



POLITECHNIKA POZNAŃSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII ZARZĄDZANIA

ROZPRAWA DOKTORSKA

***Metoda opisu procesu produkcyjnego do celów planowania
i sterowania produkcją***

Autor:

mgr Michał Fertsch

Promotor pracy:

dr hab. inż. Łukasz Hadaś prof. PP

Poznań, 2023

Spis treści

Wstęp	3
Uzasadnienie wyboru tematu	3
Problem badawczy zawarty w rozprawie.....	4
Cel pracy	6
Metodyka pracy.....	7
Struktura pracy.....	9
Rozdział 1. Krytyczna analiza literatury z obszarów planowania	11
i sterowania produkcją.....	11
1.1. Analiza rozwiązań praktycznych funkcjonujących w obszarach planowania i sterowania produkcją.....	11
1.1.1. Omówienie rozwiązań funkcjonujących w obszarach planowania i sterowania produkcją	11
1.1.2. Analiza metod planowania i sterowania produkcją.....	13
1.1.3. Podsumowanie analizy rozwiązań praktycznych funkcjonujących w obszarach planowania i sterowania produkcją.....	19
1.2. Cel oraz planowany przebieg krytycznej analizy literatury z obszarów planowania i sterowania produkcją.....	20
1.3. Przebieg krytycznej analizy literatury z obszarów planowania	22
i sterowania produkcją.....	22
1.3.1. Wyznaczenie okresu czasu, który objąć powinna krytyczna analiza literatury	22
1.3.2. Identyfikacja problemów w obszarze planowania i sterowania produkcją	28
1.3.3. Analiza występowania zdiagnozowanych problemów w obszarze planowania produkcji .	30
1.3.4. Identyfikacja problemów w obszarze sterowania produkcją.....	38
Rozdział 2. Badanie empiryczne funkcjonowania obszarów planowania i sterowania produkcją w przedsiębiorstwach	42
2.1. Projekt kwestionariusz ankiety oraz dobór próby badawczej.....	42
2.2. Charakterystyka przedsiębiorstw objętych badaniem ankietowym	44
2.3. Analiza odpowiedzi z zakresu planowania produkcji	49
2.4. Analiza odpowiedzi z zakresu sterowania produkcją.....	53
2.5. Analiza korelacji pomiędzy warunkami funkcjonowaniem obszaru sterowania produkcją a zdefiniowanymi dla niego problemami.....	55
2.6. Analiza wpływu wykorzystywania systemów informatycznych na funkcjonowanie obszarów planowania i sterowania produkcją	58
Rozdział 3. Metoda opisu procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją	71
3.1. Opracowanie opisu procesu produkcyjnego	71
3.1.1. Podział procesu produkcyjnego na etapy.....	72

3.1.2. Definiowanie danych dla poszczególnych elementów procesu produkcyjnego	74
3.1.3. Definiowanie powiązań pomiędzy poszczególnymi etapami procesu produkcyjnego	78
3.2. Zasady funkcjonowania metody opisu procesu produkcyjnego	79
3.2.1. Panowanie produkcji w oparciu o proponowaną metodę opisu procesu produkcyjnego .	79
3.2.2. Sterowanie produkcją w oparciu o proponowaną metodę opisu procesu produkcyjnego	87
3.3. Porównanie zastosowania metody opisu procesu produkcyjnego z planowaniem zapotrzebowania materiałowego w obszarze planowania i sterowania produkcją.....	88
3.3.1 Zamknięta pętla MRP	88
3.3.2. Funkcjonowanie metody opisu procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją.....	90
Scenariusz pierwszy.....	92
Scenariusz drugi.....	105
Scenariusz trzeci	118
Rozdział 4. Weryfikacja funkcjonowania metody opisu procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją w oparciu o studia przypadku	134
4.1. Studium przypadku Remmele Engineering, Inc. (Blackstone, 2008)	134
4.1.1. Charakterystyka warunków wyjściowych.....	134
4.1.2. Planowanie produkcji w warunkach omawianego przykładu	135
4.1.3. Planowanie produkcji w oparciu o proponowaną metodę opisu procesu produkcyjnego	138
4.2. Studium przypadku War Eagle Hoists (Blackstone, 2008)	151
4.3. Weryfikacja zaproponowanego rozwiązania w oparciu o stawiane mu wyzwania	163
Podsumowanie	166
Spis literatury	170
Spis rysunków.....	182
Spis tabel	184
Załącznik 1. Kwestionariusz ankiety	187

Wstęp

Uzasadnienie wyboru tematu

Planowanie produkcji i sterowanie jej przebiegiem to proces odbywający się w obszarze przetwarzania informacji. Ogólna definicja planowania określa planowanie, jako *„abstrakcyjny proces, w którym rozpatruje się i organizuje działania ze względu na kryterium ich przyszłych wyników. Zadaniem tego procesu jest znalezienie najlepszej drogi do osiągnięcia wcześniej postawionych celów”* (GHALLAB, NAU i TRAVERSO, 2004.) Cytowana definicja planowania ma uniwersalny charakter, odnosi się do istoty tego procesu nie wiążąc jej ani ze środowiskiem, w którym on przebiega ani z celem tego procesu.

W przedsiębiorstwie produkcyjnym szczególne miejsce w procesie planowania zajmuje planowanie produkcji. *„Polega ono na ustaleniu wielkości produkcji w danym okresie (horyzoncie planistycznym) dla pokrycia odpowiadającego temu okresowi zapotrzebowania ze strony klientów wyrażonego w planie lub prognozie sprzedaży w celu osiągnięciu celów głównych przedsiębiorstwa, jakimi są maksymalizacja zysku i zwrotu z zainwestowanego kapitału. Jako dodatkowe kryteria bierze się czasami pod uwagę produktywność i osiągnięcie lub utrzymanie konkurencyjnych cykli dostawy. Dąży się przy tym do osiągnięcia takiego rozkładu produkcji w czasie, które opowiada zapotrzebowaniu klientów, spełnia cele ogólne i zapewnia względnie równomierne obciążenie dysponowanych zasobów. Ewentualne nierównomierności w obciążeniu zasobów kompensuje się zwykle poprzez tworzenie okresowo utrzymywanych zapasów”* (APICS Dictionary, 2019).

Proces planowania produkcji i sterowania produkcją w przedsiębiorstwie może być zorganizowany na różne sposoby. Sposoby te nazywane są strategiami planowania i sterowania produkcją. Określają one kolejność problemów rozpatrywanych przy rozwiązywaniu zadania planistycznego i główny zamysł obowiązujący przy opracowywaniu planu. Ich wybór w warunkach konkretnego przedsiębiorstwa determinowany jest przez czynniki pochodzące z rynku wyrobów produkowanych przez przedsiębiorstwo, czynniki wynikające z technologii, organizacji procesu produkcyjnego i czynniki wynikające z organizacji przedsiębiorstwa. Ich uwzględnienie pozwala zorganizować proces planowania i sterowania produkcją w sposób uwzględniający wymagania rynku i istniejące ograniczenia zasobów.

Przesłanką do podjęcia przez autora badań były doświadczenia zawodowe w przemyśle, gdzie miał on sposobność pracować, jako planista produkcji w przedsiębiorstwie HCP Cegielski Poznań w fabryce zajmującej się produkcją silników okrętowych oraz w przedsiębiorstwie Pfeiffer&Langen Polska, gdzie zajmował stanowisko specjalisty do spraw planowania produkcją. Pracując w dwóch dużych przedsiębiorstwach produkcyjnych autor doszedł do wniosku, że niezależnie od warunków planowania funkcjonujących w przedsiębiorstwie, gałęzi przemysłu, w których działa przedsiębiorstwo oraz uwarunkowań technicznych istnieje pewien zbiór problemów, które wynikają z dostępności, dokładności oraz jakości dostępnych danych wykorzystywanych w obszarach planowania i sterowania produkcją.

W trakcie krytycznej analizy literatury **zidentyfikowana została luka badawcza**. W analizowanych pozycjach literaturowych nie natrafiono na opis wykorzystania struktury procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją, który miałby charakter uniwersalny pozwalający na jego wykorzystanie w znacznej liczbie przedsiębiorstw produkcyjnych. Zidentyfikowany został również brak określenia cech, którymi taki opis miałby się charakteryzować. Napotkane przykłady w tym obszarze miały charakter rozwiązań dedykowanych konkretnym przedsiębiorstwom lub konkretnym wyzwaniom w nich zaobserwowanym. Stan taki uniemożliwiał ich szerokie wykorzystanie.

Problem badawczy zawarty w rozprawie

Głównym problemem badawczym podjętym w rozprawie było określenie, w jaki sposób poprawić funkcjonowanie planowania i sterowania produkcji w przedsiębiorstwach, aby odpowiadało ono w najpełniejszy sposób wyzwaniom stawianym tym obszarom w przedsiębiorstwach. Wyzwania te wynikają ze wzrostu wymagań klientów. Są one szeroko opisywane w literaturze i charakteryzują się między innymi presją na przedsiębiorstwa mającą spowodować skrócenie czasu realizacji zleceń czy też chęć wpływania klientów na finalny kształt wyrobów gotowych. Tak postawiony problem wymagał poszukania rozwiązania uniwersalnego, mogącego mieć zastosowanie w dużej grupie przedsiębiorstw o różnej wielkości, działających na różnych rynkach oraz w różnych branżach. Rozwiązanie tak postawionego problemu badawczego wymagało sformułowania hipotez badawczych oraz ich uszczegółowienia w oparciu o pytania oraz zadania badawcze.

H1. W obszarze planowania i sterowania produkcją występuje grupa powtarzających się problemów (Pierwsza hipoteza badawcza).

Weryfikacja hipotezy badawczej wymagała realizacji zadań badawczych.

ZB.1. Określenie zakresu przedziału czasowego, który powinna objąć analiza literatury do celów weryfikacji pierwszej hipotezy badawczej (pierwsze zadanie badawcze).

ZB.2. Identyfikacja powtarzających się problemów w obszarze planowania i sterowania produkcją (drugie zadanie badawcze).

H2. Występowanie zidentyfikowanej grupy problemów jest niezależne od cech przedsiębiorstw, w których problemy te zostały zaobserwowane (druga hipoteza badawcza).

Weryfikacja hipotezy badawczej wymagała odpowiedzi na pytania badawcze:

P1., Jakie są cechy analizowanych przedsiębiorstw, dla których zidentyfikowano występowanie analizowanych problemów (pierwsze pytanie badawcze)?

P2. Czy cechy analizowanych przedsiębiorstw mają wpływ na występowanie zidentyfikowanych problemów (drugie pytanie badawcze)?

H3. Występowanie zidentyfikowanej grupy problemów nie zależy od sposobu organizacji produkcji oraz funkcjonowania sfery planowania i sterowania produkcją przedsiębiorstw, w których problemy te zostały zaobserwowane (trzecia hipoteza badawcza).

Weryfikacja hipotezy badawczej wymagała realizacji zadania badawczego oraz znalezienia odpowiedzi na pytanie badawcze:

ZB.3. Określenie sposobu organizacji produkcji oraz funkcjonowania sfery planowania i sterowania produkcją w przedsiębiorstwach, dla których zidentyfikowano występowanie analizowanych problemów (trzecie zadanie badawcze).

P.3. Czy istnieje zależność pomiędzy występowaniem poszczególnych problemów a sposobem funkcjonowania przedsiębiorstw (trzecie pytanie badawcze)?

H4. Zastąpienie analizy zapotrzebowania na materiały (struktury wyrobu) analizą procesu produkcyjnego (strukturą procesu produkcyjnego) usprawni funkcjonowanie planowania i sterowania produkcją w przedsiębiorstwach produkcyjnych (czwarta hipoteza badawcza).

Hipoteza badawcza zweryfikowana została w oparciu o zadania badawcze:

ZB.4. Opracowanie założeń funkcjonowania proponowanego rozwiązania (czwarte zadanie badawcze).

ZB.5. Opracowanie metody opisu procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją (piąte zadanie badawcze).

ZB.6. Ewaluacja proponowanego rozwiązania (szóste zadanie badawcze).

Cel pracy

Celem rozprawy było opracowanie i weryfikacja metody opisu struktury procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją, stanowiącego odpowiedź na zidentyfikowane wyzwania występujące w tych obszarach w przedsiębiorstwach produkcyjnych. Opis struktury procesu produkcyjnego rozumiany jest, jako zbiór informacji o długości procesu produkcyjnego oraz jego etapów, zasobach koniecznych do realizacji etapów procesu produkcyjnego oraz zależności pomiędzy poszczególnymi etapami procesu produkcyjnego. Opracowanie metody opisu procesu produkcyjnego ma za zadanie umożliwić budowę narzędzia wykorzystującego opis struktury procesu produkcyjnego, którego użycie będzie możliwe w przedsiębiorstwach.

Cel pracy został osiągnięty poprzez realizację kolejnych etapów tworzących procedurę badawczą, na którą składały się weryfikacja hipotez oraz odpowiedzi na pytania badawcze i realizacja zadań badawczych.

Kolejne etapy procedury badawczej przedstawiały się następująco:

1. Ustalenie wyzwań stawianych obszarom planowania i sterowania produkcją w formie listy problemów, z którymi w tych obszarach borykają się przedsiębiorstwa produkcyjne,

2. Analizy występowania zdiagnozowanych problemów w kontekście cech oraz warunków funkcjonowania przedsiębiorstw, w których te problemy zdiagnozowano,
3. Określenia założeń rozwiązania, które stanowiłoby odpowiedź na stawiane wyzwania,
4. Opracowania metody opisu procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją,
5. Weryfikacji opracowanego rozwiązania.

Realizacja powyższych etapów ma znaczenie zarówno z punktu widzenia teorii jak i praktyki. Aspekt poznawczy zawarty jest w opracowaniu listy problemów oraz wyzwań stawianych funkcjonowaniu planowania oraz sterowania produkcji, wraz z ich powiązaniem z cechami i warunkami funkcjonowania przedsiębiorstw. Aspekt użyteczny zawarty jest w zaproponowanym rozwiązaniu, które będzie mogło posłużyć w praktyce do celów planowania i sterowania produkcji.

Metodyka pracy

W pracy w ramach realizacji jej celu wykorzystano:

- a) Krytyczną analizę literatury,
- b) Badanie ankietowe,
- c) Analizę statystyczną,
- d) Prace projektowe,
- e) Weryfikację opracowanego rozwiązania.

Prace zrealizowane w ramach procedury badawczej pozwoliły na weryfikację postawionych hipotez oraz na opracowanie rozwiązania spełniającego postawione mu wymagania. Powiązanie przebiegu prac, postawionych hipotez, zadań oraz pytań badawczych z metodami badawczymi przedstawiono zostało w tabeli numer 1.

Tabela 1. Zestawienie przebiegu prac (opr. własne).

Hipotezy, zadania oraz pytania badawcze	Etap procedury badawczej	Metoda badawcza/ Podjęte działania
W obszarze planowania i sterowania produkcją występuje grupa powtarzających się problemów. (H1- pierwsza hipoteza badawcza).	Ustalenie wyzwań stawianych obszarom planowania i sterowania produkcji w formie listy problemów, z którymi w tych obszarach borykają się przedsiębiorstwa produkcyjne.	Krytyczna analiza literatury z obszaru planowania i sterowania produkcją.
ZB.1. Określenie zakresu przedziału czasowego, który powinna objąć analiza literatury do celów weryfikacji pierwszej hipotezy badawczej (pierwsze zadanie badawcze).		
ZB.2. Identyfikacja powtarzających się problemów w obszarze planowania i sterowania produkcją (drugie zadanie badawcze).		
Występowanie zidentyfikowanej grupy problemów jest niezależne od cech przedsiębiorstw, w których problemy te zostały zaobserwowane. (H2 - druga hipoteza badawcza).	Analiza występowania zdiagnozowanych problemów w kontekście cech oraz warunków funkcjonowania przedsiębiorstw, w których te problemy zdiagnozowano.	Krytyczna analiza literatury z obszaru planowania i sterowania produkcją/ Badanie ankietowe.
P1. Jakie są cechy analizowanych przedsiębiorstw, dla których zidentyfikowano występowanie analizowanych problemów (pierwsze pytanie badawcze)?		
P2. Czy cechy analizowanych przedsiębiorstw mają wpływ na występowanie zidentyfikowanych problemów (drugie pytanie badawcze)?		
Występowanie zidentyfikowanej grupy problemów nie zależy od sposobu organizacji produkcji oraz funkcjonowania sfery planowania i sterowania produkcją przedsiębiorstw, w których problemy te zostały zaobserwowane (H3 trzecia hipoteza badawcza).	Analiza występowania zdiagnozowanych problemów w kontekście cech oraz warunków funkcjonowania przedsiębiorstw, w których te problemy zdiagnozowano.	Krytyczna analiza literatury z obszaru planowania i sterowania produkcją/ Badanie ankietowe.
ZB3. Określenie sposobu organizacji produkcji oraz funkcjonowania sfery planowania i sterowania produkcją w przedsiębiorstwach, dla których zidentyfikowano występowanie analizowanych problemów (trzecie zadanie badawcze).		
P3. Czy istnieje zależność pomiędzy występowaniem poszczególnych problemów a sposobem funkcjonowania przedsiębiorstw (trzecie pytanie badawcze)?		
Zastąpienie analizy zapotrzebowania na materiały (struktury wyrobu) analizą procesu produkcyjnego (strukturą procesu produkcyjnego) usprawni funkcjonowanie planowania i sterowania produkcją w przedsiębiorstwach produkcyjnych (H4 - czwarta hipoteza badawcza).	Określenia założeń rozwiązania, które stanowiłoby odpowiedź na stawiane wyzwania. Opracowania metody opisu procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją.	Prace projektowe budowy metody opisu procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją.
ZB4. Opracowanie założeń funkcjonowania proponowanego rozwiązania (czwarte zadanie badawcze).		
ZB5. Opracowanie metody opisu procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją (piąte zadanie badawcze).		
ZB6. Ewaluacja proponowanego rozwiązania (szóste zadanie badawcze).	Weryfikacja opracowanego rozwiązania.	Prace projektowe . Ewaluacja otrzymanych wyników w oparciu o wybrane kryteria.

Struktura pracy

Struktura rozprawy obejmuje cztery główne rozdziały oraz wstęp i podsumowanie.

Wstęp stanowi wprowadzenie do rozprawy. Zawiera on uzasadnienie wyboru tematu, prezentację przedmiotu badań, cel pracy, sformułowane problemy i założenia badawcze oraz przyjętą metodykę badań.

Pierwszy rozdział nosi tytuł *Krytyczna analiza literatury z obszarów planowania i sterowania produkcją*. Zawiera on analizę literatury z obszarów planowania i sterowania produkcją. Pierwsza część rozdziału obejmuje analizę literatury pod kątem opisywanych niej rozwiązań z obszarów planowania i sterowania produkcją. Służy on krytycznej analizie opisywanych rozwiązań oraz opracowaniu założeń dla zasad funkcjonowania proponowanego rozwiązania. Druga część rozdziału służy określeniu kryteriów doboru pozycji literaturowych, które poddane zostały analizie. Trzecia część rozdziału koncentruje się na określeniu problemów występujących w przedsiębiorstwach w tych obszarach oraz określeniu cech przedsiębiorstw, w których zostały one zaobserwowane. Ostatnia Rozdział opracowany został w oparciu o analizę pozycji literaturowych z obszarów planowania i sterowania produkcją.

Drugi rozdział pod tytułem *Badanie empiryczne warunków funkcjonowania obszarów planowania i sterowania produkcją w przedsiębiorstwach* opisuje wyniki przeprowadzonego badania ankietowego, którego zadaniem było uzupełnienie wiedzy uzyskanej drogą analizy literatury oraz uzyskanie dodatkowych obserwacji z zakresu występowania zaobserwowanych problemów w zależności od warunków funkcjonowania przedsiębiorstw. Rozdział opracowany został w oparciu o badania przeprowadzone w przedsiębiorstwach.

Rozdział trzeci *Metoda opisu procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją* pokazuje sposób opracowania opisu procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją oraz opisuje zasady wykorzystania proponowanego rozwiązania. Opracowane zostały trzy przykłady teoretyczne charakteryzujące się różnym stopniem skomplikowania, obrazujące zasady funkcjonowania proponowanego rozwiązania. Wykazały one cechy proponowanej metody opisu procesu produkcyjnego.

Rozdział czwarty *Weryfikacja funkcjonowania metody opisu procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją w oparciu o studia przypadku* zawiera

weryfikację oraz ocenę funkcjonowania proponowanego rozwiązania w oparciu o dwa studia przypadku.

Posumowanie zawiera najistotniejsze wyniki wraz z ich odniesieniem do celu pracy, hipotez, zadań oraz pytań badawczych oraz rekomendację dalszych badań i rozwoju prezentowanej koncepcji.

Rozdział 1. Krytyczna analiza literatury z obszarów planowania i sterowania produkcją

1.1. Analiza rozwiązań praktycznych funkcjonujących w obszarach planowania i sterowania produkcją

1.1.1. Omówienie rozwiązań funkcjonujących w obszarach planowania i sterowania produkcją

Pierwszym etapem krytycznej analizy literatury było określenie kryteriów, w oparciu, o które weryfikowane będą pierwsza (H1) i druga (H2) hipoteza badawcza oraz znalezienie wymagań, które spełniać powinno proponowane rozwiązanie. Na tym etapie dokonano również analizy rozwiązań funkcjonujących w praktyce w obszarach planowania i sterowania produkcją wraz z analizą ich mocnych oraz słabych stron. Znaleziono zostały również cechy wspólne funkcjonujących rozwiązań, które pozwoliły na sformułowanie czwartej hipotezy badawczej (H4).

Proces planowania produkcji i sterowania produkcją w przedsiębiorstwie może być zorganizowany na różne sposoby. Sposoby te nazywane są strategiami planowania i sterowania produkcją. Określają one kolejność problemów rozpatrywanych przy rozwiązywaniu zadania planistycznego i główny zamysł obowiązujący przy opracowywaniu planu. Ich wybór w warunkach konkretnego przedsiębiorstwa determinowany jest przez czynniki pochodzące z rynku wyrobów produkowanych przez przedsiębiorstwo, czynniki wynikające z technologii i organizacji procesu produkcyjnego i czynniki wynikające z organizacji przedsiębiorstwa. Uwzględnienie tych wszystkich czynników pozwala zorganizować proces planowania i sterowania produkcją w sposób uwzględniający wymagania rynku i istniejące ograniczenia zasobów (Fertsch, 2013).

W procesie planowania produkcji korzysta się ze stałego zbioru bieżąco aktualizowanych informacji. Zbiór ten obejmuje (Fertsch, 2013):

- Dane dotyczące ilości i terminów produkcji,
- Prognozę popytu,
- Stan zapasów wyrobów gotowych,

- Stan obciążenia zasobów produkcyjnych.

„Sterowanie przebiegiem produkcji polega na sterowaniu i regulacji przemieszczania dóbr przez proces produkcyjny od pozyskania surowców do dostarczenia wyrobu gotowego” (APICS Dictionary, 2019). Za główny cel sterowania przepływem produkcji przyjmuje się wykonanie planu sprzedaży przez produkcję wyrobów w odpowiedniej ilości i terminie. Do celów pośrednich zalicza się natomiast zapewnienie równomiernego obciążenia pracowników i maszyn przy zaangażowaniu jak najmniejszej ilości środków finansowych (Hadaś, Fertsch i Cyplik, 2012).

Proces sterowania produkcją będący kontynuacją i uzupełnieniem planowania produkcji może być w przedsiębiorstwie zorganizowany na różne sposoby. Sposoby te określają warunki produkcyjne przedsiębiorstwa i ogólne oraz szczegółowe zasady sterowania przepływem produkcji (Hadaś, Fertsch i Cyplik, 2012). Kombinacje obu tych czynników to znaczy warunków produkcyjnych przedsiębiorstwa (charakter przepływu produkcji, stopień rozbudowania struktury produkcyjnej, stopień rozwinięcia zadania produkcyjnego) i zastosowanych zasad sterowania przepływem produkcji decydują o doborze szczegółowych metod sterowania produkcją. Największy wpływ na dobór metod sterowania produkcją w konkretnym przedsiębiorstwie ma złożoność konstrukcyjna produkowanych wyrobów oraz odpowiadająca jej organizacja jednostek produkcyjnych (Hadaś, Fertsch i Cyplik, 2012).

W procesie sterowania przepływem produkcji korzysta się z licznego i zróżnicowanego zbioru bieżąco aktualizowanych informacji. W przypadku konkretnego przedsiębiorstwa zbiór tych informacji wynika ze stosowanych metod sterowania produkcją. Zbiór informacji wykorzystywanych w procesie sterowania produkcją obejmować może (Hadaś, Fertsch i Cyplik, Planowanie i sterowanie produkcją, 2012):

- Dane dotyczące programów produkcji i terminów produkcji,
- Dane dotyczące zapasów (robót w toku, zapasu magazynowego),
- Taktu produkcji,
- Cykli produkcyjnych,
- Wielkość indywidualnych lub zbiorczego wyprzedzenia czasowego.

Na podstawie analizy czynników mających wpływ na funkcjonowanie planowania produkcji określono czynniki, których ewentualny wpływ jest istotny dla potwierdzenia drugiej hipotezy badawczej. Dla obszaru planowania produkcji jako kluczowe zdefiniowane zostały czynniki pochodzące z rynku wyrobów produkowanych przez przedsiębiorstwo oraz czynniki wynikające z organizacji przedsiębiorstwa. Do celów analizy przedsiębiorstw wybrano informacje o wielkości przedsiębiorstwa, gałęzi przemysłu, oraz rynku, na którym działa przedsiębiorstwo. **Wykazanie braku powiązania tych czynników z występowaniem zidentyfikowanych problemów pozwoli na potwierdzenie drugiej hipotezy badawczej (H2) dla obszaru planowania produkcji.**

W wyniku analizy czynników mających wpływ na funkcjonowanie sterowania produkcją zidentyfikowane zostały czynniki mające wpływ na funkcjonowanie tej sfery w przedsiębiorstwach. Były to: charakter przepływu produkcji, stopień rozbudowania struktury produkcyjnej. **Wykazanie braku zależności tych czynników z występowaniem zidentyfikowanych dla obszaru sterowania produkcją problemów potwierdzi słuszność drugiej hipotezy badawczej (H2) dla obszaru sterowania produkcją.**

Ustalono również wymagania stawiane proponowanemu rozwiązaniu. Proponowana metoda opisu procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją w obszarze planowania produkcji powinna umożliwiać analizę danych dotyczących: **ilości i terminów produkcji, prognoz popytu, stanów zapasów wyrobów gotowych, stanu obciążenia zasobów produkcyjnych.** W obszarze sterowania produkcją proponowane rozwiązanie powinno wykorzystywać dane o: **programach i terminach produkcji, robotach w toku, zapasie magazynowym, takcie produkcji, cyklach produkcyjnych, wielkości indywidualnych lub zbiorczego wyprzedzenia czasowego oraz pozwolić na analizę tych danych.**

1.1.2. Analiza metod planowania i sterowania produkcją

Pierwsza analizowana klasyfikacja metod planowania i sterowania produkcją zaproponowana została przez J. Łopatowską (Łopatowska, 2005) opisywane przez nią są następujące metody:

- a. Metoda MRP wraz z jej późniejszymi rozwinięciami w postaci MRPII oraz ERP
- b. Metodę Werbel-Bufor-Linia (TOC)

- c. Kaban
- d. CONWIP
- e. Linia FIFO.

Charakteryzując te rozwiązania autorka określiła związki poszczególnych metod planowania i sterowania produkcją z charakterem organizacyjnym przedsiębiorstwa oraz wymaganiami rynku. Analizując przedstawione w omawianym artykule wyniki należy stwierdzić, że najbardziej uniwersalną metodą planowania i sterowania produkcją jest metoda MRP. Możliwe jest jej zastosowanie w przypadku zarówno produkcji jednostkowej jak i seryjnej, podczas gdy pozostałe omawiane metody mogą być stosowane jedynie w przypadku produkcji małej i wielkoseryjnej. Również w obszarze organizacji produkcji metoda MRP charakteryzuje się największą uniwersalnością. Może być ona stosowana w przypadku gniazdowej organizacji produkcji oraz liniowego jej przepływu, podczas gdy pozostałe wymagają stosowania liniowego przepływu produkcji lub wykorzystania linii produkcyjnej. Kolejnym elementem wyróżniającym metodę MRP jest konieczność stosowania wspomagania komputerowego, w sytuacji, gdy pozostałe metody nie wykazują takiej konieczności.

Kolejną analizowaną klasyfikacją metod planowania i sterowania produkcją jest klasyfikacja zaproponowana przez J. Mula i współautorów (Mula, Poler, García-Sabater, P. i Lario, 2006). Wśród omawianych przez autorów metod znalazły się:

- a) Planowanie zbiorcze,
- b) Hierarchiczne planowanie produkcji,
- c) MRP/MRP II,
- d) Planowanie potencjału,
- e) Zarządzanie zapasami,
- f) Planowanie łańcucha dostaw.

Autorzy dokonali analizy poszczególnych metod planowania i sterowania produkcją pod kątem możliwości ich adaptacji do niepewności płynącej z rynku. W zaproponowanym rozwiązaniu największą uniwersalnością wykazała się metoda MRP/MRP II. Wśród czterech zaproponowanych modeli analizy niepewności metoda ta znalazła swoje zastosowanie we wszystkich z nich.

Z kolei S.U. Rahman (Rahman, 1998) jako trzy najważniejsze metody planowania i sterowania produkcją, które znalazły rzeczywiste i szerokie zastosowanie w omawianym obszarze klasyfikuje:

- a. MRP/MRP II,
- b. Just-in-Time,
- c. Theory of constraints.

Bazując na przedstawionych powyżej zestawieniach do dalszej analizy wybrano metody stosowane, od dłuższego czasu, które znalazły swoje implementacje w przemyśle, uznawane przez wymienionych powyżej autorów za najważniejsze. Ich szerokie zastosowanie w przemyśle pozwoli na opracowanie zestawienia reguł ich funkcjonowania oraz mocnych i silnych stron. Są to: MRP/MRP II, TOC oraz Just-in-Time.

Metoda MRP/MRP II

Funkcjonowanie metody MRP/MRP II bazuje na wykorzystaniu struktury wyrobu. Na podstawie głównego harmonogramu produkcji, który określa wielkość i termin zakończenia produkcji (spływu) wyrobu gotowego. Opracowywane są harmonogramy produkcji części i harmonogramy zaopatrzenia w materiały. Ilość opracowywanych harmonogramów produkcji części zależy od szczegółowości stosowanej struktury wyrobu. Terminy planowanej produkcji części określone są za pomocą normatywów definiowanych na potrzeby funkcjonowania MRP/MRP II. Normatywami tymi są wielkość partii produkcyjnej oraz cykl produkcji partii produkcyjnej. Normatywy te definiowane są w oparciu o uwarunkowania technologiczne przedsiębiorstwa stosującego omawianą metodę. Na podstawie harmonogramów produkcji części tworzone są harmonogramy zaopatrzenia w surowce i materiały. Do ich opracowania wykorzystywane są kolejne normatywy: cykl dostawy oraz partia dostawy. Te normatywy są najczęściej wynikiem negocjacji i umów podpisanych z dostawcami. W chwili obecnej stosowanie tej metody planowania wymaga wspomagania informatycznego.

Metoda MRP leżąca u podstaw MRPII oraz ERP była dużym krokiem w obszarze zarządzania zapasami (Umble, Haft i Umble, 2003). Dzięki rozwojowi technologii MRP koncentrujące się początkowo na ograniczaniu poziomów zapasu w przedsiębiorstwie, rozwinęła się do poziomu systemów komputerowych pozwalających na integrację większej ilości obszarów funkcjonowania przedsiębiorstw. Systemy informatyczne klasy ERP są w tej chwili najczęściej używanymi systemami informatycznymi wspomagającymi planowanie i sterowanie produkcją. Mimo wielu zalet omawianej metody, ma ona jednak również słabą

stronę. Opracowywane harmonogramy produkcji części nie uwzględniają dostępności potencjału produkcyjnego. Problem ten musi być rozwiązany przez osoby planujące produkcję poprzez ustalenie kolejności realizacji zaplanowanych zleceń produkcyjnych (Bahl, Ritzman i Gupta, 1987). Analiza dostępności potencjału produkcyjnego realizowana jest, jako ostatnia faza planowania produkcją, co może mieć negatywny wpływ na funkcjonowanie przedsiębiorstwa. Sytuacja ta pociąga za sobą próby synchronizacji wyników uzyskiwanych z wykorzystaniem metody MRP z narzędziami analizującymi dostępność potencjału produkcyjnego (Gundogar, Aydin i Erkayman, 2012).

Metoda TOC

TOC - Theory of Constraints zakłada definiowanie wąskich przekrojów w przedsiębiorstwie, podporządkowania wszystkich decyzji ich maksymalnemu wykorzystaniu, zezwalając jednocześnie na przestoje oraz niepełne wykorzystanie potencjału produkcyjnego innych zasobów. Funkcjonowanie omawianej metody planowania i sterowania produkcją opiera się na pięciu krokach (Gupta i Snyder, 2009):

- a. Zidentyfikuj ograniczenie systemu,
- b. Zdecyduj, jak wykorzystać ograniczenie systemu,
- c. Podporządkuj wszystko inne tej decyzji,
- d. Zmniejsz wpływ ograniczenia na system,
- e. Wróć do kroku pierwszego, ale nie pozwól na negatywny wpływ na ograniczenie systemu.

Omawiana metoda planowania produkcji dedykowana jest przedsiębiorstwom, w których istnieje jedno lub zaledwie kilka zasobów produkcyjnych mających znaczny wpływ na wielkość produkcji całego przedsiębiorstwa. Rozwiązanie było z sukcesem implementowane w różnych przedsiębiorstwach, umożliwiając zwiększenie produktywności całego przedsiębiorstwa, obniżenie zapasów oraz skrócenie cyklu produkcji wyrobów gotowych (Bylinski, 1983). Zastosowanie omawianej metody wymaga jednak podejścia do analizy wykorzystania potencjału produkcyjnego przedsiębiorstwa, jako analizy jego produktywności. Założenie, że część stanowisk produkcyjnych celowo nie jest obciążona w sposób maksymalny uniemożliwia analizę ich wykorzystania. Kolejnym problemem zdiagnozowanym w przedsiębiorstwach wykorzystujących metodę TOC jest zjawisko wędrujących wąskich przekrojów (Thürer i Stevenson, 2018).

Metoda Just-in-Time

Początkiem metody Just-in-Time było wdrożenie w fabryce Toyoty w roku 1953 przez Takich Oho rozwiązania mającego pozwolić na:

- a. Zmniejszenie zapasów oraz skrócenie cyklu produkcji,
- b. Zwiększenie szybkości wymiany informacji,
- c. Zwiększenia produktywności,

Metoda Just-in-Time w sterowaniu produkcją zakłada wykorzystanie kart „kaban”. Funkcjonowanie omawianego rozwiązania zakłada (Hall, 1983) (Singh i Falkenburg, 1994.) (Ohno, 1988):

- a. Równoważenie harmonogramu w celu uzyskania małej zmienności liczby części,
- b. Unikania złożonych informacji i hierarchicznych systemów kontroli na poziomie czynnika,
- c. Nie pobierania części bez karty Kaban,
- d. Pobierania tylko części potrzebne na każdym etapie,
- e. Nie przekazywania wadliwych części na kolejne stanowisko,
- f. W przypadku wycofania części z produkcji, wykonania ich dokładnej ilości.

Metoda Just-in-Time jest szeroko wykorzystywana w przedsiębiorstwach produkcyjnych. Jej wykorzystanie prowadzi do wielu pożądaných przez przedsiębiorstwo rezultatów. Zaliczyć do nich możemy: eliminację strat (Hobbs, 1997), poprawę komunikacji zarówno wewnątrz organizacji, jak i z partnerami (Inman i Mehra, 1991.), Zmniejszenie kosztów zakupu, co w przypadku wielu przedsiębiorstw stanowi główny koszt (Ansari i Modarress, 1990), skrócenie czasu realizacji zamówień (Arogyaswamy i Simmons, 1991), skrócenie cyklu produkcji (Crawford i Cox, 1991), poprawę jakości produkcji (Cook, 1996) oraz zwiększanie produktywności (Hobbs, 1997), integrację różnych obszarów funkcjonalnych w organizacji. W szczególności wypełnia lukę między produkcją a księgowością (Johnson, 1988).

Wśród przedsiębiorstw stosujących metodę Just-in-Time zaobserwowane zostały również problemy związane ze stosowaniem tego rozwiązania. Pierwszym z problemów jest sytuacja, gdy wykonywana na jednym stanowisku produkcyjnym jest większa liczba wyrobów a

dodatkowo zapotrzebowanie na nie występuje w znacząco się różniących się od siebie wielkościach. W takiej sytuacji występują trudności ze zrównoważeniem harmonogramów produkcji tych wyrobów (Brauner i Crama, 2004). Wśród innych identyfikowanych problemów związanych z wykorzystaniem metody Just-in-Time znalazły się: nieefektywne zarządzanie zasobami i skomplikowanie procesu planowania w sytuacji, gdy istnieją duże zmiany w wielkościach zamówień. W takiej sytuacji proces zmiany harmonogramu wymaga czasu i zaangażowania wielu działów w realizację zamówienia. Ponadto dodatkowy czas może zakłócić niewielki bufor czasowy w produkcji. Kolejnym problemem jest ryzyko związane z terminową dostawą materiałów od dostawców. Ponieważ przedsiębiorstwo potrzebuje terminowych dostaw materiałów, zorganizowanych w małe partie istnieje ryzyko ich zakłóceń. Ponieważ proces planowania jest procesem wielozadaniowym, w którym zaangażowanych jest kilka jego działów może to prowadzić do konfliktów pomiędzy nimi.

Analiza metod planowania i sterowania produkcją MRP/MRP II, TOC oraz Just-in-Time.

W poprzedniej części rozdziału przedstawione zostały trzy metody planowania i sterowania produkcją. Każda z nich posiada swoje silne i słabe strony. W celu porównania omówionych metod opracowane zostało zestawienie porównujące zasady ich funkcjonowania.

Tabela 2. Porównanie metod planowania i sterowania produkcją (opr. własne).

Metoda planowania i sterowania produkcją?	Czy metoda wykorzystuje strukturę wyrobu?	Czy metoda wykorzystuje analizę wykorzystania potencjału produkcyjnego?	Czy metoda znajdzie zastosowanie w wszystkich rodzajach organizacji produkcji?	Czy metoda może mieć zastosowanie w przypadku szerokiego asortymentu?	Czy metoda może mieć zastosowanie w przypadku dużej złożoności wyrobu gotowego?
MRP/MRP II	Tak, w znacznym stopniu	Tak, wtórnie, w niewielkim stopniu	Tak.	Tak	Tak
JIT	Tak, w znacznym stopniu	Tak, wtórnie niewielkim stopniu	Nie, tylko w przypadku liniowego przepływu produkcji.	Nie, konieczna jest standaryzacja wyrobów	Nie, konieczna jest standaryzacja części
TOC	Tak, wtórnie	Tak, jako informację wejściową	Tak .	Nie, konieczny jest wąski asortyment	Tak

W tabeli nr 2 przedstawione zostały cechy charakteryzujące trzy wykorzystywane w praktyce metody planowania i sterowania produkcją. Każda z pokazanych metod posiada swoje unikalne cechy. Każda z omówionych metod wykorzystuje w różnym stopniu strukturę wyrobu oraz analizę dostępnego potencjału produkcyjnego. Stopień wykorzystania tych czynników nie ma jednak wpływu na możliwości wykorzystania tych metod w obszarach planowania i sterowania produkcją. Metody JiT oraz MRP/MRP II w podobnym stopniu korzystają ze struktury wyrobu, jednak ich możliwości zastosowania znacznie się różnią. Identyczna sytuacja występuje w przypadku analizy zapotrzebowania na potencjał produkcyjny. Z kolei metoda TOC w sposób odwrotny kładzie nacisk na analizę dostępnego potencjału produkcyjnego oraz strukturę wyrobu, natomiast w obszarach możliwości jej zastosowania dla różnych sposobów organizacji produkcji oraz złożoności wyrobu gotowego charakteryzuje się takimi samymi cechami jak metoda MRP/MRP II. Z kolei w obszarze możliwości korzystania z niej w przypadku szerokiego asortymentu wyrobów charakteryzuje się takimi samymi cechami jak metoda JiT.

1.1.3. Podsumowanie analizy rozwiązań praktycznych funkcjonujących w obszarach planowania i sterowania produkcją

We wcześniejszej części rozdziału pokazana została wprowadzona przez różnych autorów klasyfikacja oraz ocena różnych metod planowania i sterowania produkcją. Wśród wielu metod wybrane zostały trzy z nich, jako najbardziej reprezentatywne. Każde z trzech omówionych metod posiadała zarówno silne i słabe strony.

W związku z tym, że każda z metod planowania i sterowania produkcją przedstawionych powyżej posiada słabe strony, każda z nich musi generować problemy w obszarze planowania i sterowania produkcją. W tym miejscu celowe jest dokonanie analizy problemów, które można zidentyfikować w przedsiębiorstwach produkcyjnych, oraz poszukania rozwiązania, które, wykorzystując mocne strony przedstawionych powyżej metod planowania i sterowania produkcją niwelowałyby ich słabe strony.

