,50	17,92	380,52	410,93	92,07%
MONTAŻ	2719,00	81,57		62,67	2574,76	51,50	173,58	2325,95	2551,03	99,08%
									7372	100,35%

a) Godziny transport, Konservator, Dział gospodarczy, Mistrzowie, Programiści, Kontrol jakości, Magazyn	2698,0									
b) Godziny byrgadzistowskie(-1 godzina na dopilnowanie byrgady w czasie każdej zmiany)	120,0									
c) Godziny szkoleniowe(osoby pracujące pierwszy miesiąc na maszynach, osoby pracujące pierwszy miesiąc na pozostałych działach-100%)									7372	100,35%
d) Przerwa (15min/zmiana)									239,0	
e) Delegacja (Calau)									96,0	Dzięciol marek 10.01-25.01
f) Godziny pozaprodukcyjne									233,8	
Godziny do wypracowania(f)	10525,2								6997,7	
Godziny do wypracowania(-a,-b,-c,-d,-e.)	7372,2								85,08	
									315,07	
Wydajność w miesiącu:	100,35%								7397,8	

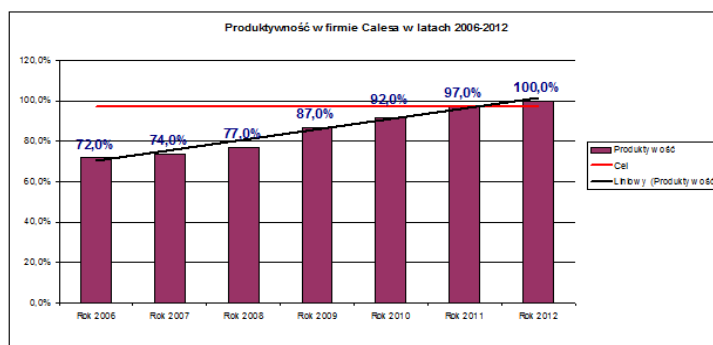
Rys. 6.8. Produktywność w wybranym okresie

Cały proces tworzenia planu produkcji jest bardzo trudny i złożony. Wymaga odpowiedniego doświadczenia oraz poświęcenia stosownej ilości godzin każdego dnia przez wyspecjalizowanego pracownika firmy. Niezwykle ważne dla prawidłowego planowania pracy jest bezwzględne wykonywanie wszystkich czynności zaplanowanych na dany tydzień. W przypadku nie wykonania całości założeń harmonogramu problemy narastają, co w konsekwencji prowadzi do niedotrzymania terminów realizacji zamówienia. Taki stan rzeczy jest niedopuszczalny w obecnych czasach, ponieważ może doprowadzić do utraty klientów, a co za tym idzie płynności finansowej. Dlatego też kierownik zobligowany jest do bezwzględnego wykonywania założeń.

4. WYNIK EKONOMICZNY WPROWADZENIA OPRACOWANEGO PLANU PRODUKCYJNEGO W FIRMIE CALESA SP. Z O.O.

Opracowanie i wdrożenie nowej metody planowania produkcji przyniosło firmie wiele wymiernych korzyści finansowych. Łatwo zauważyć można wzrost kluczowych parametrów funkcjonowania firmy.

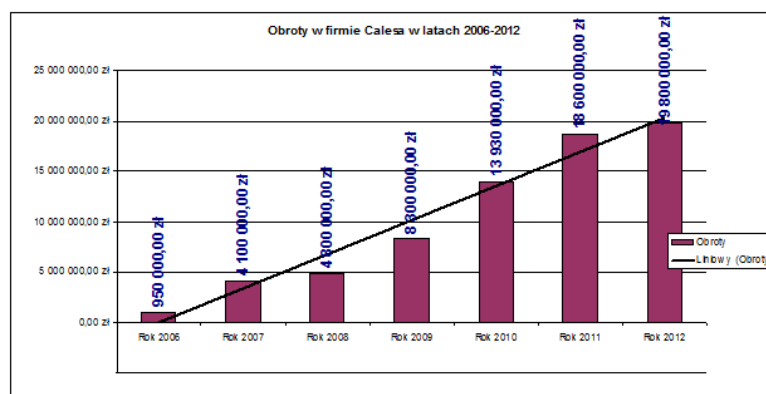
Poniżej, przedstawiono wykres obrazujący wzrost produktywności w firmie w kolejnych latach jej funkcjonowania. Bez wątpienia na wynik ten miał wpływ wprowadzony w 2008 roku autorski system komputerowy z nową koncepcją i metodą planowania produkcji. Pozwoliło to uzyskać w czwartym roku pracy wydajność bliską 100%



Rys. 6.9. Produktywność w firmie Calesa w latach 2006-2012

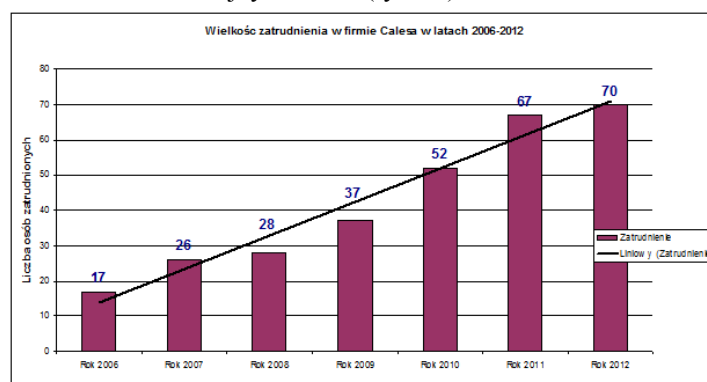
Optymalne planowanie produkcji, wynikające z opracowania nowej metody planowania oraz wzrostu świadomości pracowników zakładu z tematyki zarządzania produkcją, spowodowały wzrost elastyczności produkcji oraz podniesienie jej jakości.

Terminowość dostaw, dostarczanie produktów najwyższej jakości, zmniejszenie czasu wykonywania zleceń spowodowały znaczny wzrost obrotów przedsiębiorstwa w kolejnych latach jego funkcjonowania. Na rys. 10 przedstawiono obroty firmy w latach 2006-2012.



Rys. 6.10. Obroty firmy Calesa w latach 2006-2012

Dzięki zwiększeniu wydajności produkcji oraz zmniejszeniu jego marnotrawstwa zwiększano zatrudnienie w kolejnych latach (rys. 11).



Rys.6.11. Wzrost zatrudnienia w firmie Calesa w latach 2002-2008

PODSUMOWANIE

Dobrze zaplanowany proces produkcyjny, obciążenie stanowisk roboczych dobór zasobów ludzkich i skonfigurowany system automatycznego jego nadzorowania przynosi inwestorowi szereg korzyści związanych między innymi z:

- polepszeniem wydajności produkcji,
- zmniejszeniem awaryjności maszyn i urządzeń poprzez kontrolowanie przez system przeglądów i konserwacji,
- polepszeniem jakości produkcji,
- uzyskaniem powtarzalności wytwarzanych wyrobów,
- zmniejszeniem ilości obsługi a tym samym kosztów stałych,

- możliwości kontrolowania procesu on-line, co jest istotne z powodu niebagatelnych kosztów związanych z jego wprowadzeniem.

Dzięki obiektywnej ocenie przebiegu procesu produkcyjnego, możliwa jest szybka diagnostyka nieprawidłowości technologicznych oraz złego zaplanowanego harmonogramu prac. Podnosi to zarówno bezpieczeństwo użytkowania parku maszynowego, jak też minimalizuje kosztowne przestoje.

Wdrażane i rozwijane w firmie systemy nadzoru pracy gwarantują powtarzalność procesu. Zmiany zaburzenia warunków przebiegającego procesu mogą być niwelowane przez mechanizmy zaawansowanego sterowania, w tym poprzez algorytmy optymalizacyjne.

Ciągła rejestracja przebiegu procesu, w tym sytuacji alarmowych, przekroczeń technologicznych wymusza na obsłudze zwiększenie odpowiedzialności oraz poprawę jakości pracy.

Bardzo szybki dostęp do archiwów i statystyk procesowych oraz łatwość zarządzania danymi procesowymi powodują ich wykorzystywanie w systemach jakości np. do certyfikowania przebiegu marszrut technologicznych. Analiza zapisów listy zdarzeń procesowych i systemowych pozwala na określanie przyczyn niepowodzeń technologicznych oraz określenie kierunków rozwoju istniejących metod planowania produkcji.

W pracy zaprezentowano autorski nowoczesny system komputerowy, umożliwiający stworzenie aplikacji do wizualizacji oraz sterowania procesem technologicznym jak i poszczególnymi gniazdami obróbczymi.

Dzięki wdrożeniu w przedsiębiorstwie opisanej metody planowania produkcji uzyskano wymierne korzyści ekonomiczno-społeczne. Jak przedstawiono w rozdziale 4 od momentu wdrożenia w 2008 roku w firmie nowego planu produkcyjnego uzyskano znaczący rozwój przedsiębiorstwa. Zwiększono obroty firmy z 4,8 mln do 9,8 mln co daje nam wzrost ponad 100% oraz zatrudnienia z 28 do 70 osób, wzrost o 150%.

Przeprowadzona wnikliwa analiza firmy potwierdziła zasadność prowadzenia prac badawczo rozwojowych nad rozwijaniem i aktualizacją stosowanych metod i systemu komputerowego do planowania produkcji.

ROZDZIAŁ 7

KONCEPCJA OCENY RYZYKA INWESTYCJI NA PRZYKŁADZIE BUDOWY FARM WIATROWYCH

1. WPROWADZENIE

Energia elektryczna jest dobrem, bez, którego większość gospodarstw nie wyobraża sobie funkcjonowania. Trudno byłoby sobie wyobrazić życie codzienne, nie korzystając z urządzeń elektrycznych czy elektronicznych. Głównym źródłem produkcji energii elektrycznej, czy też ciepła jest węgiel i gaz. Jednak złoża paliw kopalnych, niestety są wyczerpywalne. Złóż węgla kamiennego wystarczy nam na około czterdzieści lat, więc należy mieć w świadomości, że trzeba będzie gospodarować oprócz nie tylko na źródłach wyczerpywalnych nieodnawialnych lecz na odnawialnych i ekologicznych.

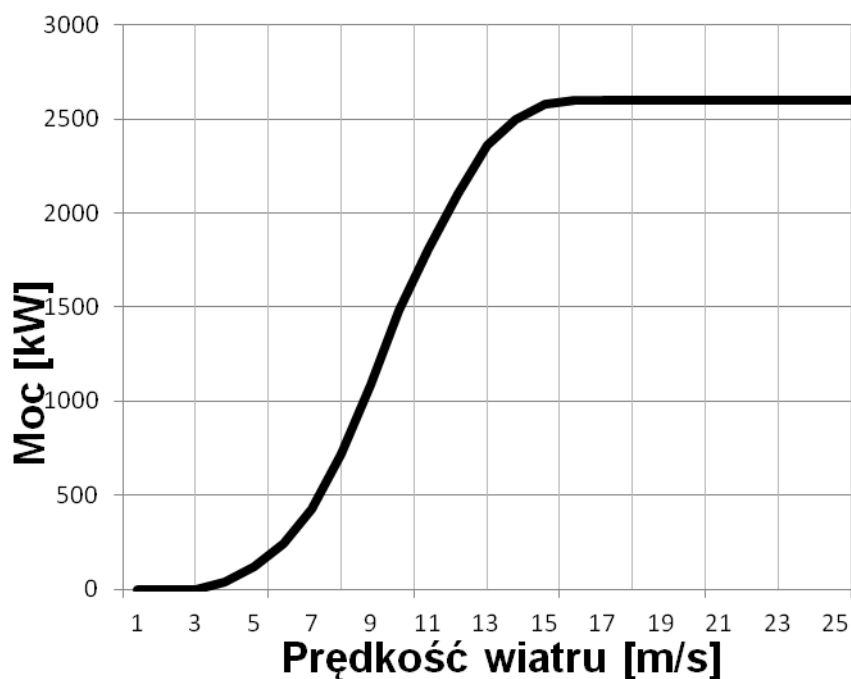
Energia wiatrowa jest jednym z przykładów źródeł odnawialnych, dla której „paliwem” w produkcji energii elektrycznej poprzez urządzenia energetyki wiatrowej jest wiatr. Energia wiatru jest niewyczerpalna, a przy tym ekologiczna, nie emitująca zanieczyszczeń do atmosfery.

W Polsce, w ostatnich latach można zauważyć duży przyrost mocy generowanej ze źródeł odnawialnych, w tym z energetyki wiatrowej. Jednym z powodów dynamicznego rozwoju odnawialnych źródeł energii są restrykcje Unijne dotyczące nakazów produkcji energii ze źródeł odnawialnych. W ten sposób UE realizuje jeden ze swoich strategicznych celów tj. wzrost udziału „odnawialnych źródeł energii” w ogólnym bilansie paliwowo – energetycznym, zapisany w białej księdze pt. „*Energia dla przyszłości: odnawialne źródła energii*” i zatwierdzony przez Komisję Europejską w 1997 roku. Mimo, że z czasem rygorystyczne normy wzrostu ilości energii, pochodzącej ze źródeł odnawialnych stały się elastyczne do potencjału i możliwości ekonomicznych państw członkowskich, to nadal temat ten jest w centrum uwagi potencjalnych inwestorów oraz instytucji wspierających rozwój takiej formy pozyskiwania energii. Z kolei, z uwagi na fakt, że inwestycja jest długoterminowa oraz zależna od wielu czynników zewnętrznych, należy ją traktować jako projekt obciążony wysokim stopniem ryzyka

2. METODY BADAWCZE WYKORZYSTANE DO OCENY INWESTYCJI FARMY WIATROWEJ

W pracy założono, że projekt w odnawialne źródła energii będzie polegać na inwestycji w farmę wiatrową, która swoją lokalizację znajdzie w miejscu o korzystnych warunkach wietrznych [www.ioze.pl]. Inwestycja obejmować będzie postawienie czterech turbin

firmy Vestas V100 – 2.6 MW (dobór mocy turbiny zaprojektowano z myślą dostosowania optymalnych warunków wietrznych do sprawności turbiny), urządzenia o wysokości wieży 100 metrów oraz trój skrzydłowym wirniku wyposażonym w system dbający o ustawienie łopat wirnika pod optymalne warunki wietrzne.