Wykorzystując wnioski z opracowanej tabeli nr 2, gdzie najbardziej uniwersalną metodą planowania produkcji jest metoda MRP/MRP II. Wszystkie przedstawione w niej metody planowania i sterowania produkcją wykorzystują strukturę wyrobu. Sensownym wydaje się być zachowanie procedur planistycznych wykorzystywanych w metodzie MRP/MRP II przy jednoczesnym zapewnieniu umożliwienia dokonania analizy zapotrzebowania na potencjał produkcyjny na wczesnych etapach planowania produkcji. Potencjał produkcyjny

analizowany jest przez przedsiębiorstwa wykorzystujące metodę TOC, w której wykorzystuje się analizę zapotrzebowania na potencjał produkcyjny, gdzie analizowany jest przebieg produkcji w celu odnalezienia wąskich przekrojów przebieg produkcji. **Sensownym więc wydaje się zastąpienie struktury wyrobu gotowego strukturą procesu produkcyjnego, i zachowanie procedur planistycznych wykorzystywanych w metodzie MRP/MRPII.**

Stwierdzenie to pozwala to potwierdzenie zasadności sformułowania czwartej hipotezy badawczej:

Zastąpienie analizy zapotrzebowania na materiały (struktury wyrobu) analizą procesu produkcyjnego (strukturą procesu produkcyjnego) usprawni funkcjonowanie planowania i sterowania produkcją w przedsiębiorstwach produkcyjnych (H4).

1.2. Cel oraz planowany przebieg krytycznej analizy literatury z obszarów planowania i sterowania produkcją

Głównym celem krytycznej analizy literatury z obszarów planowania i sterowania produkcją była weryfikacja dwóch hipotez badawczych, które brzmiały : „W obszarze planowania i sterowania produkcją występuje grupa powtarzających się problemów” (H1) oraz „Występowanie zidentyfikowanej grupy problemów jest niezależne od cech przedsiębiorstw, w których problemy te zostały zaobserwowane” (H2). Poza weryfikacją powyższych hipotez badawczych **krytyczna analiza literatury posłużyła również realizacji trzeciego zadania badawczego (ZB3),** które brzmiało: „Określenie sposobu organizacji (organizacji produkcji oraz funkcjonowania sfery planowania i sterowania produkcją) przedsiębiorstwa, dla których zidentyfikowano występowanie analizowanych problemów”. Zebrane informacje wykorzystane zostały, jako wytyczne do opracowania zasad oraz sposobu, w jaki proponowane rozwiązanie powinno funkcjonować.

W celu weryfikacji pierwszej hipotezy badawczej (H1) zrealizowane zostały dwa cele badawcze „Określenie zakresu przedziału czasowego, który powinna objąć analiza literatury do celów weryfikacji pierwszej hipotezy badawczej” (ZB1) oraz „Sprawdzenie czy w obszarach planowania i sterowania produkcją występuje grupa powtarzających się problemów oraz identyfikacja tych problemów” (ZB2).

Pierwsze zadanie badawcze (**ZB1**) polegało na określeniu pozycji literaturowych, które powinno objąć badanie. Pierwszym zadaniem, było określenie przedziału czasowego, który obejmowałby, dla którego należy dokonać analizy literatury pod kątem poszukiwania problemów występujących w obszarach planowania i sterowania produkcją. Określenie tego przedziału czasowego miało za zadanie zapewnienie aktualności zidentyfikowanych problemów.

W ramach realizacji drugiego zadania badawczego (**ZB2**) założono, że grupa pozycji literaturowych powinna być ograniczona do artykułów opisujących studia przypadku badań mających miejsce w przedsiębiorstwach, tak, aby obejmowała ona rzeczywiście występujące problemy, które można byłoby przypisać do konkretnych przedsiębiorstw.

Kolejny etap badania zakładał weryfikację drugiej hipotezy badawczej (**H2**). Weryfikacja tej hipotezy zakładała znalezienie odpowiedzi na dwa pytania badawcze: „Jakie są cechy analizowanych przedsiębiorstw, dla których zidentyfikowano występowanie analizowanych problemów” (**PB1**) oraz „Czy cechy analizowanych przedsiębiorstw mają wpływ na występowanie zidentyfikowanych problemów” (**PB2**). **Analiza zidentyfikowanych problemów z obszaru planowania i sterowania produkcją w połączeniu z przypisanymi do nich cechami przedsiębiorstw, w których je zaobserwowano miała za zadanie weryfikację drugiej hipotezy badawczej (H2). W sytuacji, gdy weryfikacja tej hipotezy badawczej potwierdziłaby ją jedynie częściowo założono, że druga hipoteza badawcza (H2) zostanie również zweryfikowana badaniem ankietowym.**

W celu zapewnienia realizacji zadań postawionych przed krytyczną analizą literatury z obszaru planowania i sterowania produkcją opracowana została procedura, według której została ona przeprowadzona. Składała się ona z następujących kroków:

- a. Analizy literatury w celu określenia przedziału czasu, dla którego przeprowadzone będzie dalsze badanie literaturowe,
- b. Szczegółowej analizy literaturowej w obrębie zdefiniowanego wcześniej przedziału czasowego, w celu określenia opisanych w nim problemów w sferach planowania i sterowania produkcją.
- c. Analizy charakteru zidentyfikowanych na wcześniejszym etapie badania problemów, w celu odnalezienia problemów o charakterze uniwersalnym.

Zaprojektowane w ten sposób badanie literaturowe, stanowiło odpowiedź na wszystkie postawione przed nim wyzwania a jego wykonanie pozwalało na obiektywne potwierdzenie lub odrzucenie postawionych na wstępie hipotezy badawczej.

1.3. Przebieg krytycznej analizy literatury z obszarów planowania i sterowania produkcją

1.3.1. Wyznaczenie okresu czasu, który objąć powinna krytyczna analiza literatury

Całość badania literaturowego dla sfery planowania produkcji oparto o analizę baz literatury SCOPUS, Web of Science oraz Google Scholar. **Przeszukiwanie tych baz do celów określenia zakresu czasu, dla którego należy dokonać szczegółowej analizy literatury odbyło się z wykorzystaniem słów kluczy „production planning”.** W celu realizacji pierwszego zadania badawczego (ZB1) dokonana chronologicznego uporządkowania zagadnień poruszanych w literaturze w tym obszarze. Następnie określono przedział czasu, który objąć powinna krytyczna analiza literatury. W ten sposób zrealizowane zostało drugie zadanie badawcze (ZB2).

Szczegółowy przebieg badania oraz jego wyniki przedstawione zostały w dalszej części rozdziału.

Określenie zakresu przedziału czasowego, który powinna objąć analiza literatury

Do celów analizy literatury określono wstępnie lata pomiędzy rokiem 1900 a rokiem 2020. Przy czym rok 1900 przyjęty został subiektywnie tak, aby z jednej strony ustalić datę graniczną badania, z drugiej strony, tak, aby umożliwić analizę wszystkich pozycji literaturowych z zakresu badanego tematu. Dla powyższego okresu przeszukane zostały bazy literaturowe Scopus, Web of Science oraz Google Scholar. Ustalono zagadnienia, które pojawiły się na przestrzeni czasu oraz określono ramy czasowe występowania tych problemów. Pojawiające się zagadnienia uporządkowane zostały zgodnie z kolejnością pojawiania się. Poruszana tematyka koncentrowała się na:

- a. Planowaniu produkcji rolnej (Tolley, 1934) (Brandt, 1945),

- b. Planowaniu produkcji na potrzeby wojska (COPELAND, JACOBSON i LASKEN, 1945),
- c. Roli państwa w planowaniu produkcji (HOOVER, 1938) (HELLMAN i SZALOKI, 1948),
- d. Zasad kształcenia osób mających podjąć pracę w obszarze planowania produkcji,
- e. Proponowanych oraz funkcjonujących w przemyśle rozwiązaniach w obszarze planowania produkcji,
- f. Planowaniu hierarchicznym (Gabbay, 1975)), oraz programowaniu liniowym (Royce J. N., 1970)
- g. Zagregowanych planach produkcji (Eilon S., 1975)
- h. Rozwiązaniach łączących planowanie produkcji z planowaniem zapasów (Griffiths B., 1961),
- i. Rozwiązaniach wykorzystujących symulację w planowaniu produkcji (Lee W. B., 1974),
- j. Powiązaniu planowania produkcji z kosztami funkcjonowania przedsiębiorstwa (Parniangtong S. J., 1983),
- k. Wyodrębnieniu elastycznych systemów produkcji (Stecke K. E., 1983),
- l. Analizie liniowego i nieliniowego przepływu produkcji, jako organizmów wymagających różnego podejścia w sferze planowania produkcji,
- m. Marketingu i jego wpływie na proces planowania produkcji (Abad P. L.),
- n. Analizie rozwiązań bazujących na metodzie MRP (MEAL H. C., 1987).
- o. Problemach związanych z produkcją na indywidualne zamówienie klienta (Kingsman B., 1993),
- p. Sezonowości zarówno w sferze zamówień jak i dostępności surowców oraz niepewności prognoz popytu (Fleming W. H., 1987), (Gfrerer H., 1995) (G., 1993)
- q. Powiązaniu planowania produkcji z zarządzaniem zapasami (Silver, 1998),
- r. Klasyfikacji systemów produkcyjnych i odpowiednim dla nich doborze modelu planowania produkcji (Guide Jr, 2000) (Kimms, 1999),
- s. Powiązaniu planowania produkcji z utrzymaniem ruchu, logistyką oraz usprawnianiu i dostosowywaniu funkcjonujących w obszarze planowania produkcji rozwiązań do wymagań przedsiębiorstw,
- t. Rozwiązaniach rozwijających powiązania pomiędzy utrzymaniem ruchu a planowaniem produkcji oraz zarządzaniem zapasami (Hadidi, 2012),
- u. Rozwiązaniach dedykowanych cybernetyczno-fizycznym systemom produkcyjnym,

- v. Rozwiązaniach ograniczających niepewności otoczenia, w których funkcjonują przedsiębiorstwa (Mula, 2006),
- w. Czwartej rewolucji przemysłowej,
- x. Ograniczeniach ekologicznych, rozwiązaniach opartych na wiedzy, remanufacturingu oraz czynnika ludzkim.
- y. Problemach z powiązaniem planowania produkcji z planowaniem zapotrzebowania potencjału oraz wyzwaniach stojących przed systemami planowania produkcji w inteligentnych fabrykach i jednostkach produkcyjnych.

Całość badania literaturowego dla sfery sterowania produkcją oparto o analizę baz literatury SCOPUS, Web of Science oraz Google Scholar. **Przeszukiwanie tych baz do celów określenia zakresu czasu, dla którego należy dokonać szczegółowej analizy literatury odbyło się z wykorzystaniem słów kluczy „production control”.** W celu realizacji pierwszego zadania badawczego (**ZB1**) dokonano chronologicznego uporządkowania poruszanych w literaturze problemów charakterystycznych dla obszaru sterowania produkcją. Na podstawie tego uporządkowania określono okres czasu, który powinna objąć krytyczna analiza literatury. Realizacji tego zadania badawczego pozwoliła na dokładne określenie przedziału czasu, który obejmować będzie realizacja drugiego zadania badawczego (**ZB2**).

Poruszana tematyka zidentyfikowana dla obszaru sterowania produkcją koncentrowała się na:

- a. Próbach roli sterowanie produkcją (Appleby R., 1942)
- b. Określaniu powiązań pomiędzy kosztami produkcji a sterowaniem produkcji (Brown, 1941),
- c. Analizie rozwiązań funkcjonujących w pojedynczych przedsiębiorstwach (Carter J. W., 1925), (O'Donnell C., 1945)
- d. Komputeryzacji sterowania produkcją (Hemy D. C., 1959),
- e. Roli sterowania produkcją oraz zakresie czynności, które powinno obejmować sterowanie produkcją (Burbidge J. L.),
- f. Kompleksowych rozwiązaniach informatycznych dedykowanych konkretnym przedsiębiorstwom produkcyjnym (Mackulak G. T., 1980),
- g. Uwzględnianiu roli zapasów w sterowaniu produkcją (Towill D. R., 1982),
- h. Systemowi produkcyjnemu Toyoty, oraz koncepcji JiT (Sugimori Y., 1977),

- i. Roli partii produkcyjnej w obszarze sterowania produkcją (Karmarkar, 1985),
- j. Rozwiązaniach łączących sterowanie produkcją z kosztami funkcjonowania przedsiębiorstwa,
- k. Rozwiązaniach z obszaru sterowania produkcją dedykowanym przedsiębiorstwom produkującym na indywidualne zamówienie klienta,
- l. Usprawnianiu istniejących już rozwiązań i dostosowywaniu ich do wymagań przedsiębiorstw,
- m. Dostosowywaniu wyrobów do wymagań klientów,
- n. Rozwiązaniach dedykowanych cybernetyczno-fizycznym systemom produkcyjnym oraz dla inteligentnych fabryk i jednostek produkcyjnych,
- o. Strukturyzacji rozwiązań funkcjonujących w sterowaniu produkcją,

W wyniku analizy literatury możliwe było sporządzenie zestawienia obrazującego zainteresowań w obszarach planowania i sterowania produkcją na przestrzeni lat 1900 – 2020. Porządkującego pojawiające się zagadnienia oraz określającego czas pojawienia się omawianych zagadnień. Zestawienie to przedstawiono w tabeli nr 3.

\

Tabela 3. Zainteresowania w obszarach planowania i sterowania produkcją na przestrzeni lat 1900 – 2020 (opr. własne)

Zainteresowania w obszarze planowania produkcji	Zainteresowania w obszarze sterowania produkcją	Czas pojawienia się problematyki
<ul style="list-style-type: none"> • Wpływ polityki państwa na planowanie produkcji • Analiza doświadczeń wojennych 	Brak możliwości ścisłego określenia tematyki.	Do roku 1950
<ul style="list-style-type: none"> • Rozwiązania praktyczne funkcjonujące w przedsiębiorstwach • Uwzględnianie zapasów w planowaniu produkcji • Wzrost ilości proponowanych rozwiązań teoretycznych 	<ul style="list-style-type: none"> • Komputeryzacja rozwiązań praktycznych • Definiowanie zakresu zainteresowań sfery sterowania produkcją. 	Od lat 50 XX wieku
<ul style="list-style-type: none"> • Systematyzacja funkcjonujących rozwiązań, • Uwzględnianie wpływu funkcjonowania planowania produkcji na koszty funkcjonowania przedsiębiorstw • Propozycje rozwiązań dla nowych rodzajów przedsiębiorstw 	<ul style="list-style-type: none"> • Kompleksowe rozwiązania informatyczne dedykowane konkretnym przedsiębiorstwom. • Koncepcja JiT oraz system produkcyjny Toyoty 	Połowa lat 70 XX wieku
<ul style="list-style-type: none"> • Omówienia rozwiązań wykorzystujących metodę MRP • Rozwiązania dedykowane przedsiębiorstwom produkującym na indywidualne zamówienie klienta • Rozwiązania uwzględniające sezonowość oraz niepewność popytu 	<ul style="list-style-type: none"> • Klasyfikacja funkcjonujących w praktyce rozwiązań • Uwzględnianie sterowania produkcją, jako czynnika mającego wpływ na koszty funkcjonowania przedsiębiorstwa • Rozwiązania dedykowane przedsiębiorstwom produkującym na indywidualne zamówienie klienta 	Lata 80 XX wieku
<ul style="list-style-type: none"> • Powiązanie planowania produkcji z zarządzaniem zapasami, z logistyką, z utrzymaniem ruchu. • Dostosowywanie rozwiązań do wymagań przedsiębiorstw • Rozbudowa rozwiązań dedykowanych przedsiębiorstwom produkującym na indywidualne zamówienie klienta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analiza, dostosowywanie oraz wykorzystanie dostępnych rozwiązań w przedsiębiorstwach. 	Połowa lat 90 XX wieku

<ul style="list-style-type: none"> • Rozwinięcie rozwiązań łączących planowanie produkcji z zarządzaniem zapasami i utrzymaniem ruchu • Pojawienie się rozwiązań dedykowanych cybernetyczno fizycznym systemom produkcyjnym • Udoskonalanie istniejących rozwiązań z wykorzystaniem nowych narzędzi • Rozwój istniejących rozwiązań i ich adaptacja do wymagań przedsiębiorstw • Pojęcie mass-customization, jako wyzwania stojącego przed sterowaniem produkcją. • Powiązanie planowania produkcji z ekologią, • Powiązanie planowania produkcji z planowaniem potencjału produkcyjnego. • Rozwiązania dedykowane inteligentnym fabrykom i cybernetyczno fizycznym jednostkom produkcyjnym. • Systematyzacja funkcjonujących rozwiązań • Koncepcje dedykowane inteligentnym przedsiębiorstwom • Koncepcje dedykowane cybernetyczno-fizycznym jednostkom produkcyjnym 	<ul style="list-style-type: none"> • Roli partii produkcyjnej w obszarze sterowania produkcją (Karmarkar, 1985). • Rozwiązaniach łączących sterowanie produkcją z kosztami funkcjonowania przedsiębiorstwa. • Propozycjom rozwiązań z obszaru sterowania produkcją dedykowanym przedsiębiorstwom produkującym na indywidualne zamówienie klienta. • Usprawnianiu istniejących już rozwiązań i dostosowywaniu ich do wymagań przedsiębiorstw. • Masowej kastomizacji, czyli dostosowywaniu wyrobów do wymagań klientów. • Rozwiązaniach dedykowanych cybernetyczno-fizycznym systemom produkcyjnym oraz dla inteligentnych fabryk i jednostek produkcyjnych. • Strukturyzacji rozwiązań funkcjonujących w sterowaniu produkcją. 	<p>XXI wiek</p>
--	---	------------------------

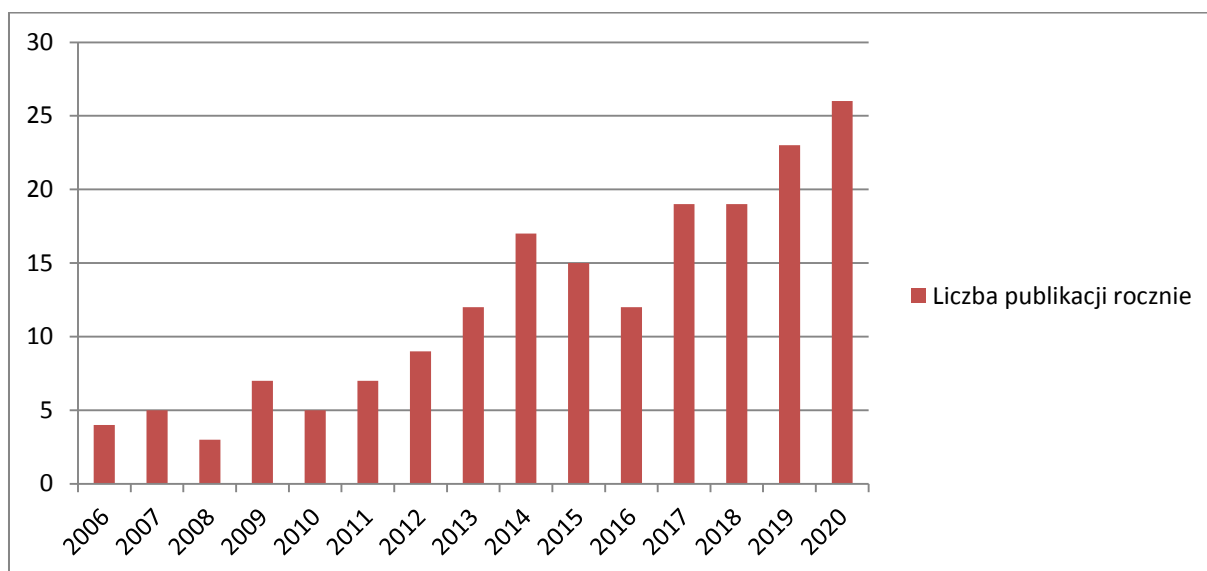
Powyższe zestawienie stanowi realizację pierwszego zadania badawczego (ZB1), który brzmiał „Określenie zakresu przedziału czasowego, który powinna objąć analiza literatury do celów weryfikacji pierwszej hipotezy badawczej”.

Dokonana analiza literatury, pozwoliła na określenie zakresu tematycznego prowadzonych w chwili obecnej badań w obszarach planowania produkcji. **Okres czasu, który podlegał będzie dalszej analizie obejmował będzie lata pomiędzy 2006 a 2020 rokiem.** Wybór ten wynika z tego, że w okresie od 2006 roku rozwijane były te zagadnienia z poprzednich okresów czasu, które znalazły swoje zastosowanie w czasie późniejszym. Wybór tego okresu czasu pozwoli na uwzględnienie w analizie wszystkich występujących i aktualnych problemów w obszarach planowania i sterowania produkcją.

1.3.2. Identyfikacja problemów w obszarze planowania i sterowania produkcją

Dla identyfikacji problemów w obszarze planowania produkcji dokonana analiza pozycji literaturowych z okres od 2006 do 2020 roku. Wykorzystane zostały słowa klucze „production planning”, „case study” oraz ograniczono przeszukiwanie do artykułów naukowych odrzucając książki oraz raporty. W oparciu o badania nad tymi pozycjami, ustalono, że istnieją problemy w sferze planowania produkcji, które pojawiają się częściej, nie mają charakteru indywidualnego dla jednego przedsiębiorstwa produkcyjnego. Określone w ten sposób problemy poddane zostały dalszej analizie.

Rozkład ilości publikacji w analizowanym okresie przedstawiony został na rysunku nr 1.



Rysunek 1 Rozkład analizowanych publikacji w czasie (opr. własne)

Analizując informacje przedstawione na powyższym rysunku widoczne jest zwiększanie się w kolejnych latach publikacji, poruszających analizowany temat. Z punktu widzenia prowadzonego badania jest to sytuacja pozytywna, ponieważ większy udział w próbie badawczej pozycji nowszych pozwala na stwierdzenie, że analizowana problematyka jest aktualna.

Kolejnym krokiem mającym na celu potwierdzenie pierwszej (**H1**) oraz drugiej (**H2**) hipotezy badawczej była analiza opisywanych studiów przypadku. Po pierwsze zidentyfikowane zostały problemy opisywane w poszczególnych pozycjach. Następnie dokonano sprawdzenia, czy te problemy mają charakter uniwersalny, czy też są może typowe

dla konkretnych warunków, w jakich funkcjonuje przedsiębiorstwo. Jako czynniki te wybrano: gałąź przemysłu, w której funkcjonuje przedsiębiorstwo, rynek, na którym działa oraz wielkość przedsiębiorstwa. Wśród problemów, które zostały zidentyfikowane na pierwszy plan wysunęło się pięć zagadnień, jako powtarzających się najczęściej wyzwań stawianych, jako cel opisywanych w artykułach badań lub zadań wdrożeniowych. Zagadnienia te przypisać można do dwóch obszarów. Pierwszym z nich jest niedoskonałość procedur planowania w przedsiębiorstwach, drugim zaś wpływ wzrostu wymagań klientów na proces planowania produkcji.

W ramach pierwszego obszaru, przebiegu procesu planowania produkcji, uwydatniają się następujące problemy:

- a. Trudności z przełożeniem długoterminowych planów produkcji (rocznych, kwartalnych oraz miesięcznych) na krótko terminowe plany produkcji i harmonogramy produkcji (tygodniowe oraz dzienne).
- b. Brak analizy dostępnego potencjału produkcyjnego, na etapach planowania sprzedaży i wczesnych etapach planowania produkcji, prowadzące do zakłóceń wykonania przyjętych planów.

W ramach obszaru, związanego ze wzrostem wymagań klientów, najczęściej pojawiającymi się problemami były:

- a. Wzrost skomplikowania procesu planowania produkcją, skutkującego wydłużeniem się tego procesu wynikający ze wzrostu liczby oferowanych wyrobów.
- b. Konieczność dostosowania wyrobu finalnego do wymagań klienta, wpływający na skomplikowanie planowania produkcji.
- c. Wpływ masowej kastomizacji produktów przekładający się na skomplikowanie całości procedury planowania produkcji związany z możliwością ingerowania klientów w proces planowania, na wielu jego poziomach.

W czasie szczegółowego badania literaturowego, ustalona została liczba publikacji koncentrujących się na wybranym każdym z wymienionych problemów. Zauważyć należy również, że w ramach jednej analizowanej pozycji literaturowej, poruszanych mogło być kilka problemów jednocześnie.

Analizując wyznaczone pozycje literaturowe zauważyć można, że dotyczą one wszystkich gałęzi przemysłu. Szczególnie silnie reprezentowane były rolnictwo, przemysł surowcowy, przemysł samochodowy oraz przemysł spożywczy. W kilku przypadkach nie istniała możliwość ustalenia, jakiej gałęzi przemysłu dotyczy omawiany przykład lub przykład ten określany był, jako produkcja na indywidualne zamówienie klienta.

W wyniku analizy, ustalone zostało również, że omawiane przykłady dotyczą wszystkich kontynentów na świecie. Możliwe do zaobserwowania były pewne zależności pomiędzy kontynentami lub krajami a gałęziami rynku w ramach, których działało omawiane przedsiębiorstwo. Dla Ameryki Południowej, jako dominującą można określić gałąź przemysłu powiązaną z rolnictwem i przetwarzaniem płodów rolnych. Dla Azji znaczącą rolę odgrywało rolnictwo (Chiny), produkcja surowców (Chiny, Indie), samochodowa oraz produkcja odzieżowa (Chiny, Wietnam). W przypadku Europy dominującą rolę odgrywał przemysł samochodowy oraz elektroniczny.

Analizując poszczególne pozycje literaturowe, stwierdzić można, że dotyczyły one dużych lub średnich przedsiębiorstw. Małe przedsiębiorstwa omawiane były znacznie rzadziej.

Przedstawiona powyżej krytyczna analiza literatury pozwoliła na potwierdzenie pierwszej hipotezy badawczej (H1), która brzmiała: „W obszarze planowania i sterowania produkcją występuje grupa powtarzających się problemów”.

1.3.3. Analiza występowania zdiagnozowanych problemów w obszarze planowania produkcji

Ostatnim etapem badania literaturowego obejmującego sferę planowania produkcji było sprawdzenie drugiej hipotezy badawczej (**H2**), która brzmiała: „występowanie zidentyfikowanej grupy problemów jest niezależne od cech przedsiębiorstw, w których problemy te zostały zaobserwowane”. W celu jej weryfikacji sporządzano macierze zależności pomiędzy wielkością przedsiębiorstwa, gałęzią przemysłu, w której ono funkcjonuje oraz rynkiem, na którym ono działa a poszczególnymi problemami. Zestawienia te wykazały, że zidentyfikowane problemy występują niezależnie od wszystkich określonych wcześniej czynników. W celu przejrzystego przedstawienia i analizy występowania

zidentyfikowanych problemów w obszarze planowania produkcji zdecydowano się na podzielenie całości analizowanego okresu na poszczególne lata.

W przypadku roku 2006 analizowane były cztery pozycje literaturowe (Ashayeri, 2006) (Labib, 2006) (Bozarth, 2006) (Hong, Assavapokee, Ammons, Boelkins i Gilliam, 2006). Całość analizy przedstawiono w tabeli nr 4.

Tabela 4. Zestawienie występowania zidentyfikowanych problemów w literaturze rok 2006 (opr. własne)

	Gałąź Przemysłu	Rynek	Wielkość Przedsiębiorstwa
Problem 1.	Inne	Ameryka Północna	Duże
Problem 2.	X	X	X
Problem 3.	Farmaceutyczny	Azja	Duże
Problem 4.	X	X	X
Problem 5.	X	X	X

W przypadku roku 2007 analizowane było pięć pozycji literaturowych (Pechoucek, Rehák, Charvat, Vlcek i Kolar, (2007).) (Yan i Zhang, 2007) (Soman, van Donk i Gaalman, 2007) (Nonino i Panizzolo, 2007). Całość analizy przedstawiono w tabeli nr 5.

Tabela 5. Zestawienie występowania zidentyfikowanych problemów w literaturze rok 2007 (opr. własne)

	Gałąź Przemysłu	Rynek	Wielkość przedsiębiorstwa
Problem 1.	Spożywczy Samochodowy Meblarski	Europa	Duże
Problem 2.	X	X	X
Problem 3.	X	X	X
Problem 4.	X	X	X
Problem 5.	Elektroniczny	X	Duże

W przypadku roku 2008 analizowane były trzy pozycje literaturowe nie wśród nich znaleziono pozycji literaturowych, analizujących któryś ze zidentyfikowanych problemów.

W przypadku roku 2009 analizowanych było osiem pozycji literaturowych (Garcia-Sabater, Maheut i Garcia-Sabater, 2009) (Silva, 2009) (Lamichhane, 2009) (Sabater, Maheut i Sabater, 2009) (Nibouche i Belmokhtar, 2009) (Satyal, 2009) (Sari i Seminar, 2009) (Sable, 2009). Wszystkie pozycje literaturowe dotyczyły przedsiębiorstw dużych. Analiza pozostałych danych przedstawiona została w tabeli nr 6.

Tabela 6. Zestawienie występowania zidentyfikowanych problemów w literaturze rok 2009 (opr. własne)

	Gałąź Przemysłu	Rynek	Wielkość przedsiębiorstwa
Problem 1.	Samochodowy Spożywczy	Azja	Duże
Problem 2.	x	x	x
Problem 3.	Samochodowy	Azja	Duże
Problem 4.	x	x	x
Problem 5.	x	x	x

W przypadku roku 2010 analizowane było pięć pozycji literaturowych (Torabi, Ebadian i Tanha, 2010) (Hadaś i Cyplik, 2010) (Teimoury, Modarres, Ghasemzadeh i Fathi, 2010) (de Almeida Guerra, Camargo i da Motta, 2010) (Gschirr, 2010). Całość analizy przedstawiono w tabeli nr 7.

Tabela 7. Zestawienie występowania zidentyfikowanych problemów w literaturze rok 2010 (opr. własne)

	Gałąź Przemysłu	Rynek	Wielkość przedsiębiorstwa
Problem 1.	x	x	x
Problem 2.	Odzieżowa	Ameryka Północna	Małe
Problem 3.	x	x	x
Problem 4.	Ciężki	Europa	Duże
Problem 5.	x	x	x

W przypadku roku 2011 analizowane było siedem pozycji literaturowych (Yenradee i Piyamanothorn, 2011) (Gaudreault, Frayret, Rousseau i D'Amours, 2011) (Azar, Andalib i Mirfakhroddini, 2011) (Sangma, 2011) (Kurniawan, Hisjam i Sutopo, 2011) (Yenradee, Predawut, Rungmanochai i Eamcharoenying, 2011) (Ebrahimzadeh, Saghaei, Izadfar i Izadfar, 2011). Całość analizy przedstawiono w tabeli nr 8.

Tabela 8. Zestawienie występowania zidentyfikowanych problemów w literaturze rok 2011 (opr. własne)

	Gałąź Przemysłu	Rynek	Wielkość przedsiębiorstwa
Problem 1.	Drzewny	x	Duże
Problem 2.	x	x	x
Problem 3.	x	Azja	Małe
Problem 4.	x	x	x
Problem 5.	x	x	x

W przypadku roku 2012 analizowane było dziewięć pozycji literaturowych (Plantin i Johansson, 2012.) (Vasant, Ganesan i Elamvazuthi, 2012) (Hadaś i Cyplik, 2012) (Erromdhani, Eddaly i Rebai, 2012) (Matopoulos, Ranitovic i & Bourlakis, 2012) (Sharma i Sinha, 2012) (Abass i Elsayed, 2012) (Sresaard i Phruksaphanrat, 2012) (Bai i Liyanage, 2012). Całość analizy przedstawiono w tabeli nr 9.

Tabela 9. Zestawienie występowania zidentyfikowanych problemów w literaturze rok 2012 (opr. własne)

	Gałąź Przemysłu	Rynek	Wielkość przedsiębiorstwa
Problem 1.	Spożywczy	Azja	Średnie
Problem 2.	Samochodowy	Azja	Duże
Problem 3.	Spożywczy	Azja Europa	Średnie
Problem 4.	x	x	x
Problem 5.	x	x	x

W przypadku roku 2013 analizowane było dwanaście pozycji literaturowych. Jedna z pozycji literaturowych stanowiła omówienie planowania produkcji w przypadku całej gałęzi rynku, druga z pozycji była nieosiągalna dla autora badania. Całość analizy objęła 9 pozycji literaturowych (Hecker, Hussein, Paquet-Durand, Hussein i Becker, 2013) (Figueira, Santos i Almada-Lobo, 2013) (Longo, 2013) (Chinguwa, Madanhire i Musoma, 2013) (Biswal i Acharya, 2013) (Zhang, He i Ruan, 2013) (Hamid, Morteza i Amir, 2013) (Indahsyarie i Basri, 2013) (Abachi, Jolai i Haleh, 2013) a jej wyniki przedstawiono w tabeli nr 10.

Tabela 10. Zestawienie występowania zidentyfikowanych problemów w literaturze rok 2013 (opr. własne)

	Gałąź Przemysłu	Rynek	Wielkość przedsiębiorstwa
Problem 1.	spożywczy papierniczy narzędziowy półprzewodniki	Europa Azja	Małe, Średnie, Duże
Problem 2.	Stalowy samochodowy	Azja	Duże
Problem 3.	Meblowy	Afryka	Średni
Problem 4.	x	x	x
Problem 5.	x	x	x

W przypadku roku 2014 analizowane było siedemnaście pozycji literaturowych. Wśród pozycji literaturowych zidentyfikowanych dla 2014 roku do dalszej analizy wykorzystane zostało 11 z nich (Munhoz i Morabito, 2014) (da Silva i Marins, 2014) (Fahmi i

Abdelwahab, 2014) (Farzam Rad i Shirouyehzad, 2014) (Nehzati, Romsdal, Dreyer i Strandhagen, 2014) (Danh, 2014) (Waldemarsson, Lidestam i Karlsson, (2014) (Hanh, 2014) (Xavier, Carvalho, Siena, São Pedro Filho i Saikat, 2014) (Slak, Tavčar i Duhovnik, 2014) jako spełniających warunki badania. Wyniki analizy pozycji literaturowych przedstawione zostały w tabeli nr 11.

Tabela 11. Zestawienie występowania zidentyfikowanych problemów w literaturze rok 2014 (opr. własne)

	Rynek	Gałąź przemysłu	Wielkość przedsiębiorstwa
Problem 1.	x	x	x
Problem 2.	Azja Europa	Chemiczny	Duże
Problem 3.	Europa Afryka	Stalowy Armatura	Duże, Średnie
Problem 4.	Azja	x	Średnie
Problem 5.	x	x	x

W przypadku roku 2015 analizowanych było piętnaście pozycji literaturowych. Szczegółowej analizie poddanych zostało dziewięć (Rautela, Pandey, Garg i Damle, 2015) (Joshi, Chatterjee i Equeenuddin, 2015) (Silva, Viães, Oliveira i Carravilla, 2015) (Anwar i Afrizalmi, 2015) (Chen i Sarker, 2015) (Díaz-Madroño, Peidro i Mula, 2015) (Aboumasoudi, Mirzamohammadi i Makui, 2015) (Sarfaraz, Taheri, Vatandoost i Dastani, 2015) z nich. Analiza pozycji literaturowych przedstawiona została w tabeli nr 12.

Tabela 12. . Zestawienie występowania zidentyfikowanych problemów w literaturze rok 2015 (opr. własne)

	Rynek	Gałąź Przemysłu	Wielkość przedsiębiorstwa
Problem 1.	x	x	x
Problem 2.	Ameryka Południowa	Spożywczy	Duże
Problem 3.	Brak danych	x	Brak danych
Problem 4.	x	x	x
Problem 5.	x	x	x

W przypadku roku 2016 analizowane było dwanaście pozycji literaturowych. Szczegółowej analizie poddanych zostało jedenaście (Attia, Megahed, Baioumy, Elbetar i Duquenne, 2016) (Linh, 2016) (Yücesan, 2016) (Nam, 2016) (Rabbani, Niyazi i Rafiei, 2016) (Hudori, 2016) (Tayeh, 2016) (Martel, 2016) (Ulfah, Prasetyaningsih i Amaranti, 2016) (Erni, Kumala, Roesfiansjah i Widayanti, 2016) z nich. Analiza pozycji literaturowych przedstawiona została w tabeli nr 13.

Tabela 13. Zestawienie występowania zidentyfikowanych problemów w literaturze rok 2016 (opr. własne)

	Gałąź Przemysłu	Rynek	Wielkość przedsiębiorstwa
Problem 1.	x	x	x
Problem 2.	Azja Europa	Rybołówstwo Spożywczy Stalowy Odzieżowy	Duże, Średnie
Problem 3.	x	x	x
Problem 4.	Azja	Odzieżowy	Średnie
Problem 5.	x	x	x

W przypadku roku 2017 analizowane było dziewiętnaście pozycji literaturowych (Soufi i Mohseni, 2017) (Durak, Akyer i Mutlu, 2017) (Sobottka, 2017) (Herrera-caceres, 2017) (Waldemarsson, Lidestam i Karlsson, 2017) (Zschorn, Muller i Ivanov, 2017) (Lalami, Frein i Gayon, 2017) (Entezaminia, Heidari i Rahmani, 2017) (Jamalnia, 2017) (El-sabek i McCabe, 2017.) (Rabbani i Dolatkhan, 2017) (Pulluru, Akkerman i Hottenrott, 2017) (Siregar, 2017) (Ramezani, Fallah Sanami i Shafei Nikibadi, 2017) (Fernandez, 2017). Analiza pozostałych publikacji przedstawiona została w tabeli nr 14.

Tabela 14. Zestawienie występowania zidentyfikowanych problemów w literaturze rok 2017 (opr. własne)

	Rynek	Gałąź Przemysłu	Wielkość przedsiębiorstwa
Problem 1.	Europa	Surowcowy	Średnie
Problem 2.	Azja Europa	Armatura Elektroniczny	Duże
Problem 3.	x	x	x
Problem 4.	x	x	x
Problem 5.	x	x	x

W przypadku roku 2018 analizowane było dziewiętnaście pozycji literaturowych. Szczegółowej analizie poddano dziewięć (Perłowski, Antosz i Zielecki, 2018) (Ginting, Kirawan i Marpaung, 2018) (Madanhire, Mugwindiri, Mushonga i Mbohwa, 2018) (Łampika, Musiał i Burduk, 2018) (Saidi-Mehrabad i Aazami, 2018) (Biesinger, Meike, Kraß i Weyrich, 2018) (Akyer i Durak, 2018) (da Silva G., Ferreira, Junior i Oliveira, 2018) (Ghosh i Mondal, 2018) z nich. Analiza pozycji literaturowych przedstawiona w tabeli nr 15.

Tabela 15. . Zestawienie występowania zidentyfikowanych problemów w literaturze rok 2018 (opr. własne)

	Rynek	Gałąź Przemysłu	Wielkość przedsiębiorstwa
Problem 1.	x	x	x
Problem 2.	Afryka	x	x
Problem 3.	Azja	Samochodowy Spożywczy	Duże, Średnie, Małe
Problem 4.	x	Samochodowy	Duże
Problem 5.	Azja	High-tech	Duże

W przypadku roku 2019 analizowane były 23 pozycje literaturowe. Spośród nich do celów badania wykorzystane zostało 14 z nich (Banasik, 2019) (Biesinger F. e., 2019) (Aazami i Saidi-Mehrabad, 2019) (Jyothi, Rao i Sivasundari, 2019) (Belil, Tchernev i Kemmoe-Tchomte, 2019) (Babazadeh, Ezati i Sabbaghnia, 2019) (Perłowski i Antosz, 2019) (Łampika, Musiał i Burduk, 2019) (Sivasundari, Rao i Raju, 2019) (Tan, 2019). Analiza wybranych pozycji zawarta została w tabeli nr 16.

Tabela 16. Zestawienie występowania zidentyfikowanych problemów w literaturze rok 2019 (opr. własne)

	Rynek	Gałąź Przemysłu	Wielkość przedsiębiorstwa
Problem 1.	x	x	x
Problem 2.	Azja	Samochodowy Opakowania	Duże
Problem 3.	Azja	Materiały budowlane Elektroniczny Farmacja	Duże
Problem 4.	x	x	x
Problem 5.	Europa	Elektroniczny	Duże

W przypadku roku 2020 analizowane było dwadzieścia sześć pozycji literaturowych. Osiemnaście z nich poddane zostało szczegółowej analizie. Analizę pozycji literaturowej przedstawiono w tabeli nr 17.

Tabela 17. Zestawienie występowania zidentyfikowanych problemów w literaturze rok 2020 (opr. własne)

	Rynek	Gałąź Przemysłu	Wielkość przedsiębiorstwa
Problem 1.	x	x	x
Problem 2.	Ameryka Południowa	Samochodowy Opakowania Spożywczy	Duże, Średnie, Małe
Problem 3.	Azja	Odzieżowy	Duże
Problem 4.	x	x	x
Problem 5.	Azja	Odzieżowy Samochodowy	Duże

Dla opracowanych wyników analizy literatury dokonano ich syntezy. W ramach tej syntezy przedstawione zostało zestawienie poszczególnych zdiagnozowanych problemów szczegółowych z obszaru planowania produkcji z ilością ich wystąpień i przykładami, dla których je opisano. Zestawienie to przedstawiono w tabeli nr 18.

Tabela 18. Zestawienie zdiagnozowanych problemów z ilością oraz miejscem występowania.