Rys.7.1 Charakterystyka mocy elektrowni wiatrowej vestas V100 – 2.6 MW
opracowanie własne na podst. [Vestas]

Przy założonych parametrach geograficznych (położenie) i technicznych (jak wyżej), do analizy koncepcji oceny ryzyka inwestycji wykorzystano samodzielnie opracowane operaty (wykonane metodą badawczą) powalające na:

- wartościowaniu nakładów inwestycyjnych, kosztów eksploatacyjnych,
- zaprognozowaniu generowanej energii elektrycznej,
- zaprognozowaniu cen energii elektrycznej oraz świadectw pochodzenia energii,
- zaprognozowaniu przychodów ze sprzedaży energii elektrycznej oraz świadectw pochodzenia energii,
- analizie progu rentowności, wykorzystując wskaźniki rentowności, oraz analizę ilościową i procentową progu rentowności,
- opracowaniu algorytmu inwestycji produkcji energii pozyskiwanej poprzez farmę wiatrową,

- klasyfikacji poszczególnych czynności związanych z przedsięwzięciem budowy farmy wiatrowej poprzez pryzmat skali trudności ich wykonania oraz załatwienia.

Dodatkowo przeprowadzono ekonomiczny rachunek inwestycyjny, który w dalszej części posłuży jako podstawa do m.in. analizy zmian w aspekcie ekonomicznej oceny ryzyka. W tym celu zaproponowano i przedstawiono mierniki ekonomiczne umożliwiające śledzenie wydatków oraz prognozowanie zwrotów z planowanej i realizowanej inwestycji w następujących płaszczyznach:

- płaszczyznę obrazującą poziom zmiany wartości wyrażaną w jednostkach pieniężnych (m.in. NPV – zaktualizowana wartość netto inwestycji),
- płaszczyznę pokazującą wartość procentową efektywności (m.in. IRR - wewnętrzna stopa zwrotu inwestycji),
- płaszczyznę wskazującą na szybkość zwrotu nakładów (m.in. PBT – czas zwrotu nakładów).

Już na poziomie ekonomicznej analizy inwestycji zauważono, że nie wszystkie mierniki określają bezpieczeństwo jej zrealizowania. W przyjętych założeniach mierniki takie jak, NPV, IRR, PBT oceniły farmę wiatrową jako opłacalną, natomiast wskaźnik PI (wskaźnik zyskowności) przyjął wartość ujemną. Należy jednak pamiętać, że wskaźnik (PI), którego wartość wskazuje na odrzucenie projektu, jest miarą względną, która nie odzwierciedla różnic w rozmiarach inwestycji i w ocenie efektywności projektu priorytet przyznaje się generowaniu nadwyżki z inwestycji, a nie efektywności z nakładów na inwestycję.

3. IDENTYFIKACJA ZAGROŻEŃ W PLANOWANEJ INWESTYCJI FARMY WIATROWEJ

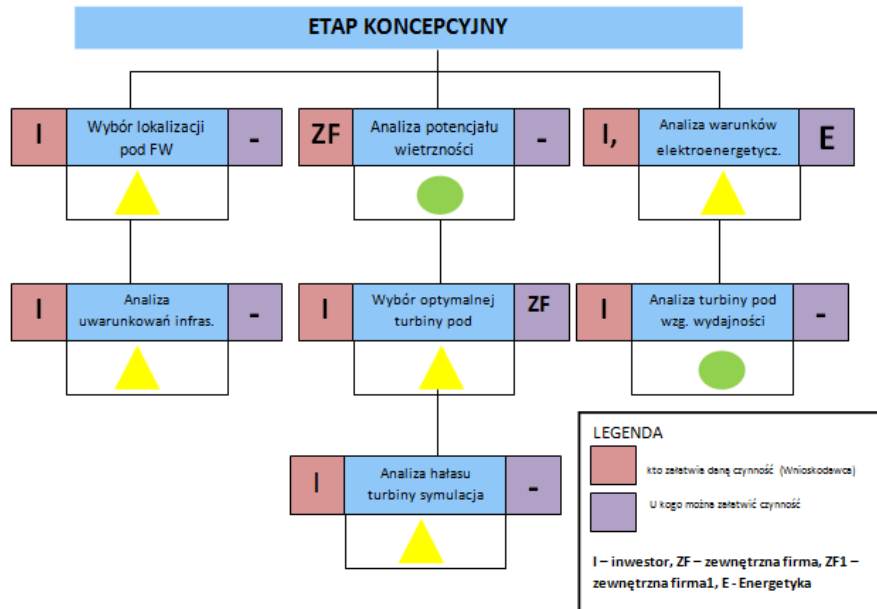
Pierwszą metodę, jaką zastosowano do oceny ryzyka była analiza SWOT (analiza mocnych i słabych stron oraz szans i zagrożeń inwestycji farmy wiatrowej). Mimo, że jest to metoda bardzo ogólna, to w sposób czytelny zwraca uwagę na potencjalne problemy jakie mogą wyniknąć w trakcie prowadzonej inwestycji oraz w czasie trwałości projektu (rys. 7.2).

Przeprowadzona w postaci analizy SWOT diagnoza możliwych zakłóceń pozwoliła na opracowanie pięciu etapów realizacji projektu budowy farmy wiatrowej tj. koncepcyjnego, administracyjno-prawnego, finansowego, realizacji budowy i eksploatacji. Z kolei w wyznaczonych etapach wyróżniono czynności do wykonania oraz określono właściciela czynności i orientacyjną skalę trudności.

Na rysunku 7.3 zaprezentowaną metodykę identyfikowania trudności dla poszczególnych czynności w etapie koncepcyjnym. Dla pozostałych etapów działanie było podobne. Instnym, w przyjętej metodyce było przypisanie właścicieli do poszczególnych czynności. Takie działanie pokazało, iż właściwą strukturą zarządzania inwestycją jest macierz czynności przypisanych do różnych podmiotów mogących pracować równolegle, ale stanowiące też swoiste zagrożenia.

Mocne strony	Słabe strony
<ul style="list-style-type: none"> • Dobra lokalizacja (pod względem uwarunkowań wietrznych) 	<ul style="list-style-type: none"> • Nieprzewidywane wydłużenie terminu realizacji budowy
<ul style="list-style-type: none"> • Przedsięwzięcie ekologiczne, przyjazne naturze 	<ul style="list-style-type: none"> • Stosunkowo duże nakłady inwestycyjne
<ul style="list-style-type: none"> • Źródłem energii jest wiatr 	<ul style="list-style-type: none"> • Możliwość wystąpienia awarii spowodowanej migracją ptaków
<ul style="list-style-type: none"> • Niewyczerpalność źródła energii 	<ul style="list-style-type: none"> • Wysiedlenie zwierząt, owadów itp. podczas budowy farmy wiatrowej
<ul style="list-style-type: none"> • Możliwość zarobku na wysokim poziomie 	<ul style="list-style-type: none"> • Uciążliwy hałas podczas budowy
<ul style="list-style-type: none"> • Automatyczne sterowanie urządzeń 	<ul style="list-style-type: none"> • Występowanie efektu stroboskopowego • Duże ryzyko niepowodzenia inwestycji • Zły wpływ pracujących urządzeń (rotor) na ludzi
Szanse	Zagrożenia
<ul style="list-style-type: none"> • Alternatywa dla źródła jakim jest węgiel 	<ul style="list-style-type: none"> • Brak zwrotu wkładu z inwestycji
<ul style="list-style-type: none"> • Możliwość dofinansowania z poszczególny funduszy 	<ul style="list-style-type: none"> • Brak wiatru (okresowy) uniemożliwiający generowanie energii
<ul style="list-style-type: none"> • Rozwój gminy (napływ ludzi zainteresowanych OZE) 	<ul style="list-style-type: none"> • Spadek cen energii elektrycznej
<ul style="list-style-type: none"> • Zmiana w Prawie Energetycznym dotycząca wzrostu udziału w bilansie energetycznym odnawialnych źródeł energii 	<ul style="list-style-type: none"> • Spadek cen za świadectwa pochodzenia energii • Zaostrzenie przepisów dotyczących
<ul style="list-style-type: none"> • Widoczny trend do inwestowania w OZE • Kreacja miejsc pracy 	<ul style="list-style-type: none"> • Zmiany klimatu

Rys. 7.2 Analiza SWOT dotycząca przedsięwzięcia inwestycji w farmę wiatrową



Rys. 7.3 Klasyfikacja poszczególnych czynności w etapie koncepcyjnym według skali trudności ich wykonania/złatwienia Opracowanie własne na podst.: [Kowalczyk E., 2009], [Tytko R., 2009], [<http://www.ioze.pl>], [www.gramwzielone.pl], [www.pvlegal.eu], [www.oddzialywaniawiatrakow.pl].

Dlatego rozpisanie koncepcji budowy farmy wiatrowej na czynność oraz wnikliwa ich analiza zarówno pod względem zaangażowanych podmiotów jak również miejsc realizacji, posłużyła do dokładnej oceny ryzyka całej inwestycji pod względem jakościowym, a w kolejnym etapie ilościowym.

4. OCENA RYZYKA FARMY WIATROWEJ

Analiza ryzyka stanowi przydatne narzędzie do odnajdowania poszczególnych składowych ryzyka oraz określa metody pomocne w rozwiązywaniu problemów dotyczących wszelkiego rodzaju zagrożeń. Analiza ryzyka jest wymagającym oraz wymuszającym skrupulatność procesem, który musi być poparty przede wszystkim praktyczną wiedzą.

Do analizy ryzyka planowanej inwestycji farmy wiatrowej zaproponowano metodę przyczynowo-skutkową FMEA (ang. *Failure mode and effects analysis*). Metoda FMEA stanowi jedną z analiz jakościowych i ilościowych. Najczęstszym podejściem do analizy FMEA jest układ opisowy oraz tabelaryczny dla pozyskiwania informacji. W związku z powyższym do analizy jakościowej FMEA planowanej inwestycji zastosowano następujące działania [www.adamdrobniak.pl]:

- ustalono czynniki ryzyka
- oceniono prawdopodobieństwo dla poszczególnych czynników ryzyka

Wykorzystując metodę FMEA, wprowadzono wartościowanie ryzyka na podstawie poniższego modelu matematycznego [Chrószcz B., 2007]:

$$RPN = P * S * D$$

gdzie:

- RPN** – indeks wartości prawdopodobieństwa
P – poziom prawdopodobieństwa
S – waga ryzyka
D – wykrywalność

Tab. 7.1 Szacowanie prawdopodobieństwa (Parametr P) w metodzie FMEA [Chrószcz B., 2007]

Prawdopodobieństwo wystąpienia (P)	Częstość występowania	Punktacja
Bardzo duże	1 na 2	10
	1 na 3	9
Duże	1 na 8	8
	1 na 20	7
Umiarkowane	1 na 80	6
	1 na 400	5
	1 na 2000	4
Małe	1 na 15000	3
Bardzo małe	1 na 150000	2
Nieprawdopodobne	1 na 1500000	1

Do wartościowania indeksu RPN zastosowano układ tabelaryczny określający: poziom wystąpienia prawdopodobieństwa danego czynnika ryzyka odnosząc jej do skali

punktowej (Tab. 7.1), wagę danego czynnika ryzyka w odniesieniu do skali punktowej, dla której określono charakter (Tab. 7.2) oraz wykrywalność również w odniesieniu do punktowej skali (Tab. 7.3).

Tab. 7.2 Szacowanie parametru *S* (waga) w metodzie FMEA [Chrószcz B., 2007]

Waga (S)	Charakterystyka	Punktacja
Niebezpieczny (bez uprzedzenia)	Poważny wpływ na projekt, prawdopodobne zaprzestanie projektu, pojawia się bez uprzedzenia	10
Niebezpieczny (z ostrzeżeniem)	Poważny wpływ na projekt, prawdopodobne zaprzestanie projektu, pojawia się z uprzedzeniem	9
Bardzo duży	Bardzo znaczący wpływ na harmonogram, budżet, poziom wykonalności projektu, powoduje opóźnienia, obniżenie jakości, itp.	8
Duży	Istotny wpływ na harmonogram, budżet, poziom wykonalności projektu, może powodować opóźnienie, obniżenie jakości, itp.	7
Średni	Zauważalny wpływ na harmonogram, budżet, poziom wykonalności projektu. Praca może zostać ukończona w terminie, lecz przy niezadowoleniu odbiorcy.	6
Mały	Mały wpływ na harmonogram, budżet, poziom wykonalności projektu. Praca zostanie ukończona w terminie, przy umiarkowanym niezadowoleniu odbiorcy.	5
Bardzo mały	Bardzo mały wpływ na harmonogram, budżet, poziom wykonalności projektu. Praca zostanie ukończona w terminie, odbiorca będzie w pełni świadom wpływu ryzyka na projekt.	4
Nieznacznym	Nieznacznym wpływ na harmonogram, budżet, poziom wykonalności projektu. Praca zostanie ukończona w terminie, przy pełnej akceptacji odbiorcy.	3
Bardzo nieznacznym	Znikomy wpływ na harmonogram, budżet, poziom wykonalności projektu. Praca zostanie ukończona w terminie, zaś odbiorca może nie zauważyć wpływu ryzyka na projekt.	2
Brak	Brak wpływu na projekt	1

Tab. 7.3 Szacowanie parametru wykrywalność w metodzie FMEA [Chrószcz B., 2007]

Wykrywalność (D)	Punktacja
Prawie niemożliwa	10
Bardzo odległa	9
Odległa	8
Bardzo mała	7
Mała	6
Umiarkowana	5
Umiarkowanie wysoka	4
Wysoka	3
Bardzo wysoka	2
Prawie pewna	1

Po wykonaniu stosownych obliczeń okazało się, że w analizowanej inwestycji największym zagrożeniem został obarczony czynnik związany z uzyskaniem warunków przyłączeniowych oraz uzyskaniem pozwolenia na budowę (w badaniu odpowiednio: 37,8% oraz 25%). Ponadto pięć spośród pozostałych składników ryzyka przekroczyło, bądź osiągnęło wartość prawdopodobieństwa ma poziomie 10% tj. wzrost kosztów eksploatacji (17,5%), trudność w uzyskaniu decyzji środowiskowej (18%), wykonanie projektu niezgodnie z przepisami oraz normami (12%), trudność w uzyskaniu koncesji (14,4%), trudność z uzyskaniem zdolności kredytowej (16%), możliwość wystąpienie awarii sprzętu podczas realizacji budowy (10%).

Jak widać z powyższego, większość zagrożeń to czynniki zewnętrzne – systemowe (administracyjno-polityczne), nie związane bezpośrednio z podmiotem realizującym inwestycję. Zatem można zakładać, że w przypadku budowy farmy wiatrowej, która jest zgodna z polityką państwa i dyrektywami unijnymi, inwestujący otrzymają stosowną pomoc i wsparcie umożliwiające eliminację lub redukcję powstających zagrożeń. Metoda jakościowego pomiaru ryzyka obarczona jest niestety błędem oceniającego. Trudno było na tym etapie (nie realizując wcześniej żadnej podobnej inwestycji) ocenić obiektywnie występowanie zagrożeń.

Tab. 7.4 Wartościowanie indeksu ryzyka RPN opracowanie własne na podstawie [Chrószcz B., 2007],[Chylarecki P, 2008]

Składnik ryzyka	P	S	D	Wartość RPN
Wzrost kosztów inwestycyjnych	4/10	7/10	3/10	84/1000
Spadek cen energii elektrycznej	3/10	8/10	4/10	96/1000
Spadek cen za świadectwa pochodzenia energii	3/10	8/10	4/10	96/1000
Wzrost kosztów za eksploatację instalacji	7/10	5/10	5/10	175/1000
Wystąpienie zmian technologicznych	3/10	6/10	3/10	54/1000
Brak zgodności inwestycji z normami	2/10	8/10	4/10	64/1000
Wystąpienie protestów ludności	5/10	6/10	3/10	90/1000
Trudności w uzyskaniu pozwoleń na budowę	5/10	10/10	5/10	250/1000
Trudności w uzyskaniu decyzji środowiskowej	5/10	9/10	4/10	180/1000
Trudność w wydaniu warunków przyłączenia	6/10	9/10	7/10	378/1000
Trudności w uzyskaniu decyzji o lokalizacji inwestycji celu publicznego	3/10	8/10	4/10	96/1000
Wykonanie projektu nie zgodnie z przepisami oraz normami	3/10	8/10	5/10	120/1000
Trudność w uzyskaniu koncesji	4/10	9/10	4/10	144/1000
Problem z uzyskaniem dofinansowania	3/10	7/10	4/10	84/1000
Problem z uzyskaniem zdolności kredytowej	4/10	8/10	5/10	160/1000
Możliwość wystąpienia awarii sprzętu podczas realizacji budowy	4/10	5/10	5/10	100/1000
Złe warunki atmosferyczne napotkane w trakcie realizacji budowy	4/10	3/10	3/10	36/1000
Niekompetentność pracowników podczas realizacji budowy	3/10	3/10	3/10	27/1000
Problem z podłączeniem instalacji do sieci	4/10	6/10	3/10	72/1000
Możliwość awarii turbin podczas eksploatacji	4/10	7/10	2/10	56/1000
Zmiana Prawa energetycznego dot. wydawania koncesji na bardziej restrykcyjne	3/10	8/10	2/10	48/1000
Możliwość wypadków związanych z migracją ptaków	3/10	4/10	3/10	36/1000
Możliwość awarii z powodu warunków atmosferycznych (burze, huragany)	2/10	7/10	3/10	42/1000

Nawet doświadczony praktyk, w przypadku realizacji projektu jakim jest inwestycja w farmę wiatrową będzie miał trudności z właściwą i realną oceną niebezpieczeństw i zagrożeń.

5. WNIOSKI

Inwestycje w odnawialne źródła energii, a w tym w energetykę odnawialną to widoczny trend zarówno w Polsce jak i krajach Europy (może poza Wyspami Brytyjskimi). Chęć inwestowania w OZE spowodowana jest nie tylko możliwością osiągnięcia dużego zysku, czy uzyskaniem celowego dofinansowania, lecz działaniami proekologicznymi, które nie powodują wprowadzania zanieczyszczeń do atmosfery, a tym są zgodne z polityką UE.

Mimo, że zaproponowana koncepcja analizy ryzyka wskazuje na wybrane czynniki, które stanowią poważne zagrożenie całej przykładowej inwestycji (prawdopodobieństwo wystąpienia ryzyka powyżej 10 %) to przekonywującym jest fakt, że energetyka wiatrowa (jak każda inwestycja w OZE) jest dochodowa. W każdej dziedzinie rozwoju trzeba się liczyć z ryzykiem i większości przypadków jest ono nieprzewidywalne, zatem tylko realna realizacja inwestycji farmy wiatrowej umożliwi stu procentową odpowiedź na pytania: czy i w jakim wymiarze biznesowym będzie ona opłacalna. Mimo zagrożeń i ryzyka spowodowanego długotrwałym procesem inwestycyjnym w farmę wiatrową, należy dodatkowo pamiętać, że działaniami proekologicznymi redukujemy podatek społeczny co w dłuższym horyzoncie czasu może niwelować powstałe straty z realizacji takiego przedsięwzięcia.

ROZDZIAŁ 8

BADANIA MECHANICZNE CZĘŚCI SAMOCHODOWYCH NA PRZYKŁADZIE WYROBU 151 A

1. WPROWADZENIE

Jakość produktów będąca wyznacznikiem poziomu produkcji należy dziś do podstawowego elementu, który podlega ocenie wewnętrznej i zewnętrznej. W produkcji konieczne jest wyznaczenie najlepszej kombinacji czynników wpływających na poziom jakości końcowego wyrobu. Trzeba dokonać oceny wielowariantowej różnorodnych elementów, które w efekcie końcowym stanowią o jakości wyrobu. Naciski wymagających klientów, konkurencja, wolny rynek, potrzeby rynkowe to tylko niektóre wyznaczniki oceny jakości. Po etapie technicznego przygotowania produkcji następuje etap wytwarzania. Na jakość produkcji na tym etapie wpływ mają czynniki procesu produkcyjnego takie jak: maszyny wykorzystywane dla produkcji, materiały wejściowe, personel, organizacja procesu, itp. Aby wyprodukować produkt wysokiej jakości powinno się wyznaczyć najlepszą kombinację tych czynników z punktu widzenia osiągnięcia wymaganego poziomu pod względem jakościowym.

Najwyższe kierownictwo musi być zaangażowane w realizację celów projakościowych i ciągle doskonalenie jego efektywności. Powinno udowodnić swoje zaangażowanie, m.in. poprzez zdefiniowanie polityki jakości w przedsiębiorstwie.

Na poziom jakości istotny wpływ ma system zarządzania laboratoriami pomiarowymi, który powinien być poddawany cyklicznym przeglądom przez kierownictwo, tak aby zapewnić jego profesjonalizm oraz zapewnić bieżące wprowadzanie koniecznych zmian. Laboratorium powinno realizować program ciągłego doskonalenia, powinno stosować odpowiednie techniki i procedury dla wszystkich metod objętych zasięgiem jego działalności. Obejmuje m.in. pobieranie i postępowanie z detalami poddawanymi badaniom oraz ich przygotowanie do badania.

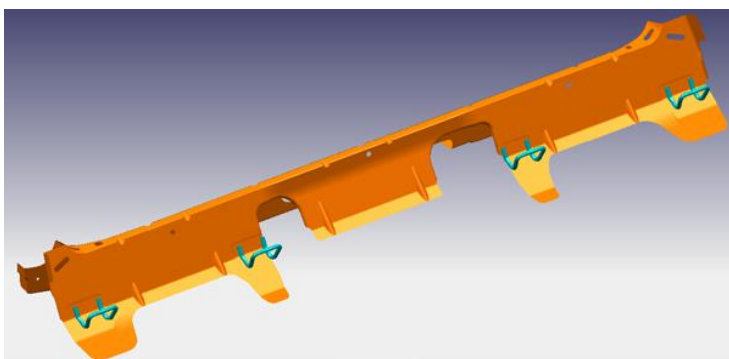
Normy, instrukcje, podręczniki i specyficzne wymagania klientów znaczące dla pracy laboratorium powinny być systematycznie aktualizowane i bezproblemowo dostępne dla pracowników. Wyjątki od standardowych procedur w czasie prowadzenia badań dopuszcza się tylko, gdy są one udokumentowane, technicznie uzasadnione i zatwierdzone przez kierownictwo.

Laboratorium, które chce przedstawić wiarygodne dane, powinno mieć wdrożone procedury zapewnienia jakości, zapewniające że:

- metody badań w laboratorium zostały poddane walidacji przed ich wykorzystaniem,
- laboratorium posługuje się wewnętrznymi kryteriami jakości otrzymywanych wyników gwarantującą ich wysoką jakość.

2. CHARAKTERYSTYKA BADANEGO DETALU

Detal 151 A (rys. 8.1) odpowiada za bezpieczeństwo użytkowników pojazdu, powstaje w wyniku spawania wyłóczki, która jest tłoczona w zakładzie Gedia Poland, z oraz komponentu (rys. 8.2) od dostawcy zewnętrznego. Wytrzymałość połączenia jest dokładnie określona i szczegółowo nadzorowana, wyniki (Karty z Planów Kontroli) są archiwizowane przez kolejnych 15 lat od daty produkcji w ogniotrwałej szafie. Gotowy detal 151 A jest montowany i zgrzewany punktowo do podłogi samochodu. Każda maszyna do produkcji części bezpieczeństwa, w widocznym miejscu oznaczona jest znakiem bezpieczeństwa.



Rys.8.1. Detal 151 A (opr. własne)



Rys. 8.2. Detal będący elementem składowym detalu 151 A (opr. własne)

Pracownicy wykonujący pracę na stanowisku oznaczonym znakiem bezpieczeństwa muszą być przeszkoleni w zakresie znajomości wymagań części ze znakiem bezpieczeństwa i wpisani do rejestru szkoleń stanowiskowych na danym stanowisku pracy. Dokumentacja, np.: Plany Kontroli, etykiety, które dotyczą części bezpieczeństwa są dodatkowo oznaczone tymże znakiem.

3. BADANIA LABORATORYJNE DETALU 151 A

Celem procesu jest wykonanie na podstawie dostarczonych wymagań niezbędnych badań potwierdzających stan jakościowy wyrobów/materiałów. W laboratorium pomiarowym planuje badanie, przygotowuje próbki, wykonuje badanie a następnie sporządza protokół i zestawienie kosztów. W laboratorium KJ prowadzone są badania: ultradźwiękowe, właściwości mechanicznych, wytrzymałości połączeń zgrzewanych i spawanych, metalograficzne, twardości oraz składu chemicznego.

3.1. Badania ultradźwiękowe zgrzein punktowych

Badanie trzynastu zgrzewów wyrobu 151 A zostało wykonane za pomocą defektoskopu ultradźwiękowego Krautkramer GmbH. Defektoskop ultradźwiękowy jest to aparatura zawierająca układy elektroniczne, których zadaniem jest wytwarzanie i odebranie drgań elektrycznych oraz ich uwidacznianie na ekranie monitora, a także pomiar czasu przejścia lub natężenia fal ultradźwiękowych w badanym materiale.

Badanie było przeprowadzone z wykorzystaniem metody echa, która polega na wytworzeniu i wprowadzeniu do zgrzewów badanego wyrobu impulsów fal ultradźwiękowych oraz ich odbiorze po odbiciu od wady materiałowej lub powierzchni ograniczających. Zastosowano badanie kontaktowe ponieważ głowica ultradźwiękowa oddzielona była od badanego zgrzewu tylko cienką warstwą substancji sprzęgającej. Głowica ultradźwiękowa jest to urządzenie wysyłające i odbierające fale ultradźwiękowe oraz dokonujące przetworzenia drgań elektrycznych na mechaniczne i na odwrót.

Wpływ na uzyskany wynik badania ultradźwiękowego miał również m.in. wybór średnicy głowicy badawczej. Wielkość oraz średnica jądra jest związana z grubością zgrzewanych blach, podczas wyboru głowicy do badania obowiązuje zasada, iż średnica powierzchni membrany powinna być co najmniej równa minimalnej wymaganej średnicy zgrzeiny punktowej. Parametry badań, tj.: średnicę głowicy badawczej, najmniejszą wymaganą średnicę jądra i najmniejszą wymaganą średnicę zgrzeiny, w zależności od grubości zgrzewanych blach, dobrano na podstawie pozycji literaturowej [Krautkramer].

W trakcie badania rejestrowano przebieg fal ultradźwiękowych. Zdolność metody ultradźwiękowej do wykrywania wad w złączach zgrzewanych jest uznawana za wysoką i w większości przypadków wystarczającą.

Przykładowe wyniki przeprowadzonych badań dla każdego zgrzewu detalu 151 A przedstawiono na rys. 8.3.

Grubość sumaryczna blach badanego detalu była równa 3 mm, na tej podstawie został wyznaczony minimalny wgniot równy 4% tej grubości. Do badania użyto głowicy

o średnicy 5mm, częstotliwość fal ultradźwiękowych wynosiła 20 MHz, opóźnienie równe było 18,048 μ s, prędkości rozchodzenia się fal ultradźwiękowych podłużnych dla stali była równa 5920m/s. Poziom wytlumienia zakłóceń podczas badania został ustalony na 10% wysokości pierwszego echa. Wyniki badania ultradźwiękowego pozwalają ocenić na jego podstawie, że powstałe zgrzeiny są prawidłowe. Świadczy o tym krótki ciąg odbić i silne wytlumienie kolejnych impulsów, wgniot zgrzewów wszędzie był powyżej wymaganych 4% grubości, wyjątkiem był zgrzew nr 9, który osiągnął równie 4%. Echa pośrednie nie przekroczyły 10% wysokości pierwszego echa dzięki czemu nie zakłóciły badania. Ocena badania metodą echa wymaga wprawy i doświadczenia w zidentyfikowaniu wad na podstawie ich zobrazowań.

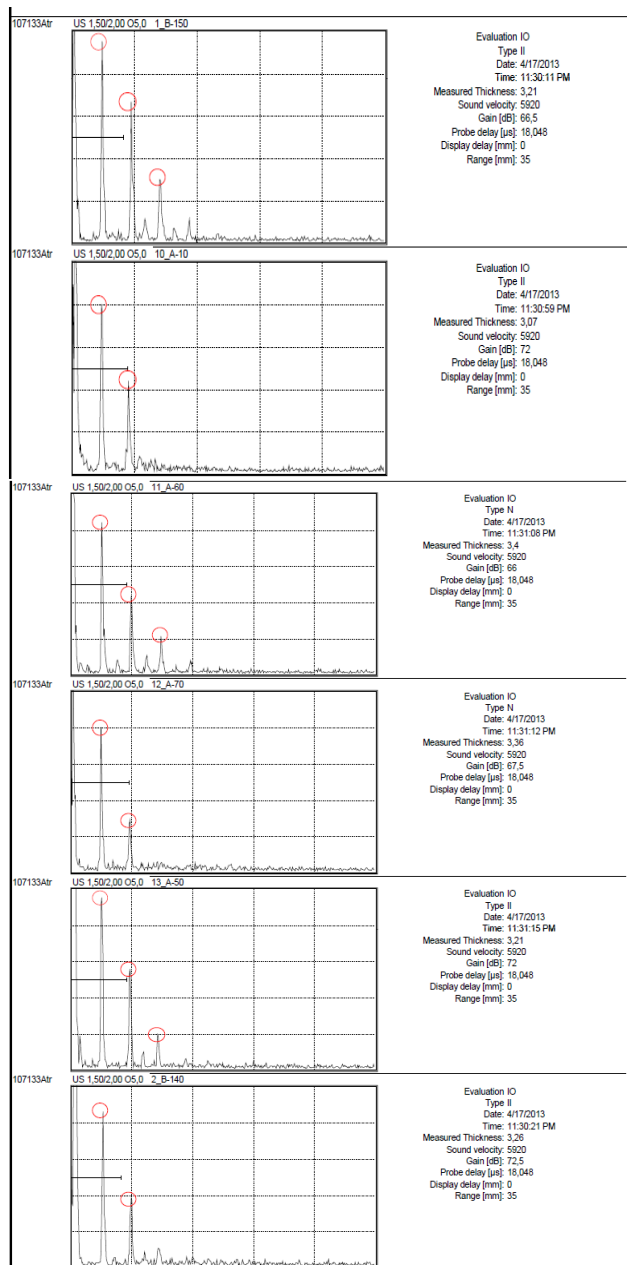
3.2. Statyczna próba rozciągania

Statyczne próby rozciągania przeprowadzono na maszynie wytrzymałościowej Zwick 250 w temperaturze około 20°C, rys.8.4. Próbki umieszczono w uchwytach i poddano je wolno zwiększającemu się obciążeniu rys.8.5. Rys. 8.6. Przedstawia próbki po badaniach. Parametry do badania zostały ustawione na podstawie normy EN 10292:2007.