	Ilość wystąpień	Rynek	Gałąź Przemysłu	Wielkość przedsiębiorstwa
Problem 1.	13	Ameryka Północna Europa Azja	Narzędziowy, półprzewodnikowy Drzewny Spożywczy Papierniczy Samochodowy Meblarski	Małe, Średnie, Duże
Problem 2.	21	Ameryka Północna Europa Azja	Odzieżowa Chemiczny Stalowy Samochodowy Spożywczy Elektroniczny Armatura Opakowania	Małe, Duże, Średnie
Problem 3.	18	Azja Afryka Europa	Farmaceutyczny Samochodowy Meblarski Spożywczy Armatura Materiały budowlane Elektroniczny Odzieżowy	Małe, Duże, Średnie
Problem 4.	4	Europa Azja	Ciężki Samochodowy	Duże, Średnie
Problem 5.	4	Azja Europa	High-tech Elektroniczny Samochodowy Odzieżowy	Duże, Średnie

W przypadku wszystkich tabel zawartych w niniejszym rozdziale, pojawiające się numerowane problemy oznaczają:

Problem 1. Trudności z przełożeniem długoterminowych planów produkcji (rocznych, kwartalnych oraz miesięcznych) na krótko terminowe plany produkcji i harmonogramy produkcji (tygodniowe oraz dzienne).

Problem 2. Brak analizy dostępnego potencjału produkcyjnego, na etapach planowania sprzedaży i wczesnych etapach planowania produkcji, prowadzące do zakłóceń wykonania przyjętych planów.

Problem 3. Wzrost skomplikowania procesu planowania produkcją, skutkującego wydłużeniem się tego procesu wynikający ze wzrostu liczby oferowanych wyrobów.

Problem 4. Konieczność dostosowania wyrobu finalnego do wymagań klienta, wpływający na skomplikowanie planowania produkcji.

Problem 5. Wpływ masowej kustomizacji produktów przekładający się na skomplikowanie całości procedury planowania produkcji związany z możliwością ingerowania klientów w proces planowania, na wielu jego poziomach.

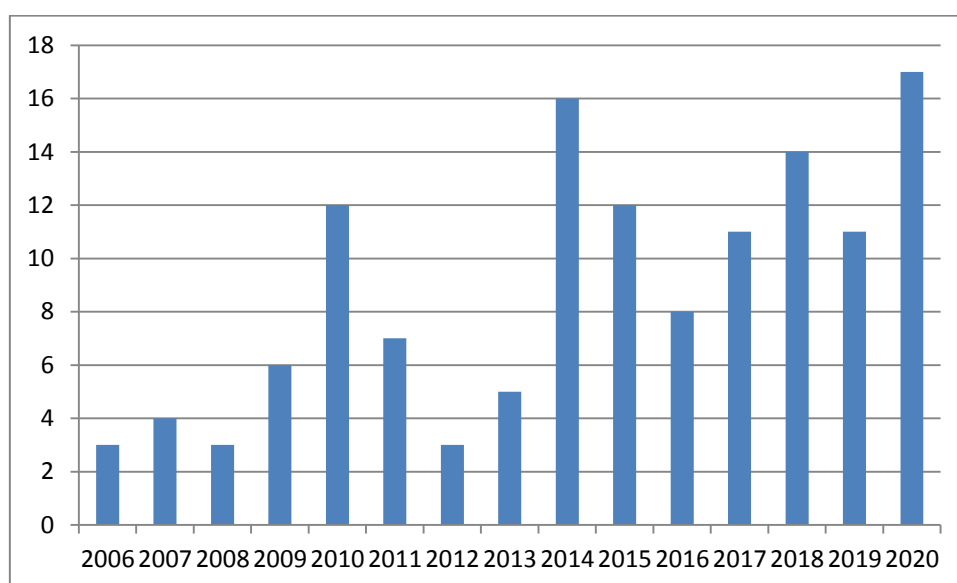
W stosunku do zidentyfikowanych pierwotnie w obszarze planowania problemów wykazane zostało, że mają one charakter uniwersalny. Występują one niezależnie od określonych cech przedsiębiorstw. Potwierdziło to drugą hipotezę badawczą (H2).

Stopień, w jaki analizowane publikacje odnosiły się do zagadnień organizacji produkcji oraz funkcjonowania obszaru planowania produkcji w omawianych przedsiębiorstwach nie pozwolił na pełną weryfikację trzeciej hipotezy badawczej (H3). **Z tego powodu wpływ tych uwarunkowań na występowanie zidentyfikowanych problemów postanowiono zbadać za pomocą badania ankietowego.**

1.3.4. Identyfikacja problemów w obszarze sterowania produkcją

Dla identyfikacji problemów w obszarze sterowania produkcją dokonano analizy pozycji literaturowych za okres od 2006 do 2020 roku. Wykorzystane zostały słowa klucze „production control”, „case study” oraz ograniczono przeszukiwanie do artykułów naukowych odrzucając książki oraz raporty. W oparciu o badania nad tymi pozycjami, ustalono, że istnieją problemy w sferze sterowania produkcją, które pojawiają się ze zwiększoną częstotliwością. Pozwoliło to na potwierdzenie pierwszej hipotezy badawczej (H1) W celu potwierdzenia drugiej hipotezy badawczej (H2) dokonano próby sprawdzenia,

czy te problemy mają charakter uniwersalny, czy też są może typowe dla konkretnych warunków, w jakich funkcjonuje przedsiębiorstwo. Jako czynniki określające funkcjonowanie przedsiębiorstwa wybrano te, które określono, jako mające wpływ na funkcjonowanie obszaru sterowania produkcją w przedsiębiorstwach. Były to: charakter przepływu produkcji, stopień rozbudowania struktury produkcyjnej. Analizie poddano 132 pozycje literaturowe, z czego jako spełniające warunki badania wybrano 88 jako pozycje opisujące rozwiązania praktyczne dotyczące obszaru sterowania produkcją w przedsiębiorstwach produkcyjnych. Odrzucone pozycje nie dotyczyły bezpośrednio badanego obszaru. Rozkład analizowanych pozycji literaturowych w czasie przedstawiony został na rysunku nr 2.



Rysunek 2. Zestawienie występowania analizowanych pozycji w czasie (opr. własne).

Wśród problemów, które zostały zidentyfikowane na pierwszy plan wysunęło się pięć zagadnień, jako powtarzających się najczęściej wyzwań stawianych, jako cel opisywanych w artykułach badań lub zadań wdrożeniowych. Do zagadnień tych należały:

- a. Tendencja zmniejszania się partii produkcyjnych,
- b. Trudność powiązania wielkości produkcji ze zużyciem materiałów,
- c. Wpływ kontroli jakości jako czynnika wpływającego na poprawność określania poziomu robót w toku,
- d. Niezgodność wielkości partii produkcyjnej wyrobów gotowych z wielkością partii produkcyjnej części.
- e. Wpływ transportu wewnętrznego i/lub dostępności narzędzi specjalnych na wydłużanie procesu produkcyjnego (powyżej zakładanego).

Rozkład występowania zidentyfikowanych problemów przedstawiony został w tabeli nr 19.

Tabela 19. Zestawienie zidentyfikowanych dla obszaru sterowania produkcją problemów z ilością ich wystąpień w literaturze (opr. własne).

Zidentyfikowany problem	Ilość wystąpień
Tendencja zmniejszania się partii produkcyjnych,	14
Trudność powiązania wielkości produkcji ze zużyciem materiałów,	16
Wpływ kontroli jakości jako czynnika wpływającego na poprawność określania poziomu robót w toku,	10
Niezgodność wielkości partii produkcyjnej wyrobów gotowych z wielkością partii produkcyjnej części.	8
Wpływ transportu wewnętrznego i/lub dostępności narzędzi specjalnych na wydłużanie procesu produkcyjnego (powyżej zakładanego).	4

Część z analizowanych pozycji literaturowych opisywało kompleksowe rozwiązania dedykowane konkretnym przedsiębiorstwom. Stanowiły one odpowiedź na ich wymagania, w związku z tym jednocześnie odwoływały się do więcej niż jednego ze zidentyfikowanych problemów (Slomp J., 2009) (Tabanlı R. M., 2013) (Mitropoulos, 2010) (Gławar R., 2021) (Karacapilidis N. I., 1996) (Aldás, 2018) (Tucci M., 2014). **Zidentyfikowano grupę częściej pojawiających się problemów dla obszaru sterowania produkcją potwierdziło to w tym zakresie pierwszą hipotezę badawczą (H1).**

Zestawienie ilości jednoczesnych wystąpień poszczególnych problemów w jednej pozycji literaturowej przedstawiona została w tabeli nr 20

Tabela 20. Współwystępowanie zidentyfikowanych problemów w literaturze (opr. własne).

	Problem 1	Problem 2	Problem 3	Problem 4	Problem 5
Problem 1		6	4	9	4
Problem 2	6		3	8	4
Problem 3	4	2		2	0
Problem 4	9	8	2		0
Problem 5	4	4	0	0	

Wymienione w tabeli problemy oznaczają kolejno:

- a. Tendencję zmniejszania się partii produkcyjnych,
- b. Trudność powiązania wielkości produkcji ze zużyciem materiałów,
- c. Wpływ kontroli jakości jako czynnika wpływającego na poprawność określania poziomu robót w toku,
- d. Niezgodność wielkości partii produkcyjnej wyrobów gotowych z wielkością partii produkcyjnej części.
- e. Wpływ transportu wewnętrznego i/lub dostępności narzędzi specjalnych na wydłużanie procesu produkcyjnego (powyżej zakładanego).

Analizując dwie powyższe tabele zauważyć należy, że trzy ze zidentyfikowanych problemów powtarzają się częściej niż pozostałe dwa. Jednocześnie pierwszy oraz drugi zawsze współwystępują z pozostałymi. Widoczny jest więc znaczny wpływ tych dwóch problemów na obszar sterowania produkcją.

Analizowane publikacje skupiały się w znacznym stopniu na samych problemach i ich rozwiązaniu. W nieznacznym stopniu odnosiły się bezpośrednio do warunków funkcjonowania przedsiębiorstw w zakresie pozwalającym na potwierdzenie drugiej hipotezy badawczej (H2) dla obszaru sterowania produkcją. W celu potwierdzenia drugiej hipotezy (H2), zdecydowano się na poszerzenie badania o badanie ankietowe, dzięki któremu możliwa będzie weryfikacja drugiej hipotezy badawczej (H2). Badanie to pozwoli na zestawienie określonych wcześniej czynników wpływających na funkcjonowanie sfery sterowania produkcją z występowaniem zidentyfikowanych problemów.

Rozdział 2. Badanie empiryczne funkcjonowania obszarów planowania i sterowania produkcją w przedsiębiorstwach

2.1. Projekt kwestionariusz ankiety oraz dobór próby badawczej

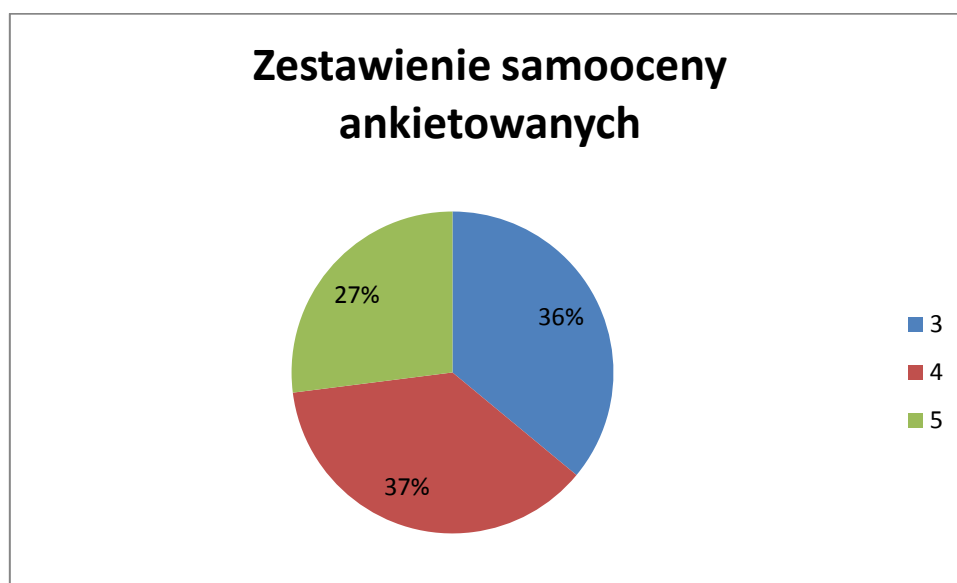
Celem badania ankietowego była weryfikacja oraz uszczegółowienie badań literaturowych. W celu zachowania prawidłowości badania definiowano grupę badawczą w sposób celowy. Autor określił subiektywne warunki, które musiała spełniać osoba wypełniająca ankietę. Ankieta została zaadresowana bezpośrednio do osób zajmujących się planowaniem i/lub sterowaniem produkcją w przedsiębiorstwach. Osoby ankietowane stanowili pracownicy zajmujący stanowiska kierownicze, jak i starsi specjaliści, specjaliści oraz młodsi specjaliści zarówno do spraw planowania jak i sterowania produkcją. Kontakt z osobami ankietowanymi nastąpił poprzez portal, na którym budowane są sieci współpracy pomiędzy osobami zajmującymi się podobnymi zagadnieniami.

Kwestionariusz podzielony został na cztery części. Pierwsza część dotyczyła charakterystyki przedsiębiorstwa z punktu widzenia cech istotnych dla badania. Druga część dotyczyła doświadczenia zawodowego i samooceny osoby ankietowanej. W trzeciej części znalazły się pytania o spostrzeżenia ankietowanych dotyczące problemów występujących w obszarze planowania produkcji. W czwartej części badania zawarte zostały pytania koncentrujące się na obszarze sterowania produkcją. Kwestionariusz ankiety przedstawiony został w załączniku nr 1.

Otrzymano odpowiedzi na 200 rozesłanych kwestionariuszy. Pozyskano odpowiedzi od osób, o różnym doświadczeniu w planowaniu i sterowaniu produkcją, oraz różnie oceniających swoje kompetencje w tych obszarach. Doświadczenie osób wypełniających ankietę badane było pod kątem czasu, jakim dana osoba zajmuje się zawodowo planowaniem i/lub sterowaniem produkcją. Dla tej oceny przygotowano cztery możliwe odpowiedzi: do 3, od 3 do 5 lat, pomiędzy 5 a 10 lat oraz ponad 10 lat. Do celów badania wybrane zostały odpowiedzi otrzymane od osób, których doświadczenie wynosiło powyżej 3 lat, oraz takich, które swoje doświadczenie oceniły, na co najmniej 3 punkty. W ten sposób otrzymano 113 oryginalnych odpowiedzi na przesłany kwestionariusz. Odpowiedzi na pytania o staż pracy oraz samoocenę przedstawiono na rysunkach nr 3 oraz 4.



Rysunek 3. Zestawienie doświadczenia zawodowego ankietowanych osób (opr. własne)



Rysunek 4. Samoocena kompetencji ankietowanych osób (opr. własne)

2.2. Charakterystyka przedsiębiorstw objętych badaniem ankietowym

Analiza charakterystyki badanych przedsiębiorstw dotyczyła cech badanych przedsiębiorstw. Pytania dotyczyły wielkości przedsiębiorstwa, rynków, oraz gałęzi przemysłu, w której działa przedsiębiorstwo.

Następnie weryfikacji poddano sposób organizacji produkcji oraz funkcjonowania obszaru planowania i sterowania produkcją. Wpływ tych czynników był szczególnie ważny w procesie weryfikacji trzeciej hipotezy badawczej **(H3)**.

Jako ostatni element zbadano ewentualny aspekt wykorzystania w przedsiębiorstwie narzędzi informatycznych wspomagających funkcjonowanie obszarów planowania i sterowania produkcją. Czynnik ten analizowany był, jako element mający wpływ na weryfikację czwartej hipotezy badawczej **(H4)**. Określenie czy i jaki system informatyczny wspomagający planowanie i sterowanie produkcją wykorzystuje dane przedsiębiorstwo pozwala określić, czy w tych obszarach wykorzystywana jest logika planowania MRP czy też inna dana. Informacja ta ma kluczowe znaczenie dla weryfikacji czwartej hipotezy badawczej **(H4)**.

Cechy badanych przedsiębiorstw

Pytanie o wielkość analizowanego przedsiębiorstwa ma zadanie pomóc w określeniu, czy określone na etapie badania literaturowego problemy można przypisać do konkretnej wielkości przedsiębiorstwa. Podobnie jak w przypadku badania literaturowego zauważalna jest mała ilość przedsiębiorstw małych reprezentowanych w badaniu (rys.5).



Rysunek 5. Zestawienie wielkości badanych przedsiębiorstw (opr. własne).

Podobnie jak w przypadku pytania o wielkość przedsiębiorstwa, pytanie o rynek, na którym funkcjonuje przedsiębiorstwo ma za zadanie pomóc odpowiedź na pytanie czy można połączyć określone wcześniej problemy z konkretnym rynkiem, na jakim funkcjonuje przedsiębiorstwo (rys 5 oraz 6)



Rysunek 6. Zestawienie rynków na jakim działają badane przedsiębiorstwa (opr. własne).

Pytanie o gałąź przemysłu pozwala na określenie, czy istnieją problemy w obszarach planowania i sterowania produkcją charakterystyczne dla którejś z nich.



Rysunek 7. Zestawienie gałęzi przemysłu w jakich działają badane przedsiębiorstwa (opr. własne).

Analiza odpowiedzi na pytania o cechy badanych przedsiębiorstw wykazała, że działają one w wszystkich rynkach w wielu gałęziach przemysłu. Pozwala to stwierdzić, że grupa badawcza spełnia warunki obiektywności badania oraz wymagania stawiane jej przez autora badania.

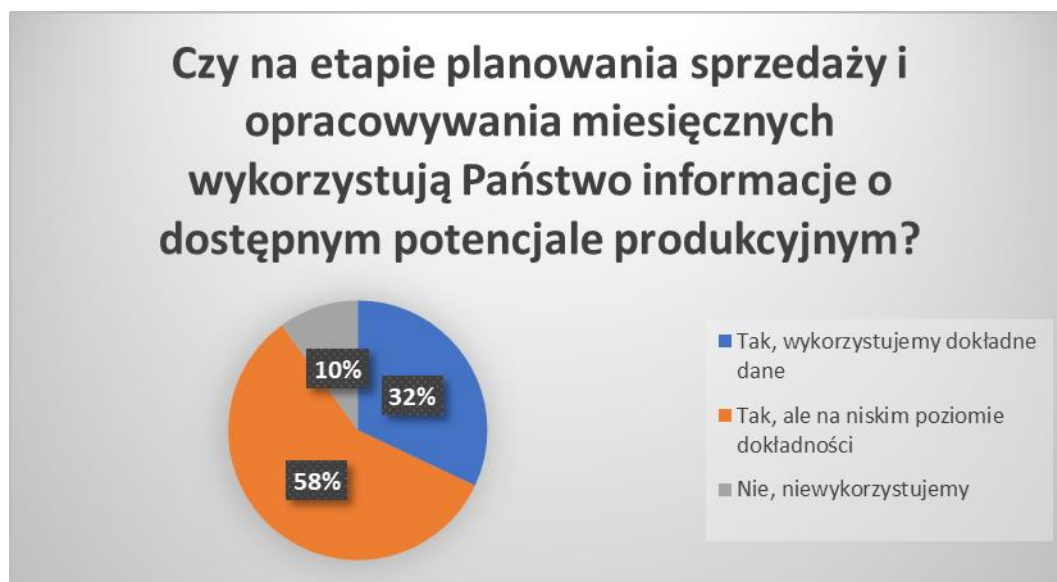
Sposób organizacji produkcji oraz funkcjonowania obszaru planowania i sterowania produkcją

Pierwszym analizowanym aspektem był sposób organizacji produkcji. Pod uwagę brane były trzy opisywane w literaturze charakterystyczne sposoby organizacji produkcji. Otrzymane odpowiedzi przedstawione zostały na rysunku nr 8.

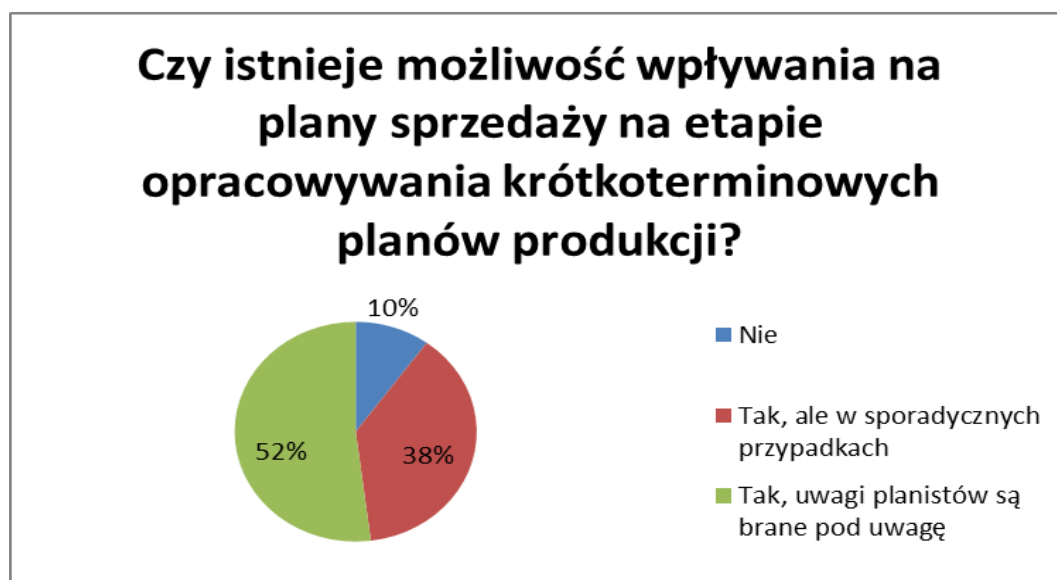


Rysunek 8. Zestawienie sposobu organizacji produkcji w badanych przedsiębiorstwach (opr. własne).

Kolejny etap analizy odpowiedzi dotyczył warunków funkcjonowania sfery planowania i sterowania produkcją w przedsiębiorstwach. Pytania dotyczyły dostępności oraz jakości danych, które wykorzystują osoby zajmujące się planowaniem i sterowaniem produkcją oraz współpracy z innymi działami przedsiębiorstwa zajmującymi się planowaniem.



Rysunek 9. Zestawienie wykorzystania i dokładności danych wykorzystywanych w planowaniu (opr. własne).



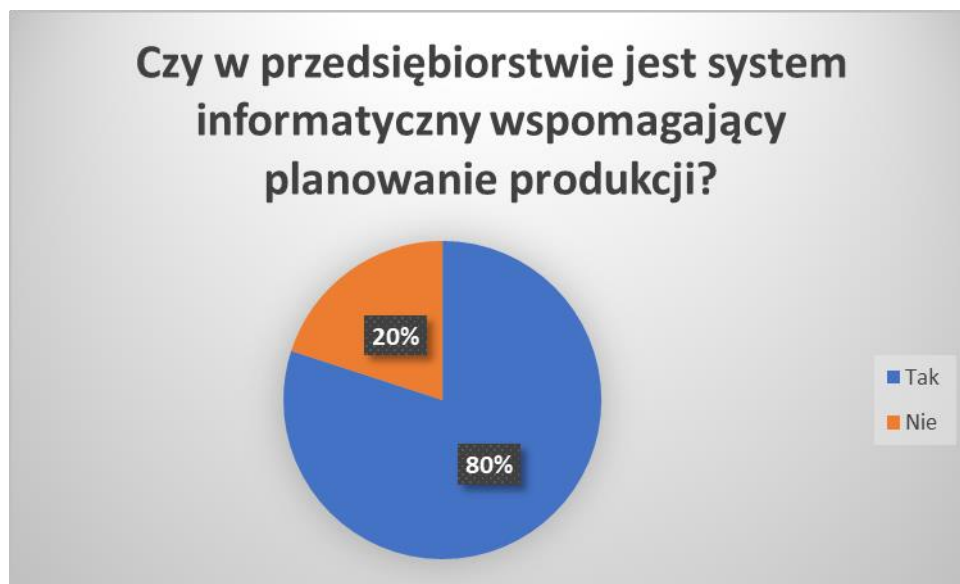
Rysunek 10. Zestawienie warunków współpracy pomiędzy działami planowania sprzedaży i planowania produkcji (opr. własne).

Analizując odpowiedzi na powyższe pytania należy stwierdzić, że badaniem objęte zostały osoby pracujące w przedsiębiorstwach o różnych sposobach organizacji produkcji.

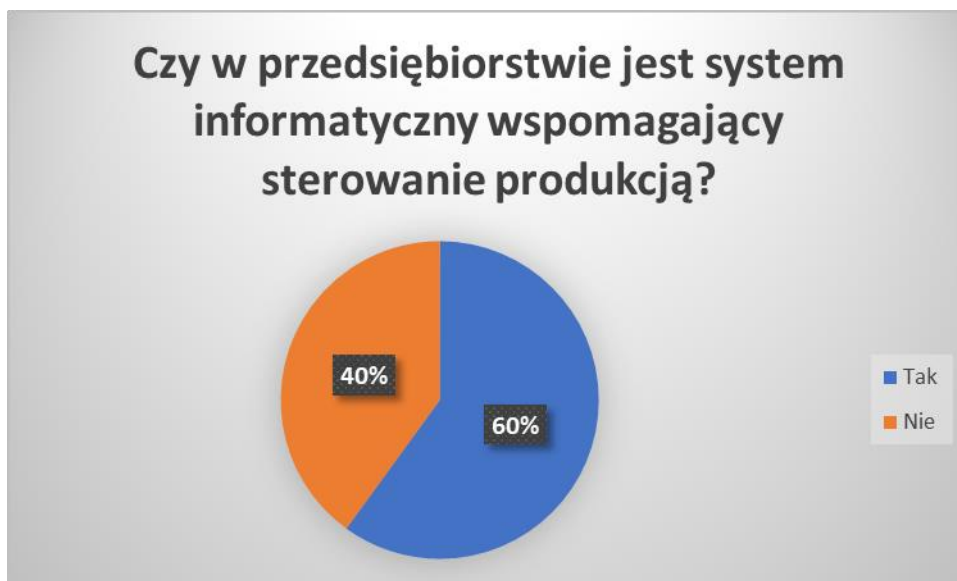
Warunki funkcjonowania sfer planowania i sterowania produkcją również były różnorodne. **Pozwala to stwierdzić, że badane przedsiębiorstwa stanowią reprezentatywną grupę i gwarantują obiektywność badania.**

Pytanie o wykorzystywane systemy informatyczne wykorzystywane zarówno w planowaniu i sterowaniu produkcją ma na celu określić w jakim stopniu analizowane przedsiębiorstwa wykorzystują w obszarach planowania i sterowania produkcją narzędzia informatyczne. Analiza odpowiedzi udzielonych przez ankietowanych pozwoli znaleźć odpowiedź na pytanie czy i jakie problemy są charakterystyczne dla przedsiębiorstw:

- a. Nie wykorzystujących w ogóle wspomaganie informatycznego,
- b. Wykorzystujących wspomaganie informatyczne jedynie w jednym z analizowanych obszarów,
- c. Wykorzystujących wspomaganie informatyczne zarówno w obszarze planowania jak i sterowania produkcją.



Rysunek 11 Zestawienie stopnia informatyzacji procesu planowania produkcji (opr. własne).



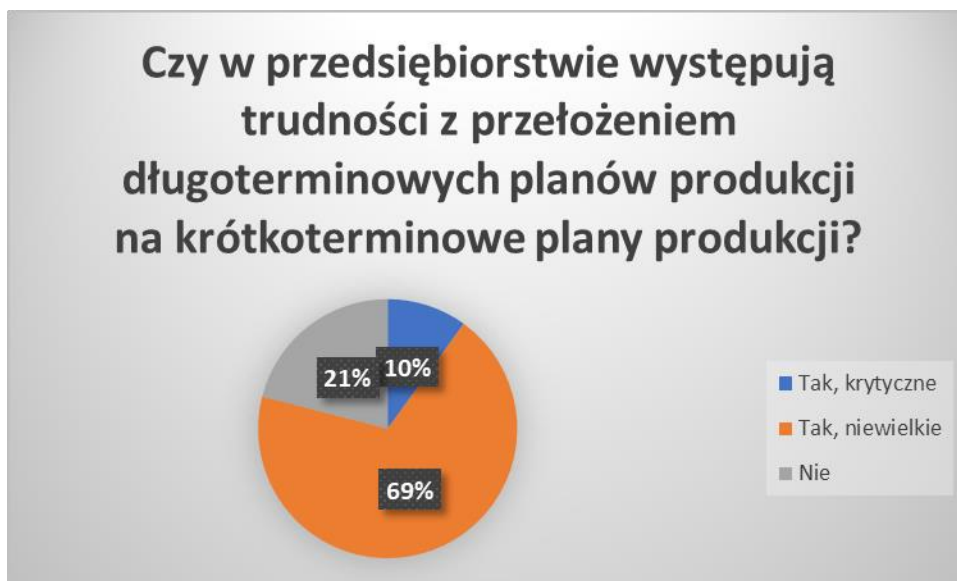
Rysunek 12 Zestawienie stopnia informatyzacji procesu sterowania produkcją (opr. własne).

Z punktu widzenia prowadzonego badania znalezienie powiązań w obrębie tych zagadnień ma kluczowe znaczenie dla weryfikacji czwartej hipotezy badawczej (H4). Narzędzia informatyczne wspomagające planowanie i sterowanie produkcją, jako jedną z danych porządkujących wykorzystują strukturę wyrobu. Wykazanie wpływu stosowania narzędzi informatycznych na obszary planowania i sterowania produkcją wykaże, że stosowanie struktury wyrobu ma wpływ na funkcjonowanie tych obszarów. Zamiana struktury wyrobu gotowego na strukturę procesu produkcyjnego może mieć wpływ na planowanie i sterowanie produkcji w przedsiębiorstwach.

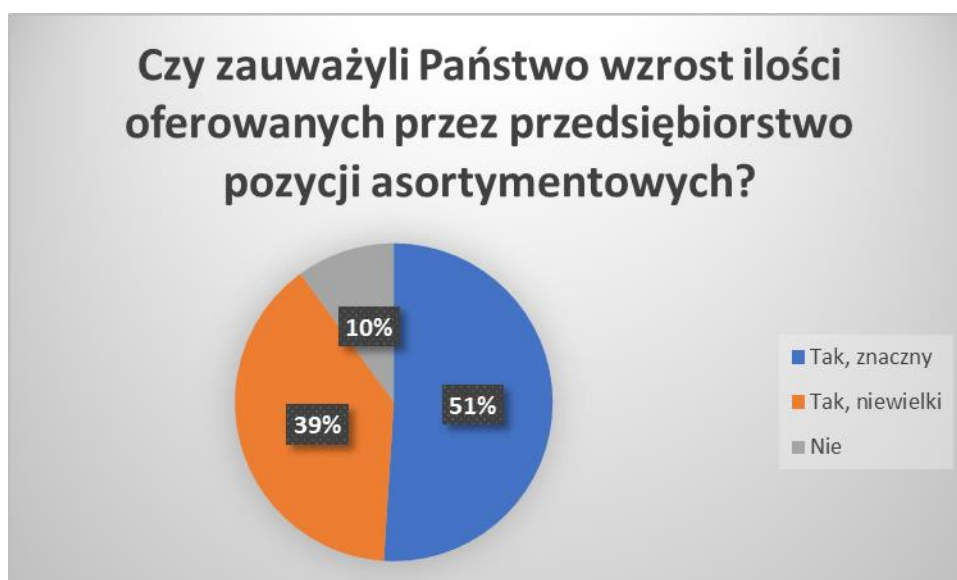
Przedstawione w podrozdziale wykresy pokazują, że badanie objęło szereg firm, o różnej wielkości oraz funkcjonujących w różnych gałęziach przemysłu. Pozwoli to na dalszym etapie określić ewentualny wpływ tych uwarunkowań na problemy pojawiające się w obszarze sterowania produkcją.

2.3. Analiza odpowiedzi z zakresu planowania produkcji

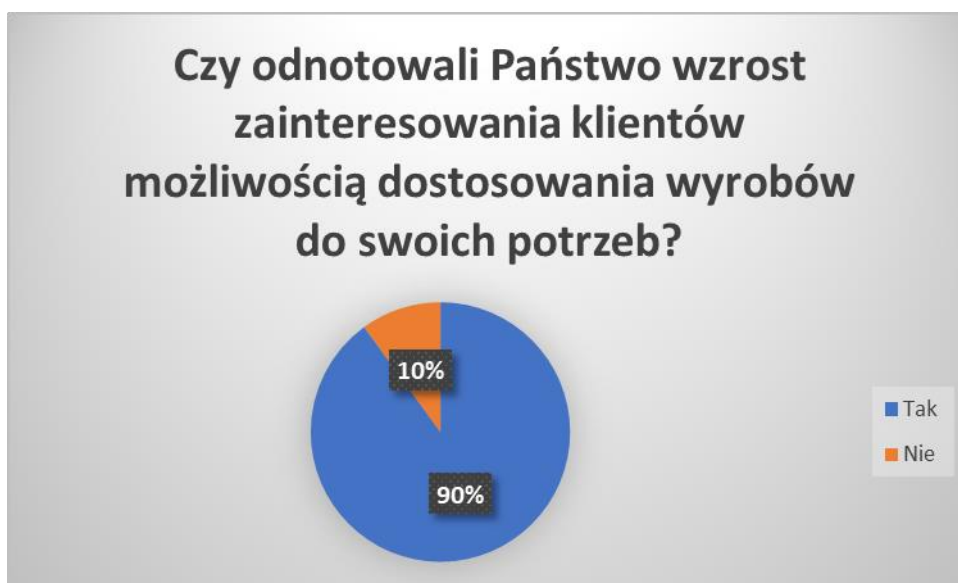
Kolejną częścią badania ankietowego były pytania o występowanie problemów w obszarze planowania produkcji oraz subiektywnie oceniany przez osobę wypełniającą ankietę stopień natężenia tych problemów. Odpowiedzi na zamieszczone w ankiecie badania przedstawiały się następująco:



Rysunek 13 Występowanie problemu przełożenia długoterminowych planów produkcji na krótko terminowe plany produkcji (opr. własne).



Rysunek 14 Zestawienie wzrostu ilości oferowanych pozycji asortymentowych (opr. własne).



Rysunek 15 Zestawienie wzrostu zainteresowania klientów możliwością dostosowania wyrobów do swoich potrzeb (opr. własne).



Rysunek 16 Zestawienie wpływu masowej kustomizacji na skomplikowanie procesu planowania produkcją (opr. własne).



Rysunek 17 Zestawienie tendencji zmniejszania się partii produkcyjnych (opr. własne).



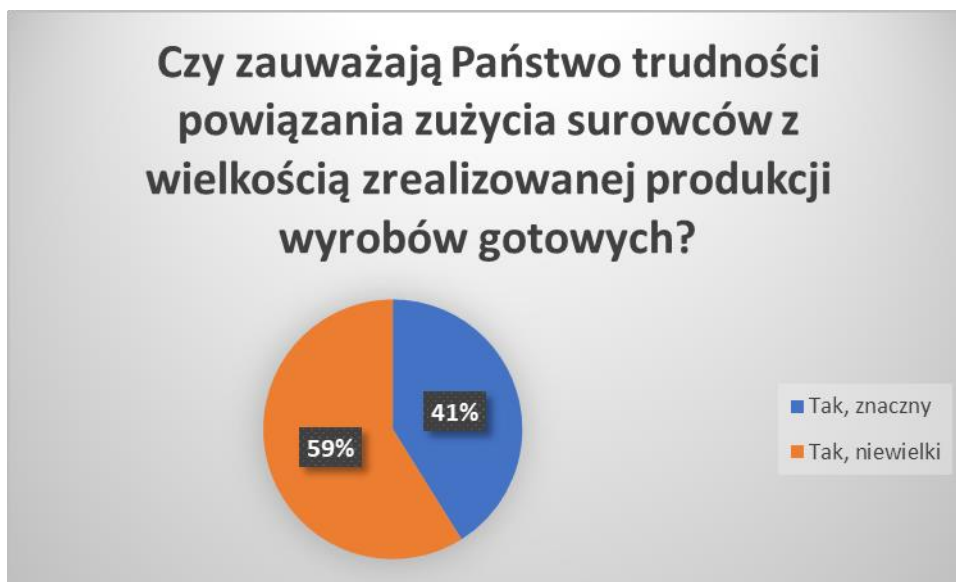
Rysunek 18 Wpływ tendencji zmniejszania partii produkcyjnych na przedsiębiorstwa (opr. własne).

Na etapie analizy otrzymanych odpowiedzi wysnuć można wnioski, że wyzwaniem stojącym przed służbami odpowiedzialnymi za planowanie produkcji jest wzrost liczby produkowanych pozycji asortymentowych (rys. nr 14). Został on zauważony w przypadku 90% badanych przedsiębiorstw. Innym z czynników, mających wpływ na komplikację procesu planowania produkcji jest wzrost zainteresowania klientów dostosowywaniem do swoich potrzeb oferowanych wyrobów. Tendencję wzrostu zainteresowania taką możliwością potwierdziło 90% badanych (rys. nr 15), aż 80% z nich stwierdziło, że miało to wpływ na skomplikowanie procesu planowania produkcji (rys. nr 16).

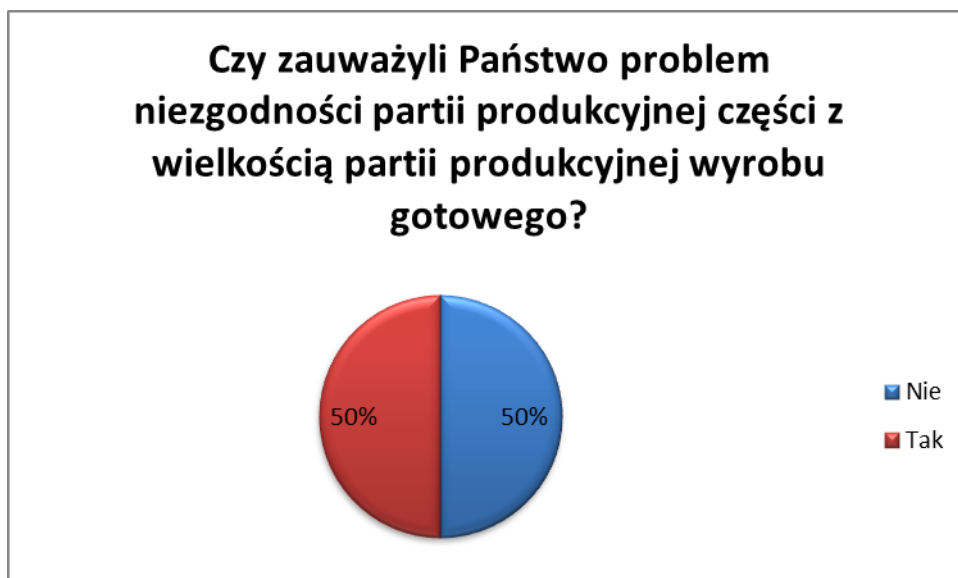
Wszystkie zdefiniowane dla obszaru planowania produkcją problemy zostały zauważone przez osoby wypełniające kwestionariusze. Analizowane przedsiębiorstwa były reprezentatywne dla prowadzonego badania. Charakteryzowały się różną wielkością, działały na różnych rynkach oraz w różnych gałęziach przemysłu. Połączenie tych dwóch aspektów potwierdza pierwszą oraz drugą hipotezę badawczą.

2.4. Analiza odpowiedzi z zakresu sterowania produkcją

Kolejna część badania ankietowego dotyczyła charakterystyki problemów z zakresu sterowania produkcją. W tej części badania określono ewentualne czynniki mogące mieć wpływ na przebieg procesu sterowania produkcją oraz ich siłę. Odpowiedzi na te pytania kształtowały się następująco:



Rysunek 19 Zestawienie trudności powiązania zużycia surowców z wielkością zrealizowanej produkcji (opr. własne).



Rysunek 20. Problem niezgodności partii produkcyjnej części z wielkością partii produkcyjnej wyrobu gotowego (opr. własne).



Rysunek 21 Wpływ niezgodności partii produkcyjnej części z partią produkcyjną wyrobu gotowego na przebieg sterowania produkcją (opr. własne)



Rysunek 22 Wpływ transportu zewnętrznego i dostępności narzędzi specjalnych na długość cyklu produkcyjnego (opr. własne)

Analizując otrzymane odpowiedzi zauważyć można, że trudności z powiązaniem zużycia surowców z wielkością zrealizowanej produkcji wyrobów gotowych zauważyło 100% ankietowanych. (rys 19). 50% z ankietowanych zauważyło problem niezgodności partii produkcyjnej części z wielkością partii produkcyjnej wyrobów gotowych. Z tych osób 30 % uznało, że problem ten w znaczny sposób wpływa na skomplikowanie procesu sterowania produkcją (rys. 20 oraz 21). Wpływ na wydłużanie realizacji procesu produkcyjnego przez transport wewnętrzny oraz dostępność narzędzi specjalnych zauważyło 79% ankietowanych (rys. 22).

Wszystkie zdefiniowane dla obszaru sterowania produkcją problemy zostały zauważone przez osoby wypełniające kwestionariusze. Analizowane przedsiębiorstwa były reprezentatywne dla prowadzonego badania. Charakteryzowały się różną organizacją produkcji oraz różniły się sposobem organizacji procesu sterowania produkcją. Połączenie tych dwóch aspektów potwierdza pierwszą oraz drugą hipotezę badawczą.

2.5. Analiza korelacji pomiędzy warunkami funkcjonowaniem obszaru sterowania produkcją a zdefiniowanymi dla niego problemami

W celu zbadania zależności pomiędzy otrzymanymi wynikami badania ankietowego wykorzystana została analiza korelacji rho-Spearmana. Wybór ten wynikał z tego, że pozwala ona badać dane mające charakter porządkowy o dowolnym rozkładzie teoretycznym.

Pierwszym etapem analizy było sprawdzenie korelacji pomiędzy sposobem organizacji produkcji a problemami zdiagnozowanymi dla obszaru sterowania produkcją.

W celu dokonania analizy dokonano parametryzacji otrzymanych danych. Parametr o wartości 1 został przypisany do produkcji zorganizowanej w sposób linii produkcyjnej, dla produkcji zorganizowanej w sposób liniowy, ale niewykorzystujący linii produkcyjnej parametr przyjął wartość 2, w przypadku nieliniowej organizacji produkcji parametr przyjął wartość 3. Spowodowane to było koniecznością uporządkowania oraz wartościowania odpowiedzi w taki sposób by zwiększanie skomplikowania organizacji produkcji połączone było ze wzrostem wartości parametru.

Pytanie 1. Czy tendencja zmniejszania się partii produkcyjnych ma zauważalny wpływ na wykorzystanie potencjału produkcyjnego w przedsiębiorstwie?

Dla odpowiedzi na pytanie 1 wprowadzono 2 parametry 0 – Nie., 1 – Trudno powiedzieć, 2 - tak

Analiza korelacji wykazała, że:

Korelacja rho-Spearmana przyjęła wartość -0,145 z poziomem istotności 0,127

Wynik ten świadczy o niewielkiej współzależności pomiędzy analizowanymi odpowiedziami a sposobem organizacji produkcji. Wynik ujemny wskazuje, że dany problem występuje nieznacznie częściej w przypadku przedsiębiorstw o liniowej organizacji produkcji.

Pytanie 2. Czy zauważają Państwo trudności powiązania zużycia surowców, z wielkością zrealizowanej produkcji wyrobów gotowych?

Dla odpowiedzi na pytanie 2 wprowadzono 2 parametry 0 – Nie., 1 – Tak niewielkie, 2 – tak, znaczne

Korelacja rho-Spearmana przyjęła wartość 0,005 z poziomem istotności 0,995

Oznacza to, że należy przyjąć, że nie istnieje powiązanie pomiędzy analizowanymi zagadnieniami. Jednocześnie uzyskany poziom istotności statystycznej badania uniemożliwia przyjęcie tej hipotezy.

Pytanie 3. Czy widzą Państwo problem wpływu kontroli, jakości jako czynnika wpływającego na poprawność określania poziomu robót w toku?

Dla odpowiedzi na pytanie 3 wprowadzono 2 parametry 0 – Nie., 1 – Tak, niewielki, 2 – Tak, znaczny.

Analiza korelacji wykazała, że:

Korelacja rho-Spearmana przyjęła wartość 0,137 z poziomem istotności 0,148

Wynik wskazuje, że istnieje niewielka korelacja pomiędzy analizowanymi czynnikami. Ponieważ, wartość korelacji przyjmuje wartość dodatnią, można stwierdzić, że analizowany problem ma niewielką tendencję pojawiać się częściej w przypadku bardziej skomplikowanych sposobów organizacji produkcji. Jednocześnie poziom istotności pozwala na przyjęcie powyższej hipotezy.

Pytanie 4. Czy niezgodność wielkości partii produkcyjnej części z wielkością partii produkcyjnej wyrobu gotowego ma wpływ na skomplikowanie procesu sterowania produkcją?

Dla odpowiedzi na pytanie 4 wprowadzono 2 parametry 0 – Nie., 1 – Tak, niewielki, 2 – Tak, znaczny.

Analiza korelacji wykazała, że:

Korelacja rho-Spearmana przyjęła wartość 0,034 z poziomem istotności 0,724

Wynik ten oznacza, że analizowany problem nie jest charakterystyczny dla żadnego sposobu organizacji produkcji. Jednocześnie poziom istotności statystycznej nie pozwala na przyjęcie badanej hipotezy.

Pytanie 5. Czy transport wewnętrzny i/lub dostępność narzędzi specjalnych ma wpływ na wydłużanie procesu produkcyjnego (powyżej zakładanego)?

Dla odpowiedzi na pytanie 5 wprowadzono 2 parametry 0 – Nie., 1 – Tak, niewielki, 2 – Tak, znaczny.

Analiza korelacji wykazała, że:

Korelacja rho-Spearmana przyjęła wartość -0,115 z poziomem istotności 0,272

Wynik ten wskazuje, że istnieje słaba zależność między analizowanymi czynnikami. Ujemny wynik korelacji wskazuje, że problem ten nieznacznie częściej występuje w przypadku wykorzystywania linii produkcyjnej.

Analizując całość wyników analizy wpływu sposobu organizacji produkcji na występowanie odnalezionych w trakcie badań literaturowych problemów z obszarem sterowania produkcją można stwierdzić, że zidentyfikowane problemy mają charakter uniwersalny. Występują w podobnym natężeniu w przedsiębiorstwach o różnym sposobie organizacji produkcji. W przypadku wszystkich analizowanych kombinacji wyznaczona zależność okazywała się słaba. Nie wszystkie wyniki okazały się jednak statystycznie wiarygodne, **potwierdzają one jednak słuszność hipotezy trzeciej (H3) w zakresie dotyczącym obszaru sterowania produkcją w odniesieniu do wybranych aspektów.** Mało wiarygodne wyniki stanowią obszar, który wymaga pogłębionego badania, na przykład czynnika, którego wpływ na badane zagadnienia okaże się istotny oraz potwierdzony.

2.6. Analiza wpływu wykorzystywania systemów informatycznych na funkcjonowanie obszarów planowania i sterowania produkcją

Kolejnym elementem badania była analiza korelacji pomiędzy stosowaniem w przedsiębiorstwie **systemu wspomagającego planowanie produkcją** a analizowanymi zagadnieniami zdiagnozowanymi dla obszaru **planowania produkcji**. W celu sprawdzenia zależności pomiędzy analizowanymi zagadnieniami zastosowana została korelacja rho Spearmana. Korelacja ta przyjmuje wartości pomiędzy 1 a -1. Gdzie 1 oznacza silną pozytywną korelację, 0 oznacza brak korelacji natomiast -1 oznacza silną negatywną korelację? Następnie przeprowadzona została analiza korelacji pomiędzy wykorzystaniem systemów informatycznych wspomagających planowanie produkcji a tymi 5 pytaniami o problemy zidentyfikowane dla tego obszaru na etapie badania literaturowego.

Pytanie 1. Czy w przedsiębiorstwie występują trudności z przełożeniem długoterminowych planów produkcji (rocznych, kwartalnych, miesięcznych) na krótkoterminowe plany produkcji (tygodniowe lub krótsze)?

W celu analizy korelacji pomiędzy wykorzystywaniem systemów wspomagających planowanie produkcji a pierwszym pytaniem wprowadzono parametryzację uzyskanych odpowiedzi. Dla pytania o wykorzystywanie takiego systemu wprowadzono parametry, 0 – gdy nie wykorzystuje się takiego systemu oraz 1- jeśli taki system jest wykorzystywany. Dla odpowiedzi na pytanie 1 wprowadzono 3 parametry, 0 – gdy problem nie występował, 1 – gdy odpowiedź brzmiała tak, niewielkie 2- dla odpowiedzi tak krytyczne. Analiza korelacji wykazała, że:

Korelacja rho-Spearmana przyjęła wartość -0,076 z poziomem istotności 0,428

Wynik korelacji pozwala na stwierdzenie, że brak jest korelacji pomiędzy badanymi zagadnieniami. Jednak poziom istotności wskazuje, że istnieje znaczne ryzyko błędu uzyskanego pomiaru. Oznacza to, że na podstawie otrzymanych wyników nie można jednoznacznie stwierdzić zależności pomiędzy badanymi aspektami.

Pytanie 2. Czy wzrost ilości oferowanych pozycji asortymentowych wpłynął na skomplikowanie procesu planowania produkcji części?

W celu analizy korelacji pomiędzy wykorzystywaniem systemów wspomagających planowanie produkcji a 2 pytaniem wprowadzono parametryzację uzyskanych odpowiedzi. Dla pytania o wykorzystywanie takiego systemu wprowadzono parametry, 0 – gdy nie wykorzystuje się takiego systemu oraz 1- jeśli taki system jest wykorzystywany. Dla odpowiedzi na pytanie 1 wprowadzono 3 parametry 0 – Nie., 1 – Tak, proporcjonalnie do wzrostu ilości pozycji asortymentowych 2 Tak, proporcjonalnie wzrost komplikacji był znacznie większy niż wzrost ilości pozycji asortymentowych.

Analiza korelacji wykazała, że:

Korelacja rho-Spearmana przyjęła wartość -0,103 z poziomem istotności 0,28

Wynik taki oznacza, słabe powiązanie między wykorzystywaniem systemu informatycznego wspomagającego planowanie produkcji a wzrostem skomplikowania procesu planowania produkcji części związanego ze wzrostem ilości produkowanych pozycji asortymentowych.

Pytanie 3. Czy ewentualny wzrost klientów zainteresowanych możliwością dostosowania wyrobów do swoich potrzeb, miał wpływ na skomplikowanie procesu planowania produkcji?

W celu analizy korelacji pomiędzy wykorzystywaniem systemów wspomagających planowanie produkcji a 3 pytaniem wprowadzono parametryzację uzyskanych odpowiedzi. Dla pytania o wykorzystywanie takiego systemu wprowadzono parametry, 0 – gdy nie wykorzystuje się takiego systemu oraz 1- jeśli taki system jest wykorzystywany. Dla odpowiedzi na pytanie 5 wprowadzono 2 parametry 0 – Nie., 1 – Tak.

Analiza korelacji wykazała, że:

Korelacja rho-Spearmana przyjęła wartość 0,048 z poziomem istotności 0,619

Wynik taki oznacza, że pomiędzy badanymi czynnikami brak jest powiązania. Jednak poziom istotności wskazuje, że istnieje znaczne ryzyko błędu uzyskanego pomiaru. Oznacza to, że na podstawie otrzymanych wyników nie można jednoznacznie stwierdzić zależności pomiędzy badanymi aspektami.

Pytanie 4. Czy tendencja zmniejszania się partii produkcyjnych ma zauważalny wpływ na wykorzystanie potencjału produkcyjnego w przedsiębiorstwie?

W celu analizy korelacji pomiędzy wykorzystywaniem systemów wspomagających planowanie produkcji a 4 pytaniem wprowadzono parametryzację uzyskanych odpowiedzi. Dla pytania o wykorzystywanie takiego systemu wprowadzono parametry 1- jeśli taki system jest wykorzystywany oraz 0 – gdy nie wykorzystuje się takiego systemu.. Dla odpowiedzi na pytanie 1 wprowadzono 2 parametry 0 – Nie., 1 – Trudno powiedzieć, 2 - tak

Analiza korelacji wykazała, że:

Korelacja rho-Spearmana przyjęła wartość 0,007 z poziomem istotności 0,463

Wynik taki pozwala na stwierdzenie, że brak jest powiązania pomiędzy badanymi zagadnieniami. Jednak poziom istotności wskazuje, że istnieje znaczne ryzyko błędu uzyskanego pomiaru. Oznacza to, że na podstawie otrzymanych wyników nie można jednoznacznie stwierdzić zależności pomiędzy badanymi aspektami.

Pytanie 5. Jak postrzegają Państwo problem reagowania na odchylenia długości procesu produkcyjnego części na proces produkcji zaopatrywanej przez ten proces?

W celu analizy korelacji pomiędzy wykorzystywaniem systemów wspomagających planowanie produkcji a 5 pytaniami wprowadzono parametryzację uzyskanych odpowiedzi. Dla pytania o wykorzystywanie takiego systemu wprowadzono parametry, 0 – gdy nie wykorzystuje się takiego systemu oraz 1- jeśli taki system jest wykorzystywany. Dla odpowiedzi na pytanie 5 wprowadzono 2 parametry, 0 – gdy problem nie istnieje, 1 – Problem istnieje, ale zawsze miał marginalne znaczenia, 2 – Problem istnieje, stanowił poważne wyzwanie, ale nauczyliśmy się sobie z nim radzić, 3 - Problem istnieje i jest przyczyną poważnych perturbacji w realizacji całego procesu produkcyjnego

Analiza korelacji wykazała, że:

Korelacja rho-Spearmana przyjęła wartość 0,376 z poziomem istotności <0,001

Wynik ten wskazuje, że istnieje zależność pomiędzy wykorzystywaniem przez przedsiębiorstwo systemu informatycznego wspomagającego planowanie produkcji a analizowanym problemem. Jednocześnie stosowanie takiego systemu zwiększa nasilenie analizowanego problemu. Uzyskany w badaniu poziom istotności pozwala na przyjęcie wyniku badania.

Kolejnym elementem badania była analiza korelacji pomiędzy stosowaniem w przedsiębiorstwie **systemu wspomagającego planowanie produkcji** analizowanymi zagadnieniami zdiagnozowanymi dla obszaru **sterowania produkcją**. W celu sprawdzenia zależności pomiędzy analizowanymi czynnikami zastosowana została korelacja rho Spearmana. Korelacja ta przyjmuje wartości pomiędzy 1 a -1. Gdzie 1 oznacza silną pozytywną korelację, 0 oznacza brak korelacji natomiast -1 oznacza silną negatywną korelację? Następnie przeprowadzona została analiza korelacji pomiędzy wykorzystaniem systemów informatycznych wspomagających planowanie produkcji a tymi 5 pytaniami o problemy zidentyfikowane dla tego obszaru na etapie badania literaturowego.

Pytanie 1. Czy tendencja zmniejszania się partii produkcyjnych ma zauważalny wpływ na wykorzystanie potencjału produkcyjnego w przedsiębiorstwie?

W celu analizy korelacji pomiędzy wykorzystywaniem systemów wspomagających planowanie produkcji a 1 pytaniem wprowadzono parametryzację uzyskanych odpowiedzi.

Dla pytania o wykorzystywanie takiego systemu wprowadzono parametry, 0 – gdy nie wykorzystuje się takiego systemu oraz 1- jeśli taki system jest wykorzystywany. Dla odpowiedzi na pytanie 1 wprowadzono 2 parametry 0 – Nie., 1 – Trudno powiedzieć, 2 - tak

Analiza korelacji wykazała, że:

Korelacja rho-Spearmana przyjęła wartość 0,007 z poziomem istotności 0,463

Wynik korelacji pozwala na stwierdzenie, że brak jest powiązania pomiędzy badanymi czynnikami.. Jednak poziom istotności wskazuje, że istnieje znaczne ryzyko błędu uzyskanego pomiaru. Oznacza to, że na podstawie otrzymanych wyników nie można jednoznacznie stwierdzić zależności pomiędzy badanymi aspektami.

Pytanie 2. Czy zauważają Państwo trudności powiązania zużycia surowców, z wielkością zrealizowanej produkcji wyrobów gotowych?

W celu analizy korelacji pomiędzy wykorzystywaniem systemów wspomagających planowanie produkcji a 2 pytaniem wprowadzono parametryzację uzyskanych odpowiedzi. Dla pytania o wykorzystywanie takiego systemu wprowadzono parametry, 0 – gdy nie wykorzystuje się takiego systemu oraz 1- jeśli taki system jest wykorzystywany. Dla odpowiedzi na pytanie 2 wprowadzono 2 parametry 0 – Nie., 1 – Tak niewielkie, 2 – tak, znaczne

Analiza korelacji wykazała, że:

Korelacja rho-Spearmana przyjęła wartość -0,347 z poziomem istotności <0,001

Wynik ten oznacza, że istnieje powiązanie pomiędzy analizowanym problemem a wykorzystywaniem przez przedsiębiorstwo systemem informatycznym wspomagającym planowanie produkcji.

Pytanie 3. Czy widzą Państwo problem wpływu kontroli, jakości, jako czynnika wpływającego na poprawność określania poziomu robót w toku?

W celu analizy korelacji pomiędzy wykorzystywaniem systemów wspomagających planowanie produkcji a 3 pytaniem wprowadzono parametryzację uzyskanych odpowiedzi. Dla pytania o wykorzystywanie takiego systemu wprowadzono parametry, 0 – gdy nie

wykorzystuje się takiego systemu oraz 1- jeśli taki system jest wykorzystywany. Dla odpowiedzi na pytanie 1 wprowadzono 2 parametry 0 – Nie., 1 – Tak, niewielki, 2 – Tak, znaczny.

Analiza korelacji wykazała, że:

Korelacja rho-Spearmana przyjęła wartość -0,294 z poziomem istotności 0,002

Wynik ten oznacza, że istnieje wpływ wykorzystywania systemów informatycznych wspomagających planowanie produkcji na analizowany problem.

Pytanie 4. Czy niezgodność wielkości partii produkcyjnej części z wielkością partii produkcyjnej wyrobu gotowego ma wpływ na skomplikowanie procesu sterowania produkcją?

W celu analizy korelacji pomiędzy wykorzystywaniem systemów wspomagających planowanie produkcji a 4 pytaniem wprowadzono parametryzację uzyskanych odpowiedzi. Dla pytania o wykorzystywanie takiego systemu wprowadzono parametry, 0 – gdy nie wykorzystuje się takiego systemu oraz 1- jeśli taki system jest wykorzystywany. Dla odpowiedzi na pytanie 1 wprowadzono 2 parametry 0 – Nie., 1 – Tak, niewielki, 2 – Tak, znaczny.

Analiza korelacji wykazała, że:

Korelacja rho-Spearmana przyjęła wartość -0,238 z poziomem istotności 0,012

Wynik ten oznacza, że istnieje powiązanie pomiędzy analizowanym problemem a wykorzystywaniem przez przedsiębiorstwo systemem informatycznym wspomagającym planowanie produkcji.

Pytanie 5. Czy transport wewnętrzny i/lub dostępność narzędzi specjalnych ma wpływ na wydłużanie procesu produkcyjnego (powyżej zakładanego)?

W celu analizy korelacji pomiędzy wykorzystywaniem systemów wspomagających planowanie produkcji a 5 pytaniem wprowadzono parametryzację uzyskanych odpowiedzi. Dla pytania o wykorzystywanie takiego systemu wprowadzono parametry, 0 – gdy nie wykorzystuje się takiego systemu oraz 1- jeśli taki system jest wykorzystywany. Dla

odpowiedzi na pytanie 1 wprowadzono 2 parametry 0 – Nie., 1 – Tak, niewielki, 2 – Tak, znaczny.

Analiza korelacji wykazała, że:

Korelacja rho-Spearmana przyjęła wartość 0,147 z poziomem istotności 0,123

Wynik ten oznacza, że istnieje słabe powiązanie pomiędzy badanymi czynnikami.

Kolejnym elementem badania była analiza korelacji pomiędzy stosowaniem w przedsiębiorstwie **systemu informatycznego wspomagającego sterowanie produkcją** a analizowanymi zagadnieniami zdiagnozowanymi dla obszaru **planowania produkcją**. W celu sprawdzenia zależności pomiędzy analizowanymi czynnikami zastosowana została korelacja rho Spearmana. Korelacja ta przyjmuje wartości pomiędzy 1 a -1. Gdzie 1 oznacza silną pozytywną korelację, 0 oznacza brak korelacji natomiast -1 oznacza silną negatywną korelację? Następnie przeprowadzona została analiza korelacji pomiędzy wykorzystaniem systemów informatycznych wspomagających planowanie produkcji a tymi 5 pytaniami o problemy zidentyfikowane dla tego obszaru na etapie badania literaturowego.

Pytanie 1. Czy w przedsiębiorstwie występują trudności z przełożeniem długoterminowych planów produkcji (rocznych, kwartalnych, miesięcznych) na krótkoterminowe plany produkcji (tygodniowe lub krótsze)?

W celu analizy korelacji pomiędzy wykorzystywaniem systemów wspomagających sterowanie produkcji a pierwszym pytaniem wprowadzono parametryzację uzyskanych odpowiedzi. Dla pytania o wykorzystywanie takiego systemu wprowadzono parametry, 0 – gdy nie wykorzystuje się takiego systemu oraz 1- jeśli taki system jest wykorzystywany. Dla odpowiedzi na pytanie 1 wprowadzono 3 parametry, 0 – gdy problem nie występował, 1 – gdy odpowiedź brzmiała tak, niewielkie 2- dla odpowiedzi tak krytyczne.

Analiza korelacji wykazała, że:

Korelacja rho-Spearmana przyjęła wartość 0,224 z poziomem istotności 0,017

Wynik ten oznacza, że wykorzystywanie systemu informatycznego wspomagającego sterowanie produkcją ma wpływ na występowanie analizowanego problemu. Jednocześnie wykorzystywanie takiego systemu ma wpływ na nasilenie się oddziaływania analizowanego problemu.

Pytanie 2. Czy wzrost ilości oferowanych pozycji asortymentowych wpłynął na skomplikowanie procesu planowania produkcji części?

W celu analizy korelacji pomiędzy wykorzystywaniem systemów wspomagających sterowanie produkcją a 2 pytaniem wprowadzono parametryzację uzyskanych odpowiedzi. Dla pytania o wykorzystywanie takiego systemu wprowadzono parametry, 0 – gdy nie wykorzystuje się takiego systemu oraz 1- jeśli taki system jest wykorzystywany. Dla odpowiedzi na pytanie 2 wprowadzono 3 parametry 0 – Nie., 1 – Tak, proporcjonalnie do wzrostu ilości pozycji asortymentowych 2 Tak, proporcjonalnie wzrost komplikacji był znacznie większy niż wzrost ilości pozycji asortymentowych.

Analiza korelacji wykazała, że:

Korelacja rho-Spearmana przyjęła wartość -0,087 z poziomem istotności 0,362

Wynik korelacji pozwala na stwierdzenie, że brak jest powiązania pomiędzy badanymi czynnikami. Poziom istotności statystycznej wskazuje na prawdopodobieństwo wystąpienia błędu w badaniu.

3. Czy wzrost zainteresowanie klientów możliwością dostosowania wyrobów do swoich potrzeb, miał wpływ na skomplikowanie procesu planowania produkcji?

W celu analizy korelacji pomiędzy wykorzystywaniem systemów wspomagających sterowanie produkcją na 3 pytaniem wprowadzono parametryzację uzyskanych odpowiedzi. Dla pytania o wykorzystywanie takiego systemu wprowadzono parametry, 0 – gdy nie wykorzystuje się takiego systemu oraz 1- jeśli taki system jest wykorzystywany. Dla odpowiedzi na pytanie 5 wprowadzono 2 parametry 0 – Nie., 1 – Tak.

Analiza korelacji wykazała, że:

Korelacja rho-Spearmana przyjęła wartość 0,603 z poziomem istotności <0,001

Wynik ten oznacza, że istnieje silna korelacja pomiędzy analizowanymi czynnikami. Jednocześnie stosowanie systemów informatycznych wspomagających sterowanie produkcją wzmacniają oddziaływanie problemu na funkcjonowanie przedsiębiorstwa.

Pytanie 4. Czy tendencja zmniejszania się partii produkcyjnych ma zauważalny wpływ na wykorzystanie potencjału produkcyjnego w przedsiębiorstwie?

W celu analizy korelacji pomiędzy wykorzystywaniem systemów wspomagających sterowanie produkcją na 4 pytaniem wprowadzono parametryzację uzyskanych odpowiedzi. Dla pytania o wykorzystywanie takiego systemu wprowadzono parametry, 0 – gdy nie wykorzystuje się takiego systemu oraz 1- jeśli taki system jest wykorzystywany. Dla odpowiedzi na pytanie 1 wprowadzono 2 parametry 0 – Nie., 1 – Trudno powiedzieć, 2 - tak

Analiza korelacji wykazała, że:

Korelacja rho-Spearmana przyjęła wartość 0,372 z poziomem istotności 0,463

Wynik ten oznacza, że istnieje powiązanie pomiędzy analizowanymi czynnikami. W omawianym przypadku wykorzystywanie systemu wspomagającego sterowanie produkcją zwiększa oddziaływanie analizowanego problemu na funkcjonowanie przedsiębiorstw. Jednak poziom istotności nakazuje traktować ten wynik, jako nie w pełni wiarygodny.

Pytanie 5. Jak postrzegają Państwo problem reagowania na odchylenia długości procesu produkcyjnego części na proces produkcji zaopatrywanej przez ten proces?

W celu analizy korelacji pomiędzy wykorzystywaniem systemów wspomagających sterowanie produkcją na 5 pytaniem wprowadzono parametryzację uzyskanych odpowiedzi. Dla pytania o wykorzystywanie takiego systemu wprowadzono parametry, 0 – gdy nie wykorzystuje się takiego systemu oraz 1- jeśli taki system jest wykorzystywany. Dla odpowiedzi na pytanie 11 wprowadzono 2 parametry, 0 – gdy problem nie istnieje, 1 – Problem istnieje, ale zawsze miał marginalne znaczenia, 2 – Problem istnieje, stanowił poważne wyzwanie, ale nauczyliśmy się sobie z nim radzić, 3 - Problem istnieje i jest przyczyną poważnych perturbacji w realizacji całego procesu produkcyjnego

Analiza korelacji wykazała, że:

Korelacja rho-Spearmana przyjęła wartość -0,503 z poziomem istotności <0,001

Wynik ten oznacza silną korelację pomiędzy analizowanymi czynnikami. Wykorzystywanie systemu informatycznego wspomagającego sterowanie produkcją w znaczny sposób ogranicza wpływ analizowanego problemu na funkcjonowanie przedsiębiorstwa.

Kolejnym elementem badania była analiza korelacji pomiędzy stosowaniem w przedsiębiorstwie **systemu informatycznego wspomagającego sterowanie produkcją** a analizowanymi zagadnieniami zdiagnozowanymi dla obszaru **sterowania produkcją**. W celu sprawdzenia zależności pomiędzy analizowanymi czynnikami zastosowana została korelacja rho Spearmana. Korelacja ta przyjmuje wartości pomiędzy 1 a -1. Gdzie 1 oznacza silną pozytywną korelację, 0 oznacza brak korelacji natomiast -1 oznacza silną negatywną korelację. Następnie przeprowadzona została analiza korelacji pomiędzy wykorzystaniem systemów informatycznych wspomagających planowanie produkcji a tymi 5 pytaniami o problemy zidentyfikowane dla tego obszaru na etapie badania literaturowego.

Pytanie 1. Czy tendencja zmniejszania się partii produkcyjnych ma zauważalny wpływ na wykorzystanie potencjału produkcyjnego w przedsiębiorstwie?

W celu analizy korelacji pomiędzy wykorzystywaniem systemów wspomagających sterowanie produkcji na pierwszym pytaniu wprowadzono parametryzację uzyskanych odpowiedzi. Dla pytania o wykorzystywanie takiego systemu wprowadzono parametry, 0 – gdy nie wykorzystuje się takiego systemu oraz 1- jeśli taki system jest wykorzystywany. Dla odpowiedzi na pytanie 1 wprowadzono 2 parametry 0 – Nie., 1 – Trudno powiedzieć, 2 - tak

Analiza korelacji wykazała, że:

Korelacja rho-Spearmana przyjęła wartość 0,372 z poziomem istotności 0,463

Wynik ten oznacza, że istnieje powiązanie pomiędzy analizowanymi czynnikami. W omawianym przypadku wykorzystywanie systemu wspomagającego sterowanie produkcją zwiększa oddziaływanie analizowanego problemu na funkcjonowanie przedsiębiorstw. Jednocześnie poziom istotności statystycznej wskazuje duże prawdopodobieństwo nieprawidłowości otrzymanego wyniku.

Pytanie 2. Czy zauważają Państwo trudności powiązania zużycia surowców, z wielkością zrealizowanej produkcji wyrobów gotowych?

W celu analizy korelacji pomiędzy wykorzystywaniem systemów wspomagających sterowanie produkcją na 2 pytaniem wprowadzono parametryzację uzyskanych odpowiedzi. Dla pytania o wykorzystywanie takiego systemu wprowadzono parametry, 0 – gdy nie wykorzystuje się takiego systemu oraz 1- jeśli taki system jest wykorzystywany. Dla odpowiedzi na pytanie 1 wprowadzono 2 parametry 0 – Nie., 1 – Tak niewielkie, 2 – tak, znaczne

Analiza korelacji wykazała, że:

Korelacja rho-Spearmana przyjęła wartość -0,115 z poziomem istotności 0,227

Wynik ten oznacza, że wykorzystanie systemów informatycznych wspomagających sterowanie produkcją ma bardzo mały związek z analizowanym problemem. Jednocześnie wykorzystywanie takich systemów ogranicza oddziaływanie analizowanego problemu na funkcjonowanie przedsiębiorstwa.

Pytanie 3. Czy widzą Państwo problem wpływu kontroli jakości, jako czynnika wpływającego na poprawność określania poziomu robót w toku?

W celu analizy korelacji pomiędzy wykorzystywaniem systemów wspomagających sterowanie produkcją a 3 pytaniem wprowadzono parametryzację uzyskanych odpowiedzi. Dla pytania o wykorzystywanie takiego systemu wprowadzono parametry, 0 – gdy nie wykorzystuje się takiego systemu oraz 1- jeśli taki system jest wykorzystywany. Dla odpowiedzi na pytanie 1 wprowadzono 2 parametry 0 – Nie., 1 – Tak, niewielki, 2 – Tak, znaczny.

Analiza korelacji wykazała, że:

Korelacja rho-Spearmana przyjęła wartość -0,888 z poziomem istotności <0,001

Wynik ten oznacza bardzo silną korelację analizowanych czynników. Wykorzystywanie systemów informatycznych wspomagających sterowanie produkcją w znaczny sposób wpływa na ograniczenie oddziaływania analizowanego problemu na funkcjonowanie przedsiębiorstw.

Pytanie 4. Czy niezgodność wielkości partii produkcyjnej części z wielkością partii produkcyjnej wyrobu gotowego ma wpływ na skomplikowanie procesu sterowania produkcją?

W celu analizy korelacji pomiędzy wykorzystywaniem systemów wspomagających sterowanie produkcji a 4 pytaniem wprowadzono parametryzację uzyskanych odpowiedzi. Dla pytania o wykorzystywanie takiego systemu wprowadzono parametry, 0 – gdy nie wykorzystuje się takiego systemu oraz 1- jeśli taki system jest wykorzystywany. Dla odpowiedzi na pytanie 1 wprowadzono 2 parametry 0 – Nie., 1 – Tak, niewielki, 2 – Tak, znaczny.

Analiza korelacji wykazała, że:

Korelacja rho-Spearmana przyjęła wartość -0,352 z poziomem istotności <0,001

Wynik ten oznacza, że istnieje powiązanie pomiędzy analizowanymi problemami. Jednocześnie wykorzystywanie takich systemów ogranicza wpływ analizowanego problemu na funkcjonowanie przedsiębiorstwa.

Pytanie 5. Czy transport wewnętrzny i/lub dostępność narzędzi specjalnych ma wpływ na wydłużanie procesu produkcyjnego (powyżej zakładanego)?

W celu analizy korelacji pomiędzy wykorzystywaniem systemów wspomagających sterowanie produkcji a 5 pytaniem wprowadzono parametryzację uzyskanych odpowiedzi. Dla pytania o wykorzystywanie takiego systemu wprowadzono parametry, 0 – gdy nie wykorzystuje się takiego systemu oraz 1- jeśli taki system jest wykorzystywany. Dla odpowiedzi na pytanie 1 wprowadzono 2 parametry 0 – Nie., 1 – Tak, niewielki, 2 – Tak, znaczny.

Analiza korelacji wykazała, że:

Korelacja rho-Spearmana przyjęła wartość -0,067 z poziomem istotności 0,481

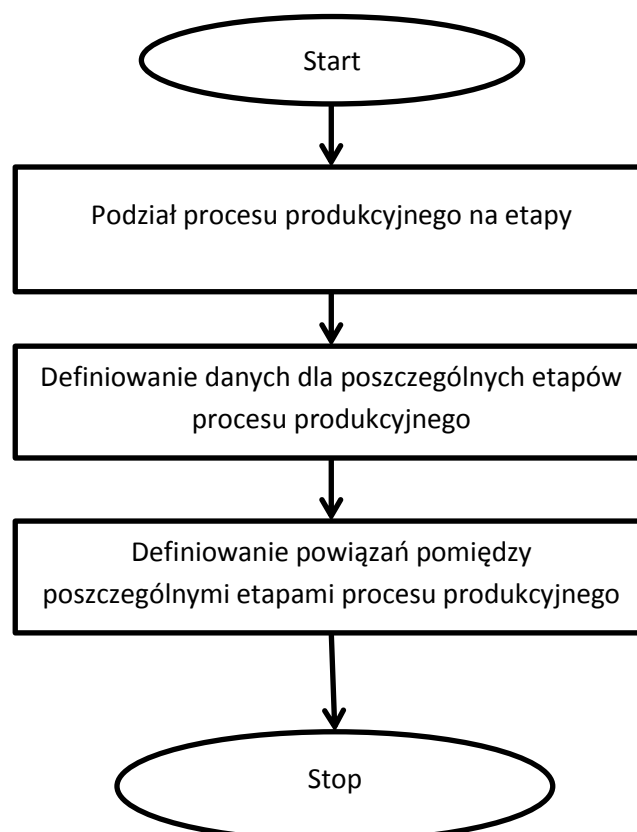
Wynik ten pozwala na stwierdzenie, że brak jest powiązania pomiędzy analizowanymi problemami. Poziom istotności wskazuje jednak, że stwierdzenia takiego nie można traktować, jako pewnego.

Analizując powyższe wyniki należy zauważyć, że wykorzystywanie systemów informatycznych wykazuje wpływ na występowanie zidentyfikowanych w trakcie badania literaturowego problemów. Cechą charakterystyczną systemów informatycznych wspomagających planowanie i sterowanie produkcją jest wykorzystywanie struktury wyrobu, jako jednej z danych podstawowych determinujących ich funkcjonowanie. W związku z tym otrzymane wyniki potwierdzają słusność zdefiniowania czwartej hipotezy badawczej (H4). Zamiana struktury wyrobu na strukturę procesu produkcyjnego może wpłynąć na funkcjonowanie sfer planowania i sterowania produkcją w przedsiębiorstwach. Zakres oraz rodzaj tego wpływu zbadany zostanie na etapie weryfikacji czwartej hipotezy badawczej.

Rozdział 3. Metoda opisu procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją

3.1. Opracowanie opisu procesu produkcyjnego

We wcześniejszych rozdziałach pracy przedstawione zostały problemy, przed którymi stoją obecnie służby odpowiedzialne za funkcjonowanie planowania i sterowania produkcją w przedsiębiorstwach, oraz wytyczne określające, w jaki sposób funkcjonować powinno proponowane rozwiązanie. Opracowana przez autora metoda opisu procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją jest odpowiedzią na te wyzwania. Jej zadaniem jest ułatwienie funkcjonowania przedsiębiorstw w sferach planowania i sterowania produkcją. Proces opracowywania struktury procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją przedstawiony jest na rysunku nr 23. Funkcjonowanie proponowanego rozwiązania w sferze planowania i sterowania produkcją opisane będzie w kolejnych częściach pracy.



Rysunek 23. Proces opracowywania struktury procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją (opr. własne).

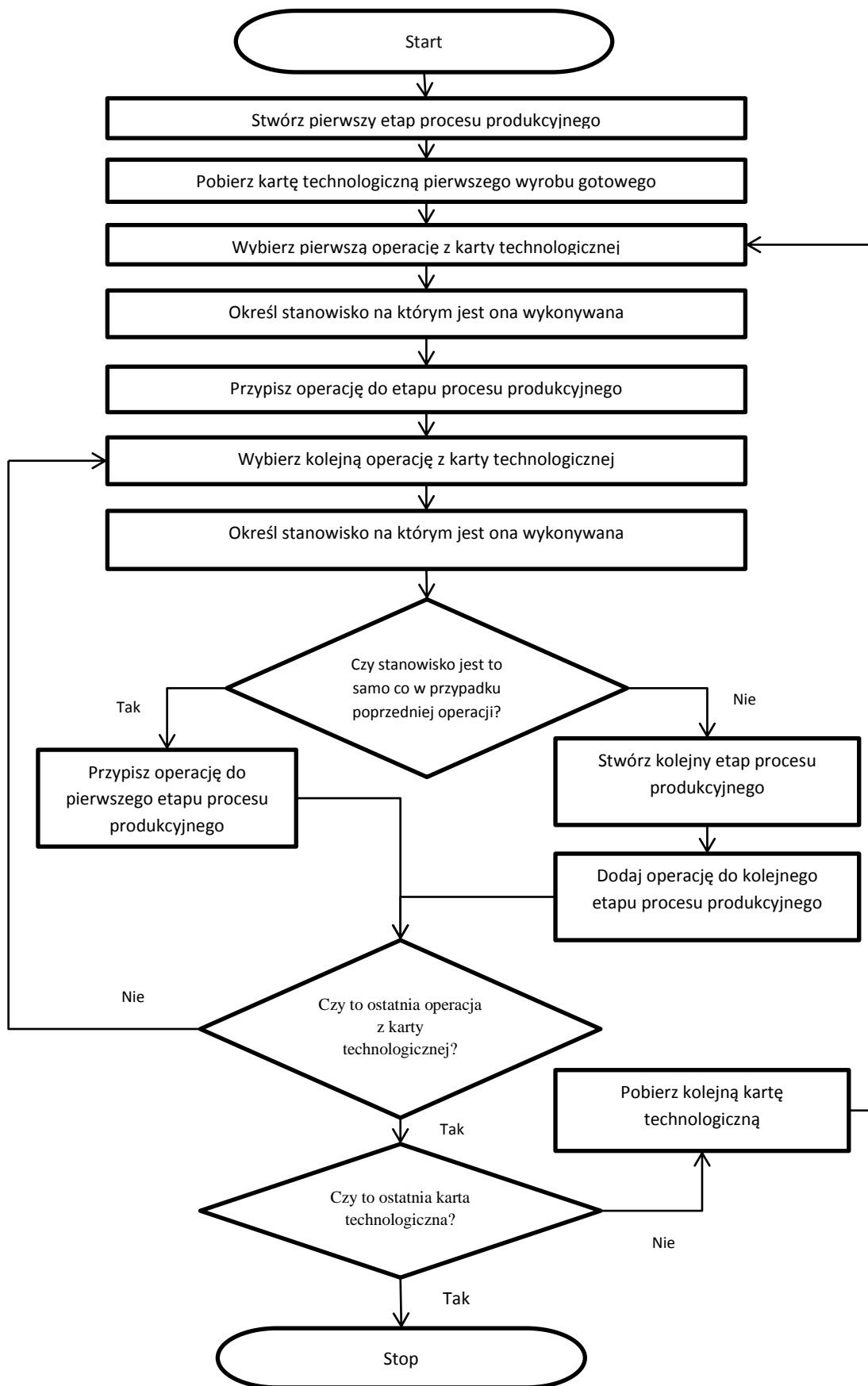
Kolejne kroki opracowywania opisu procesu produkcyjnego, zawarte na rysunku nr 24 zostały omówione w dalszych podrozdziałach. Do celów opisu procesu, aby wyjaśnić pojęcia zawarte w tych podrozdziałach opracowany został słowniczek zawarty w tabeli nr 21.

Tabela 21. Słownik pojęć (opr. własne).

Etap procesu produkcyjnego	Opracowany według ustalonych przez autora reguł element procesu produkcyjnego (patrz rozdział 3.1.1)
Etap finalny procesu produkcyjnego	Etap procesu produkcyjnego, którego efekt odpowiada wyrobowi gotowemu
Etap zasilający procesu produkcyjnego	Etap procesu produkcyjnego, którego efekt wykorzystywany jest w celu realizacji innego etapu procesu produkcyjnego
Efekt etapu procesu produkcyjnego	Opracowany według ustalonych przez autora reguł wynik realizacji etapu produkcyjnego (patrz rozdział 3.1.2)
Efekt finalny etapu procesu produkcyjnego	Efekt etapu procesu produkcyjnego odpowiadający wyrobowi gotowemu
Efekt zasilający etapu procesu produkcyjnego	Efekt etapu procesu produkcyjnego konieczny do realizacji innego etapu procesu produkcyjnego

3.1.1. Podział procesu produkcyjnego na etapy

Pierwszym etapem definiowania procesu produkcyjnego, do celów planowania i sterowania produkcją, jest podzielenie całości procesu produkcyjnego na etapy. W celu podziału procesu produkcyjnego na etapy konieczne jest odwołanie się do technologii funkcjonującej w przedsiębiorstwie. Podział procesu produkcyjnego na etapy, jest ściśle powiązany, z zasobami, które wykorzystywane są do realizacji produkcji. Do jednego etapu można zaliczyć jedynie, **wykonywane kolejno po sobie operacje technologiczne realizowane na jednym stanowisku produkcyjnym. Zmiana stanowiska produkcyjnego pociąga za sobą konieczność zdefiniowania kolejnego etapu procesu produkcyjnego.** Jeżeli na jednym stanowisku realizowane jest kilka operacji, ale nie są one realizowane jedna po drugiej należy wyznaczyć, większą ilość etapów, tak by uwzględnione zostały wszystkie operacje przewidziane do realizacji na tym stanowisku, przy jednoczesnym warunku zachowania ciągłości wykonywanych operacji.