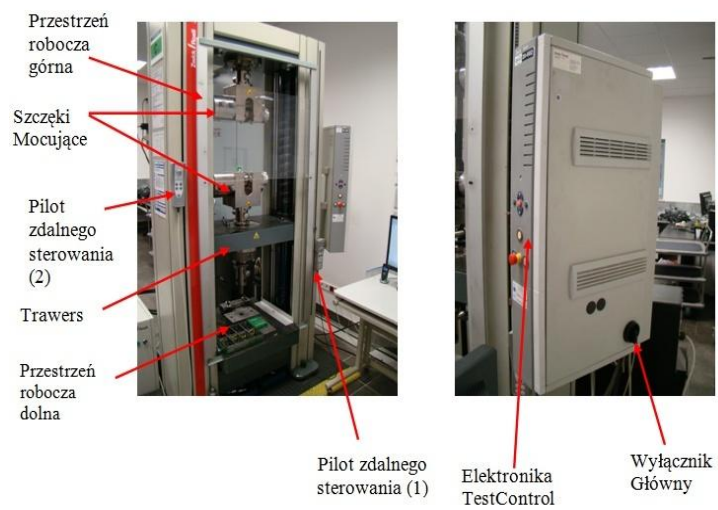
Zachowanie się badanych próbek podczas próby rozciągania przedstawiają wykresy rozciągania pokazujące zależność pomiędzy obciążeniem i przyrostem długości próbki $F-\Delta l$. Podczas próby rozciągania wykres ten jest kreślony przez maszynę wytrzymałościową.

W początkowej fazie wraz ze wzrostem obciążenia wydłużenia są bardzo małe, po zdjęciu obciążenia próbka powraca do pierwotnej długości- nie można zaobserwować żadnych trwałych wydłużeń, wykres jest linią prostą. Liniowa zależność wykresu stanowi doświadczalnie potwierdzenie prawa Hooke'a w zakresie małych odkształceń.

Przy dalszym obciążeniu wykres zakrzywia się, a po odciążeniu pojawia się trwałe odkształcenie. W momencie osiągnięcia maksymalnej wartości F_m powstaje w jednym miejscu próbki niewielkie zwężenie zwane szyjką. Przekrój zmniejsza się w tym miejscu przy spadku obciążenia, do momentu gdy próbka ulega rozerwaniu.



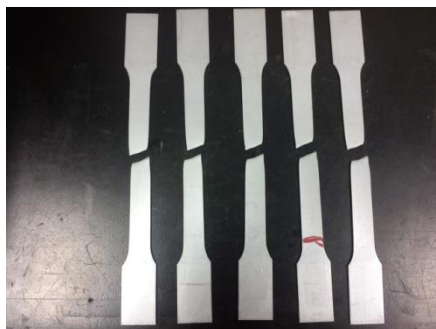
Rys. 8.3 Zarejestrowane wyniki badań zgrzewów detalu 151 A



Rys. 8.4. Budowa maszyny wytrzymałościowej ZWICK 250 (opr. własne)



Rys. 8.5. Próbką podczas badania (opr. własne)



Rys. 8.6. Próbkki do badania (opr. własne)

Umowna granica plastyczności $R_{0,2}$ [MPa] – napężenie odpowiadające działaniu siły rozciągającej, wywołuje w próbce umowne wydłużenie trwałe x , wynoszące 0,2% długości pomiarowej L_0 [Lamber T., 1990]:

$$R_{0,2} = F_{0,2}/S_0 \quad (1)$$

gdzie:

- $F_{0,2}$ - siła obciążająca wywołująca umowne wydłużenie trwałe $x=0,2$ % długości pomiarowej próbki [N],
- S_0 - powierzchnia przekroju początkowego próbki [mm].

Wytrzymałość na rozciąganie R_m [MPa]- napężenie odpowiadające działaniu siły F_m [Lamber T., 1990]:

$$R_m = F_m/S_0 \quad (2)$$

gdzie:

- F_m - największa siła obciążenia osiągnięta w czasie próby [N],
- S_0 - powierzchnia przekroju początkowego próbki [mm].

Wydłużenie A_{80} [%] – stosunek trwałego wydłużenia bezwzględnego próbki po rozerwaniu ΔL do długości pomiarowej próbki L_0 [4]:

$$A_{80} = \Delta L/L_0 = L_u - L_0/L_0 * 100 \quad (3)$$

gdzie:

- L_u - długość pomiarowa próbki po rozerwaniu [mm],
- L_0 - długość pomiarowa początkowa [mm].

Na rys. 8.7 przedstawiono przykładowy raport z badań podczas statycznej próby rozciągania.

PROTOKÓŁ BADANIA WŁASNOŚCI MATERIAŁU

Materiał badany: Numer Diafert: 150 211 100
Dane próbki: Grubość blachy: 2 mm
 Długość całkowita próbki: 250mm
 Szerokość próbki : 20 mm
Badanie: Data badania: 2013-05-24
 Badający: Teodor Rozwód
 Podpis:

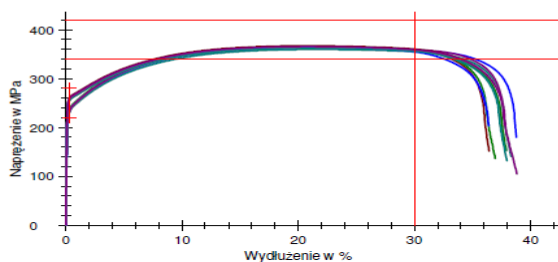
Wyniki:

Legenda	Nr	Grubość próbki a0 mm	E GPa	Rp 0,2 MPa	ReH MPa	ReL MPa	Rm MPa	A ₉₀ %
	max			280,00			420,00	—
	min			220,00			340,00	30,00
Próby 1 - 5 wzdłuż kierunku walcowania	1	2,001	196,8	233,78	-	-	364,28	36,34
	2	1,998	189,5	236,88	-	-	365,45	36,89
	3	2,005	206,5	232,75	-	-	362,46	38,70
	4	2,003	166,4	233,13	-	-	359,32	38,23
	5	2,001	194,8	233,48	-	-	364,36	37,72
Próby 6 - 10 w poprzek kierunku walcowania	6	2,002	191,9	261,13	-	-	367,04	37,61
	7	2,006	203,7	255,91	-	-	362,27	37,83
	8	1,991	204,0	257,32	-	-	363,24	36,29
	9	2,003	208,7	255,50	-	-	362,22	37,90
	10	2,008	210,8	258,69	-	-	365,28	38,76

Statystyka:

Statystyka:	Seria n = 10	E GPa	Rp 0,2 MPa	ReH MPa	ReL MPa	Rm MPa	A ₉₀ %
\bar{x}	197,3	245,86	-	-	363,59	37,63	
max	210,8	261,13	-	-	367,04	38,76	
min	166,4	232,75	-	-	359,32	36,29	
s	13,1	12,64	-	-	2,17	0,88	

Wykres serii badań:



Rys. 8.7. Przykładowe wyniki badań podczas statycznej próby rozciągania (opr. własne)

Badanie własności materiału zostało przeprowadzone na 10 próbkach. Pięć z tych próbek wycięte zostało wzdłuż i pięć w poprzek kierunku walcowania. Grubość nominalna próbek wynosiła 2 mm, długość całkowita 250 mm, szerokość 20 mm.

Podczas badania został wyznaczony moduł Younga zwany inaczej modulem sprężystości podłużnej, jego średnia wartość dla 10 prób wynosiła 197.3 GPa.

Podczas badania nie została zarejestrowana górna i dolna granica plastyczności, brak wyraźnych granic, dlatego została określona umowna granica plastyczności $R_{0,2}$, którą stosuje się dla materiałów kruchych. Wartości dla próbek wyciętych w kierunku wzdłużnym do kierunku walcowania były zbliżone i wynosiły około 233 MPa, natomiast wartość dla próbek wyciętych w poprzek kierunku walcowania wynosiły w przybliżeniu 258 MPa. Wytrzymałość na rozciąganie wszystkich próbek osiągnęło podobny wynik wynoszący 363 MPa, wartość procentowego wydłużenia przy rozerwaniu wyniosła w przybliżeniu 37.63 %.

W odniesieniu do większości gatunków stali tłocznych istnieje zależność: im większy stosunek R_e/R_m tym większa wartość przewężenia. Stosunek R_e/R_m dla blach stalowych głęboko tłoczonych nie powinien być większy niż 0.7, granica plastyczności bliska jest granicy wytrzymałości na rozciąganie.

Z przeprowadzonego badania wynika, że badany materiał jest blachą głęboko tłoczną ponieważ stosunek R_e/R_m jest mniejszy niż 0,7:

$$R_e/R_m = 245,86/363,59 = 0,68 \quad (4)$$

Podczas badania próbek w statycznej próbie rozciągania, na próbkach powstawał złom poślizgowy, który występuje najczęściej w materiałach plastycznych. Powstanie takiego złomu, jak też złomu pośredniego, poprzedza powstanie szyjki. Rodzaj złomu zależy przede wszystkim od stanu naprężenia [Strugalski Z., 1981].

3.3. Badania wytrzymałości połączeń spawanych

Badania wytrzymałości połączeń spawanych wykonano na maszynie wytrzymałościowej Zwick/Roell Z250 w dolnej przestrzeni roboczej. Badania przeprowadzono na detalu 151 A ustawiając przyrząd do badań pod następującymi kątami, rys. 8.8: 0 stopni, plus 75 stopni i minus 75 stopni. Badanie przeprowadzono dla połączeń uzyskanych w wyniku spawania metodą MIG w osłonie gazu chemicznie obojętnego (argonu) na robocie spawalniczym. Wszystkie próbki rozciągane były z prędkością 0.5 mm/min.

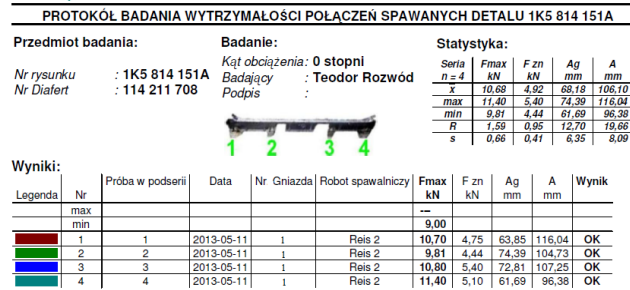


Rys. 8.8. Położenie próbek podczas badań (opr. własne)

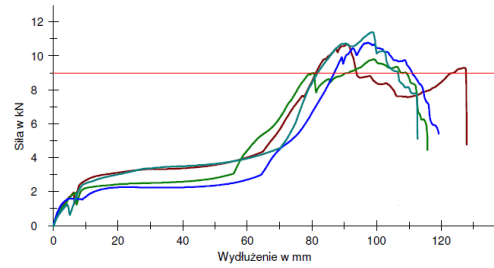
Badanie przeprowadzono w celu określenia wytrzymałości złącza spawanego na rozciąganie. Wartość minimalna dla złącza wyrobu 151 A została oznaczona na wykresie czerwoną linią i wynosi dla kąta 0 stopni 9 kN natomiast dla kątów plus, minus 75 stopni 6 kN. Na rys. 8.9, 8.10, 8.11 przedstawiono raporty z badań wytrzymałości połączeń spawanych. Przyjęto przy tym następujące oznaczenia:

- F_{max} – siła maksymalna [kN],
- F_{zn} – siła zniszczenia [kN],
- A_g – wydłużenie przy F_{max} [mm],
- A – wydłużenie po zerwaniu [mm].

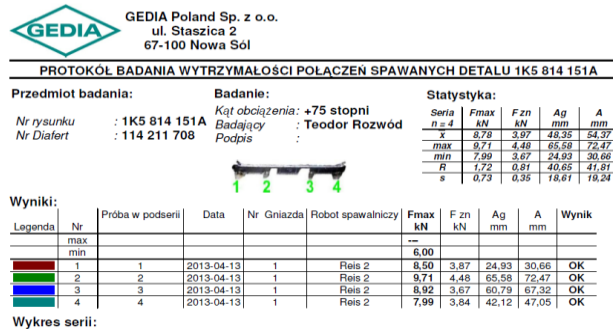
Połączenia spawane detalu 151 A poddane statycznej próbie rozciągania uległy zniszczeniu w większości przypadków w materiale rodzimym. Warunkiem takiego pękania złącza jest prawidłowe wykonanie spoiny.



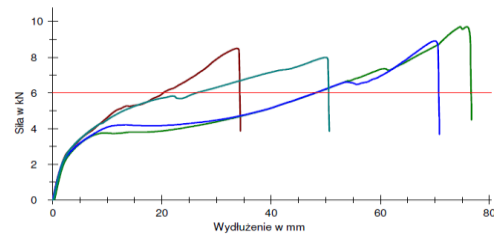
Wykres serii:



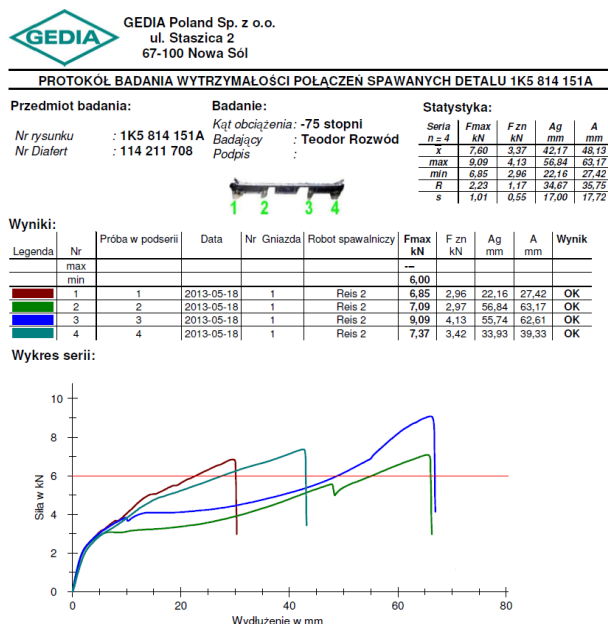
Rys. 8.9. Protokół badania wytrzymałości złącza spawanego pod kątem obciążenia 0° (opr. własne)



Wykres serii:



Rys. 8.10. Protokół badania wytrzymałości złącza spawanego pod kątem obciążenia +75° (opr. własne)



Rys. 8.11. Protokół badania wytrzymałości złącza spawanego pod kątem obciążenia – 75 stopni (opracowanie własne)

Wady spoin w określonych granicach nie obniżają znacznie statycznej wytrzymałości połączenia. Tłumaczy się to tym, że własności wytrzymałościowe spoin są wyższe niż materiału rodzimego. Podczas obliczania wytrzymałości połączeń ze spoinami pachwinowymi przyjmuje się założenie, że spoiny w tych złączach pracują na ścinanie bez względu od rodzaju działającego obciążenia. Przekrojem obliczeniowym spoiny pachwinowej jest przekrój graniowy poprowadzony poprzez wysokość trójkąta spoiny, w rzeczywistości linia przełomu jest zazwyczaj nieregularna, a czasem zerwanie występuje wzdłuż linii wtopienia do materiału rodzimego [Klimpel A., 1991].