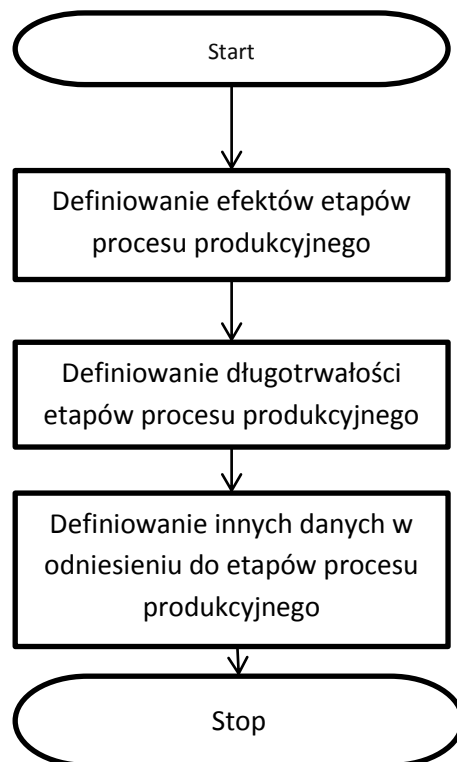


Rysunek 24. Proces dekompozycji procesu produkcyjnego (opr. własne).

Podział procesu produkcyjnego na etapy należy realizować w taki sposób, aby obejmował on wszystkie operacje technologiczne przewidziane dla danego wyrobu. Efektem podziału procesu produkcyjnego powinna być lista etapów koniecznych do zrealizowania w celu wyprodukowania konkretnego wyrobu, wraz z przypisanym do każdego z etapów zasobem produkcyjnym, na którym realizowany będzie każdy z nich. Kroki te należy wykonać w stosunku do wszystkich pozycji asortymentowych oferowanych przez przedsiębiorstwo. Przebieg definiowania etapów procesu produkcyjnego przedstawiony został na rysunku nr 24.

3.1.2. Definiowanie danych dla poszczególnych elementów procesu produkcyjnego

Po zakończeniu opracowania podziału całości procesu produkcyjnego na etapy, należy rozpocząć definiowanie danych dla każdego z etapów procesu produkcyjnego. Przebieg procesu definiowania danych przedstawiony jest na rysunku nr 25.

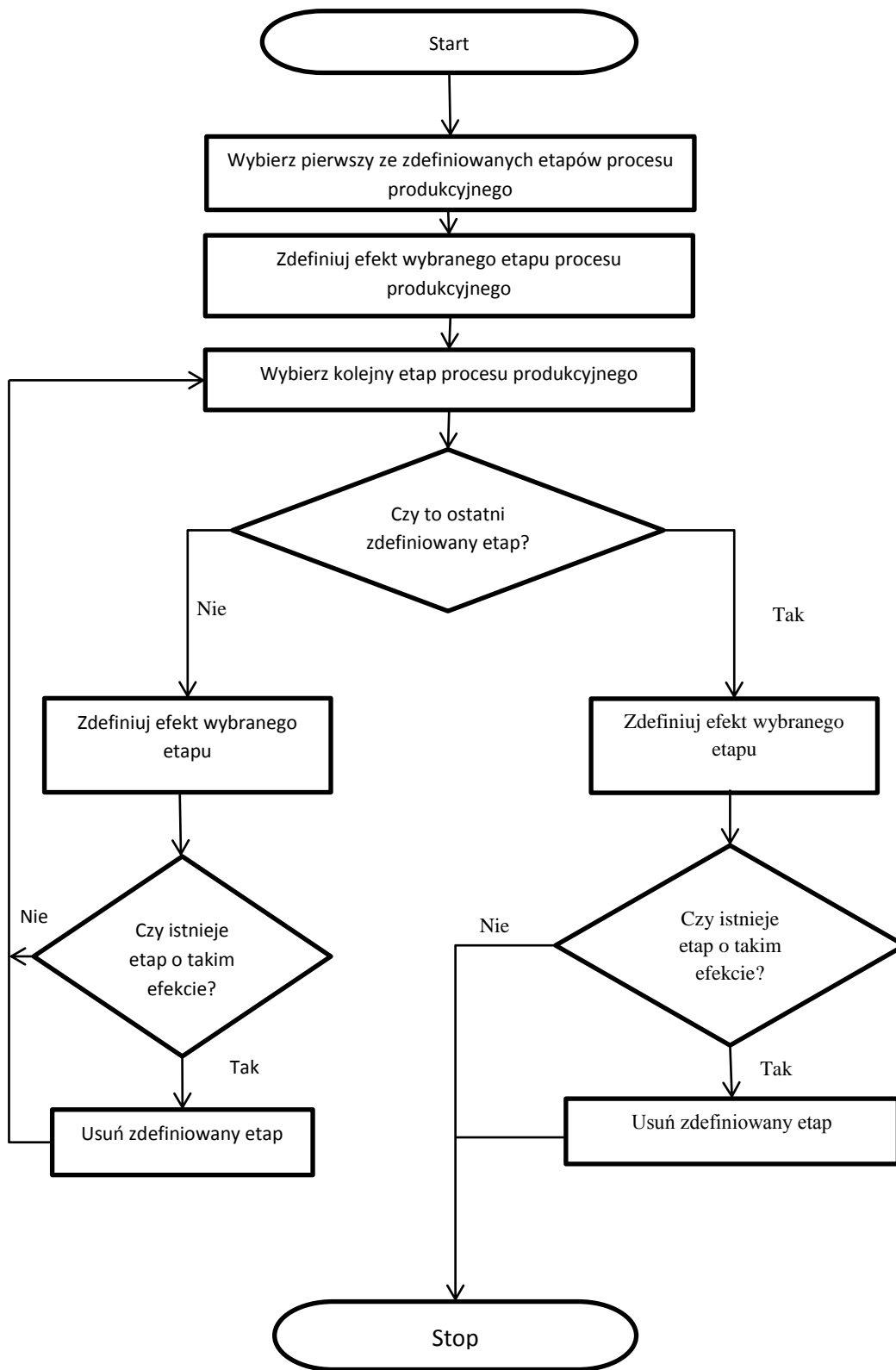


Rysunek 25. Przebieg procesu definiowania danych dla etapów procesu produkcyjnego (opr. własne).

Pierwszą informacją, jaką należy opracować to efekt realizacji danego etapu produkcyjnego. W celu zapewnienia funkcjonalności proponowanego rozwiązania,

opracowane zostały pewne ściśle określone reguły określania efektu etapu procesu produkcyjnego. Dla każdego etapu należy określić jego efekt, tak by mógł on funkcjonować, jako pojedyncza sztuka. W tym celu należy przeanalizować uwarunkowania techniczne w przedsiębiorstwie. Jeżeli, np. przedsiębiorstwo produkuje niewielkie wyroby i sprzedawane lub składowane są one na paletach transportowych, w takiej sytuacji, efektem ostatniego etapu produkcji powinna być jedna paleta wyrobów gotowych. Definiowana, jako jedna sztuka, bez wyodrębniania w jej ramach mniejszych elementów. W przypadku, gdy definiujemy efekt, dla produkcji elementów wchodzących w skład wyrobu gotowego, mamy do wyboru dwie możliwości. W sytuacji, gdy na dalszych etapach produkcji wykorzystywany jest np. komplet części, jako efekt danego etapu produkcji zdefiniować możemy: jedną część, lub cały komplet. Pociągając to za sobą będzie jednak pewne konsekwencje. Jeżeli efekt ten zdefiniujemy, jako jeden zespół części, wtedy nie będzie możliwości planowania pojedynczych części, jako wyrobów przeznaczonych na sprzedaż lub jako części zamienne. Konieczne będzie planowanie całych kompletów. W sytuacji, gdy dane części nie są przeznaczone do sprzedaży, jako części zamienne, prostszym rozwiązaniem jest definiowanie efektu, jako jednego zespołu części

Następnie należy przejść do kolejnego etapu produkcji i zdefiniować efekt, dla tego etapu. Po określeniu, co jest efektem danego etapu należy sprawdzić czy na opracowywanej liście istnieje już etap, dla którego zdefiniowany został taki efekt. W sytuacji, gdy zaistnieje taka sytuacja należy usunąć taki etap procesu produkcji z analizowanej listy. Fakt wystąpienia kilku etapów o tym samym efekcie wynikać może np. z wykorzystania tych samych części w kilku wyrobach gotowych. Wydzielanie kilku etapów procesu produkcyjnego o tym samym efekcie z punktu widzenia funkcjonalności proponowanego rozwiązania jest bezcelowe. Czynności te należy powtarzać do momentu wyczerpania wszystkich zdefiniowanych etapów procesu produkcyjnego. Na rysunku nr 26 przedstawiony został algorytm procesu określania efektów poszczególnych etapów procesu produkcyjnego.



Rysunek 26. Definiowanie efektów elementów procesu produkcyjnego (opr. własne).

Kolejnym elementem, którą należy określić dla każdego elementu procesu produkcyjnego jest jego długotrwałość. W celu wyznaczenia długotrwałości wykorzystać należy dane technologiczne. Uwzględnić tu należy operacje technologiczne, które obejmuje etap oraz określić ilość ich powtórzeń koniecznych do wyprodukowania określonego efektu. Pod uwagę należy wziąć relację ilościową pomiędzy efektem etapu produkcyjnego a elementem struktury wyrobu gotowego. Posługując się już wcześniej opisanym przykładem, jeżeli jako efekt zdefiniujemy jedną część to ilość powtórzeń danej operacji odpowiadać będzie jednej części. Jeżeli efektem etapu procesu produkcyjnego ma być zespół części, ilość powtórzeń poszczególnych operacji opowiadać powinna zespołowi części.

Powyżej opisane zostały wszystkie informacje, które muszą być opracowane w celu zapewnienia funkcjonowania proponowanego rozwiązania. Proponowane rozwiązanie daje możliwość rozszerzenia tej listy, co pozwala na zwiększenie możliwości wykorzystania proponowanej metody. Dane, których nie trzeba definiować, by uzyskać funkcjonalność proponowanego rozwiązania, jednak zdefiniowanie tych informacji może pozwolić na poprawienie funkcjonowania planowania i sterowania produkcją opisane zostały w dalszej części rozdziału.

Pierwszą informacją jest zapotrzebowanie na pracowników. Niektóre stanowiska produkcyjne wymagają większej ilości osób niż jedna. Zdefiniowanie ilości osób wymaganych poprawnej do realizacji danego etapu jest istotną informacją, przydatną w przedsiębiorstwie podczas planowania obciążeń zasobów. Daną tą można uwzględnić, jako zasób konieczny do realizacji etapu produkcyjnego.

Kolejną daną, jaką można zdefiniować jest zapotrzebowanie na specjalistyczne narzędzia, które nie wchodzi bezpośrednio w wyposażenie stanowiska produkcyjnego, ale wykorzystywane są naprzemiennie na różnych stanowiskach produkcyjnych. Uwzględnienie tej informacji pozwoli na monitorowanie wykorzystania danego narzędzia.

Kolejną informacją, którą można, ale nie trzeba definiować w zależności od istniejących w przedsiębiorstwie ograniczeń, to zapotrzebowanie na transport wewnętrzny oraz na opakowania transportowe wykorzystywane na potrzeby transportu wewnętrznego. W obu tych przypadkach decyzję należy podjąć indywidualnie po analizie uwarunkowań przedsiębiorstwa.

3.1.3. Definiowanie powiązań pomiędzy poszczególnymi etapami procesu produkcyjnego

Analizując różne warianty etapów procesu produkcyjnego, napotkać możemy trzy ich grupy. Pierwszą z nich są etapy procesu produkcyjnego, które nie generują zapotrzebowania na efekty innych etapów procesu produkcyjnego. Oznacza to, że zasilane są one bezpośrednio ze strefy zaopatrzenia. Do ich realizacji konieczne są tylko materiały pochodzące z zakupu. Drugą grupą etapów procesu produkcyjnego są etapy, które generują zapotrzebowanie na efekty innych etapów procesu produkcyjnego, ale ich efekty nie zasilają innych etapów zdefiniowanych etapów procesu produkcyjnego. Oznacza to, że efekty tych etapów procesu produkcyjnego przeznaczone są do sprzedaży i odpowiadają wyrobom gotowym. Trzecia grupa etapów procesu produkcyjnego to etapy, które wymagają zarówno zasilenia przez efekty innych etapów procesu produkcyjnego jak i zasilają swoimi efektami inne etapy zdefiniowane etapy procesu produkcyjnego.

Definiowanie powiązań pomiędzy etapami procesu produkcyjnego należy rozpocząć od określenia, jakie efekty innych etapów procesu produkcyjnego, konieczne są do zasilenia danego etapu procesu produkcyjnego dla etapów odpowiadających wyrobom gotowym. W sytuacji, gdy określony zostanie efekt zasilający należy ustalić zależności pomiędzy wielkością zapotrzebowania generowaną przez etap zasilany procesu produkcyjnego a wielkością efektu etapu zasilanego. W tym momencie możemy napotkać trzy możliwe scenariusze:

- a. Gdy efekt etapu zasilanego jest równy wielkością zapotrzebowaniu na niego generowanemu przez etap zasilany,
- b. Gdy zapotrzebowanie na efekt etapu zasilającego jest równe całkowitej wielokrotności jego wielkości,
- c. Gdy zapotrzebowanie generowane przez etap zasilany nie stanowi całkowitej wielkości efektu etapu zasilającego lub jego całkowitej wielokrotności,

Oznacza to, że relacje pomiędzy efektami etapu zasilającego a zapotrzebowaniem generowanym przez etap zasilany mogą kształtować się następująco:

$$Z_{ef} = E_{f_{zas}},$$

$$Z_{ef} = N * E_{f_{zas}},$$

$$Z_{ef} = E_{f_{zas}} / N,$$

Gdzie:

Z_{ef} – zapotrzebowanie na efekt generowane przez etap zasilany

Ef_{zas} – wielkość zapotrzebowania efektu zasilanego

N – relacja pomiędzy zapotrzebowaniem na efekt generowane przez etap zasilany a wielkości efektu zasilanego

W sytuacji, gdy powyższe informacje zostaną opracowane, dysponować będziemy, szeroką grupą etapów procesu produkcyjnego, dla których określone zostaną wszystkie informacje, umożliwiające ich wykorzystanie w sferze planowania i sterowania produkcją. Do tych informacji należą:

- a. Efekty każdego z etapów procesu produkcyjnego,
- b. Zapotrzebowanie na potencjał produkcyjny, wraz z wszystkimi zdefiniowanymi dodatkowymi informacjami wynikającymi z ograniczeń przedsiębiorstwa,
- c. Zależnościami pomiędzy wielkością zapotrzebowania na efekt etapu zasilającego a konieczną do realizacji etapu zasilanego ilością tego efektu.

Opracowane etapy procesu produkcyjnego nie będą stanowić spójnej struktury procesu produkcyjnego. W zależności od decyzji podejmowanych w procesie planowania i sterowania produkcją struktura procesu produkcyjnego dostosowywać się będzie do decyzji podjętych przez osoby zajmujące się planowaniem i sterowaniem produkcją. W sytuacji, gdy osoby te podejmą decyzję o wykorzystaniu zapasu któregoś z efektów etapu procesu produkcyjnego mogą oni zrezygnować z jego produkcji. Spowoduje to automatyczne wyłączenie ze struktury procesu produkcyjnego wszystkich etapów zasilających koniecznych do realizacji danego etapu.

3.2. Zasady funkcjonowania metody opisu procesu produkcyjnego

3.2.1. Panowanie produkcji w oparciu o proponowaną metodę opisu procesu produkcyjnego

Planowanie produkcji polega na ustaleniu wielkości produkcji w danym okresie czasu dla pokrycia odpowiadającego temu okresowi zapotrzebowaniu ze strony klientów wyrażonego w planie lub prognozie sprzedaży w celu osiągnięcia celów głównych, jakimi są maksymalizacja zysku i zwrotu z zainwestowanego kapitału. Jako dodatkowe kryteria bierze

się czasami pod uwagę produktywność i osiągnięcie lub utrzymanie konkurencyjnych cykli dostaw. Dąży się przy tym do uzyskania takiego rozkładu produkcji w czasie, które odpowiada zapotrzebowaniu klientów, spełnia cele ogólne i zapewnia względnie równomierne obciążenie dysponowanych zasobów. Ewentualne nierówności w obciążeniu zasobów kompensuje się zwykle poprzez tworzenie okresowo utrzymywanych zapasów (APICS Dictionary, 2019).

Istota planowania produkcji sprowadza się do rozwiązania zadania planistycznego polegającego na rozłożeniu w przedziale czasu nazywanym horyzontem planowania wykonania zadania produkcyjnego scharakteryzowanego przez asortyment, programy produkcji, terminy i cykle wykonania (APICS Dictionary, 2019).

Proces planowania produkcji z wykorzystaniem proponowanej metody opisu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją należy rozpocząć od transkrypcji planu lub prognozy sprzedaży z jednostek, które posłużyły do ich opracowania na odpowiadające im efekty etapów procesu produkcyjnego. W celu dokonania tej transkrypcji produkcji osoba planująca musi dysponować dwoma informacjami dla każdej pozycji asortymentowej objętej planem lub prognozą sprzedaży. Informacjami tymi są: planowana wielkość sprzedaży w okresie, którego planujemy produkcję oraz relacja pomiędzy efektem określonym dla finalnego etapu produkcji oraz jednostką, jakiej używa się planując sprzedaż wyrobu gotowego. Najprostsza relacja, jaka może zostać określona w tym miejscu to relacja jeden do jeden. Jest to możliwe w przypadku, gdy sprzedaż i produkcja określone są na poziomie jednej sztuki, lub gdy sprzedaż prowadzona jest w opakowaniach zbiorczych zgodnymi z wielkością efektu przypisaną etapu struktury procesu produkcyjnego. W innym przypadku, np., gdy efekt etapu procesu produkcyjnego określony jest na poziomie jednej palety wyrobu gotowego, a sprzedaż określana jest na poziomie pojedynczych sztuk wyrobu finalnego, w celu zaplanowania produkcji konieczne jest określenie, ile sztuk wyrobu gotowego znajduje się na jednej palecie. Relację pomiędzy efektem finalnego etapu produkcji a jednostką, dla której planowana jest sprzedaż określać będziemy, jako – „n”.

n=ilość wyrobów gotowych/jeden efekt etapu finalnego procesu produkcyjnego

W celu zaplanowania określenia wielokrotności powtórzeń finalnego etapu procesu produkcyjnego należy podzielić zaplanowaną wielkość sprzedaży przez współczynnik „n” następnie zaokrąglić w górę do całości. Sposób określania ilości realizacji etapu finalnego procesu produkcyjnego dla wyrobu gotowego A pokazuje poniższy wzór:

$$N_{efA} = \mathbf{ZAOKR.GÓRA}(PS_A/n_A)$$

Gdzie:

N_{efA} – ilość powtórzeń realizacji finalnego etapu procesu produkcyjnego odpowiadającego wyrobowi A,

PS_A – plan sprzedaży wyrobu A,

n_a – Współczynnik relacji pomiędzy efektem końcowym finalnego etapu produkcji wyrobu A, a jednostką planowania sprzedaży wyrobu A.

Zgodnie z zasadami opracowania struktury procesu produkcyjnego, planując realizację etapu procesu produkcyjnego – produkcję wyrobu gotowego napotkać możemy 2 sytuacje. Pierwszą, gdzie $n_A=1$ oraz drugą, gdzie $n_A>1$. Nie istnieje sytuacja, gdzie $n_A<0$. W sytuacji, gdy zdarzyłaby się taka sytuacja, oznacza to, że błędnie określony został efekt etapu produkcji i należy określić go ponownie.

Za termin zakończenia produkcji przyjmowany jest najpóźniejszy możliwy termin zakończenia produkcji dający możliwość terminowej realizacji sprzedaży. Realizując dalej zadania związane z planowaniem dla poziomu wyrobów gotowych, możemy określić terminy rozpoczęcia zaplanowanej realizacji całości produkcji jak i pojedynczych etapów produkcji w tym celu możemy posłużyć się następującymi wzorami:

$$\mathbf{a.} \quad T_{RA} = T_{0A} - N\tau_{ef}$$

Gdzie:

T_{RA} –planowany termin rozpoczęcia realizacji wszystkich zaplanowanych etapów finalnych procesu produkcji (odpowiadających wyrobowi A),

T_{0A} – zaplanowany termin zakończenia realizacji wszystkich zaplanowanych etapów finalnych procesu produkcji (odpowiadających wyrobowi A),

τ_{ef} – długość etapu produkcji,

N – zaplanowana do realizacji ilość etapów finalnych procesu produkcji,

$$\mathbf{b.} \quad T_{RAk} = T_{OA} - (N - \sum_{i=1}^k N) \tau_{ef}$$

Gdzie:

T_{RAk} – termin rozpoczęcia realizacji produkcji k-tego finalnego etapu procesu produkcyjnego (odpowiadającego wyrobowi A),

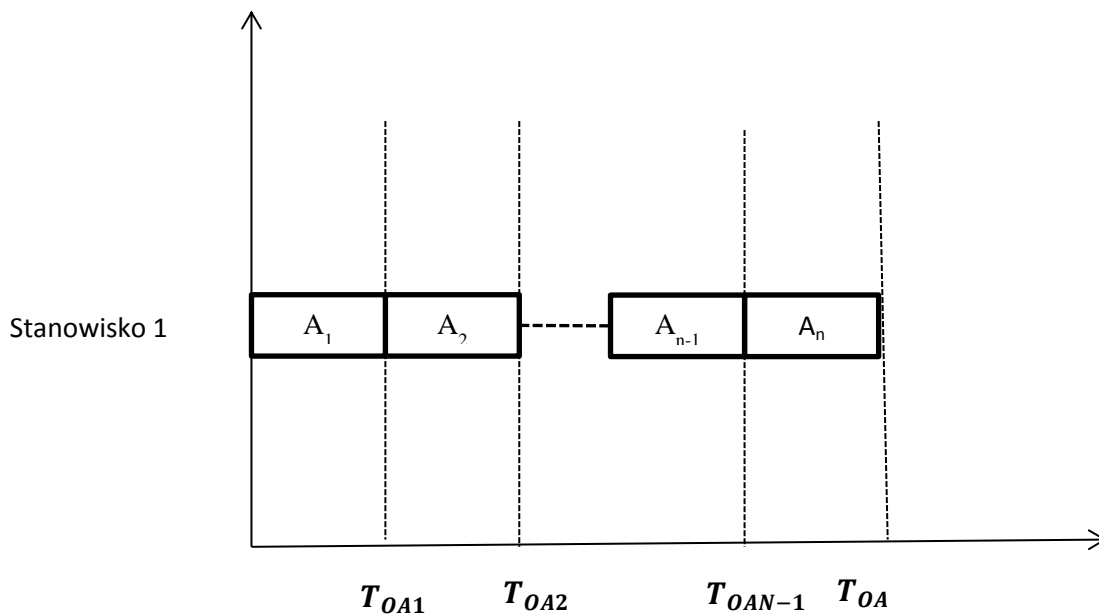
T_{OA} – planowany termin zakończenia realizacji wszystkich zaplanowanych etapów finalnych procesu produkcji (odpowiadającego wyrobowi A),

τ_{ef} – długość etapu finalnego produkcji (odpowiadającego wyrobowi A),

N – zaplanowana realizacja ilość etapów finalnych procesu produkcji,

k – analizowane powtórzenie realizacji etapu.

Wykres Gantta dla zaplanowanej w ten sposób realizacji produkcji etapów, których efekt powiązany jest z wyrobem gotowym przedstawiał się będzie następująco:



Rysunek 27 Wykres Gantta dla etapów produkcji odpowiadających wyrobom gotowym (opr. własne).

W sytuacji, gdy zaplanowana została realizacja wszystkich etapów produkcji odpowiadających wyrobom gotowych należy przejść do planowania produkcji części. Jest to możliwe, ponieważ dysponujemy informacjami o terminach realizacji poszczególnych etapów procesu produkcyjnego oraz dzięki opisowi tych etapów, wiemy, jakie ilości efektów zasilających są konieczne do realizacji, aby możliwa była realizacja etapów zasilanych.

Przyjmując, że przez B oznaczmy efekt procesu zasilającego, termin zakończenia realizacji produkcji etapu zasilającego wyznaczyć można na podstawie wzoru:

$$\text{c. } T_{0B} = T_{RA}$$

Gdzie:

T_{0B} – termin zakończenia realizacji produkcji zasilającego etapu procesu produkcyjnego (odpowiadającego efektowi B),

T_{RA} – zaplanowany termin rozpoczęcia realizacji ostatniego etapu zasilanego,

Natomiast najpóźniejszy termin zakończenia realizacji poszczególnych etapów zasilających w sytuacji, gdy etap zasilany jest dłuższy niż etap zasilający wyliczyć będzie można w następujący sposób:

$$\text{d. } T_{0Bk} = T_{0A} - (N - k)\tau_{ef}$$

Gdzie:

T_{0Bk} – termin zakończenia realizacji produkcji k-tego zasilającego etapu procesu produkcyjnego (odpowiadającego efektowi B),

T_{0A} – planowany termin zakończenia realizacji wszystkich zaplanowanych etapów finalnych procesu produkcji (odpowiadającego wyrobowi A),

τ_e – długość realizacji etapu zasilanego (odpowiadającego wyrobowi A),

N – Ilość realizacji etapu zasilającego.

k – analizowane powtórzenie realizacji etapu.

Najpóźniejszy termin zakończenia realizacji poszczególnych etapów zasilających w sytuacji, gdy etap zasilany jest krótszy niż etap zasilający wyliczyć będzie można w następujący sposób:

$$e. \quad T_{0Bk} = T_{0B} - ((N - 1) - k) \tau_e$$

Gdzie:

T_{0Bk} – termin zakończenia realizacji k-tego etapu,

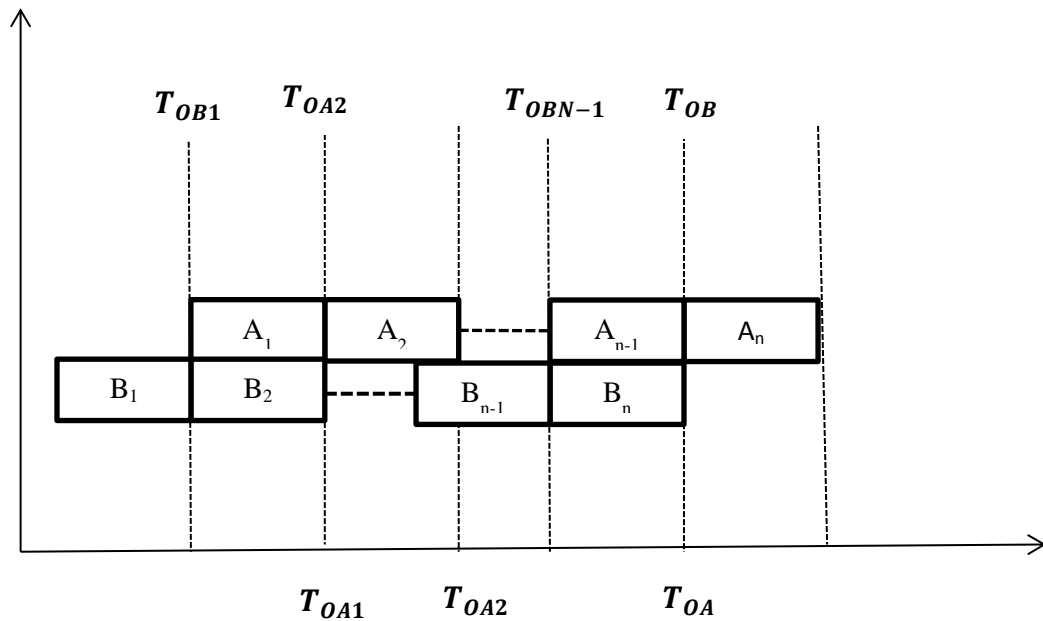
T_{0B} – planowany termin zakończenia realizacji wszystkich zaplanowanych etapów procesu produkcji efektu B,

τ_e – długotrwałość realizacji etapu zasilającego,

N – zaplanowana do realizacji ilość etapów procesu produkcyjnego odpowiadającego wyrobowi gotowemu,

ZB – Zapas efektu B etapu procesu produkcyjnego,

k – analizowane powtórzenie realizacji etapu.



Rysunek 28 Wykres Gantta dla etapów produkcji odpowiadających wyrobom gotowym oraz etapu zasilającego (opr. własne).

W identyczny sposób wyznaczone powinny być terminy realizacji pozostałych etapów zasilających. Zarówno, jeżeli zasilają one etap, którego efekt odpowiada wyrobowi gotowemu jak również innych etapów zasilających. Przy założeniu, że na wejściu, jako termin zakończenia realizacji przyjmie się ten, który odpowiada właściwemu etapowi zasilanemu.

Planując w ten sposób produkcję, po zakończeniu etapu planowania istnieje możliwość uzyskania informacji o całości zapotrzebowania na potencjał produkcyjny, przypisany do konkretnych stanowisk produkcyjnych, w odpowiadających temu zapotrzebowaniu jednostkach czasu. Zauważyć jednak należy, że w powyższym przykładzie nie dokonano analizy zapasów, zarówno na poziomie wyrobów gotowych, efektów im odpowiadających, jak i efektów zasilających którekolwiek etapy procesu produkcyjnego. Sytuacja, gdy chcemy uwzględnić na etapie planowania produkcji poziomy zapasów przedstawiona została poniżej.

Planując realizację etapów odpowiadających wyrobom gotowym, chęć zwiększenia, lub zmniejszenia zapasu powinien być uwzględniany na poziomie wyrobu gotowego. Nie powinno się manipulować ilością efektów odpowiadających wyrobowi gotowemu. Po ustaleniu ilości planowanych do produkcji wyrobów gotowych ten etap planowania produkcji

od momentu transkrypcji wyrobów gotowych na efekty im odpowiadające przebiegać będzie identycznie jak w przypadku nieuwzględniania poziomu zapasów.

$$f. T_{OBk} = T_{OB} - ((N - ZB) - k) \tau_e$$

Gdzie:

T_{OBk} – termin zakończenia realizacji k-tego etapu,

T_{OB} – planowany termin zakończenia realizacji wszystkich zaplanowanych etapów procesu produkcji efektu B,

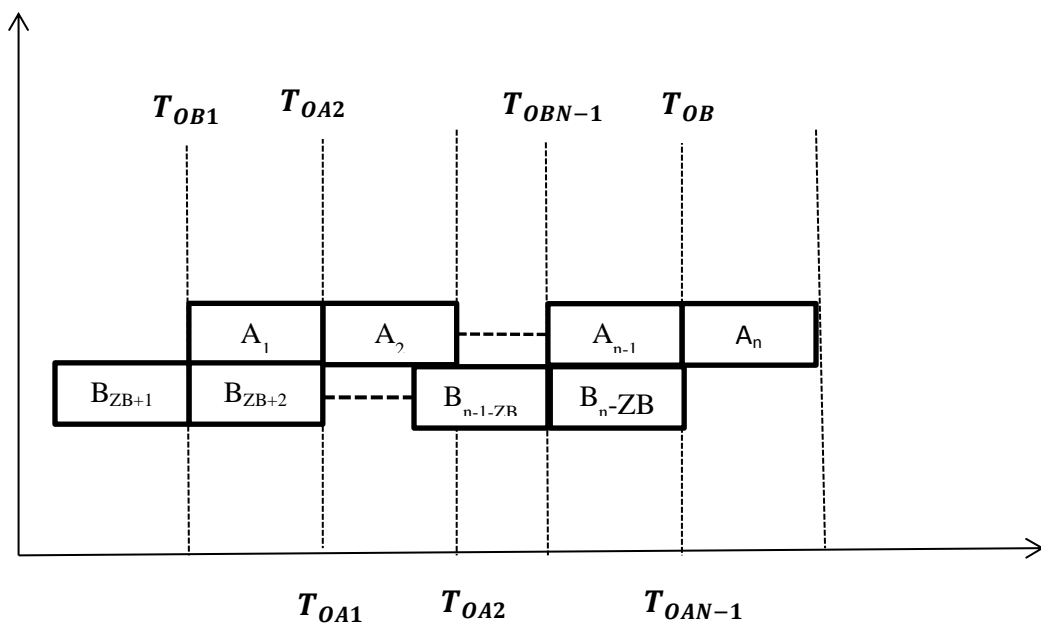
τ_e – długotrwałość realizacji etapu zasilającego,

N – zaplanowana do realizacji ilość etapów procesu produkcyjnego odpowiadającego wyrobowi gotowemu,

ZB – Zapas efektu B etapu procesu produkcyjnego,

k – analizowane powtórzenie realizacji etapu.

Wykres Gantta dla takiego scenariusz przedstawiony został na rysunku 29. Nie uwzględnia on zaplanowania realizacji etapów zasilających w ilości odpowiadającej zapasowi efektu zasilanego B.



Rysunek 29 Wykres Gantta dla etapów produkcji odpowiadających wyrobom gotowym oraz etapu zasilającego z uwzględnieniem zapasu (opr. własne).

W sytuacji, gdy uwzględniony zostaje zapas efektów zasilających, wykorzystanie proponowanego rozwiązania na etapie planowania produkcji zakłada spadek tych zapasów do poziomu określonego przez osobę planującą produkcję. Realizacja etapów zasilających odpowiadająca przewidzianej redukcji wielkości zapasu niezostanie zaplanowana. Jeżeli, któryś z etapów zasilających niezostanie zaplanowany, nie zostaną również zaplanowane inne etapy procesu produkcyjnego, które miałyby go zasilić. W ten sposób, w zależności od poziomów zapasów różnych efektów zasilających, powstanie szereg różnych struktur procesu produkcyjnego oraz odpowiadające tym strukturom plany produkcji. Dzięki zastosowaniu proponowanej metody opisu procesu produkcyjnego znajdzie to swoje odzwierciedlenie w informacji o zapotrzebowaniu na potencjał produkcyjny.

3.2.2. Sterowanie produkcją w oparciu o proponowaną metodę opisu procesu produkcyjnego

Wykorzystując proponowane rozwiązania, rozpoczynając realizację zadań związanych ze sterowaniem produkcją powinniśmy dysponować informacjami o:

- Zaplanowanych do realizacji etapach procesu produkcyjnego,
- Proponowanych najpóźniejszych możliwych datach ich realizacji,
- Stanowiskach produkcyjnych, na których etapy te powinny być realizowane,
- Całkowitym zapotrzebowaniu na potencjał produkcyjny w rozbiciu na konkretne stanowiska produkcyjne,

oraz dodatkowymi informacjami, jeżeli zdecydowano się poszerzyć opis procesu produkcyjnego.

Oznacza to, że dysponujemy wszystkimi informacjami koniecznymi do realizowania postawionych przed sterowaniem produkcją zadań. Realizowanie tych zadań odbywać się może z wykorzystaniem stosowanych w przedsiębiorstwie zasad i reguł. Ustalanie kolejności i priorytetów realizacji zadań produkcyjnych odbywać się będzie na podstawie ustalania kolejności realizacji poszczególnych etapów procesu produkcyjnego. Informacje o zapasie robót w toku dostarczane będą na poziomie informacji o zapasie poszczególnych efektów etapów procesu produkcyjnego. Zakres tych informacji obejmował będzie cały horyzont czasowy, który objęty został planowaniem produkcji oznacza to, że dla całego tego okresu widoczne będą zagrożenia związane z prawidłową realizacją planu produkcji. Proponowane

rozwiązanie pozwoli na dokładne określenie terminów spiętrzenia się produkcji, wraz z przypisaniem ich do konkretnych stanowisk produkcyjnych. Możliwe będzie również określenie stanowisk produkcyjnych, które w niektórych okresach czasu nie są dostatecznie obciążone zadaniami produkcyjnymi. Dzięki posiadaniu tych danych na dużym poziomie dokładności i z dość dużym wyprzedzeniem osoby zajmujące się sterowaniem produkcją będą mogły odpowiednio wcześniej zareagować na zaistniałe zagrożenia.

Realizowanie tych zadań odbywać się będzie poprzez ustalanie terminów realizacji poszczególnych etapów procesu produkcyjnego.

Przypisanie stałego efektu do każdego z etapów procesu produkcyjnego, który posiadał będzie dokładnie określoną długotrwałość pozwoli na przejrzyste i dokładne określenie wydajności jednostek produkcyjnych, do których etap zostanie przypisany.

Określenie efektu każdego z etapów, wraz z dokładnym określeniem zużycia na kolejnym etapie procesu produkcyjnego pozwoli osiągnąć uproszczenie zarządzania robotami w toku. Wynikać ono będzie z ujednoczenia jednostek miar w ramach całości procesu produkcyjnego. Nie będzie konieczności ich zmiany np. z kg na metry, z metrów na sztuki itd.

3.3. Porównanie zastosowania metody opisu procesu produkcyjnego z planowaniem zapotrzebowania materiałowego w obszarze planowania i sterowania produkcją

3.3.1 Zamknięta pętla MRP

Metoda planowania zapotrzebowania materiałowego wykorzystywana jest w obszarach planowania i sterowania produkcją w ramach zamkniętej pętli MRP. Planowanie w ramach zamkniętej partii MRP odbywa się w oparciu o normatywy, takie jak:

- a. Struktura wyrobu – forma opisu wyroby gotowego na potrzeby funkcjonowania metody MRP, przyjmować ona może różne formy w zależności od potrzeb przedsiębiorstwa, wpływa na funkcjonowania planowania,
- b. Wielkości partii produkcyjnych – normatywów określanych dla wyrobu gotowego oraz wszystkich elementów zawartych w strukturze wyrobu, jako najmniejsza ich najmniejsza liczba, która może zostać zaplanowana do produkcji,

- c. Cykle produkcji – określane na podstawie doświadczenia okresy czasu, jakie konieczne są do zrealizowania produkcji elementów struktury wyrobu w ilości odpowiadającej wielkości partii produkcyjnej.

Poniżej przedstawione zostały czynności realizowane w ramach zamkniętej partii MRP, wraz z wymaganymi do ich realizacji danymi wejściowymi oraz uzyskanymi po zrealizowaniu tych czynności wynikami

Tabela 22. Przedstawienie funkcjonowania zamkniętej pętli MRP (opr. własne).

Zamknięta pętla MRP		
Dane wejściowe	Czynność	Dane wyjściowe
Zamówienie klienta Wielkość partii produkcyjnej	Opracowanie głównego harmonogramu produkcji	Zlecenia głównego harmonogramu produkcji
Cykl produkcji	Opracowanie planu produkcji	Terminy realizacji zleceń
Struktura wyrobu	Analiza struktury wyrobu	Zapotrzebowanie netto
Wielkość partii produkcyjnej	Określenie wielkości planowanej produkcji	Wielkość planowanej do realizacji produkcji
Cykl produkcji	Określenie terminów rozpoczęcia i zakończenia zleceń produkcyjnych	Terminy rozpoczęcia i zakończenia produkcji
Technologia	Planowanie zapotrzebowania potencjału	Obciążenie stanowisk

Rozpoczęcie realizacji zamkniętej pętli MRP rozpoczyna się opracowaniem głównego harmonogramu produkcji. Jako daną wyjściową otrzymuje się zlecenia głównego harmonogramu produkcji, czyli skorygowana o normatyw wielkości partii produkcyjnej wielkość zapotrzebowania na wielkości zamówień klientów.

W ramach kolejnego kroku uwzględniany jest normatyw długości cyklu produkcji wyrobów gotowych. Uwzględnienie tego normatywu pozwala na określenie terminów, w których realizowane będą zlecenia harmonogramu głównego.

Kolejny etap wykorzystania zamkniętej partii MRP zakłada wykorzystanie struktury wyrobu. Uwzględnienie tej informacji pozwala na pozyskanie informacji o zapotrzebowaniu netto na wszystkie znajdujące się w strukturze wyrobu elementy wyrobu gotowego. Zakres oraz ilość opracowanych informacji zależy od wykorzystywanego w przedsiębiorstwie opisu struktury wyrobu.

W ramach kolejnego etapu realizacji procesu planowania zakłada określenie wielkości planowanej produkcji. Wykorzystywane w tym celu są normatywy wielkości partii produkcyjnych, tym razem elementów struktury wyrobu gotowego. Etap ten pozwala na określenie rzeczywistej wielkości produkcji tych elementów.