Badania wytrzymałościowe połączeń spawanych zrywanych pod kątem obciążenia 0° dla 4 próbek wykazały, że wartość siły zniszczenia była zbliżona i wyniosła 4,92 kN, wartość średnia siły maksymalnej osiągnięta dla wszystkich próbek podczas badania była zbliżona i wyniosła 10,68 kN. Wydłużenie przy sile maksymalnej wskazało, że próbki 2 i 3 mają zdecydowanie większe wydłużenie przy sile maksymalnej niż próbki 1 i 4. Podczas wydłużenia do całkowitego zerwania 1 próbka osiągnęła największą wartość 116,04 mm, próbki 2 i 3 mają zbliżone wyniki około 105 mm, natomiast najmniejsze wydłużenie ma 4 próbka 96,38 mm.

Badanie wytrzymałościowe połączenia spawanego zrywanego pod kątem obciążenia $+75^\circ$ dla 4 próbek wykazało średnią wartość siły zniszczenia równą 3,97 kN, wartość średnia siły maksymalnej wyniosła 8,78 kN. Wartość wydłużenia przy sile maksymalnej 2 i 3 próbki była zbliżona wyniosła 63 mm. Próbka 4 osiągnęła wartość 42,12 mm, na-

tomiast próbka 1 osiągnęło najmniejsze wydłużenie równe 24.93 mm. Podczas badania próbek wydłużenie po zerwaniu wyniosło: 1 próbka 30.66 mm, 2 próbka 72.47 mm, 3 próbka 67.32 mm, 4 próbka 47.05mm.

Badanie wytrzymałościowe połączenia poddanego badaniu pod kątem -75° dla 4 próbek wykazało wartość średnią siły zniszczenia równą 3.37 kN, wartość średnią siły maksymalnej 7.6 kN. Próbki 2 i 3 zarówno w wydłużeniu przy sile maksymalnej jak i wydłużeniu po zerwaniu uzyskały zbliżone wartości dla A_g około 56 mm, natomiast dla A około 63 mm. Próbka 1 osiągnęła najmniejsze wydłużenia na poziomie $A_g = 22.16$ mm i $A = 27.42$ mm. Próbka 4 osiągnęła wydłużenie $A_g = 33.93$ mm i $A = 39.33$ mm.

Przeprowadzone badania wykazały, że złącza wyrobu 151 A spełniają wymagania wytrzymałościowe. Uzyskane wyniki wykazują zadowalające właściwości wytrzymałościowe spoin potwierdzając odpowiednie dobranie parametrów spawania i jakość ich wykonania.

WNIOSKI

Badania laboratoryjne w przedsiębiorstwie produkcyjnym zapewniają wymierne korzyści, przyczyniają się do pomniejszenia kosztów związanych z produkcją i poprawiają jakość produktów. Umożliwiają wykrycie i wskazanie przyczyn wady w czasie produkcji, dzięki czemu przedsiębiorstwo unika reklamacji, które podwyższają koszty. Po wykonaniu badań w laboratorium można wprowadzić działania korygujące i zapobiegawcze, które umożliwią uniknięcie podobnych wad produktu i błędów w procesie produkcyjnym w przyszłości.

Przedstawione w niniejszej pracy badania: ultradźwiękowe, statycznej próby rozciągania, wytrzymałości połączeń spawanych przeprowadzone były na produkcie 151 A w celu potwierdzenia stabilności procesu produkcji. Na podstawie wyników przeprowadzonych badań można przedstawić następujące wnioski: istnieje możliwość wykorzystania badań ultradźwiękowych do oceny jakości zgrzein punktowych w detalu 151 A. Do badań ultradźwiękowych zgrzein punktowych detalu 151 A należy zastosować aparaturę badawczą wyposażoną w specjalne głowice z ciekłym ośrodkiem pośredniczącym, dzięki czemu możliwa jest lepsze dopasowanie do powierzchni zgrzeiny. Badanie ultradźwiękowe zgrzein detalu 151 A metodą echa nie wykazały żadnych wad o czym świadczą przedstawione protokoły, na których widać krótkie ciągi, mocne tłumienie fal ultradźwiękowych świadczące o poprawności ich wykonania.

Statyczna próba rozciągania potwierdziła zgodność własności mechanicznych blachy do produkcji detalu 151 A z normą EN 10204. Porównywalne wyniki zrywanych próbek uzyskane zostały dzięki dokładnemu przygotowaniu próbek, nastawieniu odpowiednich parametrów zrywania oraz ustawieniu odpowiedniego ciśnienia w szczękach hydraulicznych. Po badaniu uzyskane zostały złomy poślizgowe próbek oraz następujące parametry dla 10 prób:

- moduł sprężystości (E):
- $\bar{x} = 197.3$ GPa,

- wartość maksymalna = 210.8 GPa,
- wartość minimalna = 166.4 GPa,
- odchylenie standardowe = 13.1 GPa,
- umowna granica plastyczności przy wydłużeniu nieproporcjonalnym (Rp 0,2):
 - \bar{x} = 245.86 MPa,
 - wartość maksymalna = 261.13 MPa,
 - wartość minimalna = 232.75 MPa,
 - odchylenie standardowe = 12.64 MPa,
- wytrzymałość na rozciąganie (Rm):
 - \bar{x} = 363.59 MPa,
 - wartość maksymalna = 367.04 MPa,
 - wartość minimalna = 359.32 MPa,
 - odchylenie standardowe = 2.17 MPa,
- wydłużenie procentowe po rozerwaniu dla L₀=80 mm:
 - \bar{x} = 37.63 mm,
 - wartość maksymalna = 38.76 mm,
 - wartość minimalna = 36.29 mm,
 - odchylenie standardowe = 0.88 mm.

Dobór metody spawania ma wpływ na wytrzymałość i trwałość detalu 151 A odpowiedzialnego za bezpieczeństwo pasażerów w pojeździe. Użycie robotów spawalniczych do łączenia elementów detalu 151 A pozwala uzyskać dużą odtwarzalność wykonywanych spoin, dzięki czemu otrzymujemy wymaganą wytrzymałość i jakość spoin.

Badania podczas statycznej próby rozciągania spawów detalu 151 A w pełni potwierdziły zgodność otrzymanych wyników z wymaganiami klienta. Wszystkie próbki podczas badania przekroczyły założone minimum niezależnie od kąta zrywania. Dla próbek zrywanych pod kątem obciążenia 0 stopni przy minimum siły 9 kN uzyskano wyniki:

- przy sile maksymalnej (F_{max}):
 - \bar{x} = 10.68 kN,
 - wartość maksymalna = 11.40 kN,
 - wartość minimalna = 9.81 kN,
 - rozstęp = 1.59 kN,
 - odchylenie standardowe = 0.66 kN,
- przy sile zniszczenia (F_{zn}):
 - \bar{x} = 4.92 kN,
 - wartość maksymalna = 5.40 kN,
 - wartość minimalna = 4.44 kN,
 - rozstęp = 0.95 kN,
 - odchylenie standardowe = 0.41 kN,
- przy wydłużeniu nieproporcjonalnym przy największej sile (A_g):
 - \bar{x} = 68.18 mm,

- wartość maksymalna = 74.39 mm,
- wartość minimalna = 61.69 mm,
- rozstęp = 12.70 mm,
- odchylenie standardowe = 6.35 mm,
- przy wydłużeniu po rozerwaniu (A):
 - \bar{x} = 106.10 mm,
 - wartość maksymalna = 116.04 mm,
 - wartość minimalna = 96.38 mm,
 - rozstęp = 19.66 mm,
 - odchylenie standardowe = 8.09 mm.

Dla próbek zrywanych pod kątem obciążenia + 75° przy minimum siły 6 kN, uzyskano wyniki:

- przy sile maksymalnej (F_{\max}):
 - \bar{x} = 8.78 kN,
 - wartość maksymalna = 9.71 kN,
 - wartość minimalna = 7.99 kN,
 - rozstęp = 1.72 kN,
 - odchylenie standardowe = 0.73 kN,
- przy sile zniszczenia (F_{zn}):
 - \bar{x} = 3.97 kN,
 - wartość maksymalna = 4.48 kN,
 - wartość minimalna = 3.67 kN,
 - rozstęp = 0.81 kN,
 - odchylenie standardowe = 0.35 kN,
- przy wydłużeniu nieproporcjonalnym przy największej sile (A_g):
 - \bar{x} = 48.35 mm,
 - wartość maksymalna = 65.58 mm,
 - wartość minimalna = 24.93 mm,
 - rozstęp = 40.65 mm,
 - odchylenie standardowe = 18.61 mm,
- przy wydłużeniu po rozerwaniu (A):
 - \bar{x} = 54.37 mm,
 - wartość maksymalna = 72.47 mm,
 - wartość minimalna = 30.66 mm,
 - rozstęp = 41.81 mm,
 - odchylenie standardowe = 19.24 mm.

Dla próbek zrywanych pod kątem obciążenia -75° przy minimum siły 6 kN, uzyskano wyniki:

- przy sile maksymalnej (F_{\max}):
 - \bar{x} = 7.60 kN,

- wartość maksymalna = 9.09 kN,
- wartość minimalna = 6.85 kN,
- rozstęp = 2.23 kN,
- odchylenie standardowe = 1.01 kN,
- przy sile zniszczenia (F_{zn}):
 - $\bar{x} = 3.37$ kN,
 - wartość maksymalna = 4.13 kN,
 - wartość minimalna = 2.96 kN,
 - rozstęp = 1.17 kN,
 - odchylenie standardowe = 0.55 kN,
- przy wydłużeniu nieproporcjonalnym przy największej sile (A_g):
 - $\bar{x} = 42.17$ mm,
 - wartość maksymalna = 56.84 mm,
 - wartość minimalna = 22.16 mm,
 - rozstęp = 34.67 mm,
 - odchylenie standardowe = 17 mm,
- przy wydłużeniu po rozerwaniu (A):
 - $\bar{x} = 48.13$ mm,
 - wartość maksymalna = 63.17 mm,
 - wartość minimalna = 27.42 mm,
 - rozstęp = 35.75 mm,
 - odchylenie standardowe = 17.72 mm.

Produkt 151 A po przeprowadzeniu badań w zakładowym laboratorium, spełnia wszystkie wymagania norm i specyficzne wymagani klienta co do wytycznych dla części bezpieczeństwa i powinien zaspokoić potrzeby klienta i w pełni go usatysfakcjonować.

ROZDZIAŁ 9

NORMOWANIE CZASU PRACY OPERACJI MONTAŻU MOTOREDUKTORA

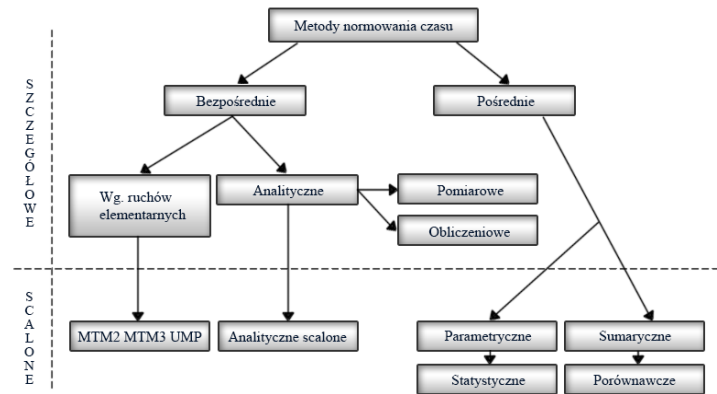
1. WPROWADZENIE

Badanie i normowanie procesów pracy wymuszają konieczność analizy tych procesów poprzez obserwacje i pomiary czasu ich realizacji. W trakcie obserwacji i pomiarów czasu trwania procesów pracy mogą i z reguły pojawiają się istotne różnice, które wynikać mogą z przyczyn techniczno – organizacyjnych, czy też z charakteru natury ludzkiej obserwowanego pracownika. Mogą pojawiać się różnice w czasie wykonywania tej samej czy też zbliżonej pracy, ponadto odmiennosc może się także pojawić w przypadku mierzenia czasu różnych pracowników na zróżnicowanych stanowiskach pracy.

Do podstawowych metod i technik normowania czasu pracy można zaliczyć między innymi: chronometraż, fotografię dnia roboczego, obserwacje migawkowe, analizę ruchów elementarnych [Strzelecki T., 1983], [Jasiński Z., Barcewicz M., 1999], [Wołk R., 1966]. Na podstawie przeglądu literatury wyróżnić można dwa kryteria klasyfikacji metod normowania czasu pracy [Wołk R., 1966], [Wołk R., 1966], [Strzelecki T., 1987]. Zaliczamy do nich: sposób obliczenia normy czasu i głębokość podziału pracy. W ramach pierwszego kryterium, można dokonać podziału metod normowania czasu na:

- **bezpośrednie**, podczas których dochodzi do przyporządkowania stosowych norm czasu do poszczególnych elementów procesu pracy. Istotą tych metod jest dokonanie podziału procesu pracy na odpowiednie elementy zgodne z normatywami, a następnie przeprowadzenie ich analizy oraz syntezy. Norma czasu w tym przypadku jest sumą wielkości normatywów, które odpowiadają indywidualnym elementom procesu pracy,
- **pośrednie**, ustalanie norm czasu oraz jej elementów możliwe jest dzięki funkcjom stochastycznym, które zespalają czynniki wpływu z wielkością normy. Odpowiednie powiązania zapewniają podział tych metod na: *parametryczne* (w których funkcjonują ilościowo – jakościowe zależności normy od czynników wpływu) oraz *sumaryczne* (w których funkcjonują głównie jakościowe zależności pomiędzy atrybutami procesów pracy, a wielkością normy).