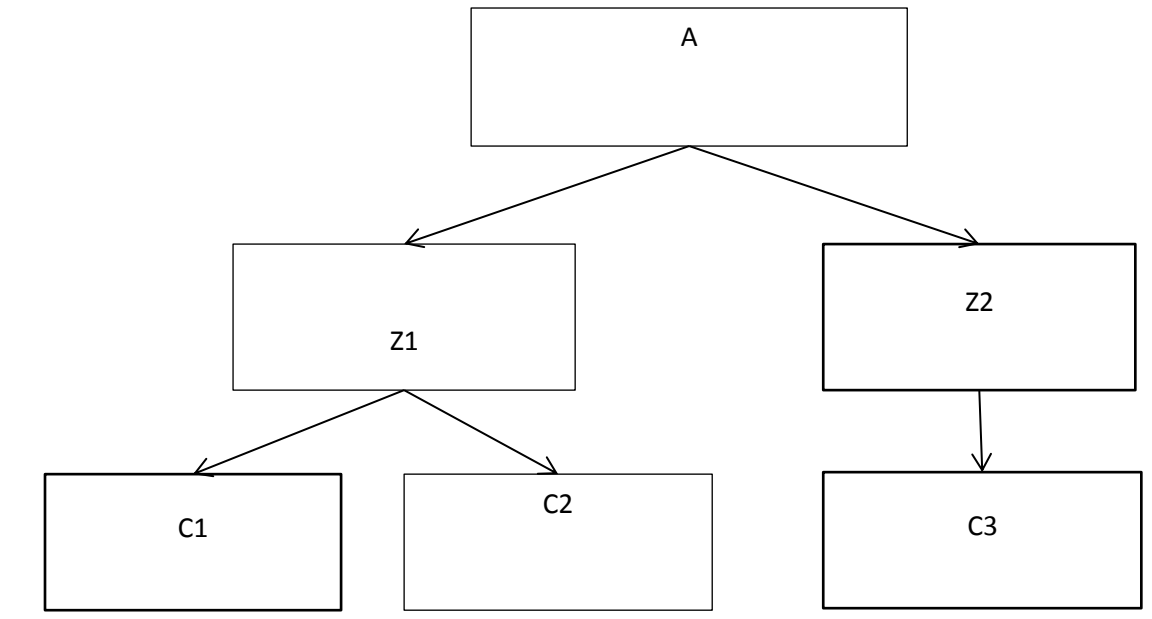
Etap określania terminów rozpoczęcia i zakończenia produkcji wykorzystuje normatywne cykle produkcji elementów wyszczególnionych w strukturze wyrobu gotowego. Pozwala on na określenie ich terminów rozpoczęcia i zakończenia produkcji.

Na ostatnim etapie planowania wykorzystywane są informacje o technologii. Na tym etapie odbywa się analiza zapotrzebowania na potencjał produkcyjny. Wynikiem tej analizy są dane o obciążeniach stanowisk produkcyjnych. W ramach tego etapu zaplanowane zadania produkcyjne przypisane zostają do stanowisk produkcyjnych. Dzięki przypisaniu tych zadań powstaje możliwość do przejścia z poziomu planowania produkcji do poziomu sterowania produkcją.

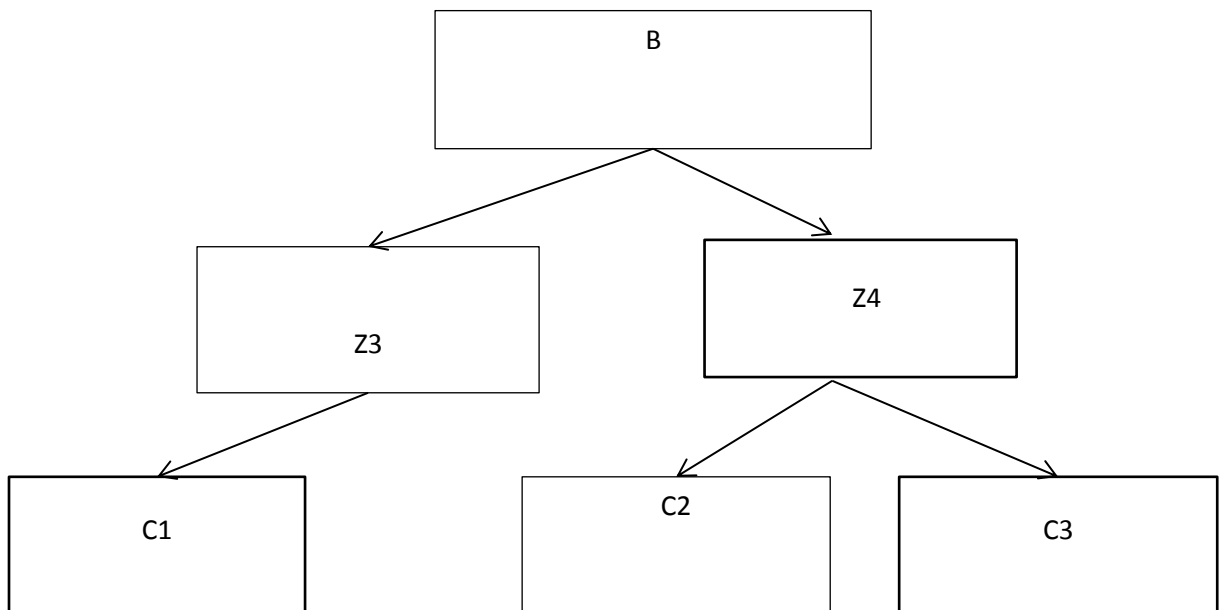
W ramach sterowania produkcją opracowane zostają harmonogramy produkcji dla stanowisk produkcyjnych, które wykorzystywane są do emisji dokumentacji (zleceń produkcyjnych) w oparciu, o które realizowana jest produkcja oraz weryfikowane są postępy w realizacji produkcji w przedsiębiorstwie.

3.3.2. Funkcjonowanie metody opisu procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją

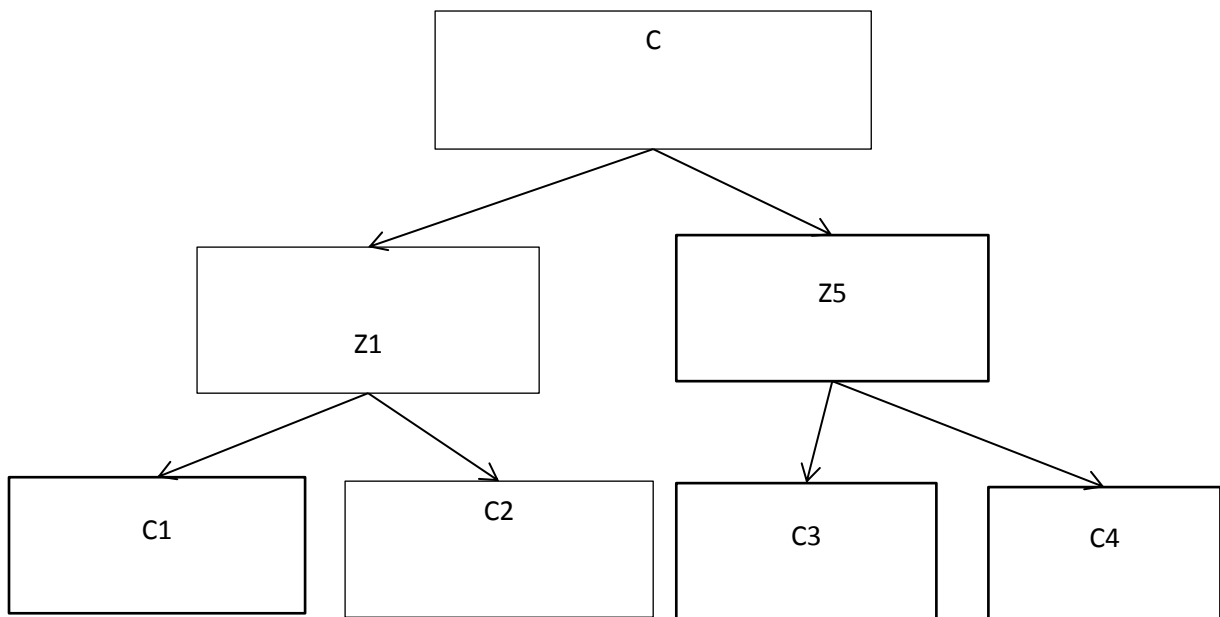
Omówione w dalszej części rozdziału przykłady mają charakter teoretyczny. Jego zadaniem jest zobrazowanie funkcjonowania proponowanego rozwiązania w warunkach różnych wariantów funkcjonowania sfer planowania i sterowania produkcją, które mogą wystąpić w przedsiębiorstwie. W ramach omawianego rozwiązania przedsiębiorstwo produkuje 3 wyroby gotowe, których struktury wyrobu przedstawione zostały na rysunkach nr 31, 32 i 33.



Rysunek 30. Struktura wyrobu A (opr. własne).



Rysunek 31. Struktura wyrobu B (opr. własne).



Rysunek 32. Struktura wyrobu C (opr. własne).

Powyższe struktury wyrobu stanowią struktury produkcyjne, czyli zawierają jedynie elementy produkowane w przedsiębiorstwie z punktu widzenia funkcjonowania omawianego rozwiązania tylko te elementy odgrywają rolę.

Scenariusz pierwszy

Dla powyższych wyrobów określone zostały teoretyczne dane konieczne do funkcjonowania metody MRP. Były to wielkość partii dostawy elementów zawartych w strukturze wyrobu oraz cykl dostawy tych elementów. W tabelach poniżej znajduje się zestawienie tych danych dla poszczególnych wyrobów.

Tabela 23. Technologia wytwarzania wyrobu A (opr. własne).

Technologia wytwarzania wyrobu A				
Element	Stanowisko	Cykl produkcji 1 sztuki w minutach	Wielkość partii dostawy	Cykl dostawy w dniach
A	1	60	50	7
Z1	2	60	50	7
Z2	3	60	50	7
C1	4	60	50	7
C2	5	60	50	7
C3	6	60	50	7

Przedstawiona tabeli technologia wytwarzania wyrobu A zakłada, że wyrób ten składa się z dwóch zespołów. Pierwszy z nich składa się z dwóch części natomiast drugi z jednej. Produkcja odbywa się na sześciu stanowiskach produkcyjnych, każde z nich przypisane jest do wytworzenia jednej części, zespołu lub całego wyrobu gotowego. Partia produkcyjna każdego z elementów wyrobu gotowego wynosi 50 sztuk. Długość cyklu produkcji każdej partii produkcyjnej każdego z elementów zawartych w strukturze wyroby wynosi 60 minut.

Tabela 24. Technologia wytwarzania wyrobu B (opr. własne).

Technologia wytwarzania wyrobu B				
Element	Stanowisko	Cykl produkcji 1 sztuki w minutach	Wielkość partii dostawy	Cykl dostawy w dniach
B	1	60	50	7
Z3	2	60	50	7
Z4	3	60	50	7
C1	4	60	50	7
C2	5	60	50	7
C3	6	60	50	7

Przedstawiona tabeli technologia wytwarzania wyrobu B zakłada, że wyrób ten składa się z dwóch zespołów. Pierwszy z nich składa się z jednej części natomiast drugi z dwóch. Produkcja odbywa się na sześciu stanowiskach produkcyjnych, każde z nich przypisane jest do wytworzenia jednej części, zespołu lub całego wyrobu gotowego. Partia produkcyjna każdego z elementów wyrobu gotowego wynosi 50 sztuk. Długość cyklu produkcji każdej partii produkcyjnej każdego z elementów zawartych w strukturze wyroby wynosi 60 minut.

Tabela 25. Technologia wytwarzania wyrobu C (opr. własne).

Technologia wytwarzania wyrobu C				
Element	Stanowisko	Cykl produkcji 1 sztuki w minutach	Wielkość partii dostawy	Cykl dostawy w dniach
C	1	60	50	7
Z1	2	60	50	7
Z4	3	60	50	7
C1	4	60	50	7
C2	5	60	50	7
C3	6	60	50	7
C4	7	60	50	7

Przedstawiona tabeli technologia wytwarzania wyrobu B zakłada, że wyrób ten składa się z dwóch zespołów. Oba zespoły składają się z dwóch części. Produkcja odbywa się na

sześciu stanowiskach produkcyjnych, każde z nich przypisane jest do wytworzenia jednej części, zespołu lub całego wyrobu gotowego. Partia produkcyjna każdego z elementów wyrobu gotowego wynosi 50 sztuk. Długość cyklu produkcji każdej partii produkcyjnej każdego z elementów zawartych w strukturze wyroby wynosi 60 minut.

W stosunku do powyższych danych określić można kilka cech, które wpływają na efekty planowania produkcji:

- Każdy z elementów opisanych w strukturze wyrobu w obrębie jednej struktury wytwarzany jest na jednym i innym niż pozostałe stanowisku produkcyjnym,
- Cykle dostawy są takie same w przypadku wszystkich elementów struktury wyrobu są takie same,
- Wielkości partii dostawy w przypadku wszystkich elementów w obrębie jednej struktury wyrobu są takie same,
- W obrębie wyrobów A, B oraz C występują elementy wspólne (C1, C2, Z1).

Etap I. Opracowanie harmonogramów głównych

Planowanie w oparciu o strukturę wyrobu (metoda MRP)

W oparciu o opisane powyżej dane opracowane zostały główne harmonogramy produkcji. W celu ich opracowania przyjęto wystąpienie zapotrzebowania na wyroby gotowe w wielkości jednej partii produkcyjnej, czyli 50 sztuk. Planowana dostępność wyrobów gotowych dla klienta (planowana sprzedaż) określona została na 21 dzień roboczy, oznacza to, że horyzont planistyczny objął cały miesiąc kalendarzowy.

Tabela 26. Harmonogram główny produkcji wyrobu A (opr. własne).

Główny harmonogram produkcji dla wyrobu A																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Planowana sprzedaż																					50
Zapas dysponowany	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa																					50
Planowane uruchomienie														50							

Tabela 27. Harmonogram główny produkcji wyrobu B (opr. własne).

Główny harmonogram produkcji dla wyrobu B																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Planowana sprzedaż																					50
Zapasy dysponowane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa																					50
Planowane uruchomienie														50							

Tabela 28. Harmonogram główny produkcji wyrobu C (opr. własne).

Główny harmonogram produkcji dla wyrobu C																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Planowana sprzedaż																					50
Zapasy dysponowane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa																					50
Planowane uruchomienie														50							

Opracowanie harmonogramów głównych produkcji dla wyrobów A, B oraz C polegało na wpisaniu w odpowiednim miejscu wiersza „planowana sprzedaż” liczby odpowiadającej wielkości zapotrzebowania. Następnie określono pierwotną datę produkcji poszczególnych wyrobów tak by przypadła ona na najpóźniejszy możliwy termin gwarantujący realizację planu sprzedaży. Określenie terminu produkcji nastąpiło w wyniku przypisania odpowiednich wielkości we właściwych miejscach wierszy „planowana dostawa” oraz „planowane uruchomienie”.

Planowanie w oparciu o opis struktury procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją

Zgodnie z opracowaną strukturą procesu produkcyjnego pierwszym etapem budowania struktury procesu produkcyjnego jest podzielenie procesu produkcyjnego na etapy.

Dla wyrobu A należy wyodrębnić 6 etapów procesu produkcyjnego. Spowodowane jest to tym, że proces produkcji realizowany jest na 6 stanowiskach produkcyjnych, a operacje na tych stanowiskach realizowane są w sposób ciągły. Podobnie sytuacja wygląda w przypadku wyrobów B w przypadku wyrobu C zdefiniowanych zostanie 7 etapów procesu produkcyjnego.

Kolejnym etapem opracowania struktury procesu produkcyjnego jest określenie efektów każdego z etapów. W analizowanym przykładzie nie dysponowano uwarunkowaniami technologicznymi mogącymi wpłynąć na relację efektu każdego z etapów procesu produkcyjnego z elementem zawartym w strukturze wyrobu gotowego. W związku z tym efekt określony zostanie w oparciu o partię dostawy określoną dla planowania w oparciu strukturę wyrobu.

Znając założenia dotyczące efektów poszczególnych etapów procesu produkcyjnego możliwe jest określenie długości każdego z etapów procesu produkcyjnego. W sytuacji, gdy efekty odpowiadają wielkościom partii dostawy określonych dla metody MRP, długość każdego z etapów procesu produkcyjnego odpowiadać będzie cykлом dostawy odpowiadających im elementów struktury wyrobu.

Kolejnym etapem opracowania struktury procesu produkcyjnego jest określenie relacji pomiędzy poszczególnymi etapami procesu produkcyjnego. Polega ono na określeniu, jakie efekty innych etapów i w jakiej ilości konieczne są do zrealizowania wybranego etapu.

Wynik realizacji powyższych etapów opracowania struktury procesu produkcyjnego

Tabela 29. Zestawienie etapów produkcji wyrobów A, B oraz C (opr. własne).

Zestawienie etapów procesów produkcji wyrobów A B C						
L.P.	Identyfikator etapu	Wykorzystywane stanowisko	Długość etapu w dniach	Efekt etapu	Efekty zasilające	Wielkość zapotrzebowania
1	EA	1	7	A (1 szt.)	Z1 Z2	1 1
2	EB	1	7	B (1 szt.)	Z3 Z4	1 1
3	EC	1	7	C (1 szt.)	Z4 Z5	1 1
4	EZ1	2	7	Z1 (1 szt.)	C1 C2	1 1
5	EZ2	3	7	Z2 (1 szt.)	C3	1
6	EZ3	2	7	Z3 (1 szt.)	C1	1
7	EZ4	3	7	Z4 (1 szt.)	C2 C3	1 1
8	EZ5	2	7	Z5 (1 szt.)	C3 C4	1 1
9	EC1	4	7	C1 (1 szt.)	0 ¹	0
10	EC2	5	7	C2 (1 szt.)	0	0
11	EC3	6	7	C3 (1 szt.)	0	0
12	EC4	7	7	C4 (1 szt.)	0	0

Na podstawie danych zawartych w tabeli nr 28 można opracować główne harmonogramy produkcji dla efektów A B oraz C odpowiadających wyrobom gotowym określonym w ramach struktury wyrobu.

Tabela 30. Główny harmonogram produkcji efektu A (opr. własne).

Główny harmonogram produkcji dla efektu A																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Planowana sprzedaż																					1
Zapasy dysponowane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa																				1	
Planowane uruchomienie														1							

¹ Brak zapotrzebowania na efekty procesu produkcyjnego, istnieje możliwość zdefiniowania materiałów jako efektów pochodzących z zaopatrzenia. Efekty te nie mają jednak wpływu na przebieg planowania produkcji.

Tabela 31. Główny harmonogram produkcji efektu B (opr. własne).

Główny harmonogram produkcji dla efektu B																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Planowana sprzedaż																					1
Zapas dysponowany	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa																				1	
Planowane uruchomienie														1							

Tabela 32. Główny harmonogram produkcji efektu C (opr. własne).

Główny harmonogram produkcji dla efektu C																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Planowana sprzedaż																				1	
Zapas dysponowany	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa																			1		
Planowane uruchomienie													1								

Opracowanie głównych harmonogramów produkcji efektów A, B oraz C przebiegało w identyczny sposób jak w przypadku planowania produkcji wyrobów gotowych. W związku z tym, że w trakcie opracowania etapów procesu produkcyjnego nie wystąpiły czynniki takie jak np. montaż wstępny i końcowy oznaczającymi zmianę stanowiska wymuszające różnicowanie wyrobem gotowym w metodzie MRP a efektami etapów procesu produkcyjnego. Jedyną różnicą pomiędzy głównymi harmonogramami produkcji jest redukcja ilości pozycji w harmonogramach opracowanych z wykorzystaniem opisu procesu produkcyjnego, gdzie w drugim przypadku określana jest liczba powtórzeń realizacji planowanego etapu procesu produkcyjnego.

Etap II. Harmonogramy produkcji zespołów

Planowanie w oparciu o strukturę wyrobu (metoda MRP)

Harmonogramy produkcji części w przypadku planowania produkcji w oparciu o strukturę wyrobu opracowywane są w oparciu o zlecenia harmonogramu głównego.

Zapotrzebowanie na zespoły wyznaczone jest w oparciu o powtarzalność zespołu w wyrobieniu gotowych natomiast termin zapotrzebowania w oparciu o zaplanowane uruchomienie produkcji wyrobu gotowego.

Tabela 33. Harmonogram produkcji zespołu Z1 (opr. własne)

Harmonogram produkcji Z1																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie														100							
Zapas dysponowany	0	0	0	0	0	0	50	50	50	50	50	50	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa						50															
Planowane uruchomienie	50						50														

Tabela 34. Harmonogram produkcji zespołu Z2 (opr. własne).

Harmonogram produkcji Z2																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie														50							
Zapas dysponowany	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa													50								
Planowane uruchomienie							50														

Tabela 35. Harmonogram produkcji zespołu Z3 (opr. własne).

Harmonogram produkcji Z3																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie														50							
Zapas dysponowany	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa													50								
Planowane uruchomienie							50														

Tabela 36. Harmonogram produkcji zespołu Z4 (opr. własne).

Harmonogram produkcji Z4																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie														50							
Zapas dysponowany	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa													50								
Planowane uruchomienie							50														

Tabela 37. Harmonogram produkcji zespołu Z5 (opr. własne).

Harmonogram produkcji Z5																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie														50							
Zapas dysponowany	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa													50								
Planowane uruchomienie							50														

Harmonogramy produkcji zespołów opracowane zostały zgodnie z wytycznymi zamkniętej pętli MRP (patrz podrozdział 3.3.2). Planowane zapotrzebowanie na zespoły ustalone zostało zgodnie z terminami uruchomienia produkcji wyrobów gotowych A, B oraz C w taki sposób by produkcja zespołów zakończyła się jeden dzień przed uruchomieniem produkcji odpowiednich wyrobów gotowych. Wielkość zapotrzebowania określona została zgodnie z występowaniem zespołów w strukturze wyrobów gotowych. Z tego powodu zapotrzebowanie na zespół jeden (Z1) ustalone zostało na poziomie 100 sztuk.

Planowanie w oparciu o opis struktury procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją

Jednym z założeń przyjętych w trakcie opracowywania metody opisu procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją było w jak największym stopniu zachowanie funkcjonujących procedur planistycznych. W przypadku opracowywania

harmonogramów produkcji z wykorzystaniem metody opisu produkcyjnego zapotrzebowanie na efekty realizacji etapów zasilających, których efekty odpowiadają zespołom określone jest w oparciu o zaplanowane terminy realizacji etapów zasilanych. Liczba powtórzeń etapów zasilających określana jest na podstawie zapotrzebowania na efekty etapów zasilających.

Tabela 38. Harmonogram realizacji etapu EZ1 (opr. własne).

Harmonogram realizacji etapu EZ1																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie														2							
Zapas dysponowany	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa						1						1									
Planowane uruchomienie	1						1														

Tabela 39. Harmonogram realizacji etapu EZ2 (opr. własne).

Harmonogram realizacji etapu EZ2																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie														1							
Zapas dysponowany	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa													1								
Planowane uruchomienie							1														

Tabela 40. Harmonogram realizacji etapu EZ3 (opr. własne).

Harmonogram realizacji etapu EZ3																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie														1							
Zapas dysponowany	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa													1								
Planowane uruchomienie							1														

Tabela 41. Harmonogram realizacji etapu EZ4 (opr. własne).

Harmonogram realizacji etapu EZ4																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie														1							
Zapas dysponowany	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa													1								
Planowane uruchomienie							1														

Tabela 42. Harmonogram realizacji etapu EZ2 (opr. własne).

Harmonogram realizacji etapu EZ5																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie														1							
Zapas dysponowany	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa													1								
Planowane uruchomienie							1														

W związku z tym, że w trakcie opracowania etapów procesu produkcyjnego nie wystąpiły czynniki wymuszające różnicowanie pomiędzy partią dostawy wykorzystywaną w metodzie MRP a efektami etapów procesu produkcyjnego jedyną różnicą pomiędzy głównymi harmonogramami produkcji jest redukcja ilości pozycji w harmonogramach

opracowanych z wykorzystaniem opisu procesu produkcyjnego, gdzie w drugim przypadku określana jest liczba powtórzeń realizacji planowanego etapu procesu produkcyjnego. Terminy uruchomienia produkcji oraz planowana dostawa zespołów pozostały bez zmian.

Etap III. Harmonogramowanie obciążeń stanowisk produkcyjnych

Planowanie w oparciu o strukturę wyrobu (metoda MRP)

Posiadając opracowane harmonogramy produkcji wyrobów gotowych oraz harmonogramy produkcji części istnieje możliwość zaplanowania realizacji produkcji na stanowiskach produkcyjnych.

Produkcja wyrobów gotowych realizowana jest na jednym stanowisku nr 1. W związku z tym konieczna jest zestawienie zaplanowanych zadań produkcyjnych oraz ustalenie terminów ich realizacji. Zestawienie to przedstawione zostało w tabeli nr 43.

Tabela 43. Harmonogram produkcji dla stanowiska 1 (opr. własne).

Harmonogram produkcji dla stanowiska 1																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie wyrób A																					50
Zapotrzebowanie wyrób B																					50
Zapotrzebowanie wyrób C																					50
Zapas wyrób A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zapas wyrób B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50						
Zapas wyrób C	0	0	0	0	0	0	0	50													
Planowana produkcja A															X	X	X	X	X	X	X
Planowana produkcja B								X	X	X	X	X	X	X							
Planowana produkcja C	X	X	X	X	X	X	X														

Jak przedstawiono w tabeli konieczność realizacji produkcji wszystkich wyrobów gotowych na jednym stanowisku produkcyjnym wymusiło przesunięcie terminów realizacji produkcji. Produkcja wyrobów B oraz C została przesunięta na terminy wcześniejsze. Sytuacja ta będzie miała wpływ na zaplanowanie terminów realizacji produkcji zespołów.

Planowanie w oparciu o opis struktury procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją

Realizacja etapów finalnych, których efekty odpowiadają wyrobom gotowym realizowana jest na jednym stanowisku produkcyjnym nr 1. W celu zaplanowania realizacji tych etapów konieczne jest zestawienie ich oraz określenie terminów realizacji. Etapy te nie mogą być realizowane równolegle. Realizacja etapów przedstawiona została w tabeli nr 44.

Tabela 44. Harmonogram produkcji dla stanowiska 1 wersja 2 (opr. własne).

Harmonogram produkcji dla stanowiska 1																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie efekt A																					1
Zapotrzebowanie efekt B																					1
Zapotrzebowanie efekt C																					1
Zapasy efekt A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zapasy efekt B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1						
Zapasy efekt C	0	0	0	0	0	0	0	1													
Planowana realizacja EA															X	X	X	X	X	X	X
Planowana realizacja EB								X	X	X	X	X	X	X							
Planowana realizacja EC	X	X	X	X	X	X	X														

Informacje przedstawione w tabeli powyżej są tożsame w obu analizowanych przypadkach. Sytuacja ta wynika z tego, że nie zostały zidentyfikowane żadne czynniki, które spowodowałyby konieczność lub możliwość zdefiniowania dodatkowych etapów procesu produkcyjnego.

Wnioski

W omówionym powyżej przykładzie przedsiębiorstwo produkowało proste wyroby gotowe a proces produkcji nie był złożony. W takiej sytuacji nie ma możliwości zaobserwowania różnic pomiędzy wykorzystaniem struktury wyrobu a struktury procesu produkcyjnego w obszarze planowania produkcji.

Scenariusz drugi

W scenariuszu drugim założono, że, przedsiębiorstwo nadal produkuje te same wyroby o tak samo opisanych strukturach wyrobu jednak proces produkcji został skomplikowany w taki sposób, że w produkcji większości elementów struktury wyrobu wykorzystywane jest więcej niż jedno stanowisko produkcyjne. Wielości partii produkcyjnych pozostały bez zmian. Sumaryczna pracochłonność partii produkcyjnych elementów struktury wyrobu gotowego pozostała również bez zmian. Dane wejściowe dla scenariusza drugiego przedstawione zostały w tabeli nr 45.

Tabela 45. Technologia wytwarzania wyrobu A (opr. własne).

Technologia wytwarzania wyrobu A				
Element	Stanowisko (w odwrotnej kolejności w stosunku do wykonywanych operacji)	Cykl produkcji 1 sztuki w minutach	Wielkość partii dostawy	Cykl dostawy w dniach
A	1	30	50	7
	3	20		
	5	10		
Z1	2	40	50	7
	4	20		
Z2	3	10	50	7
	2	30		
	1	20		
C1	4	30	50	7
	7	30		
C2	7	40	50	7
	2	20		
C3	7	40	50	7
	2	20		

Tabela 46. Technologia wytwarzania wyrobu B (opr. własne)

Technologia wytwarzania wyrobu B				
Element	Stanowisko (w odwrotnej kolejności w stosunku do wykonywanych operacji)	Cykl produkcji 1 sztuki w minutach	Wielkość partii dostawy	Cykl dostawy w dniach
B	1	40	50	7
	3	10		
	5	10		
Z3	3	10	50	7
	2	30		
	1	20		
Z4	3	20	50	7
	4	40		
C1	4	30	50	7
	7	30		
C2	7	40	50	7
	2	20		
C3	7	40	50	7
	2	20		

Tabela 47. Technologia wytwarzania wyrobu B (opr. własne).

Technologia wytwarzania wyrobu C				
Element	Stanowisko (w odwrotnej kolejności w stosunku do wykonywanych operacji)	Cykl produkcji 1 sztuki w minutach	Wielkość partii dostawy	Cykl dostawy w dniach
C	1	25	50	7
	3	10		
	5	25		
Z5	2	30	50	7
	6	40		
Z1	3	20	50	7
	4	40		
C1	4	30	50	7
	7	30		
C2	7	40	50	7
	2	20		
C3	7	40	50	7
	2	20		
C4	7	60	50	7

Etap I. Opracowanie harmonogramów głównych

Planowanie w oparciu o strukturę wyrobu (metoda MRP)

W oparciu o opisane powyżej dane opracowane zostały główne harmonogramy produkcji. W związku z tym, że nie nastąpiły żadne zmiany w strukturze wyrobów gotowych ani w całkowitych cyklach dostawy dane uzyskane w oparciu o strukturę wyrobu nie uległy zmianie. Wyniki są tożsame z wynikami uzyskanymi w scenariuszu pierwszym.

Tabela 48. Główny harmonogram produkcji wyrobu A (opr. własne).

Główny harmonogram produkcji dla wyrobu A																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Planowana sprzedaż																					50
Zapas dysponowany	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa																				50	
Planowane uruchomienie														50							

Tabela 49. Główny harmonogram produkcji wyrobu B (opr. własne).

Główny harmonogram produkcji dla wyrobu B																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Planowana sprzedaż																					50
Zapas dysponowany	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa																				50	
Planowane uruchomienie														50							

Tabela 50. Główny harmonogram produkcji wyrobu C (opr. własne).

Główny harmonogram produkcji dla wyrobu C																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Planowana sprzedaż																					50
Zapas dysponowany	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa																				50	
Planowane uruchomienie														50							

Planowanie w oparciu o opis struktury procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją

Zgodnie z opracowaną strukturą procesu produkcyjnego pierwszym etapem budowania struktury procesu produkcyjnego jest podzielenie procesu produkcyjnego na etapy.

W ramach opracowanej metody opisu procesu produkcyjnego ustalono, że wyodrębnienie etapu nastąpi min. w sytuacji, gdy następuje zmiana stanowiska produkcyjnego. W ramach scenariusza 2 taka zmiana występuje w przypadku wszystkich elementów zawartych w strukturze wyrobu. W przypadku wyrobu A B C proces produkcyjny składał się będzie każdorazowo z 14 etapów. Lista etapów oraz ich właściwości pokazane zostały w tabeli nr 51.

Tabela 51. Zestawienie etapów procesów produkcji wyrobów A B C (opr. własne).

Zestawienie etapów procesów produkcji wyrobów A B C						
L.P.	Identyfikator etapu	Wykorzystywane stanowisko	Długość etapu w dniach	Efekt etapu	Efekty zasilające	Wielkość zapotrzebowania
1	EA	1	4	A	A2	1
2	EA2	3	3	A2	A3	1
3	EA3	5	2	A3	Z1 Z2	1 1
4	EB	1	5	B	B2	1
5	EB2	3	2	B2	B3	1
6	EB3	5	2	B3	Z3 Z4	1 1
7	EC	1	3	C	C2	1
8	EC2	3	2	C2	C3	1
9	EC3	5	3	C3	Z4 Z5	1 1
10	EZ1	2	5	Z1	Z1.1	1
11	EZ1.1	4	3	Z1.1	Cz1 Cz2	1 1
12	EZ2	3	2	Z2	Z2.1	1
13	EZ2.1	2	4	Z2.1	Z2.2	1
13 14	EZ2.1 EZ2.2	2 1	4 3	Z2.1 Z2.2	Z2.2 Cz.3	1 1
14 15	EZ2.2 EZ3	1 3	3 1	Z2.2 Z3	Cz.3 Z3.1	1 1
15 16	EZ3 EZ3.1	3 2	1 4	Z3 Z3.1	Z3.1 Z3.2	1 1
16 17	EZ3.1 EZ3.2	2 1	4 2	Z3.1 Z3.2	Z3.2 Cz1	1 1
17 19	EZ3.2 EZ4	1 3	2 2	Z3.2 Z4	Cz1 Z4.1	1 1
19	EZ4	3	2	Z4	Z4.1	1
21	EZ5	2	4	Z5	Cz3	1
21	EZ5	2	4	Z5	Z5.1	1

L.P .	Identyfikator etapu	Wykorzystywane stanowisko	Długotrwałość etapu w dniach	Efekt etapu	Efekty zasilające	Wielkość zapotrzebowania
22	EZ5.1	6	5	Z5.1	Cz3	1
22	EZ5.1	6	5	Z5.1	Cz4	1
23	ECz1	4	4	Cz1	Cz1.1	1
23	ECz1	4	4	Cz1	Cz1.1	1
24	ECz1.1	7	4	Cz1.1	0	0
24	ECz1.1	7	4	Cz1.1	0	0
25	ECz2	7	5	Cz2	Cz2.1	1
25	ECz2	7	5	Cz2	Cz2.1	1
26	ECz2.1	2	3	Cz2.1	0	0
26	ECz2.1	2	3	Cz2.1	0	0
27	ECz3	7	5	Cz3	Cz3.1	1
27	ECz3	7	5	Cz3	Cz3.1	1
28	ECz3.1	2	3	Cz3.1	0	0
28	ECz3.1	2	3	Cz3.1	0	0
29	ECz4	7	7	Cz4	0	0
29	ECz4	7	7	Cz4	0	0

Jak widać na załączonej tabeli skomplikowanie procesu produkcyjnego w znaczny sposób wpłynęło na ilość koniecznych do opracowania etapów procesu produkcyjnego. Należy zauważyć również, że **sumaryczne długości cykli produkcyjnych wyliczone z zastosowaniem metody opisu procesu produkcyjnego odpowiadające pozycjom ze struktury wyrobu uległy zmianie**. Suma długotrwałości etapów procesu produkcyjnego odpowiadająca wyrobowi A uległa zmianie z 7 do 9 dni podobnie jak w przypadku wyrobu B. Natomiast w przypadku wyrobu C zwiększyła się z 7 dni do 8 dni. Podobna sytuacja wystąpiła w przypadku zespołów oraz części.

Posiadając niezbędne dane istnieje możliwość opracowania harmonogramów głównych. W tym przypadku harmonogram główny obejmował będzie również etapy EA, EB oraz EC, jako ostatnie etapy procesu produkcyjnego. Efekty tych etapów procesu produkcyjnego odpowiadają poziomowi wyrobu gotowego opisanego w strukturze wyrobu.

Tabela 52. Główny harmonogram produkcji efektu A (opr. własne).

Główny harmonogram produkcji dla efektu A																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Planowana sprzedaż																					1
Zapasy dysponowane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa																				1	
Planowane uruchomienie																	1				

Tabela 53. Główny harmonogram produkcji efektu B (opr. własne).

Główny harmonogram produkcji dla efektu B																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Planowana sprzedaż																					1
Zapasy dysponowane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa																				1	
Planowane uruchomienie																1					

Tabela 54. Główny harmonogram produkcji efektu C (opr. własne).

Główny harmonogram produkcji dla efektu C																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Planowana sprzedaż																					1
Zapasy dysponowane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa																				1	
Planowane uruchomienie																		1			

Powyższe harmonogramy obejmują realizację ostatniego etapu struktury procesu produkcyjnego (EA, EB oraz EC). Nie zawierają one wszystkich etapów struktury procesu produkcyjnego odpowiadających czynnościom realizowanym w celu wytworzenia wyrobu gotowego. W związku z tym na tym etapie, aby porównać wyniki omawianych metod planowania konieczne jest zaplanowanie kolejnych etapów procesu produkcyjnego (EA2, EA3, EB2, EB3, EC2 oraz EC3), które zostały opracowane w tym scenariuszu.

Etap II. Opracowanie harmonogramów realizacji etapów zasilających procesu produkcyjnego

Planowanie w oparciu o opis struktury procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją

Opracowanie harmonogramów realizacji etapów zasilających należy rozpocząć od zaplanowania realizacji etapów bezpośrednio zasilających etapy finalne. W omawianym przykładzie są to etapy EA2, EB2 oraz EC2.

Tabela 55. Harmonogram realizacji etapu EA2 (opr. własne).

Harmonogram realizacji etapu EA2																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie EA2																	1				
Zapasy dysponowane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa																1					
Planowane uruchomienie														1							

Tabela 56. Harmonogram realizacji etapu EB2 (opr. własne).

Harmonogram realizacji etapu EB2																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie EB2																1					
Zapasy dysponowane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa															1						
Planowane uruchomienie														1							

Tabela 57. Harmonogram realizacji etapu EC2 (opr. własne).

Harmonogram realizacji etapu EC2																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie EC2																		1			
Zapasy dysponowane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa																	1				
Planowane uruchomienie																1					

Harmonogramy realizacji etapów procesu produkcyjnego EA2, EB2 oraz EC2 zaplanowane zostały w taki sposób, by ich efekty były dostępne na dzień przed planowanym rozpoczęciem realizacji etapów EA, EB oraz EC. W opracowanych harmonogramach realizacji etapów występują różnice w ich długościach wynika to z technologii ich realizacji.

Kolejnym krokiem porównania proponowanych rozwiązań jest zaplanowanie realizacji kolejnych etapów procesu produkcyjnego odpowiadających poziomowi wyrobu gotowego w strukturze wyrobu. Są to etapy EA3, EB3 oraz EC3.

Tabela 58. Harmonogram realizacji etapu EA3 procesu produkcyjnego (opr. własne).

Harmonogram realizacji etapu EA3																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie EA3														1							
Zapasy dysponowane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa													1								
Planowane uruchomienie												1									

Tabela 59. Harmonogram realizacji etapu EB3 procesu produkcyjnego (opr. własne).

Harmonogram realizacji etapu EB3																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie EB3														1							
Zapasy dysponowane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa													1								
Planowane uruchomienie												1									

Tabela 60. Harmonogram realizacji etapu EC3 procesu produkcyjnego (opr. własne).

Harmonogram realizacji etapu EC3																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie EC3															1						
Zapasy dysponowane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa															1						
Planowane uruchomienie													1								

Etap III. Harmonogramowanie obciążeń stanowisk produkcyjnych

Planowanie w oparciu o opis struktury procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją

Na podstawie opracowanych danych istnieje możliwość opracowania pierwszych harmonogramów produkcji dla stanowisk produkcyjnych, dla których wygenerowane zostały obciążenia związane z zaplanowaniem realizacji etapów procesu produkcyjnego. Możliwość taką daje określenie na etapie opisu procesu produkcyjnego miejsca (stanowiska produkcyjnego) gdzie realizowany jest każdy z etapów procesu produkcyjnego.

Tabela 61. Harmonogram produkcji dla stanowiska produkcyjnego nr 1 (opr. własne).

Harmonogram produkcji dla stanowiska 1																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie efekt A																					1
Zapotrzebowanie efekt B																					1
Zapotrzebowanie efekt C																					1
Zapas efekt A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zapas efekt B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
Zapas efekt C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Planowana realizacja EA																		X	X	X	
Planowana realizacja EB													X	X	X	X	X				
Planowana realizacja EC										X	X	X									

Tabela 62. Harmonogram produkcji dla stanowiska produkcyjnego nr 3 (opr. własne).

Harmonogram produkcji dla stanowiska 3																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie efekt A2																			1		
Zapotrzebowanie efekt B2														1							
Zapotrzebowanie efekt C2											1										
Zapas efekt A2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zapas efekt B2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zapas efekt C2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana realizacja EA2																X	X	X			
Planowana realizacja EB2												X	X								
Planowana realizacja EC2									X	X											

Tabela 63. Harmonogram produkcji dla stanowiska produkcyjnego nr 5 (opr. własne).

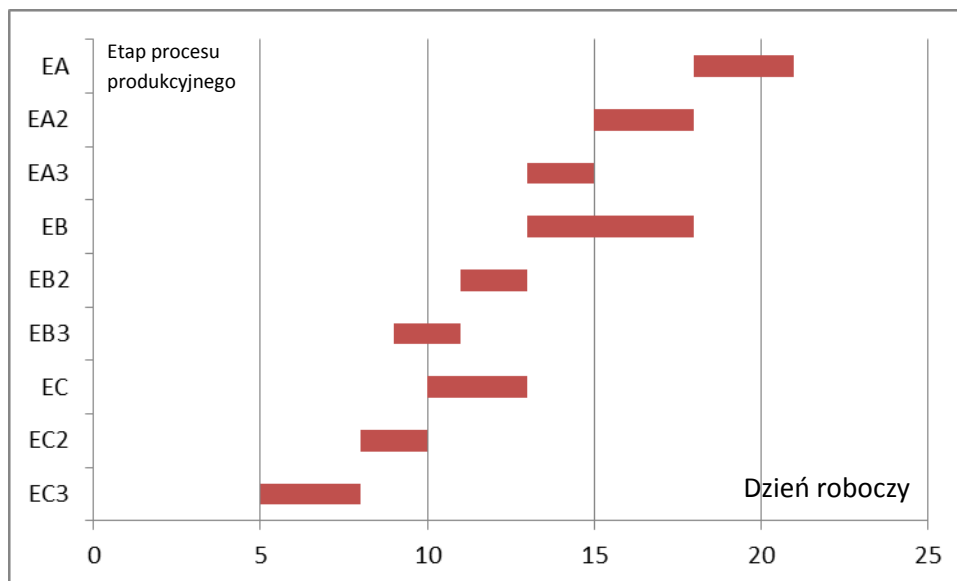
Harmonogram produkcji dla stanowiska 5																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie efekt A3																1					
Zapotrzebowanie efekt B3												1									
Zapotrzebowanie efekt C3									1												
Zapas efekt A3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zapas efekt B3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zapas efekt C3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana realizacja EA3														X	X						
Planowana realizacja EB3									X	X											
Planowana realizacja EC3							X	X													

W powyższych harmonogramach produkcja zaplanowana została na ostatni możliwy dostępny termin. Dzięki wykorzystaniu proponowanego rozwiązania w momencie zaplanowania produkcji odpowiadającej poziomowi wyrobu gotowego w **metodzie** wykorzystującej strukturę procesu produkcyjnego istnieje możliwość opracowania nie

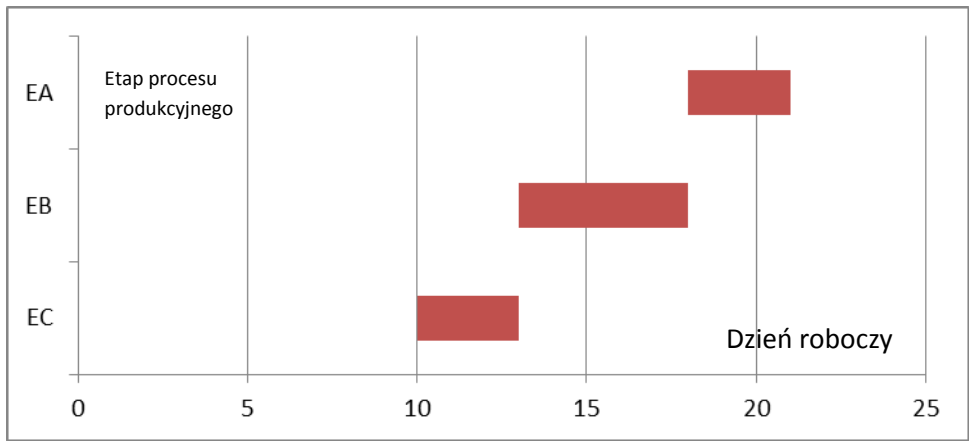
tylko harmonogramów produkcji, ale również określenie obciążeń produkcyjnych dla stanowisk zaangażowanych w realizację objętych harmonogramem etapów procesu produkcyjnego. Dostęp do takich informacji w przypadku metod planowania wykorzystujących strukturę wyrobu jest na tym etapie niemożliwy. Możliwość uzyskania tych danych istnieje dopiero na po zaplanowaniu produkcji wszystkich elementów zawartych w strukturze wyrobu.

Wykorzystanie proponowanego rozwiązania umożliwia bezpośrednio analizę zapasu produkcji w toku, jako efektów etapów produkcji (EA2, EA3, EB2, EB3, EC2, EC3). Proponowany sposób opisu struktury procesu produkcyjnego wymusza taką sytuację. W przypadku zamkniętej pętli MRP taka możliwość istnieje tylko w przypadku elementów zawartych w strukturze wyrobu. Dobór struktury wyrobu gotowego zależy decyzji podjętych przez przedsiębiorstwo. Nie daje on gwarancji umożliwienia monitorowania zapasu robót w toku na poziomie gwarantowanym przez opis struktury procesu produkcyjnego.

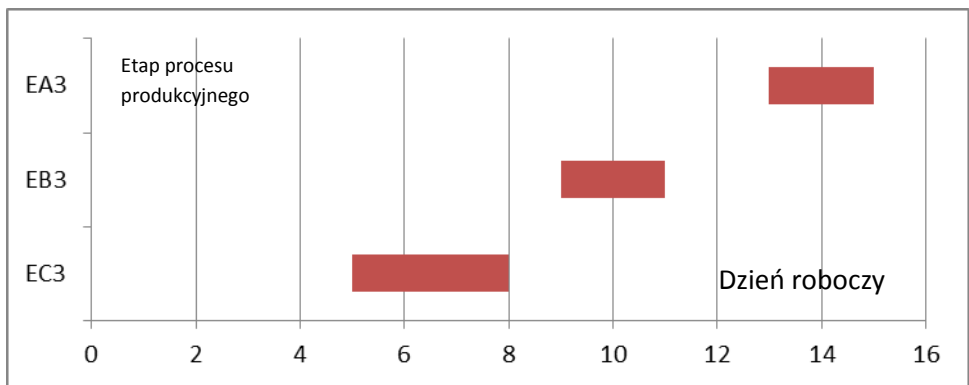
Wyniki otrzymane na podstawie danych uzyskanych wykorzystując metodę opisu procesu produkcyjnego przedstawione zostały na kolejnych wykresach Ganta.



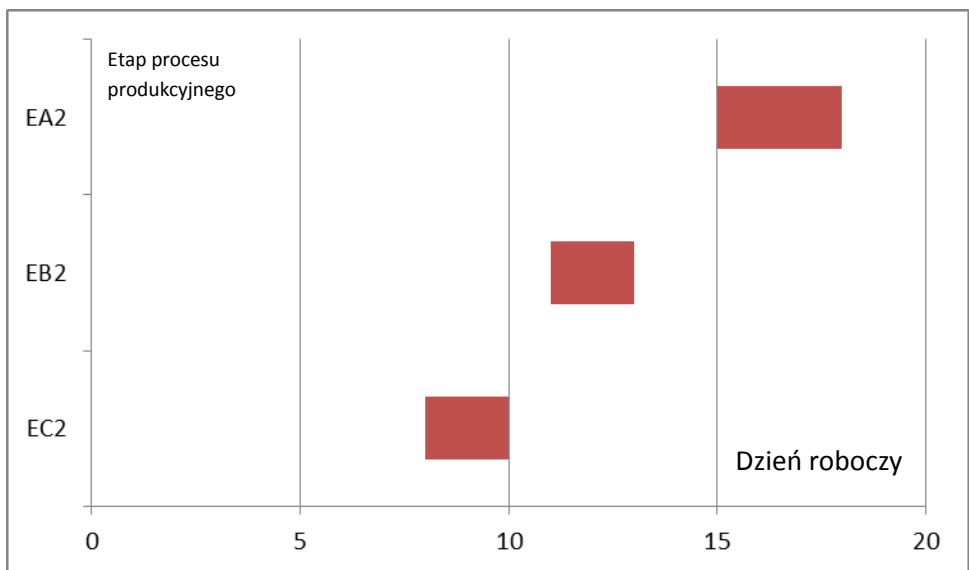
Rysunek 33. Harmonogram realizacji etapów procesu produkcyjnego dla poziomu wyrobu gotowego (opr. własne)



Rysunek 34. Obciążenie stanowiska 1 (opr. własne)



Rysunek 35. Obciążenie stanowiska 3 (opr. własne)



Rysunek 36. Obciążenie stanowiska 5 (opr. własne)

W scenariuszu 2 gdzie proces produkcyjny był bardziej skomplikowany otrzymane z wykorzystaniem proponowanego rozwiązania wyniki znacznie różniły się od tych otrzymanych stosując strukturę wyrobu:

- a. Zmieniły się normatywy długości wszystkich planowanych do realizacji zadań produkcyjnych,
- b. Uzyskano informacje o obciążeniach stanowisk produkcyjnych zaangażowanych w realizację planowanych zadań produkcyjnych,
- c. Opracowano harmonogramy produkcji dla stanowisk produkcyjnych zaangażowanych w realizację zaplanowanych zadań produkcyjnych,
- d. Skrócono planowany czas realizacji zadań produkcyjnych.

W wyniku opracowania danych dla etapów procesu produkcyjnego planowany czas realizacji zakładanych do wykonania operacji uległ wydłużeniu. **Wydłużenie normatywnego czasu realizacji nie wpłynęło jednak na wydłużenie planowanego cyklu produkcji** założonego dla realizacji produkcji wyrobów gotowych A, B oraz C. **Planowany cykl produkcji uległ skróceniu o 8 dni.**

Scenariusz trzeci

W scenariuszu trzecim założono, że, przedsiębiorstwo nadal produkuje te same wyroby o tak samo opisanych strukturach jednak proces produkcji. Proces produkcji pozostał identyczny jak w przypadku scenariusza drugiego. Kolejną zmianą, którą wprowadzono była zmiana teoretycznej wielkości partii produkcyjnych poszczególnych elementów struktury wyrobu gotowego (minimalnej wielkości zamówienie – MOQ). Zmiana wielkości partii produkcyjnej spowodowała zmianę normatywu długości cyklu produkcji poszczególnych elementów struktury wyrobu gotowego.

Dane wejściowe dla scenariusza drugiego przedstawione zostały w tabeli nr 64.

Tabela 64. Technologia wytwarzania wyrobu A (opr. własne).

Technologia wytwarzania wyrobu A				
Element	Stanowisko (w odwrotnej kolejności w stosunku do wykonywanych operacji)	Cykl produkcji 1 sztuki w minutach	Wielkość partii dostawy	Cykl dostawy w dniach
A	1	30	10	2
	3	20		
	5	10		
Z1	2	40	20	3
	4	20		
Z2	3	10	30	4
	2	30		
	1	20		
C1	4	30	10	2
	7	30		
C2	7	40	20	3
	2	20		
C3	7	40	25	4
	2	20		

Tabela 65. Technologia wytwarzania wyrobu B (opr. własne).

Technologia wytwarzania wyrobu B				
Element	Stanowisko (w odwrotnej kolejności w stosunku do wykonywanych operacji)	Cykl produkcji 1 sztuki w minutach	Wielkość partii dostawy	Cykl dostawy w dniach
B	1	40	10	2
	3	10		
	5	10		
Z3	3	10	20	3
	2	30		
	1	20		
Z4	3	20	30	4
	4	40		
C1	4	30	10	2
	7	30		
C2	7	40	20	3
	2	20		
C3	7	40	25	4
	2	20		

Tabela 66. Technologia wytwarzania wyrobu C (opr. własne).

Technologia wytwarzania wyrobu C				
Element	Stanowisko (w odwrotnej kolejności w stosunku do wykonywanych operacji)	Cykl produkcji 1 sztuki w minutach	Wielkość partii dostawy	Cykl dostawy w dniach
C	1	25	10	2
	3	10		
	5	25		
Z5	2	30	20	3
	6	40		
Z1	2	20	20	3
	4	40		
C1	4	30	10	2
	7	30		
C2	7	40	20	3
	2	20		
C3	7	40	25	4
	2	20		
C4	7	60	50	7

Etap I. Opracowanie harmonogramów głównych

Planowanie w oparciu o strukturę wyrobu (metoda MRP)

W oparciu o opisane powyżej dane opracowane zostały główne harmonogramy produkcji. Zmiany w głównym harmonogramie produkcji w stosunku do scenariusza drugiego spowodowane zostały zmianą normatywu wielkości partii produkcyjnej oraz cyklu produkcji wyrobu gotowego.

Tabela 67. Główny harmonogram produkcji wyrobu A (opr. własne).

Główny harmonogram produkcji dla wyrobu A																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Planowana sprzedaż																					50
Zapasy dysponowane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	20	20	30	30	40	40	0
Planowana dostawa												10		10		10		10		10	
Planowane uruchomienie											10		10		10		10		10		

Tabela 68. Główny harmonogram produkcji wyrobu B (opr. własne).

Główny harmonogram produkcji dla wyrobu B																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Planowana sprzedaż																					50
Zapasy dysponowany	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	20	20	30	30	40	40	0
Planowana dostawa												10		10		10		10		10	
Planowane uruchomienie											10		10		10		10		10		

Tabela 69. Główny harmonogram produkcji wyrobu C (opr. własne).

Główny harmonogram produkcji dla wyrobu C																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Planowana sprzedaż																					50
Zapasy dysponowany	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	20	20	30	30	40	40	0
Planowana dostawa												10		10		10		10		10	
Planowane uruchomienie											10		10		10		10		10		

W przedstawionych powyżej głównych harmonogramach produkcji zmiana wielkości partii produkcyjnej pociągnęła za sobą kilka istotnych. Skrócony został okres pomiędzy planowaną dostawą wyrobu gotowego a planowanym uruchomieniem produkcji. Całość produkcji 50 sztuk wyrobu gotowego rozbita została na 5 partii po 10 sztuk każda. Rozbicie to pozwoliło na uwzględnienie w głównym harmonogramie produkcji poziomu zapasu wyrobów gotowych. W sytuacji, gdy produkcja planowana była na poziomie jednej partii produkcyjnej nie istniała taka możliwość. Zauważyć należy również, że wydłużeniu uległ sumaryczny planowany czas realizacji całości produkcji. Spowodowane jest to posługiwaniem się w planowaniu produkcji normatywem pracochłonności określanym na poziomie partii produkcyjnej przy jednoczesnym posługiwaniu się jednostką czasu na poziomie jednego dnia roboczego.

Planowanie w oparciu o opis struktury procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją

Zgodnie z opracowaną strukturą procesu produkcyjnego pierwszym etapem budowania struktury procesu produkcyjnego jest podzielenie procesu produkcyjnego na etapy.

W ramach opracowanej metody opisu procesu produkcyjnego ustalono, że wyodrębnienie etapu nastąpi min. w sytuacji, gdy następuje zmiana stanowiska produkcyjnego. W ramach scenariusza 2 taka zmiana występuje w przypadku wszystkich elementów zawartych w strukturze wyrobu.

Tabela 70. Zestawienie etapów procesu produkcyjnego dla scenariusza trzeciego (opr. własne).

Zestawienie etapów procesów produkcji wyrobów A B C						
L.P.	Identyfikator etapu	Wykorzystywane stanowisko	Długość etapu w dniach	Efekt etapu	Efekty zasilające	Wielkość zapotrzebowania
1	EA	1	1	A	A2	1
2	EA2	3	1	A2	A3	1
3	EA3	5	1	A3	Z1 Z2	1/2 1/3
4	EB	1	1	B	B2	1
5	EB2	3	1	B2	B3	1
6	EB3	5	1	B3	Z3 Z4	1/3 1/2
7	EC	1	1	C	C2	1
8	EC2	3	1	C2	C3	1
9	EC3	5	1	C3	Z4 Z5	1/4 1/2
10	EZ1	2	2	Z1	Z1.1	1
11	EZ1.1	4	1	Z1.1	Cz1 Cz2	2 1
12	EZ2	3	1	Z2	Z2.1	1
13	EZ2.1	2	2	Z2.1	Z2.2	1
14	EZ2.2	1	2	Z2.2	Cz.3	3
15	EZ3	3	1	Z3	Z3.1	1
16	EZ3.1	2	2	Z3.1	Z3.2	1
17	EZ3.2	1	1	Z3.2	Cz1	2
19	EZ4	3	2	Z4	Z4.1	1
20	EZ4.1	4	4	Z4.1	Cz2 Cz3	2 1,6
21	EZ5	2	2	Z5	Z5.1	1
22	EZ5.1	6	2	Z5.1	Cz3 Cz4	0,8 0,4
23	ECz1	4	1	Cz1	Cz1.1	1
24	ECz1.1	7	1	Cz1.1	0	0
25	ECz2	7	2	Cz2	Cz2.1	1
26	ECz2.1	2	1	Cz2.1	0	0
27	ECz3	7	3	Cz3	Cz3.1	1
28	ECz3.1	2	2	Cz3.1	0	0
29	ECz4	7	7	Cz4	0	0

W stosunku do danych opracowanych w scenariuszu drugim w scenariuszu trzecim na poziomie opisu procesu produkcyjnego nastąpił szereg zmian. Zmianie uległa długość poszczególnych etapów procesu produkcyjnego. Wynika to z tego, że efekty poszczególnych etapów procesu produkcyjnego odpowiadają innej ilości elementów zawartych w strukturze wyrobu. Zmianie uległy również zależności pomiędzy poszczególnymi etapami procesu produkcyjnego. W scenariuszu trzecim zaplanowanie realizacji etapu zasilanego nie zawsze pociąga za sobą zaplanowanie jednego etapu zasilającego. Zmiana zależności wynika również ze zmiany wielkości partii produkcyjnych elementów struktury wyrobu gotowego przyjętych na etapie opracowywania scenariusza.

Posiadając niezbędne dane istnieje możliwość opracowania harmonogramów głównych. W tym przypadku harmonogram główny obejmował będzie również etapy EA, EB oraz EC, jako ostatnie etapy procesu produkcyjnego

Tabela 71. Harmonogram produkcji efektu A (opr. własne).

Główny harmonogram produkcji dla efektu A																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Planowana sprzedaż																					5
Zapasy dysponowane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	0
Planowana dostawa																1	1	1	1	1	
Planowane uruchomienie																1	1	1	1	1	

Tabela 72. Harmonogram produkcji efektu B (opr. własne).

Główny harmonogram produkcji dla efektu B																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Planowana sprzedaż																					5
Zapasy dysponowane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	0
Planowana dostawa																1	1	1	1	1	
Planowane uruchomienie																1	1	1	1	1	

Tabela 73. Harmonogram produkcji efektu C (opr. własne).

Główny harmonogram produkcji dla efektu C																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Planowana sprzedaż																					5
Zapasy dysponowany	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	0
Planowana dostawa																1	1	1	1	1	
Planowane uruchomienie																1	1	1	1	1	

Zmniejszenie liczby elementów struktury wyrobu odpowiadających efektowi etapu procesu produkcyjnego spowodowało konieczność zaplanowania realizacji większej ilości powtórzeń każdego z planowanych etapów procesu produkcyjnego. Zaplanowanie realizacji większej ilości powtórzeń etapu procesu produkcyjnego przy jednoczesnym zachowaniu planowanego zapotrzebowania spowodowało zaplanowanie powstania zapasu efektów planowanego etapu procesu produkcyjnego.

Etap II. Opracowanie harmonogramów realizacji etapów zasilających procesy produkcyjnego

Planowanie w oparciu o opis struktury procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją

Opracowanie harmonogramów realizacji etapów zasilających należy rozpocząć od zaplanowania realizacji etapów bezpośrednio zasilających etapy finalne. W omawianym przykładzie są to etapy EA2, EB2 oraz EC2.

Tabela 74. Harmonogram realizacji etapu EA2 procesu produkcyjnego scenariusz trzeci (opr. własne).

Harmonogram realizacji etapu EA2																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie EA2																1	1	1	1	1	
Zapasy dysponowany	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa															1	1	1	1	1		
Planowane uruchomienie															1	1	1	1	1		

Tabela 75. Harmonogram realizacji etapu EB2 procesu produkcyjnego scenariusz trzeci (opr. własne).

Harmonogram realizacji etapu EB2																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie EB2																1	1	1	1	1	
Zapasy dysponowane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa															1	1	1	1	1		
Planowane uruchomienie															1	1	1	1	1		

Tabela 76. Harmonogram realizacji etapu EC2 procesu produkcyjnego scenariusz trzeci (opr. własne).

Harmonogram realizacji etapu EC2																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie EC2																1	1	1	1	1	
Zapasy dysponowane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa															1	1	1	1	1		
Planowane uruchomienie															1	1	1	1	1		

Zmniejszenie liczby elementów struktury wyrobu odpowiadających efektowi etapu procesu produkcyjnego spowodowało konieczność zaplanowania realizacji większej ilości powtórzeń każdego z planowanych etapów procesu produkcyjnego. Jednocześnie zmianie uległa ilość wystąpień zapotrzebowania na efekty planowanych etapów procesu produkcyjnego. W związku z tym nie w harmonogramach realizacji powyższych etapów nie pojawiły się zapasy.

Kolejnym krokiem porównania proponowanych rozwiązań jest zaplanowanie realizacji kolejnych etapów procesu produkcyjnego odpowiadających poziomowi wyrobu gotowego w strukturze wyrobu. Są to etapy EA3, EB3 oraz EC3

Tabela 77. Harmonogram realizacji etapu EA3 procesu produkcyjnego scenariusz trzeci (opr. własne).

Harmonogram realizacji etapu EA3																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie EA3															1	1	1	1	1		
Zapasy dysponowane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa														1	1	1	1	1			
Planowane uruchomienie														1	1	1	1	1			

Tabela 78. Harmonogram realizacji etapu EA3 procesu produkcyjnego scenariusz trzeci (opr. własne).

Harmonogram realizacji etapu EB3																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie EB3															1	1	1	1	1		
Zapasy dysponowane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa														1	1	1	1	1			
Planowane uruchomienie														1	1	1	1	1			

Tabela 79. Harmonogram realizacji etapu EA3 procesu produkcyjnego scenariusz trzeci (opr. własne).

Harmonogram realizacji etapu EC3																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie EC3															1	1	1	1	1		
Zapasy dysponowane	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planowana dostawa														1	1	1	1	1			
Planowane uruchomienie														1	1	1	1	1			

Zawarte w scenariuszu trzecim wytyczne, poprzez zmiany w wielkościach partii produkcyjnych spowodowały skrócenie długości normatywu procesu produkcyjnego. Sytuacja ta dała możliwość objęcia w ramach ustalonego horyzontu planistycznego planu produkcji zespołów wchodzących w skład wyrobów gotowych.

Tabela 80. Harmonogram produkcji zespołu Z1 (opr. własne).

Harmonogram produkcji zespołu Z1																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie											20		20		20		20		20		
Zapasy dysponowane																					
Planowana dostawa										20		20		20		20		20			
Planowane uruchomienie										20		20		20		20					

Tabela 81. Harmonogram produkcji zespołu Z2 (opr. własne).

Harmonogram produkcji zespołu Z2																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie											10		10		10		10		10		
Zapasy dysponowane											20	20	10	10	0	0	20	20	10	10	10
Planowana dostawa										30						30					
Planowane uruchomienie							30						30								

Tabela 82. Harmonogram produkcji zespołu Z3 (opr. własne).

Harmonogram produkcji zespołu Z3																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie											10		10		10		10		10		
Zapasy dysponowane											10	10	0	0	10	10	0	0	10	10	10
Planowana dostawa										20				20				20			
Planowane uruchomienie								20				20				20					

Tabela 83. Harmonogram produkcji zespołu Z4 (opr. własne).

Harmonogram produkcji zespołu Z4																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie											10		10		10		10		10		
Zapasy dysponowane											20	20	10	10	0	0	20	20	10	10	10
Planowana dostawa										30						30					
Planowane uruchomienie							30							30							

Tabela 84. Harmonogram produkcji zespołu Z5 (opr. własne).

Harmonogram produkcji zespołu Z5																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie											10		10		10		10		10		
Zapasy dysponowane											10	10	0	0	10	10	0	0	10	10	10
Planowana dostawa										20				20				20			
Planowane uruchomienie								20				20				20					

Powyższe harmonogramy opracowane zostały na podstawie wytycznych zawartych w scenariuszu trzecim. Zapotrzebowanie na zespoły wygenerowane zostały na podstawie głównych harmonogramów produkcji wyrobów A, B oraz C. Planowane daty uruchomienia produkcji zespołów wyznaczone zostały w taki sposób, aby ich dostawa nastąpiła na dzień poprzedzający zaplanowane uruchomienie produkcji wyrobów gotowych. Produkcja zespołu Z1 uwzględnia zapotrzebowanie wygenerowane przez zaplanowaną produkcję wyrobów A oraz C. Pozostałe zespoły występują tylko w przypadku pojedynczych wyrobów.

Planowanie w oparciu o opis struktury procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją

Pierwszym etapem planowania produkcji etapów, których efekty opowiadają poziomowi zespołów w strukturze wyrobów jest zaplanowanie realizacji etapów procesu produkcyjnego, których efekt odpowiada poszczególnym zespołom (EZ1, EZ2, EZ3, EZ4 oraz EZ5). Są to jednocześnie etapy zasilające pierwsze etapy odpowiadające produkcji wyrobów gotowych zaplanowanych na poziomie planowania produkcji wyrobów gotowych. Są to etapy EA3, EB3 oraz EC3.

Tabela 85. Harmonogram realizacji etapu EZ1 procesu produkcyjnego (opr. własne).

Harmonogram realizacji etapu EZ1																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie EZ1			1/2	1/2	1/2	1/2	1/2						1/2	1/2	1/2	1/2	1/2				
Zapasy dysponowane	0	0	1/2	0	1/2	0	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	0	1/2	0	1/2	0	0	0	0	0
Planowana dostawa		1		1		1							1		1						
Planowane uruchomienie	1		1		1							1		1							

Zapotrzebowanie na realizację etapu produkcyjnego EZ1 jest generowane przez zaplanowanie realizacji dwóch etapów procesu produkcyjnego EA3 oraz EC3. **Dzięki zastosowaniu proponowanego rozwiązania na obecnym etapie planowania produkcji wiadomymi są terminy realizacji tych etapów w harmonogramach produkcji stanowisk produkcyjnych.** To te dane posłużyły do określenia planowanych terminów realizacji etapu EZ1 procesu produkcyjnego. Wielkość zapotrzebowania w ilości 1/2 efektu etapu EZ1 wynika z zależności określonych w strukturze opisu procesu produkcyjnego. W tym przypadku jest równa zależności w wielkościach partii produkcyjnych wyrobu gotowego A oraz C a wielkością partii produkcyjnej zespołu Z1. Spowodowane jest to niewystąpieniem żadnych uwarunkowań technologicznych wymuszających zmianę pomiędzy wielkością normatywu wielkości partii produkcyjnej a efektem etapu procesu produkcyjnego.

Tabela 86. Harmonogram realizacji etapu EZ2 procesu produkcyjnego (opr. własne).

Harmonogram realizacji etapu EZ2																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie EZ2													1/3	1/3	1/3	1/3	1/3				
Zapas dysponowany													2/3	1/3	0	2/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3
Planowana dostawa												1				1					
Planowane uruchomienie												1				1					

Efekt EZ2 jest efektem zasilającym etap EA3 procesu produkcyjnego. Realizacja etapu EZ2 musi zostać zaplanowana tak, aby skończyła się ona dzień przed rozpoczęciem realizacji etapu EA2. Terminy realizacji etapu EA2 określone zostały w harmonogramie produkcji opracowanym dla stanowiska nr 5. Zaplanowana jednokrotna realizacja etapu EA2 generuje zapotrzebowanie na 1/3 efektu etapu EZ2 procesu produkcyjnego.

Tabela 87. Harmonogram realizacji etapu EZ3 procesu produkcyjnego (opr. własne).

Harmonogram realizacji etapu EZ3																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie EZ3								1/3	1/3	1/3	1/3	1/3									
Zapas dysponowany	0	0	0	0	0	0	0	2/3	1/3	0	2/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3
Planowana dostawa							1			1											
Planowane uruchomienie							1			1											

Zapotrzebowanie na realizację etapu EZ3 określne jest na podstawie zaplanowanego terminu realizacji etapu EB3 procesu produkcyjnego. Termin ten zawarty jest w harmonogramie produkcji opracowanym dla stanowiska nr5. Zaplanowanie realizacji Etapu EB3 procesu produkcyjnego generuje zapotrzebowanie na 1/3 efektu etapu procesu produkcyjnego EZ3. Długość tego etapu wynosi jeden dzień roboczy. Dane te zostały określone na etapie opracowania opisu procesu produkcyjnego.

Tabela 88. Harmonogram realizacji etapu EZ4 procesu produkcyjnego (opr. własne).

Harmonogram realizacji etapu EZ4																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie EZ4								1/2	1/2	1/2	1/2	1/2									
Zapasy dysponowane	0	0	0	0	0	0	0	1/2	0	1/2	0	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
Planowana dostawa							1		1		1										
Planowane uruchomienie						1		1		1											

Zapotrzebowanie na realizację etapu EZ4 określone jest na podstawie zaplanowanego terminu realizacji etapu EB3 procesu produkcyjnego. Termin ten zawarty jest w harmonogramie produkcji opracowanym dla stanowiska nr5. Zaplanowanie realizacji Etapu EB3 procesu produkcyjnego generuje zapotrzebowanie na 1/2 efektu etapu procesu produkcyjnego EZ3. Długość tego etapu wynosi dwa dni robocze. Dane te zostały określone na etapie opracowania opisu procesu produkcyjnego.

Tabela 89. Harmonogram realizacji etapu EZ5 procesu produkcyjnego (opr. własne).

Harmonogram realizacji etapu EZ5																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie EZ5			1/2	1/2	1/2	1/2	1/2														
Zapasy dysponowane	0	0	1/2	0	1/2	0	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
Planowana dostawa		1		1		1															
Planowane uruchomienie	1		1		1																

Zapotrzebowanie na realizację etapu EZ5 określone jest na podstawie zaplanowanego terminu realizacji etapu EC3 procesu produkcyjnego. Termin ten zawarty jest w harmonogramie produkcji opracowanym dla stanowiska nr5. Zaplanowanie realizacji Etapu EC3 procesu produkcyjnego generuje zapotrzebowanie na 1/2 efektu etapu procesu produkcyjnego EZ3. Długość tego etapu wynosi dwa dni robocze. Dane te zostały określone na etapie opracowania opisu procesu produkcyjnego.

Etap III. Harmonogramowanie obciążeń stanowisk produkcyjnych

Planowanie w oparciu o opis struktury procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją

Na podstawie opracowanych danych istnieje możliwość opracowania pierwszych harmonogramów produkcji dla stanowisk produkcyjnych.

Tabela 90. Harmonogram produkcji dla stanowiska nr1 scenariusz trzeci (opr. własne).

Harmonogram produkcji dla stanowiska 1																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie efekt A																					5
Zapotrzebowanie efekt B																					5
Zapotrzebowanie efekt C																					5
Planowana realizacja EA																X	X	X	X	X	
Planowana realizacja EB											X	X	X	X	X						
Planowana realizacja EC						X	X	X	X	X											

Tabela 91. Harmonogram produkcji dla stanowiska nr3 scenariusz trzeci (opr. własne).

Harmonogram produkcji dla stanowiska 3																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie efekt A2																1	1	1	1	1	
Zapotrzebowanie efekt B2											1	1	1	1	1						
Zapotrzebowanie efekt C2						1	1	1	1	1											
Planowana realizacja EA2															X	X	X	X	X		
Planowana realizacja EB2										X	X	X	X	X							
Planowana realizacja EC2					X	X	X	X	X												

Tabela 92. Harmonogram produkcji dla stanowiska nr5 scenariusz trzeci (opr. własne).

Harmonogram produkcji dla stanowiska 5																					
Dzień roboczy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Zapotrzebowanie efekt A3															1	1	1	1	1		
Zapotrzebowanie efekt B3										1	1	1	1	1							
Zapotrzebowanie efekt C3					1	1	1	1	1												
Planowana realizacja EA3														X	X	X	X	X			
Planowana realizacja EB3									X	X	X	X	X								
Planowana realizacja EC3				X	X	X	X	X													

Zmniejszenie liczby elementów struktury wyrobu odpowiadających efektowi etapu procesu produkcyjnego spowodowało konieczność zaplanowania realizacji większej ilości powtórzeń każdego z planowanych etapów procesu produkcyjnego. Jednocześnie zmianie uległa ilość wystąpień zapotrzebowania na efekty planowanych etapów procesu produkcyjnego. W związku z tym nie w harmonogramach realizacji powyższych etapów nie pojawiły się zapasy.

Porównując informacje otrzymane na etapie opracowywania głównego harmonogramu produkcji zauważyć można znaczne różnice. W przypadku wykorzystania opisu struktury wyrobu otrzymane informacje ograniczały się do określenia planowanych terminów rozpoczęcia i zakończenia produkcji wyrobów gotowych. Nieznane były obciążenia generowane dla stanowisk produkcyjnych wynikające z zaplanowanej wielkości produkcji. Dodatkowo nie istniała możliwość zmieszczenia w założonym horyzoncie planistycznym całości zaplanowanej produkcji.

W przypadku wykorzystania metody opisu procesu produkcyjnego w ramach horyzontu planistycznego zaplanowano wszystkie zadania produkcyjne. Uzyskane zostały obciążenia wynikające z zaplanowanej do wykonania produkcji dodatkowo możliwe było opracowanie harmonogramów produkcji dla stanowisk produkcyjnych, dla których przypisana została zaplanowana produkcja.

Rozdział 4. Weryfikacja funkcjonowania metody opisu procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją w oparciu o studia przypadku

W celu weryfikacji, proponowanego rozwiązania autor postanowił przedstawić opisane w literaturze szczegółowe studia przypadku, zastosować w opisanych warunkach proponowane rozwiązanie oraz porównać uzyskane efekty. Wybrane zostały dwa przykłady o różnej dokładności danych.

4.1. Studium przypadku Remmele Engineering, Inc. (Blackstone, 2008)

4.1.1. Charakterystyka warunków wyjściowych

Remmele Engineering, Inc. jest przykładem klasycznego warsztatu realizującego trzy rodzaje zadań: produkcję, usługi obróbcze oraz projektowanie i budowę maszyn specjalnych. Zadaniem, na którym koncentruje się studium przypadku, jest zaplanowanie produkcji wyrobu 100. W tym celu dokonano analizy zapotrzebowania potencjału produkcyjnego i przedstawiono je za pomocą wykresu Gantta. Czynności te przeprowadzono dla danych przedstawionych w rozdziale.:

Tabela 92. Struktura wyrobu gotowego 100 (opr. na podstawie (Blackstone,2008))

Poziom złożoności	Nr części	Ilość/sztukę wyższego rzędu	Opis
0	100	1	Wyrób gotowy
1	110	2	Zespół
2	121	3	Część A
2	122	5	Część B

Tabela 93. Technologia wytwarzania części (opr. na podstawie (Blackstone,2008))

Stanowisko robocze	Numer operacji	t_{pz} (min)	t_j (min)
Część 100			
SR1	1	30	2,5
Część 110			
SR2	1	10	0,75
SR1	2	15	0,5
Część 121			
SR3	1	15	0,3
SR1	2	25	0,25
SR2	3	15	0,25
Część 122			
SR2	1	25	0,75
SR3	2	30	0,15
SR1	3	75	0,5
SR3	4	30	0,75

4.1.2. Planowanie produkcji w warunkach omawianego przykładu

Dla omawianego studium przypadku zdefiniowane zostały harmonogramy produkcji dla różnych poziomów planowania. Jako pierwszy zdefiniowano harmonogram produkcji wyrobów gotowych. Przedstawiony został on w tabeli nr 93. Posiadając opracowane wszystkie harmonogramy produkcji przedsiębiorstwo ma możliwość opracowania harmonogramów produkcji dla stanowisk produkcyjnych oraz uwzględnić wielkość zapotrzebowania na potencjał produkcyjny.

Etap I. Opracowanie harmonogramów głównych

Planowanie w oparciu o strukturę wyrobu (metoda MRP)

Harmonogram główny opracowany w oparciu o dane wejściowe przedstawiono w tabeli nr 93.

Tabela 94. Harmonogram produkcji wyrobu 100 (opr. na podstawie (Blackstone,2008))

Harmonogram produkcji wyrobu 100												
Tydzień												
Plan produkcji	250	200	250	150	200	300	150	250	200	200	250	200
Zapasy dysponowany	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Planowane zakończenie produkcji	200	250	150	200	300	150	250	200	200	250	200	
Planowane rozpoczęcie produkcji	250	150	200	300	150	250	200	200	250	200		

Planowana produkcja zaplanowana została zgodnie z danymi zawartymi w przykładzie. Na ostatni możliwy termin zakończenia produkcji gwarantujący terminową realizację planowanej produkcji. Długość cyklu dostawy zgodnie z zadaniem została wyznaczona na 1 tydzień.

Etap II. Harmonogramowanie produkcji zespołów i części

Planowanie w oparciu o strukturę wyrobu (metoda MRP)

W oparciu o harmonogram produkcji wyrobu 100 określono terminy realizacji produkcji zespołu 110. Harmonogram jego produkcji przedstawiono w tabeli nr 94.

Tabela 95. Harmonogram produkcji zespołu 110 (opr. na podstawie (Blackstone,2008))

Harmonogram produkcji zespołu 110												
Tydzień	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Zapotrzebowanie	400	500	300	400	600	300	500	400	400	500	400	
Zapasy dysponowany	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Planowane zakończenie produkcji	500	300	400	600	300	500	400	400	500	400		
Planowane rozpoczęcie produkcji	400	600	300	500	400	400	500	400				

Harmonogram produkcji zespołu 110 opracowany został zgodnie z danymi zawartymi w przykładzie. Zapotrzebowanie na część wyznaczono w oparciu o powtarzalność części w wyrobie 100. Długość cyklu dostawy zgodnie z danymi wyniosła 2 tygodnie. Różnica pomiędzy całkowitym zapotrzebowaniem a zaplanowaną produkcją zgodnie z treścią zadania

pokryta została zapasem zespołu 110. Część produkcji oznaczona w harmonogramie znajduje się już na różnych etapach zaawansowania produkcji.

Harmonogram produkcji części 121 opracowany został w taki sposób, aby pokryć zapotrzebowanie na tą część wynikającą z terminów oraz wielkości zapotrzebowania wynikającego z wielkości zaplanowanej produkcji zespołu 110. Przedstawiony został w tabeli nr 95.

Tabela 96. Harmonogram produkcji części 121 (opr. na podstawie (Blackstone,2008)).

Harmonogram produkcji części 121												
Tydzień	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Zapotrzebowanie	1200	1800	900	1500	1200	1200	1500	1200				
Zapas dysponowany	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Planowane zakończenie produkcji	1800	900	1500	1200	1200	1500	1200					
Planowane rozpoczęcie produkcji	1500	1200	1200	1500	1200							

Harmonogram produkcji zespołu 121 opracowany został zgodnie z danymi zawartymi w przykładzie. Zapotrzebowanie na część wyznaczono w oparciu o powtarzalność części w zespole 110. Długość cyklu dostawy zgodnie z danymi wyniosła 3 tygodnie. Różnica pomiędzy całkowitym zapotrzebowaniem a zaplanowaną produkcją zgodnie z treścią zadania pokryta została zapasem części 121. Część produkcji oznaczona w harmonogramie znajduje się już na różnych etapach zaawansowania produkcji.

Harmonogram produkcji części 122 opracowany został w taki sposób, aby pokryć zapotrzebowanie na tą część wynikającą z terminów oraz wielkości zapotrzebowania wynikającego z wielkości zaplanowanej produkcji zespołu 110. Przedstawiony został w tabeli nr 96.

Tabela 97. Harmonogram produkcji części 122 (opr. na podstawie (Blackstone,2008)).

Harmonogram produkcji części 122												
Tydzień	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Zapotrzebowanie	2000	3000	1500	2500	2000	2000	2500	2000				
Zapas dysponowany	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Planowane zakończenie produkcji	3000	1500	2500	2000	2000	2500	2000					
Planowane rozpoczęcie produkcji	2000	2000	2500	2000								

Harmonogram produkcji zespołu 122 opracowany został zgodnie z danymi zawartymi w przykładzie. Zapotrzebowanie na część wyznaczono w oparciu o powtarzalność części w zespole 110. Długość cyklu dostawy zgodnie z danymi wyniosła 5 tygodni. Różnica pomiędzy całkowitym zapotrzebowaniem a zaplanowaną produkcją zgodnie z treścią zadania pokryta została zapasem części 122. Część produkcji oznaczona w harmonogramie znajduje się już na różnych etapach zaawansowania produkcji.

4.1.3. Planowanie produkcji w oparciu o proponowaną metodę opisu procesu produkcyjnego

Opracowanie opisu procesu produkcyjnego

Zastosowanie metody opisu procesu produkcyjnego dla przedstawionego powyżej studium przypadku należy rozpocząć od opracowania etapów procesu produkcyjnego. Według proponowanej metody, proces produkcyjny należy podzielić na 10 etapów zgodnie z danymi zawartymi w tabeli nr 97. Dla każdego z zdefiniowanych etapów, określone zostaje stanowisko, na którym realizowany będzie dany etap procesu produkcyjnego.