Na rysunku 9.1 przedstawiono klasyfikację metod normowania czasu, w oparciu o kryteria scharakteryzowane powyżej.

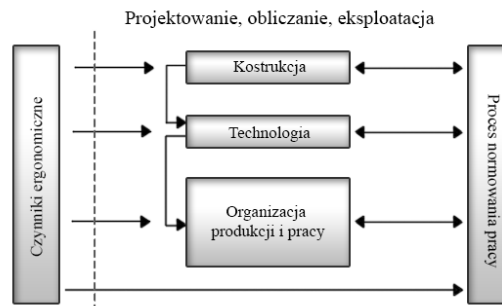


Rys. 9.1 Metody normowania czasu [Strzelecki T., 1987]

Drugie kryterium - głębokość podziału pracy wyodrębnia następujący podział:

- **metody ruchów elementarnych**, gdzie zasadnicza głębokość podziału sięga ruchów elementarnych,
- **metody analityczne**: zasadnicza głębokość sięga czynności. W obrębie tego kryterium wyróżnia się: szczegółowe metody normowania pracy, w tym przypadku podział sięga podstawowej głębokości z kolei jeśli mowa o scalonych metodach normowania pracy, podział jest mniejszy od podstawowej głębokości (rys.9.1).

Na rysunku 9.2 przedstawiono ogólny schemat powiązań poszczególnych czynników rzeczowych, organizacyjnych i innych w procesie normowania pracy.



Rys. 9.2. Powiązanie różnych czynników w procesie normowania pracy [Jasiński Z., Barcewicz M., 1999]

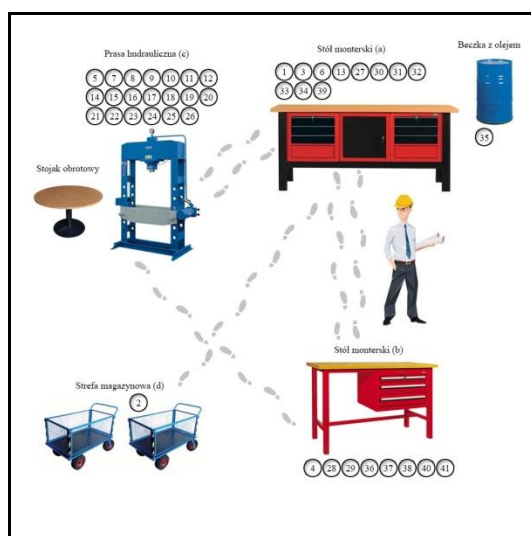
Zarówno w obszarach konstrukcji, technologii jak i samej produkcji (rys. 2) istnieje potrzeba normowania czasu pracy i uwzględniania wszystkich czynników do wyznaczenia prawidłowych norm czasowych dla analizowanych procesów pracy. Szczególnie istotnymi czynnikami są ergonomiczne – znacząco wpływające na komfort pracownika podczas wykonywania pracy.

2. CHARAKTERYSTYKA BADANEGO PROCESU

W niniejszym artykule przedstawiono badania ukierunkowane na ustalenie norm czasowych poszczególnych operacji procesu montażu motoreduktora. Badania przeprowadzono na rzeczywistym procesie z uwzględnieniem pomiarów czasu realizacji poszczególnych operacji wykonywanych przez operatora.

Stanowisko montażowe

Badane stanowisko przeznaczone jest do ręcznego montażu motoreduktora. Zajmuje ono powierzchnię około 90m² i zostało wydzielone w hali zakładu produkcyjnego. Stanowisko obsługiwane jest wyłącznie przez jednego pracownika podczas jego 8 godzinnej pracy [Juszczak A., 2012]. Na rysunku 9.3 przedstawiono miejsce wykonywania operacji (oznaczonych numerami w kołach) na stanowisku montażowym. W analizowanym procesie produkcyjnym montaż motoreduktora polega na połączeniu ze sobą gotowych elementów, części (tzw. półfabrykatów) w taki sposób, aby powstał produkt finalny. Należy wykonać 41 operacji, które składają się na wykonanie jednego produktu.



Rys. 9.3 Przebieg operacji na stanowisku montażowym

Do montażu motoreduktora wykorzystuje się stoły monterskie oznaczone na rysunku 2 literami a i b, jak również stół z prasą hydrauliczną oznaczony literą c. Istotnym elementem w całym procesie jest strefa magazynowa (d), w której znajdują wózki z częściami do motoreduktorów.

Opis operacji w analizowanym procesie montażu motoreduktora

Badany proces montażu motoreduktorów złożony jest z 41 operacji. Poszczególne operacje zostały scharakteryzowane poniżej:

Operacja 1 - Przygotowanie stanowiska pracy oraz uporządkowanie narzędzi i części niezbędnych w procesie montażu.

Operacja 2 - Pobranie części, które znajdują się w wózkach w strefie magazynowej, a następnie kontrolowanie zgodności pobranych części z kartą reduktora (specyfikacją).

Operacja 3 - Pobranie korpusu z wózka oraz zamontowanie segera.

Operacja 4 - Przejście do stołu monterskiego (b) i zamontowanie tulei dystansowej w korpusie.

Operacja 5 - Przejście do stanowiska z prasą hydrauliczną (c), nasmarowanie ślimaka olejem oraz wtłoczenie łożysk kulkowych po obu stronach ślimaka za pośrednictwem prasy.

Operacja 6 - Powrót do stołu monterskiego (a) i pobranie bolca z półki. Wbicie go w ślimacznice przy wykorzystaniu młotka teflonowego.

Operacja 7 - Przejście do stanowiska z prasą hydrauliczną i montaż koła czynnego w korpusie.

Operacja 8 - Nabijanie koła zębatego na ślimak.

Operacja 9 - Pobranie z półki zawleczonej oraz podkładki, a następnie zamontowanie ich w korpusie przy użyciu szczypiec i wkrętaka.

Operacja 10 – Weryfikacja i kontrola ruchu koła czynnego.

Operacja 11 – Zamontowanie łożyska w korpusie.

Operacja 12 – Zamontowanie łożyska na ślimacznicy.

Operacja 13 - Na stanowisku monterskim (a) następuje pobranie klinu i wbicie go w tuleję przy pomocy młotka teflonowego.

Operacja 14 - Przeniesienie korpusu na prasę hydrauliczną. Nasmarowanie olejem wału biernego, a następnie umieszczenie go w korpusie.

Operacja 15 i 16 - Pobranie łożysk i zamontowanie ich na wale korpusu przy wykorzystaniu prasy hydraulicznej.

Operacja 17 i 18 - Pobranie podkładki i zawleczonej, a następnie zamontowanie ich w korpusie przy pomocy wkrętaka, szczypców i młotka.

Operacja 19 - Kontrola poprawności pracy wału w korpusie.

Operacja 20 - Umieszczenie smaru na górnej części ślimacznicy

Operacja 21 - Pobranie z półki na części simeringu, a następnie wprowadzenie smaru na powierzchnię łożyska. Wybrany simering montuje się na łożysku za pomocą prasy.

Operacja 22 - Odwrócenie korpusu o 360° na stolnicy (c).

Operacja 23 - Montaż podkładki i segera w korpusie.

Operacja 24 - Naniesienie smaru na powierzchnię łożyska.

Operacja 25 - Nałożenie simeringu A.

- Operacja 26* - Nałożenie smaru i ułożenie simeringu AS.
- Operacja 27* - Zamontowanie odpowietrznika w korpusie na stanowisku (a).
- Operacja 28* - Zamontowanie korków uszczelniających korpus.
- Operacja 29* – Zamontowanie korka uszczelniającego w korpusie.
- Operacja 30* - Pobranie uszczelki łączącej silnik z korpusem i naniesienie na jej powierzchnię kleju.
- Operacja 31* - Zamontowanie uszczelki na korpusie.
- Operacja 32* - Połączenie silnika z korpusem.
- Operacja 33* - Zdejmowanie pokrywy osłaniającej przewody zasilania silnika przy pomocy wkrętaka.
- Operacja 34* - Podłączenie motoreduktora do źródła zasilania – kontrola sprawności.
- Operacja 35* - Wprowadzenie oleju do korpusu.
- Operacja 36* - Dobranie uszczelki oraz nasmarowanie jej klejem.
- Operacja 37* - Umieszczenie uszczelki na korpusie pod pokrywą zamykającą.
- Operacja 38* - Przykręcenie pokrywy zamykającej korpus.
- Operacja 39* - Kolejna kontrola pracy motoreduktora.
- Operacja 40* - Zamknięcie komory zasilania silnika.
- Operacja 41* – Przekazanie motoreduktora do malarni.

3. NORMOWANIE CZASU OPERACJI

Do normowania czasu pracy realizacji poszczególnych operacji analizowanego procesu montażu motoreduktora wybrano dwie metody: MTM2 oraz Lingskija i Siewastianowa. Metody te szerzej są opisane w literaturze [Wołk R., 1966], [Wołk R., 1966], [Strzelecki T., 1987]. W celu weryfikacji uzyskanych norm czasowych tymi metodami wykonano pomiary czasu realizacji czynności w badanym procesie i porównano je z wyznaczonymi analitycznie wartościami.

Metoda MTM2

Ze względu na ograniczoną objętość artykułu szczegółowo przedstawiono analizę dla wybranej operacji 2, natomiast wyznaczone analogicznie normy pozostałych operacji zestawiono w tabeli 3. W tabeli 9.1 zestawione wszystkie czynności (tzw. ruchy elementarne) składające się na wykonanie operacji 2 za pomocą odpowiednich kodów – charakterystycznych dla metody MTM2. W kolumnie TMU wyliczono liczbę jednostek umownych (TMU) potrzebnych do realizacji wszystkich ruchów elementarnych (wytłuszczoną czcionką wyróżniono cały kod oraz wartość sumaryczną TMU), a w ostatniej kolumnie tej tabeli scharakteryzowano tę operację. Należy zaznaczyć, że pomocna przy dokładnym „rozpisaniu” danej operacji na ruchy elementarne była możliwość wielokrotnego oglądania zapisu filmowego.

Tab. 9.1. Ustalenie czasu realizacji operacji 2 metodą MTM2

Nr	Nazwa operacji	Wykonane czynności	TMU	Charakterystyka
2	pobranie części i sprawdzenie ze specyfikacją	WP+S+R80B+G4C+M80B+AS+EF+ET+S+R80B+G4C+M80B+AS+EF+WP+EF+RL1+RL1+EF	616	Pobranie przez pracownika części, które znajdują się w wózkach w strefie magazynowej, a następnie kontrolowanie zgodności pobranych części z kartą reduktora. Poszczególne numery elementów muszą być zgodne z numerami widocznymi na karcie.
		Chodzenie normalne x10	150	
		zgięcie się	29	
		sięganie korpusu	26.9	
		chwytanie korpusu	12.9	
		przemieszczenie korpusu	25.2	
		wyprostowanie się z pozycji pochylonej	31.9	
		uważne przypatrzenie się	7.3	
		zmiana kierunku patrzenia	17	
		zgięcie się	29	
		sięganie segeru	26.9	
		chwytanie segeru	12.9	
		przemieszczenie segeru	25.2	
		Wyprostowanie się z pozycji pochylonej	31.9	
		uważne przypatrzenie x2	14.6	
		Chodzenie normalne x10	150	
		uważne przypatrzenie się	7.3	
		puszczenie korpusu	1.7	
puszczenie segeru	1.7			
uważne przypatrzenie się	14.6			

W ramach operacji 2 monter powinien przejść do strefy magazynowej oddalonej od niego o 10 kroków (kod ruchu elementarnego - **WP**). W strefie tej znajdują się wózki wypełnione częściami niezbędnymi do montażu motoreduktora. Następnie monter schyla się (**S**) i sięga w kierunku korpusu oddalonego o 80 cm (**R80B**). Chwyta go (**G4C**), przemieszcza na odległość 80 cm (**M80B**), po czym prostuje się z pozycji pochylonej (**AS**). Monter uważnie przygląda się korpusowi wyciągniętemu z wózka (**EF**), a następ-

nie zmienia kierunek patrzenia (**ET**), wyszukując w wózku drugą część jaką jest seger. Schyla się po niego (**S**), sięga w jego kierunku - oddalony również o 80 cm (**R80B**), chwytą go (**G4C**), następnie przemieszcza się na odległość 80 cm (**M80B**) i także prostuje się z pozycji pochylonej (**AS**). Monter jeszcze raz przygląda się uważnie zarówno korpusowi jak i segerowi (**EF**). Kolejną czynnością wykonaną przez pracownika to powrót do stołu monterskiego (a) wykonując 10 kroków (**WP**), ponownie przygląda się przedmiotom, które pobrał ze strefy magazynowej (**EF**). Odkłada te przedmioty na stół (**RL1**), (**RL1**). Ostatnia czynność dotyczy kontrolowania zgodności pobranych części z kartą reduktora (**EF**), poszczególne numery muszą być zgodne z numerami widocznymi na karcie.

Metoda Lingskija i Siewastianowa

Poniżej zamieszczono tabelę 2 odpowiednią dla ustalenia norm czasowych operacji metodą Lingskija i Siewastianowa. Metoda Lingskija i Siewastianowa różni się od metody MTM2 zarówno nazewnictwem (kodowaniem) realizacji poszczególnych czynności jak również podstawową jednostką do wyliczania czasów operacji. Metoda MTM2 bazuje na jednostkach TMU z kolei metoda Lingskija i Siewastianowa na jednostkach wyrażonych w minutach. W tabeli nr 9.2 pierwsza kolumna opisuje numer czynności danej operacji. Druga kolumna opisuje sekwencję i rodzaj ruchów jaki należy wykonać w ramach operacji. Trzecia zawiera informacje, którą ręką należy wykonywać dany ruch. Czwarta kolumna charakteryzuje parametry każdego ruchu, a piąta - oznaczenia ruchów wg. odpowiedniej tablicy normatywów. Wyznaczanie czasu swobodnego i zwolnionego zapisane jest w kolumnie. 6. Kolumna 7 wyznacza czas ruchu w 0,001 min, natomiast ósma określa czas czynności w minutach. W ramach ostatniej kolumny można wyróżnić czas obróbki tg oraz czas pomocniczy tp.

Tab. 9.2. Ustalenie czasu realizacji operacji 2 metodą Lingskija i Siewastianowa

Karta obliczeniowa normy pracy operacji 2									
Lp.	Rodzaj ruchu	Ręka	Ruch	Kod ruchów	Normatyw czasu ruchu		czas ruchu [0,001min]	czas czynności w min	
					S	Z		tg	tp
Pobranie części i sprawdzenie z rozpiską									
1	krok x10	-	700	14A17c	14*10	-	140		
2	schylić się i wyprostować	-	90	A15c	15	-	15		
3	wziąć przedmiot (korpus)	P	800	A6c+B2a	10+5	-	15		
4	przyglądnięcie się	-	-	D1	-	5	5		

Tabela 9.2. Ustalenie czasu realizacji operacji 2 metodą Lingskija i Siewastianowa c.d.

5	schylić się i wyprostować	-	90	A15c	15	-	15		
6	wziąć przedmiot (seger)	L	800	A6c+B2a	10+5	-	15		
7	przyglądnicie się	-	-	D1	-	5	5		
8	spojrzeć na przedmioty czy są zgodne z rozpiską	-	-	2D1	-	2*5	10		
9	krok x10	-	700	14A17c	14*10	-	140		
SUMA							360		0.36

W przypadku operacji 2 monter na początku wykonuje 10 kroków w kierunku wózków magazynowych (kod ruchów zgodny z metodą - **14A17c**), schyla się i prostuje (**A15c**), a pomiędzy tymi czynnościami chwytą korpus oddalony od niego o 80 cm (**A6c+B2a**) i uważnie mu się przygląda (**D1**). Ponownie schyla się i prostuje (**A15c**) sięgając lewą ręką segeru oddalonego także o 80 cm (**A6c+B2a**). Uważnie się mu przygląda (**D1**) i sprawdza czy pobrane części są zgodne z dokumentacją otrzymaną przed rozpoczęciem montażu (**2D1**). Do ostatniej czynności wykonywanej przez pracownika należy powrót do stołu monterskiego (a) (**14A17c**).

4. ANALIZA OPRACOWANYCH NORM CZASU OPERACJI

W celu porównania uzyskanych norm czasu realizacji operacji montażu motoreduktora metodami MTM i Lingskija i Siewastianowa wykonano pomiary czasu trwania poszczególnych operacji analizowanego procesu montażu motoreduktora przy pomocy stopera (w trakcie jednej ośmiogodzinnej zmiany). Dokonano sześciokrotnych pomiarów każdej operacji i na ich podstawie wyliczono średni czas trwania pojedynczych operacji.

Poniżej, w tabeli 9.3, przedstawiono zestawienie czasu wykonania wszystkich operacji wyznaczonych metodami normowania czasu pracy, tj.: MTM2, Lingskija i Siewastianowa (LiS) oraz czasów wyznaczonych na podstawie pomiarów stoperowych (SR).

Czasy realizacji poszczególnych operacji są do siebie bardzo zbliżone, jednak zauważyć można różnice w długości czasu ich trwania przy kilku operacjach. Operacja 1 jak i 19 nie została brana pod uwagę podczas analiz MTM2 oraz analiz Lingskija i Siewastianowa, ze względu na indywidualne podejścia operatora do tej operacji montera. Czas wykonania operacji mierzony przy użyciu stopera jest najdłuższy, niemalże dla wszystkich operacji. Z kolei metoda, według której wyznaczone czasy są najkrótsze to MTM2. Metoda Lingskija i Siewastianowa uplasowała się pomiędzy metodą MTM2 oraz rzeczywistymi pomiarami.

Tab. 9.3. Porównanie norm czasu pracy operacji montażu motoreduktora

Nr operacji	STOPER [min]	MTM2 [min]	Lingskija i Siewastianowa [min]
1	1	-	-
2	2.45	0.3696	0.36
3	0.11	0.09264	0.0985
4	0.14	0.12756	0.1565
5	0.36	0.39258	0.4365
6	0.16	0.15492	0.1445
7	0.19	0.19296	0.1945
8	0.21	0.1662	0.1385
9	0.36	0.1644	0.2225
10	0.16	0.13188	0.12
11	0.06	0.04662	0.0525
12	0.39	0.19956	0.2395
13	0.1	0.0786	0.08
14	0.27	0.24546	0.277
15, 16	0.29	0.14946	0.1505
17, 18	0.43	0.18822	0.217
19	0.11	-	-
20	0.08	0.08268	0.091
21	0.41	0.34278	0.3145
22	0.06	0.06192	0.06475
23	0.39	0.16596	0.1785
24	0.14	0.1323	0.175
25	0.25	0.14208	0.1185
26	0.42	0.2544	0.291
27	0.12	0.12102	0.1495
28	0.31	0.29064	0.3095
29	0.23	0.21234	0.1165
30	0.29	0.20898	0.257
31	0.06	0.0585	0.055
32	0.52	0.51234	0.5225
33	0.26	0.05862	0.0695
34	0.39	0.36084	0.335
35	0.38	0.37842	0.5335
36	0.35	0.19554	0.2425
37	0.08	0.0816	0.078
38	0.92	0.74712	0.537
39	0.65	0.5466	0.6165
40	0.35	0.35064	0.2265
41	1.11	1.091556	0.7745

Bardzo duże różnice czasowe w obrębie metod normowania czasu pracy ukazały się w operacji 2, mianowicie pobranie części i sprawdzenie ich z rozpiską. Odmienność czasowa wynika z charakterystyki danej metody. Rzeczywisty pomiar stoperem pokazuje faktyczny czas wykonania danej operacji przez konkretnego monter, natomiast rozpatrując tę samą operację metodami MTM2 i Lingskija i Siewastianowa, powstają pewne różnice, które wynikają ze specyfiki tych metod do normowania czasu realizacji czynności. Metody normowania czasu pracy bazują w głównej mierze na ogólnych pomiarach zapisanych w tablicach, jednakże nie zawsze każdą czynność da się uogólnić, stąd też uzyskane wartości mogą nie oddawać rzeczywistego czasu wykonania operacji. Operacje znajdujące się w drugiej części procesu montażu reduktora, wymagają większej uwagi pracownika, gdyż wypełnione są zdecydowanie większą liczbą czynności, które należy wykonać. Czas realizacji operacji 39 do 41 jest mniejszy niż 1 minuta, w związku z tym monter musi dysponować wysokim doświadczeniem w montażu motoreduktorów, jak również posiadać wysoką niezawodność i zręczność w wykonywaniu wyznaczonych czynności.

Operacją, która pochłania najwięcej czasu ogólnego montażu motoreduktora stanowi operacja 41 - pobranie i montaż ramienia za pomocą śrub, które łączy silnik z daną maszyną (wedle życzenia klienta). Tymczasem operacja 31 - montaż uszczelki pomiędzy korpusem, a silnikiem, pochłania najmniej tego czasu. W operacjach 6, 7, 11, 20, 22, 28, 31, 32, 37 czas wykonania, ustalony trzema metodami jest bardzo zbliżony, a występują jedynie minimalne różnice.

Poniżej przedstawiono czas montażu jednego motoreduktora ustalony trzema metodami. Na podstawie tabeli nr 9.4 i wykresu nr 1 można zaobserwować, że czas montażu reduktora jest najkrótszy w przypadku analizy MTM2 i wynosi 10,05 minuty. Z kolei pomiar stoperem okazuje się najdłuższy, bo zajmuje aż 14,56 minuty. Wartości uzyskane dzięki metodzie Lingskija i Siewastianowa znajdują się pomiędzy w/w metodami, a czas wykonania 1 motoreduktora wynosi: 10,2 minuty.

Tab. 9.4 Czas montażu jednego motoreduktora w zależności od metody

Nr	Metoda	Czas wykonania 1 motoreduktora [min]	Liczba wykonanych motoreduktorów – na 8h
1	Stoper	14.56	31.6
2	MTM2	10.05	47.74
3	Lingskija i Siewastianowa	10.20	47.02

W przypadku rozpatrywania rzeczywistego pomiaru czasu pracy możliwe jest wykonanie 31 motoreduktorów, podczas jednej zmiany. Natomiast jeśli chodzi o analizę MTM2 oraz Lingskija i Siewastianowa całkowita liczba wykonanych motoreduktorów jest jednakowa i wynosi 47 reduktorów na 8 godzin pracy. Wartość ta jest o 31% (16 motoreduktorów) większa w stosunku do pomiarów stoperem.

Prowadząc pomiary czasu realizacji poszczególnych operacji za pomocą stopera i porównując je z czasami uzyskanymi dwoma wybranymi metodami, okazało się, że rzeczywista realizacja analizowanego procesu była najdłuższa. Mogło to wynikać z kilku powodów:

- monter nie spieszył się z wykonaniem czynności i poświęcał na pewne operacje zdecydowanie więcej czasu niż tego wymagały,
- monter wykazywał dużą „drobiazgowość” podczas montażu,
- stres związany z obserwacją czynności, które wykonywał pracownik również doprowadził do wydłużenia czasu wykonania operacji,
- ponadto powstały pewne zdarzenia losowe tj. ukręcenie śruby czy też chwylenie nie tego simeringu.

Z kolei w przypadku analizy czasu pracy metodą MTM2, kłopotem była czasochłonna, „papierkowa” dokumentacja i ogromna ilość czasu potrzebna do pełnego przeanalizowania każdego podstawowego ruchu. Wyliczony czas na wykonanie montażu motoreduktora był najkrótszy. Wadą tej metody jest to, że występuje ciągłość pracy, która nie uwzględnia przerw (m.in. potrzeby fizjologiczne, konsultacje z personelem).

Metoda Lingskija i Siewastianowa w porównaniu z metodą MTM2 jest mniej pracochłonna, gdyż znacząco eliminuje prace „papierkowe” i rachunkowe. Ponadto specyfika metody – t.j. wartości umieszczone w tabelach ją opisujących mają przedziały czasowe, znacznie ułatwia i przyspiesza analizę normowania czasu. Metoda ta pozwala na szybsze sprecyzowanie normatywów czasu danego ruchu, dzieli wykonywane czynności na te wykonywane w ruchu swobodnym, jak i te wykonywane w ruchu zwolnionym.

5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Normy czasu pracy stanowią mierniki, które określają nakłady pracy w stosunku do wykonanego zadania w odpowiednio określonym czasie. Prowadzą one do właściwego i efektywnego wykorzystania czasu pracy oraz w oparciu o analizę - eliminację niepożądanych zbędnych czynności wykonywanych w trakcie realizacji rutynowych czynności.

W artykule przedstawiono analizę czasu operacji procesu montażu motoreduktora w oparciu o metodę MTM2 i Lingskija i Siewastianowa oraz porównanie ich z rzeczywistymi pomiarami badanego procesu. Na podstawie analiz można stwierdzić, iż metod normowania czasu pracy jest dużo i specyfika każdego przedsiębiorstwa (po uwzględnieniu odpowiednich kryteriów) pozwala na wybór odpowiedniej z nich. Postawiona hipoteza: „o wyborze metod decyduje dokładność i ich szybkość wykonania” została potwierdzona licznymi badaniami.

Normowanie czasu pracy w przedsiębiorstwach produkcyjnych jest dość istotne. Kierownictwo stale powinno przeprowadzać kontrolę i obserwację czynności wykonywanych przez pracowników, ponadto powinno przeprowadzać częste badania i analizy związane z normowaniem czasu pracy. Częste innowacje powodują, że wartości te bardzo szybko się zmieniają. W związku z tym niezwykle ważny jest odpowiedni dobór metody, by na jej podstawie ustalić obowiązujące normy dotyczące kolejności prac i

czasów wykonania poszczególnych operacji. Dokładność i tempo ich wykonania stanowią niezmiernie ważny element w całym procesie produkcyjnym. Utrzymywanie tych dwóch czynników na odpowiednim poziomie, pozytywnie wpływa na normowanie pracy, gdyż zapewnia precyzyjne wykonanie operacji, jak również pozwala na wytworzenie i montaż części w krótkim czasie. Dzięki tym czynnikom zakłady mogą odnieść duży sukces w przemyśle produkcyjnym.

Bibliografia

- Al-Fawzan M., *Methods for estimating the parameters of the Weibull distribution*, King Abdulaziz City for Science and Technology, 2000.
- Amirteimoori A., Kordrostani S.: *Production planning: a DEA – based approach*. Int. J. Adv. Manuf. Technol., 2001, 56:369 – 376.
- Archiwum Huty Miedzi „Cedynia” w Orsku.
- Bąk R., Burczyński T.: *Wytrzymałość materiałów z elementami ujęcia komputerowego*. WNT, Warszawa, 2001.
- Belec spektrometrie Opto-Elektronik GmbH Georgsmarienhütte. Germany, 2002.
- Björck Å., *Numerical Methods for Least Squares Problems*, SIAM, 1996.
- Błaszczak W.: *Metody organizacji i zarządzania*. Wyd. PWN, Warszawa 2002.
- Bobrowski D., *Modele i metody matematyczne teorii niezawodności w przykładach i zadaniach*, WNT, Warszawa, 1985.
- Brzeziński M., *Organizacja i sterowanie produkcją*. Wyd. Placet, Warszawa 2002.
- Cafilisch R. E., *Monte Carlo and quasi-Monte Carlo methods*, Acta Numerica 7, Cambridge University Press, 1998, pp. 1–49.
- Chrószcz B.: Rozprawa doktorska.: *Analiza i ocena ryzyka zawodowego osób obsługujących systemy maszynowe transportu pionowego w polskich kopalniach węgla kamiennego*, Akademia Górniczo – Hutnicza, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Kraków, 2007.
- Chylarecki P.: *Oddziaływanie farm wiatrowych na ptaki*, Muzeum i Instytut Ornitologii PAN
- Duraj J.: *Podstawy Ekonomiki Przedsiębiorstwa*. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2000.
- Durlik I.: *Inżynieria zarządzania. Strategia i projektowanie systemów produkcyjnych cz. I*. Agencja Wydawnicza Placet, Warszawa, 1996.
- Durlik I.: *Inżynieria zarządzania. Strategia i projektowanie systemów produkcyjnych cz.II*. Agencja Wydawnicza Placet, Warszawa, 1996.
- Dwiliński L., *Zarządzanie produkcją*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2002.
- Furman J., Burchart-Korol D.: *Zarządzanie produkcją i usługami*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2007.
- Głowacka – Fertsch D., Fertsch M.: *Zarządzanie Produkcją*. Wyższa Szkoła Logistyki, Poznań, 2004.
- Golis B. i inni, *Druty miedziane, aluminiowe i bimetalowe*. Wyd.Wydziału Metalurgii i Inżynierii Materiałowej Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, 2001.

- Górecki W., *Inżynieria wytwarzania i przetwórstwa płaskich wyrobów metalowych*. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2006.
- Gudehus T., Kotzab H.: *Planing and scheduling production systems from a logistics*. Logist. Res., 2009, 163-172.
- Hamrol A., *Zarządzanie jakością z przykładami*. PWN, Warszawa, 2008.
- Hamrol A.: *Zarządzanie jakością z przykładami*. PWN, Warszawa, 2005.
- Hörmann W., Leydold J., Derflinger G., *Automatic Nonuniform Random Variate Generation*, Springer-Verlag, Berlin, 2011r.
- Huber Z.: *Analiza FMEA procesu*. Wyd. Złote myśli, Gliwice, 2007.
- Ignasiak E., *Badania operacyjne*. PWE Warszawa, 2001.
- Jasiński Z., Barcewicz M., *Zarządzanie Pracą - organizowanie, planowanie, motywowanie, kontrola*, Placet, Warszawa, 1999.
- Juszczak A., *Ergonomiczne aspekty projektowania stanowiska montażu ręcznego*, Praca magisterska, Zielona Góra 2012.
- Kielec R., *Planning of iterative production processes*, Przegląd Mechaniczny 11, 2009, s. 22—26.
- Klimpel A.: *Kontrola i zapewnienie jakości w spawalnictwie*, tom 1. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 1998.
- Klimpel A.: *Spawanie zgrzewanie i cięcie metali technologie*. Wyd. Naukowo Techniczne, Gliwice, 1999.
- Kowalczyk E., Kowalczyk R.: *Inwestuj w elektrownię wiatrową*, Wyd. Poligraf, Warszawa, 2009.
- Krautkramer Company Journal: Echo 36 – *State of lineart in ultrasonic testing of spot welds*.
- Krysicki W., Bartos J., Dyczka W., Królikowska K., Wasilewski M., *Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna w zadaniach*, część 2. Statystyka matematyczna, PWN, Warszawa, 2006.
- Krystyna Bolesta - Kukułka, Aleksander Chrostowski, Monika Kostera, Stanisław Kownacki, Andrzej K. Koźmiński, Andrzej Matczewski, Krzysztof Oblój, Włodzimierz Piotrowski, Alicja Sobczak, Piotr Szczepankowski, Andrzej Sopoćko i Maciej Trybuchowski: *Zarządzanie. Teoria i Praktyka*. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, 1996.
- Lis S.: *Organizacja podstawowych procesów produkcyjnych i sterowanie produkcją cz. I*. WPW, Warszawa, 1976.
- Lis S.: *Organizacja podstawowych procesów produkcyjnych i sterowanie produkcją cz. II*. WPW, Warszawa, 1976.
- Liowski B., Kozłowski R.: *Podstawowe zagadnienia zarządzania produkcją*. Wolters Kluwer, Polska, 2007.
- Łańcucki J., Kowalska D., Łuczak J., *Zarządzanie jakością w przedsiębiorstwie*. Oficyna Wydawnicza Ośrodka Postępu Organizacyjnego sp. zo.o., Bydgoszcz 1995.

- Marciniak S.: *Makro- i mikroekonomia dla inżynierów*. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, 1995.
- Martyniak Z.: *Nowoczesne metody zarządzania produkcją*. Oficyna Wydawnicza Drukarnia Antykwa s.c., Kraków, 1996.
- Materiały wewnętrzne Huty Miedzi "Cedynia" w Orsku. *Warunki techniczne wykonania i doboru walcówki wykonanej metodą Contirod*. Niepublikowane.
- Matuszek J.: *Inżynieria produkcji*. Wyd. Politechniki Łódzkiej Filia w Bielsku Białej, Bielsko-Biała, 2000.
- Migdalski J., *Poradnik niezawodności. Podstawy matematyczne*. Wydawnictwo Przemysłu Maszynowego „WEMA”, Warszawa, 1982.
- Muhlemann A.P., Oakland J.S., Lockyer K.G., *Zarządzanie produkcją i usługami*, WNT, Warszawa, 1997.
- Muhlemann A.P., Oakland J.S., Lockyer K.G.: *Zarządzanie produkcją i usługami*. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, 1997.
- Nakagawa T., *Maintenance Theory of Reliability*, Springer-Verlag, London, 2005.
- Nowosielski S.: *Podejście procesowe w organizacjach*. Wyd. Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław, 2011.
- Nowosielski S.: *Zarządzanie produkcją ujęcie controllingowe*. Wyd. Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław, 2001.
- Owen J.: *Zarządzanie. Czego nie uczą w szkołach biznesu*. Wyd. PWE, Warszawa, 2003.
- Pająk E.: *Zarządzanie produkcją. Produkt, technologia, organizacja*. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, 2006.
- Pasternak K.: *Zarys zarządzania produkcją*. Wyd. PWE, 2005.
- Patalas-Maliszewska J., Kłos S.: *Determinanty rozwoju przedsiębiorstw w aspekcie zarządzania wiedzą*, OUZ, Zielona Góra 2013.
- Penc J.: *Strategie zarządzania cz.I*. Agencja Wydawnicza PLACET, Warszawa, 1997.
- Penc J.: *Strategie zarządzania cz.II*. Agencja Wydawnicza PLACET, Warszawa, 1997.
- Piasecki i inni: *Ekonomika i zarządzanie małą firmą*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa-Łódź 1999.
- Praca zbiorowa pod redakcją Lambera T.: *Ćwiczenia z wytrzymałości materiałów* Laboratorium. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice, 1990.
- Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie. Sicherung der Qualität in der Prozesslandschaft – Allgemeines, Risikoanalysen, Methoden, Vorgehensmodelle – Produkt- und Prozess- FMEA. Verband der Automobilindustrie, Frankfurt am Main, 2009.
- Rinne H., *The Weibull Distribution: A Handbook*, CRC Press, New York, 2009.
- Rogowski A.: *Podstawy organizacji i zarządzania produkcją*. Wyd. CeDeWu, Warszawa, 2010.
- Rohatyński R., Kielec R., *Artificial Evolution in Design Process Optimization, Computer Integrated Manufacturing*. International Conference CIM on Zakopane 2001.

- Schuh G., Kampker A., Wesch – Potente C.: *Condition based faktory planing*. Prod. Eng. Res. Devel., 2011, 89-94.
- Senger Z.: *Sterowanie przepływem produkcji*. Wyd. Politechniki poznańskiej, Poznań, 1998.
- Soliński Ł., *Analiza planu produkcji na przykładzie wybranego produktu firmy Calesa Sp. z o.o. w Lubsku*, Praca Inżynierska Zielona Góra, 2007.
- Strugalski Z.: *Struktura wewnętrzna materiałów*. WNT, Warszawa, 1981.
- Strzelecki T., *Normowanie pracy w przedsiębiorstwie*, Warszawa, 1987.
- Strzelecki T., *Podstawy organizacji i normowania pracy*, PWE, Warszawa, 1983.
- System zarządzania*, Materiały szkoleniowe Gedia Poland Sp. z o.o.
- Szatkowski K.: *Przygotowanie produkcji*. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, 2012.
- Tytko R.: *Odnawialne źródła energii*, Wydanie III Zmienione, Wyd. OWG, Warszawa, 2009.
- Urbaniak – Sojka E., Banczyk P., Witczak H.: *Zarządzanie strategiczne przedsiębiorstwem*. Wyd. PWE, Warszawa, 2004.
- Vestas Wind System: *Poradnik V100- 2.6 MW z systemami OptiTip oraz OptiSpeed*.
- Waters D.: *Zarządzanie operacyjne towary i usługi*. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, 2001.
- Wołk R., *Badanie metod i normowanie pracy w przemyśle maszynowym*, WNT, Warszawa, 1966.
- Wołk R., *Podstawy normowania pracy w przemyśle maszynowym*, WNT, Warszawa, 1966.
- Wróblewski K.J.: *Podstawy sterowania przepływem produkcji*. Wydawnictwa Naukowo – Techniczne, Warszawa, 1993.
- Zarządzanie produkcją i kontrola jakości na szczeblu KGHM Oddział Huta Miedzi „Cedynia”*. Niepublikowane.
- Zhang Lifang, *Linear regression parameter estimation methods for the Weibull distribution*, BUAA, Beijing, China, 2008.

Spis tabel

Tab. 1.1. Przyrządy pomiarowe użyte do badań

Tab. 1.2. Zestawienie wyników pomiarów

Tab. 1.3. Ilość wyprodukowanej walcówki w poszczególnych klasach

Tabela 2.1. Sposób formułowania opisu potencjalnych wad w analizie FMEA

Tabela 2.2. Znaczenie wady w skali od 1 do 10

Tabela 2.3. Określenie prawdopodobieństwa wystąpienia wady w skali od 1 do 10

Tabela 2.4. Określenie prawdopodobieństwa detekcji wady w skali od 1 do 10

Tabela 3.1. Zewnętrzne czynniki determinujące rozwój przedsiębiorstwa: (1) rozwój sektora

Tabela 3. 2: Zewnętrzne czynniki determinujące rozwój przedsiębiorstwa: (2) zmiany technologiczne

Tabela 3.3: Macierz wzajemnych zależności czynników w otoczeniu i determinantów rozwoju przedsiębiorstwa

Tabela 3.4: Macierz wzajemnych zależności czynników w otoczeniu i determinantów rozwoju przedsiębiorstwa

Tabela 3.5: Macierz wzajemnych zależności czynników w otoczeniu i determinantów rozwoju przedsiębiorstwa

Tabela 3.6: Macierz wzajemnych zależności czynników w otoczeniu i determinantów rozwoju przedsiębiorstwa

Tab. 7.1. Szacowanie prawdopodobieństwa (Parametr P) w metodzie FMEA

Tab. 7.2. Szacowanie parametru S (waga) w metodzie FMEA

Tab. 7.3. Szacowanie parametru wykrywalność w metodzie FMEA

Tab. 7.4. Wartościowanie indeksu ryzyka RPN

Tab. 9.1. Ustalenie czasu realizacji operacji 2 metodą MTM2

Tab. 9.2. Ustalenie czasu realizacji operacji 2 metodą Lingskija i Siewastianowa

Tab. 9.3. Porównanie norm czasu pracy operacji montażu motoreduktora

Tab. 9.4 Czas montażu jednego motoreduktora w zależności od metody

Spis rysunków

- Rys.1.1 Schemat linii Contirod (opracowano wg [6])
Rys.1.2. Obieg ciekłej miedzi w procesie Contirod (opracowano wg [www.hazelett.com])
Rys. 1.3. Dozowanie ciekłej miedzi do krystalizatora
Rys. 1.4. Formowanie wlewka w krystalizatorze,
Rys. 1.5. Komora układająca zwijarki oraz zwijany krąg walcówki [Archiwum Huty Miedzi „Cedynia” w Orsku]
Rys.1.6. Stanowisko do pomiaru średnicy walcówki
Rys.1.7. Stanowisko do pomiaru zawartości tlenu w walcówce
Rys. 1.8. Stanowisko do prób skręcania 10/10
Rys. 1.9. Wady walcówki - wypływka
Rys. 1.10. Wady walcówki - pęknięcia
Rys. 1.11. Wady walcówki - łuska
Rys. 1.13. Ilość wyprodukowanej walcówki w poszczególnych klasach z wsadu „żółtego”
Rys. 1.14. Procentowe zestawienie przyczyn mających wpływ na obniżenie klasy walcówki
Rys. 1.15. Łuska związana
Rys. 1.16. Pustki pogazowe-przekrój poprzeczny pasma
Rys. 1.17. Rolki prowadzące pasmo [Archiwum Huty Miedzi „Cedynia” w Orsku]
- Rys. 2.1. Cele wprowadzenia analizy FMEA w przedsiębiorstwie
Rys. 2.2. Mapa przepływu procesu zbudowana z zastosowaniem symboli określających poszczególne rodzaje operacji
Rys 2.3. Szlifierka z przyrządem do zamocowania detalu
Rys. 2.4. Obszary szlifowania detalu
Rys. 2.5. Wygląd powierzchni detalu:
Rys. 2.6. Mocowanie detalu na szlifierce
Rys. 2.7. Obracanie detalu na szlifierce
Rys. 2.8. Arkusz FMEA z programu komputerowego APIS IQ-RM
- Rys. 3.1 Udział % firm posiadających własną stronę internetową w podziale na branżę
Rys.2-3 Przedsiębiorstwa posiadające systemy ERP oraz CRM w latach 2008-2011
- Rys. 4.1. Zapotrzebowanie na wyroby gotowe (opracowanie własne)
Rys. 4.2. Zaopatrzenie produkcji (opracowanie własne)
Rys. 4.3 Schemat postępowania – klient indywidualny (opracowanie własne)
Rys. 4.4. Schemat procesu planowania produkcji (opracowanie własne)
- Rys. 5.1. Schemat blokowy aplikacji

Rys. 5.2. Główne okno programu
Rys. 5.3. Zakładki z dostępnymi opcjami
Rys. 5.4. Wybór dostępnych estymatorów
Rys. 5.5. Wykres Niezawodność – czas
Rys. 5.6. Okno właściwości wykresu
Rys. 5.7. Wykres oczekiwanych strat

Rys. 6.1. Schemat organizacyjny firmy CALESA
Rys. 6.2. Przyjęcie zamówienia
Rys. 6.3. Szacowanie czasów na poszczególne operacje
Rys. 6.4. Kontrola obciążenia w poszczególnych tygodniach
Rys. 6.5. Tygodniowe planowanie godzin w gniazdach obróbczych
Rys. 6.6. Kontrola obciążenia firmy
Rys. 6.7. Planowanie produkcji
Rys. 6.8. Produktywność w wybranym okresie
Rys. 6.9. Produktywność w firmie Calesa w latach 2006-2012
Rys. 6.10. Obroty firmy Calesa w latach 2006-2012
Rys. 6.11. Wzrost zatrudnienia w firmie Calesa w latach 2002-2008

Rys. 7.1 Charakterystyka mocy elektrowni wiatrowej vestas V100 – 2.6 MW
Rys. 7.2 Analiza SWOT dotycząca przedsięwzięcia inwestycji w farmę wiatrową
Rys. 7.3 Klasyfikacja poszczególnych czynności w etapie koncepcyjnym według skali trudności ich wykonania/załatwienia

Rys. 8.1. Detal 151 A
Rys. 8.2. Detal będący elementem składowym detalu 151 A
Rys. 8.3 Zarejestrowane wyniki badań zgrzewów detalu 151 A
Rys. 8.4. Budowa maszyny wytrzymałościowej ZWICK 250
Rys. 8.5. Próbką podczas badania
Rys. 8.6. Próbkę bo badaniu
Rys. 8.7. Przykładowe wyniki badań podczas statycznej próby rozciągania
Rys. 8.8. Położenie próbek podczas badań
Rys. 8.9. Protokół badania wytrzymałości złącza spawanego pod kątem obciążenia 0°
Rys. 8.10. Protokół badania wytrzymałości złącza spawanego pod kątem obciążenia +75°
Rys. 8.11. Protokół badania wytrzymałości złącza spawanego pod kątem obciążenia – 75 stopni

Rys. 9.1 Metody normowania czasu
Rys. 9.2. Powiązanie różnych czynników w procesie normowania pracy
Rys. 9.3 Przebieg operacji na stanowisku montażowym