Tabela 98. Zestawienie etapów procesu produkcyjnego oraz stanowisk produkcyjnych. (opr. własne)

Nr etapu procesu produkcyjnego	Stanowisko produkcyjne
1	1
2	2
3	1
4	3
5	1
6	2
7	2
8	3
9	1
10	3

Znając ilość procesów produkcyjnych, należy przejść do określania efektów dla każdego z nich:

- a. Etap 1. W treści studium przypadku, nie ma informacji, które wpływałyby w oczywisty sposób na definiowanie efektu tego procesu produkcyjnego, w związku z tym postanowiono ustalić relację pomiędzy wyrobem gotowym a efektem etapu produkcyjnego numer 1 w relacji 1-1.
- b. Etap 2. Z treści studium przypadku wynika, że zużycie części na jeden wyrób gotowy wynosi 2 sztuki. Informacja taka stanowi przesłankę do ustalenia, że jeden efekt etapu produkcyjnego odpowiada 2 częściom.
- c. Etap 3. Z treści studium przypadku wynika, że zużycie części na jeden wyrób gotowy wynosi 2 sztuki. Informacja taka stanowi przesłankę do ustalenia, że jeden efekt etapu produkcyjnego odpowiada 2 częściom.
- d. Etap 4. Z treści studium przypadku wynika, że zużycie części na zespół wyższego poziomu wynosi 3 sztuki. Informacja taka stanowi przesłankę do ustalenia, że jeden efekt etapu produkcyjnego odpowiada 3 częściom.
- e. Etap 5. Z treści studium przypadku wynika, że zużycie części na zespół wyższego poziomu wynosi 3 sztuki. Informacja taka stanowi przesłankę do ustalenia, że jeden efekt etapu produkcyjnego odpowiada 3 częściom.
- f. Etap 6. Z treści studium przypadku wynika, że zużycie części na zespół wyższego poziomu wynosi 3 sztuki. Informacja taka stanowi przesłankę do ustalenia, że jeden efekt etapu produkcyjnego odpowiada 3 częściom.
- g. Etap 7. Z treści studium przypadku wynika, że zużycie części na zespół wyższego poziomu wynosi 5 sztuk. Informacja taka stanowi przesłankę do ustalenia, że jeden efekt etapu produkcyjnego odpowiada 5 częściom.
- h. Etap 7. Z treści studium przypadku wynika, że zużycie części na zespół wyższego poziomu wynosi 5 sztuk. Informacja taka stanowi przesłankę do ustalenia, że jeden efekt etapu produkcyjnego odpowiada 5 częściom.
- i. Etap 8. Z treści studium przypadku wynika, że zużycie części na zespół wyższego poziomu wynosi 5 sztuk. Informacja taka stanowi przesłankę do ustalenia, że jeden efekt etapu produkcyjnego odpowiada 5 częściom.
- j. Etap 9. Z treści studium przypadku wynika, że zużycie części na zespół wyższego poziomu wynosi 5 sztuk. Informacja taka stanowi przesłankę do ustalenia, że jeden efekt etapu produkcyjnego odpowiada 5 częściom.
- k. Etap 10. Z treści studium przypadku wynika, że zużycie części na zespół wyższego poziomu wynosi 5 sztuk. Informacja taka stanowi przesłankę do ustalenia, że jeden efekt etapu produkcyjnego odpowiada 5 częściom.

Po zdefiniowaniu efektów każdego, z etapów produkcji, należy ustalić, czasochłonność każdego z nich. Do celów doświadczenia, aby wyznaczyć czas obróbki poszczególnych części w związku z brakiem informacji o wielkościach ich partii produkcyjnej podzielono całkowity planowany czas obróbki przez ilość obrabianych części. Wyliczona została ona oparciu o relację ilościową pomiędzy efektem definiowanego etapu a normatywami czasu realizacji poszczególnych operacji. Kolejnym krokiem opracowywania danych jest opracowanie zależności pomiędzy poszczególnymi etapami procesu produkcyjnego, wraz z relacjami pomiędzy efektami poszczególnych etapów. Bazując na powyższych informacjach istnieje możliwość opracowania struktury procesu produkcyjnego, na bazie, którego funkcjonować będzie omawiane rozwiązanie. Posiadając powyższe informacje, możliwe jest zastosowanie metody opisu procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją. Opis procesu produkcyjnego przedstawiony został w tabeli nr 98.

Tabela 99. Zestawienie etapów produkcyjnych opracowanych dla zespołu 100. (opr. własne)

Zestawienie etapów produkcyjnych opracowanych dla zespołu 100						
L.P.	Identyfikator etapu	Wykorzystywane stanowisko	Długotrwałość etapu w minutach	Efekt etapu	Efekt(y) zasilające	Wielkość zapotrzebowania
1	E100	1	3,87	100	110	1
2	E110	2	2,16	110	110.1	1
3	E110.1	1	3,12	110.1	121,122	1
4	E121	3	2,34	121	121.1	1
5	E121.1	1	2,43	121.1	121.2	1
6	E121.2	2	2,79	121.2	Materiał (Brak produkcji)	1
7	E122	2	16,75	122	122.1	1
8	E122.1	3	13,75	122.1	122.2	1
9	E122.2	1	5,5	122.2	122.3	1
10	E122.3	3	19	122.3	Materiał (Brak produkcji)	1

Etap I. Opracowanie harmonogramu głównego

Planowanie w oparciu o opis struktury procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją

W proponowanym rozwiązaniu poziom harmonogramu głównego odpowiadał będzie harmonogramowi realizacji etapu E100 procesu produkcyjnego wyrobu 100. Na tym poziomie realizacja produkcji odbywa się na jednym stanowisku, z tego powodu oba harmonogramy z rozwiązania oryginalnego oraz zaproponowanej metody do poziomu planowanego zakończenia produkcji są tożsame natomiast termin rozpoczęcia planowanej produkcji wyznaczony zostanie z wykorzystaniem metody opisu procesu produkcyjnego.

Harmonogram realizacji etapu E100 przedstawiony został w tabelach nr 98 oraz 99. Przedstawione w nich zostały planowane ilości powtórzeń etapu oraz planowane terminy zakończenia oraz rozpoczęcia produkcji. Tabela nr 99 została opracowana, ponieważ w przykładzie istnieje więcej niż jedno zapotrzebowanie na wyroby gotowe na poziome harmonogramu głównego.

Tabela 100. Harmonogram realizacji etapu E100 procesu produkcyjnego (opr. własne)

Harmonogram realizacji etapu E100 procesu produkcyjnego												
Tydzień	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Plan produkcji	250	200	250	150	200	300	150	250	200	200	250	200
Zapasy dysponowany	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Planowane zakończenie produkcji	200	250	150	200	300	150	250	200	200	250	200	

Tabela 101. Terminy rozpoczęcia realizacji etapu E100 (opr. własne)

Terminy rozpoczęcia realizacji etapu E100 dla danych zawartych w tabeli nr 100			
Termin zakończenia (T_0) w minutach	Długość realizacji jednego etapu (minuty)	Długość planowanej produkcji minutach	Termin rozpoczęcia (T_{RA}) w minutach
2800	3,87	774	2026
5600	3,87	967,5	4632,5
8400	3,87	580,5	7819,5
11200	3,87	774	10426
14000	3,87	1161	12839
16800	3,87	580,5	16219,5
19600	3,87	967,5	18632,5
22400	3,87	774	21626
25200	3,87	774	24426
28000	3,87	967,5	27032,5
30800	3,87	774	30026

W powyższej tabeli, jako termin zakończenia produkcji określony został na ostatnią minutę tygodnia, dla którego planowana jest produkcja. Zgodnie z treścią zadania w ciągu tygodnia ilość minut, w których odbywa się produkcja wynosi 2800. Na podstawie zaplanowanej ilości powtórzeń etapu E100 oraz długości jednego etapu określona została długość realizacji wszystkich etapów procesu produkcyjnego. Cofając się na osi

czasu od planowanego terminu zakończenia produkcji o długość planowanej produkcji określony został planowany termin rozpoczęcia produkcji. Informacje te można przełożyć na harmonogram produkcji stanowiska produkcyjnego przypisanego do etapu produkcji E100. Natomiast planowane terminy rozpoczęcia mogą być wykorzystane, jako termin zakończenia etapów zasilających.

Etap II. Harmonogramowanie produkcji zespołów

Planowanie w oparciu o opis struktury procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją

Kolejnym etapem produkcji, który należy zaplanować jest etap E110, Jako etap zasilający realizację zaplanowanego już etapu E100. Harmonogram ten przedstawiony został w tabeli nr 101.

Tabela 102. Harmonogram realizacji etapu E110 (opr. własne)

Harmonogram realizacji etapu E110			
Termin zakończenia (T₀) w minutach	Długość realizacji jednego etapu (minuty)	Długość planowanej produkcji minutach	Termin rozpoczęcia (T_{RA}) w minutach
2456	2,16	432	2024
5170,5	2,16	540	4630,5
8141,5	2,16	324	7817,5
10856	2,16	432	10424
13485	2,16	648	12837
16541,5	2,16	324	16217,5
19170,5	2,16	540	18630,5
22056	2,16	432	21624
24856	2,16	432	24424
27570,5	2,16	540	27030,5
30456	2,16	432	30024

Porównując długotrwałości etapów produkcji E100 oraz E110, gdzie (etap E110) etap zasilający jest krótszy niż etap zasilany, a co za tym idzie realizacja wszystkich etapów E110 jest krótsza, **za termin rozpoczęcia produkcji E110 należy przyjąć termin rozpoczęcia realizacji etapów E100 pomniejszony o długotrwałość realizacji jednego etapu E110.** Sytuacja taka daje również możliwość podejmowania decyzji przez osoby planujące produkcję w przedsiębiorstwie dotyczące ewentualnego zgrupowania całej podziału realizacji etapów E110 na kilka grup.

Kolejnym etapem, którego produkcję należy zaplanować jest etap E110.1 Terminy realizacji tego etapu przedstawione zostały w tabeli nr 102.

Tabela 103. Harmonogram realizacji etapu E110.1 (opr. własne)

Harmonogram realizacji etapu E110.1			
Termin zakończenia (T_0) w minutach	Długotrwałość realizacji jednego etapu (minuty)	Długotrwałość planowanej produkcji minutach	Termin rozpoczęcia (T_{RA}) w minutach
2456	3,12	624	1832
5170,5	3,12	780	4390,5
8141,5	3,12	468	7673,5
10856	3,12	624	10232
13485	3,12	936	12549
16541,5	3,12	468	16073,5
19170,5	3,12	780	18390,5
22056	3,12	624	21432
24856	3,12	624	24232
27570,5	3,12	780	26790,5
30456	3,12	624	29832

W powyższym przypadku należy zauważyć, że długotrwałość etapu zasilającego jest dłuższa niż etapu zasilanego. W takiej sytuacji za termin zakończenia produkcji etapu zasilającego należy przyjąć termin rozpoczęcia realizacji etapu zasilanego. Natomiast termin rozpoczęcia realizacji etapu zasilającego należy obliczyć poprzez cofnięcie się na osi czasu od terminu planowanego terminu zakończenia produkcji o długotrwałość realizacji wszystkich planowanych etapów zasilających.

Posiadając wszystkie opracowane informacje istnieje możliwość przypisania wyznaczonych obciążeń do stanowisk produkcyjnych oraz opracowanie i aktualizacja harmonogramów produkcji dla stanowisk produkcyjnych zaangażowanych w realizację zaplanowanych etapów procesu produkcyjnego.

Etap III. Harmonogramowanie obciążeń stanowisk produkcyjnych

Planowanie w oparciu o opis struktury procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją

W ramach omawianego przykładu omawiana jest produkcja dwóch części wchodzących w skład zespołu 110. Są to części 121 oraz 122. W przypadku omawianej metody opisu procesu produkcyjnego rolę, zespołu 110 przejmuje etap produkcji E110.1 natomiast częściom 121 oraz 122 odpowiadają etapy E121, E121.1 E121.2 E122, E122.1, E122.2, E122.3

Istnieją dwie możliwości postępowania w planowaniu produkcji na tym etapie. Pierwszy z nich polega na zaplanowaniu realizacji etapu E121 a następnie w kolejności E121.1, E121.2. Następnie kolejno: E122, E122.1 E122.2, E122.3. Drugi polega na zaplanowaniu realizacji E121 i E122. Następnie Etapów zasilających: E121.1 oraz E122.1, w dalszej kolejności E121.2 oraz E122.2 oraz E122.3. Wybór tych rozwiązań jest dowolny należy jednak pamiętać, żeby dla każdego etapu zasilającego zawsze najpierw zdefiniowany był etap zasilany.

W omawianym przypadku najpierw opracowane zostaną harmonogramy realizacji etapów E121 oraz E122.

Tabela 104. Harmonogram realizacji etapu E121 (opr. własne)

Harmonogram realizacji etapu E121			
Termin zakończenia (T_0) w minutach	Długość realizacji jednego etapu (minuty)	Długość planowanej produkcji minutach	Termin rozpoczęcia (T_{RA}) w minutach
2456	2,34	468	1829,66
5170,5	2,34	585	4388,16
8141,5	2,34	351	7671,16
10856	2,34	468	10229,66
13485	2,34	702	12546,66
16541,5	2,34	351	16071,16
19170,5	2,34	585	18388,16
22056	2,34	468	21429,66
24856	2,34	468	24229,66
27570,5	2,34	585	26788,16
30456	2,34	468	29829,66

Porównując długości etapów produkcji E110.1 oraz E121, gdzie etap zasilający jest krótszy niż etap zasilany, a co za tym idzie realizacja wszystkich etapów E121 jest krótsza, **za termin rozpoczęcia realizacji etapów E121 należy przyjąć termin rozpoczęcia realizacji etapów E110.1 pomniejszony o długość realizacji jednego etapu E121.** Sytuacja taka daje również możliwość podejmowania decyzji przez osoby planujące produkcję w przedsiębiorstwie dotyczące ewentualnego zgrupowania całej podziału realizacji etapów E121 na kilka

Tabela 105. Harmonogram realizacji etapu E122 (opr. własne)

Harmonogram realizacji etapu E122			
Termin zakończenia (T_0) w minutach	Długość realizacji jednego etapu (minuty)	Długość planowanej produkcji minutach	Termin rozpoczęcia (T_{RA}) w minutach
1832	16,7	3340	-1508
4390,5	16,7	4175	215,5
7673,5	16,7	2505	5168,5
10232	16,7	3340	6892
12549	16,7	5010	7539
16073,5	16,7	2505	13568,5
18390,5	16,7	4175	14215,5
21432	16,7	3340	18092
24232	16,7	3340	20892
26790,5	16,7	4175	22615,5
29832	16,7	3340	26492

W powyższym przypadku należy zauważyć, że długość etapu zasilającego jest dłuższa niż etapu zasilanego. W takiej sytuacji za termin zakończenia produkcji etapu zasilającego należy przyjąć termin rozpoczęcia realizacji etapu zasilanego. Natomiast termin rozpoczęcia realizacji etapu zasilającego należy obliczyć poprzez cofnięcie się na osi czasu od terminu planowanego terminu zakończenia produkcji o długość realizacji wszystkich planowanych etapów zasilających.

Analizując dane pokazane w tabeli zauważyć można, że część planowanej produkcji nie jest możliwa do zrealizowania, ponieważ planowany termin rozpoczęcia produkcji przyjmuje wartości ujemne lub wartości zbyt niskie by istniała możliwość realizacji etapów zasilających w takim przypadku produkcja ta musi zostać pokryta zapasem.

Tabela 106. Harmonogram realizacji etapu E121.1 (opr. własne)

Harmonogram realizacji etapu E122.1			
Termin zakończenia (T_0) w minutach	Długość realizacji jednego etapu (minuty)	Długość planowanej produkcji minutach	Termin rozpoczęcia (T_{RA}) w minutach
3856	2,43	486	3370
7970,5	2,43	607,5	7363
12341,5	2,43	364,5	11977
16456	2,43	486	15970
20485	2,43	729	19756
24941,5	2,43	364,5	24577
28970,5	2,43	607,5	28363
33256	2,43	486	32770
37456	2,43	486	36970
41570,5	2,43	607,5	40963
45856	2,43	486	45370

W powyższym przypadku należy zauważyć, że długość etapu zasilającego jest dłuższa niż etapu zasilanego. W takiej sytuacji za termin zakończenia produkcji etapu zasilającego należy przyjąć termin rozpoczęcia realizacji etapu zasilanego. Natomiast termin rozpoczęcia realizacji etapu zasilającego należy obliczyć poprzez cofnięcie się na osi czasu od terminu planowanego terminu zakończenia produkcji o długość realizacji wszystkich planowanych etapów zasilających.

Tabela 107. Harmonogram realizacji etapu E122.1 (opr. własne)

Harmonogram realizacji etapu E122.1			
Termin zakończenia (T_0) w minutach	Długość realizacji jednego etapu (minuty)	Długość planowanej produkcji minutach	Termin rozpoczęcia (T_{RA}) w minutach
7217,25	13,75	2062,5	5154,75
9628,25	13,75	2750	6878,25
11650,25	13,75	4125	7525,25
15617,25	13,75	2062,5	13554,75
17639,25	13,75	3437,5	14201,75
20828,25	13,75	2750	18078,25
23628,25	13,75	2750	20878,25
26039,25	13,75	3437,5	22601,75
29228,25	13,75	2750	26478,25

Porównując długości etapów produkcji E122 oraz E122.1, Gdzie etap zasilający jest krótszy niż etap zasilany, a co za tym idzie realizacja wszystkich etapów E122.1 jest krótsza, **za termin rozpoczęcia realizacji etapów E122.1 należy przyjąć termin rozpoczęcia realizacji etapów E122 pomniejszony o długość realizacji jednego etapu E122.1.** Sytuacja taka daje również możliwość podejmowania decyzji przez osoby planujące produkcję w przedsiębiorstwie dotyczące ewentualnego zgrupowania całej podziału realizacji etapów E122.1 na kilka grup.

W powyższym przykładzie nie uwzględniono planowania dla dwóch pierwszych wierszy. Wynika to z sytuacji konieczności pokrycia zapotrzebowania na efekty etapu E122 zapasem.

Kolejnym etapem planowania produkcji jest zaplanowanie realizacji etapów E121.2, E122.2 oraz E122.3.

Tabela 108. Harmonogram realizacji etapu E121.2 (opr. własne)

Harmonogram realizacji etapu E121.2			
Termin zakończenia (T_0) w minutach	Długość realizacji jednego etapu (minuty)	Długość planowanej produkcji minutach	Termin rozpoczęcia (T_{RA}) w minutach
5154,75	2,43	364,5	4790,25
6878,25	2,43	486	6392,25
7525,25	2,43	729	6796,25
13554,75	2,43	364,5	13190,25
14201,75	2,43	607,5	13594,25
18078,25	2,43	486	17592,25
20878,25	2,43	486	20392,25
22601,75	2,43	607,5	21994,25
26478,25	2,43	486	25992,25

W powyższym przypadku należy zauważyć, że długość etapu zasilającego jest dłuższa niż etapu zasilanego. W takiej sytuacji za termin zakończenia produkcji etapu zasilającego należy przyjąć termin rozpoczęcia realizacji etapu zasilanego. Natomiast termin rozpoczęcia realizacji etapu zasilającego należy obliczyć poprzez cofnięcie się na osi czasu od terminu planowanego terminu zakończenia produkcji o długość realizacji wszystkich planowanych etapów zasilających.

Tabela 109. Harmonogram realizacji etapu E122.2 (opr. własne)

Harmonogram realizacji etapu E122.2			
Termin zakończenia (T_0) w minutach	Długość realizacji jednego etapu (minuty)	Długość planowanej produkcji minutach	Termin rozpoczęcia (T_{RA}) w minutach
7087,5	5,5	2062,5	5025
9450	5,5	2750	6700
12775	5,5	4125	8650
11287,5	5,5	2062,5	9225
14612,5	5,5	3437,5	11175
15050	5,5	2750	12300
16450	5,5	2750	13700
18812,5	5,5	3437,5	15375
19250	5,5	2750	16500

Porównując długości etapów produkcji E122.1 oraz E122.1, gdzie etap zasilający jest krótszy niż etap zasilany, a co za tym idzie realizacja wszystkich etapów E122.2 jest krótsza, **za termin rozpoczęcia produkcji za termin rozpoczęcia realizacji etapów E122.2 należy przyjąć termin rozpoczęcia realizacji etapów E122 pomniejszony o długość realizacji jednego etapu E122.2.** Sytuacja taka daje również możliwość podejmowania decyzji przez osoby planujące produkcję w przedsiębiorstwie dotyczące ewentualnego zgrupowania całej podziału realizacji etapów E122. na kilka grup.

Tabela 110. Harmonogram realizacji etapu E122.3 (opr. własne)

Harmonogram realizacji etapu E122.3			
Termin zakończenia (T_0) w minutach	Długość realizacji jednego etapu (minuty)	Długość planowanej produkcji minutach	Termin rozpoczęcia (T_{RA}) w minutach
7125	19	2850	7087,5
4687,5	19	3800	9450
6112,5	19	5700	12775
9400	19	2850	11287,5
8900	19	4750	14612,5
12212,5	19	3800	15050
12650	19	3800	16450
17851,75	19	4750	18812,5
22678,25	19	3800	19250

W powyższym przypadku należy zauważyć, że długość etapu zasilającego jest dłuższa niż etapu zasilanego. W takiej sytuacji za termin zakończenia produkcji etapu zasilającego należy przyjąć termin rozpoczęcia realizacji etapu zasilanego. Natomiast termin rozpoczęcia realizacji etapu zasilającego należy obliczyć poprzez cofnięcie się na osi czasu od terminu planowanego terminu zakończenia produkcji o długość realizacji wszystkich planowanych etapów zasilających.

4.2. Studium przypadku War Eagle Hoists (Blackstone, 2008)

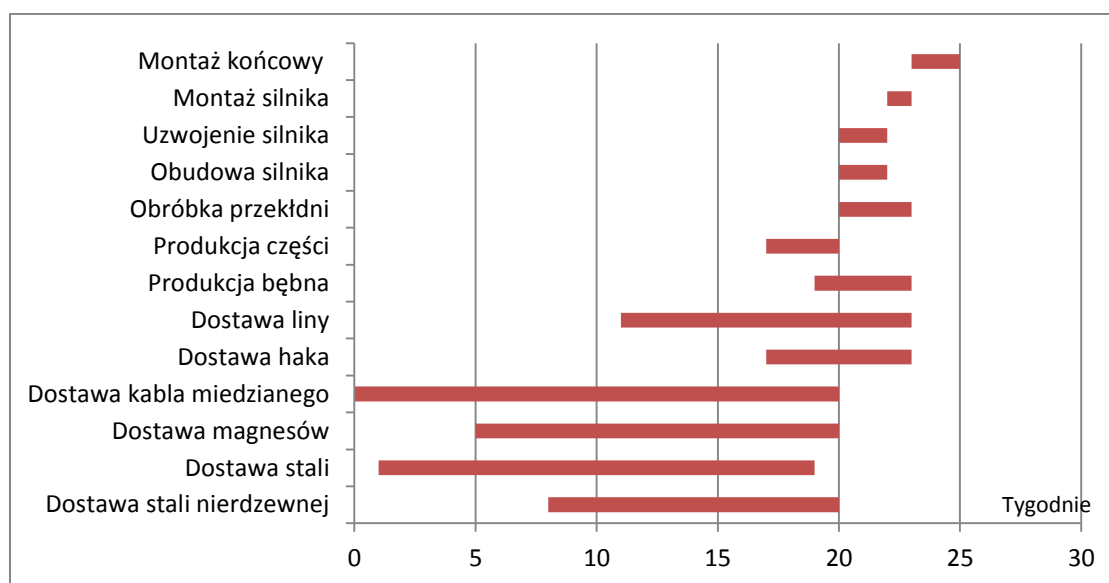
Omawiane przedsiębiorstwo jest producentem wciągników przemysłowych. W zależności od wielkości bębna wciągnika, montowanego silnika oraz przekładni, grubości liny, wielkości haka i koloru klient może wybrać jeden z 432 wariantów wciągnika. Pewne kombinacje cech wyrobu są bardziej popularne od innych. Wśród klientów wyróżnić można dwie grupy, jedna z nich to klienci, którzy wymieniają zużyte wciągniki, druga to nowi klienci. Sprzedaż charakteryzuje się sezonowością, jest wyższa latem niż w innych porach roku. Oczekiwany przez klientów cykl dostawy wciągnika to trzy tygodnie. Sumaryczna

roczna wielkość sprzedaży wynosi 2100 sztuk. Średnia tygodniowa wielkość sprzedaży wynosi 40 sztuk, przy czym w miesiącach letnich wynosi ona 60 sztuk spadając zimą do 20.

Tabela 111. Roczny plan sprzedaży dla War Eagle Hoist (opr. na podstawie Blackstone,2008)).

Tydzień	Planowana sprzedaż	Tydzień	Planowana Sprzedaż
1	39	27	39
2	28	28	52
3	45	29	59
4	29	30	51
5	27	31	57
6	41	32	60
7	33	33	21
8	31	34	54
9	19	35	54
10	15	36	44
11	40	37	48
12	35	38	34
13	39	39	44
14	52	40	23
15	39	41	19
16	31	42	31
17	43	43	42
18	42	44	47
19	36	45	38
20	16	46	41
21	52	47	40
22	60	48	45
23	33	49	59
24	45	50	26
25	71	51	48
26	26	52	44

Długość cykli produkcji oraz cykle dostawy materiałów przedstawiają się następująco:



Rysunek 37 Cykl produkcji wciągnika przemysłowego w przedsiębiorstwie War Eagle Hoist w tygodniach (opr. na podstawie Blackstone,2008)).

Jak widać na przedstawionym rysunku ścieżka krytyczna w przypadku produkcji wciągnika wynosi 25 tygodni. Ponieważ produkcja odbywa się na indywidualne zamówienie klienta a zakładany cykl dostawy wynosi 3 tygodnie, przedsiębiorstwo zmuszone jest utrzymywać zapasy części. Wynoszą one 12 silników różniących się mocą oraz kolorami. Dwanaście bębnow, 3 haki, 2 różne zestawy liny oraz trzy zestawy przekładni.

Opracowywanie harmonogramu produkcji

Harmonogram produkcji opracowywany jest dla 32 elementów wchodzących w skład wciągnika. Są to wszystkie możliwe do zamówienia przez klienta wariacje silników, bębnow, przekładni, haków i lin.

Wydział uzwajania

Przedsiębiorstwo dysponuje czterema stanowiskami uzwajania silników. Roczny potencjał produkcyjny wydziału wynosi 2080 sztuk. W roku objętym planowaniem przedsiębiorstwo planuje sprzedać 2087 sztuk wciągników. Na chwilę obecną przedsiębiorstwo posiada zapas 80 uzwojeń silników, po 20 dla każdej możliwej wielkości

produkowanych silników. Główny harmonogram produkcji dla wydziału uzwojenia opracowany w przedsiębiorstwie przedstawia się następująco:

Tabela 112 Główny harmonogram produkcji dla wydziału uzwojenia (opr. na podstawie Blackstone,2008)).

Tydzień	Zapotrzebowanie	Skumulowane zapotrzebowanie	Produkcja	Skumulowana produkcja	Zapas
1	39	39	40	40	81
2	28	67	40	80	93
3	45	112	40	120	88
4	29	141	40	160	99
5	27	168	40	200	112
6	41	209	40	240	111
7	33	242	40	280	118
8	31	273	40	320	127
9	19	292	40	360	148
10	15	307	40	400	173
11	40	347	40	440	173
12	35	382	40	480	178
13	39	421	40	520	179
14	52	473	40	560	167
15	39	512	40	600	168
16	31	543	40	640	177
17	43	586	40	680	174
18	42	628	40	720	172
19	36	664	40	760	176
20	16	680	40	800	200
21	52	732	40	840	188
22	60	792	40	880	168
23	33	825	40	920	175
24	45	870	40	960	170
25	71	941	40	1000	139
26	26	967	40	1040	153
27	39	1006	40	1080	154
28	52	1058	40	1120	142
29	59	1117	40	1160	123
30	51	1168	40	1200	112
31	57	1225	40	1240	95
32	60	1285	40	1280	75
33	21	1306	40	1320	94
34	54	1360	40	1360	80
35	54	1414	40	1400	66
36	44	1458	40	1440	62
37	48	1506	40	1480	54
38	34	1540	40	1520	60
39	44	1584	40	1560	56
40	23	1607	40	1600	73
41	19	1626	40	1640	94
42	31	1657	40	1680	103
43	42	1699	40	1720	101
44	47	1746	40	1760	94
45	38	1784	40	1800	96
46	41	1825	40	1840	95
47	40	1865	40	1880	95
48	45	1910	40	1920	90
49	59	1969	40	1960	71
50	26	1995	40	2000	85
51	48	2043	40	2040	77
52	44	2087	40	2080	73

Wydział obróbki

Wydział obróbki wyposażony jest w jedno stanowisko obróbcze produkujące części silnika oraz przekładnie. Całkowite zapotrzebowanie na potencjał produkcyjny (uwzględniający przebrojenia) wynosi 1980 minut rocznie natomiast dysponowany potencjał wynosi 2400 minut rocznie. Konieczna jest produkcja 40 zestawów części silnika tygodniowo. Są one dalej wykorzystywane na wydziale uzwajania silników. Produkcja planowana jest z tygodniowym wyprzedzeniem w stosunku do rozpoczęcia uzwajania. Produkcja części planowana jest zawsze na początek tygodnia, po wykonaniu części silnika produkowane są przekładnie. W przypadku przekładni, maksymalna ilość możliwa do wyprodukowania to 56 sztuk. W przeciwieństwie do części silnika, przekładnie produkowane są zależnie od zapotrzebowania klientów oraz wprowadza ewentualne korekty w sytuacji, gdy zapotrzebowanie przekracza możliwości produkcyjne wydziału. Na oddziale utrzymywany jest zapas przekładni w ilości 90 sztuk. Główny harmonogram produkcji przekładni opracowany w przedsiębiorstwie przedstawia się następująco:

Tabela 113 Główny harmonogram produkcji przekładni (opr. na podstawie Blackstone,2008)).

Tydzień	Zapotrzebowanie	Produkcja	Zapas	Tydzień	Zapotrzebowanie	Produkcja	Zapas
1	39	39	90	27	39	40	105
2	28	28	90	28	52	45	98
3	45	45	90	29	59	55	94
4	29	29	90	30	51	55	98
5	27	27	90	31	57	55	96
6	41	41	90	32	60	55	91
7	33	33	90	33	21	30	100
8	31	31	90	34	54	44	90
9	19	19	90	35	54	54	90
10	15	15	90	36	44	44	90
11	40	40	90	37	48	48	90
12	35	35	90	38	34	34	90
13	39	39	90	39	44	44	90
14	52	52	90	40	23	23	90
15	39	39	90	41	19	19	90
16	31	31	90	42	31	31	90
17	43	43	90	43	42	42	90
18	42	42	90	44	47	47	90
19	36	36	90	45	38	38	90
20	16	40	114	46	41	41	90
21	52	44	106	47	40	40	90
22	60	44	90	48	45	50	95
23	33	45	102	49	59	54	90
24	45	50	107	50	26	26	90
25	71	54	90	51	48	48	90
26	26	40	104	52	44	44	90

Wydział wykrojów

Wydział wykrawania ma możliwości produkcyjne znacznie przekraczający wielkość zapotrzebowania na wykroje. Do planowania produkcji na oddziale wykorzystywany jest system MRPII. Odpowiednie wykroje przygotowywane są z tygodniowym wyprzedzeniem w stosunku do ich wykorzystania na oddziale obróbki.

Wydział obróbki stali

Na tym wydziale zatrudnionych jest dwóch pracowników, jeden z nich zajmuje się produkcją obudów do silników, drugi z nich odpowiedzialny jest za produkcję bębnow. Możliwości produkcyjne wynoszą 65 sztuk tygodniowo w przypadku bębnow natomiast w przypadku obudów silnika 70. W planowaniu produkcji w celu jej uproszczenia, wydział obróbki stali wykorzystuje ten sam harmonogram główny, co wydział obróbki. Obudowy silników są jednakowe, więc niepodjęmowane są dalsze czynności planistyczne. W przypadku bębnow możliwe są cztery warianty. Produkcja planowana jest w czterotygodniowych cyklach, gdzie sumaryczna wielkość produkcji jest równa czterotygodniowemu zapotrzebowaniu na części. Z doświadczenia wiadomym jest, że rozkład pomiędzy poszczególnymi wersjami bębnow wynosi 15/20/30/30 procent. Produkcja każdego z wariantów odbywa się raz na cztery tygodnie w ilości odpowiadającej czterotygodniowemu zapotrzebowaniu. Średni zapas wynosi 120 sztuk, z czego 80 to roboty w toku a 40 to zapas bezpieczeństwa.

Wydział montażu silników

Na tym wydziale zatrudniona jest jedna osoba. Ma ona możliwość zmontowania 80 sztuk silników tygodniowo. Montaż planowany jest z jednotygodniowym wyprzedzeniem. Nie utrzymuje się zapasu silników. Harmonogram opracowywany jest, wtedy, gdy pewne jest, że wszystkie potrzebne części konieczne do montażu są dostępne.

Wydział montażu finalnego

Przedsiębiorstwo nie dysponuje zapasem wyrobów gotowych. Montaż finalny planowany jest na bieżąco wraz ze wpływem zamówień klientów. Termin realizacji montażu finalnego ustalany jest w porozumieniu z klientem.

W omawianym studium przypadku stosowany jest silny podział całości potencjału produkcyjnego na wydziały wyodrębnione ze względu na produkowany w nich asortyment. Zakładając, że proponowane rozwiązanie powinno pozwolić na zachowanie obowiązujących

w przedsiębiorstwie procedur planistycznych konieczne jest jego dostosowanie do warunków przedsiębiorstwa.

Opracowanie wzorcowej struktury procesu produkcyjnego

W ramach omawianego studium przypadku zauważyć można dwa poziomy planowania produkcji. Jednym z nich jest planowanie długoterminowe w ujęciu 52 tygodni, gdzie przedsiębiorstwo operuje na dużym poziomie ogólności danych. Planowanie na tym poziomie ma na celu z jednej strony zgrubną analizę potencjału produkcyjnego oraz z drugiej strony dostarcza ono dane konieczne do zarządzania dostawami materiałów. Zapewnienie funkcjonowania sfery zaopatrzenia wydaje się w tym przypadku krytyczne, z uwagi na to, że cykle dostaw niektórych materiałów są znacznie dłuższe niż sam cykl produkcji wyrobu gotowego.

Drugi poziom planowania obejmuje opracowywanie krótkoterminowych harmonogramów produkcji. W przypadku różnych wydziałów przedsiębiorstwa harmonogramy różnią się horyzontem planistycznym, jednak w każdym z nich zawarta jest ilość wyrobów lub części, jaka ma być wykonana na wydziale oraz jaka dokładnie wersja części lub wyrobu gotowego musi być wykonana.

Proponowane przez autora rozwiązanie zakłada możliwość jego wykorzystania bez konieczności modyfikacji procedur planistycznych obowiązujących w przedsiębiorstwie. W związku z tym konieczna jest adaptacja metody opisu procesu produkcyjnego do warunków przedsiębiorstwa. W przypadku omawianego przykładu ważne jest zapewnienie możliwości planowania długoterminowego, gdzie nie jest znana dokładna wersja wciągnika, który klient zamówi. Możliwość takiego planowania zapewnia opracowanie wzorcowej struktury procesu produkcyjnego. Wzorcowa struktura procesu produkcyjnego zawierać powinna 7 etapów procesu produkcyjnego, gdzie:

Etap 1 – odpowiadać będzie montażowi finalnemu,

Etap 2 – odpowiadać będzie montażowi silnika,

Etap 3 – odpowiadać będzie uzwajaniu silnika,

Etap 4 – odpowiadać będzie produkcji obudowy silnika,

Etap 5 – odpowiadać będzie produkcji przekładni,

Etap 6 – odpowiadać będzie produkcji części wciągnika,

Etap 7 – odpowiadać będzie produkcji bębna,

Etap 8 – odpowiadać będzie produkcji wykrojów.

Etap 1 stanowić będzie finalny etap struktury procesu produkcyjnego. Efekt tego etapu procesu produkcyjnego odpowiada wyrobowi gotowemu oferowanemu klientowi. Długość finalnego etapu produkcyjnego, w przypadku wzorcowej struktury procesu produkcyjnego określona będzie, jako średni czas montażu wszystkich wersji wciągników oferowanych przez analizowane przedsiębiorstwo. Obciążenie wynikające z zaplanowania realizacji tego etapu produkcji przypisane zostanie do wydziału montażu finalnego. Zaplanowanie do realizacji jednego etapu finalnego procesu produkcyjnego wygeneruje zapotrzebowanie na realizację wzorcowych etapów procesu produkcyjnego zasilających ten etap, czyli etapu 2, etapu 5, etapu 7 oraz wygeneruje zapotrzebowanie na zamówienie haka oraz liny wciągnika.

Etap 2, czyli montaż silnika stanowił będzie etap zasilający etap finalny procesu produkcyjnego. Długość tego etapu określona będzie, jako średni czas montażu wszystkich silników oferowanych przez przedsiębiorstwo. Zapotrzebowanie na potencjał produkcyjny przypisane zostanie do wydziału montażu silników. Termin realizacji etapu 2, określony zostanie, w sposób odpowiadający uwarunkowaniom przedsiębiorstwa, czyli tak by jego planowane zakończenie przewidziane zostało na tydzień poprzedzający planowany termin rozpoczęcia realizacji etapu 1. Zaplanowanie do realizacji etapu 2 pociągnie za sobą wygenerowanie zapotrzebowania na realizację etapów zasilających ten etap, czyli etapu 4 i etapu 3.

Etap 3, czyli produkcja uzwojenia będzie etapem zasilającym etap montażu silnika. Długość określana będzie, jako średnia wielkość długości produkcji wszystkich uzwojeń produkowanych w przedsiębiorstwie. Obciążenie wynikające z zaplanowania do realizacji etapu 3 przypisane zostanie do wydziału produkującego uzwojenia. Termin realizacji etapu 3 ustalany będzie zgodnie z procedurą planowania produkcji w przedsiębiorstwie. Etap 3 nie wygeneruje zapotrzebowania na realizację innych etapów procesu produkcyjnego. Wygenerowana za to zostanie informacja o konieczności zamówienia

drutu miedzianego oraz magnesów. Wielkość zapotrzebowania na te materiały podobnie jak w przypadku innych materiałów będzie wielkością średnią.

Etap 4, czyli produkcja obudowy silnika będzie etapem zasilającym etap montażu silnika. W omawianym przedsiębiorstwie wszystkie obudowy są takie same, w związku z tym, długotrwałość produkcji może być określone, jako stała wielkość. Nie ma konieczności wyznaczania średniej długotrwałości produkcji. Realizacja etapu produkcji obudowy silnika wyznaczana będzie zgodnie z procedurami planistycznymi obowiązującymi w przedsiębiorstwie, czyli na w taki sposób by etap kończył się w tygodniu poprzedzającym tydzień, w którym planowane jest rozpoczęcie etapu montażu silnika. Etap 4 wygeneruje zapotrzebowanie na produkcję części wciągnika, czyli na realizację etapu 6 procesu produkcyjnego.

Etap 5 procesu produkcyjnego, czyli produkcja przekładni, będzie etapem zasilającym finalny etap procesu produkcyjnego, czyli montaż finalny. Długotrwałość procesu produkcyjnego ustalić należy, jako średnią długość produkcji trzech oferowanych przez przedsiębiorstwo rodzajów przekładni. Zapotrzebowanie na potencjał produkcyjny wynikające z zaplanowania do realizacji etapu 5 przypisane zostanie do wydziału obróbki. Ustalenie terminów realizacji etapu 5 zgodnie z procedurami obowiązującymi w przedsiębiorstwie ustalone zostanie w taki sposób, aby etap kończył się w tygodniu poprzedzającym rozpoczęcie finalnego etapu produkcji. Zaplanowanie do realizacji etapu 5 procesu produkcyjnego nie pociągnie za sobą konieczności realizacji innych etapów procesu produkcyjnego. Wygenerowane zostanie zapotrzebowanie na dostawę stali.

Etap 6, produkcja części wciągnika jest etapem zasilającym produkcję uzwojenia silnika. Planowana jest ona w taki sposób by etap, którego efektem są części wciągnika kończył się w tygodniu poprzedzającym rozpoczęcie realizacji uzwojenia. Obciążenie wynikające z zaplanowania do realizacji etapu 6 procesu produkcyjnego przypisane zostanie do działu obróbki. Efekt realizacji etapu 6 jest efektem standardowym dla wszystkich wersji oferowanych wyrobów gotowych. Z tego powodu nie ma konieczności uśredniania długotrwałości etapu 6 na potrzeby opracowania wzorcowej struktury procesu produkcyjnego. Zaplanowanie do realizacji etapu 6 procesu produkcyjnego wygeneruje zapotrzebowanie na efekt etapu 8.

Etap 7, produkcja bębna wymaga określenia średniej długotrwałości etapu. Zapotrzebowanie wygenerowane w związku z zaplanowaniem do realizacji tego etapu

procesu produkcyjnego przypisane zostanie do wydziału obróbki stali. Zaplanowanie do realizacji etapu 7 nie wygeneruje konieczności realizacji innych etapów procesu produkcyjnego. Wygenerowane zostanie zapotrzebowanie na stal.

Etap 8, oznaczający produkcję wykrojów wymaga wyznaczenia długości etapu. Zapotrzebowanie na potencjał produkcyjny przypisane zostanie do wydziału wykrojów. Zaplanowanie do realizacji tego etapu procesu produkcyjnego nie wymaga zaplanowania realizacji etapów zasilających. Wygeneruje ono zapotrzebowanie na stal.

Przeprowadzając symulację opracowanego rozwiązania z wykorzystaniem wzorcowej struktury procesu produkcyjnego otrzymane wyniki (główne harmonogramy produkcji) okazały się tożsame z wynikami zawartymi w studium przypadku. Sytuacja taka spowodowana jest tym, że omawiane przedsiębiorstwo w planując produkcję operuje na uogólnionych danych, wykorzystując zarówno bufor czasu jak i zapasy pomiędzy oddziałami produkcyjnymi. Analiza proponowanego przez autora rozwiązania wykazała jednak, że może ono mieć swoje zastosowanie również w przypadku bardzo uogólnionych danych. Dostarcza ono wszystkich informacji wymaganych w przypadku planowania długoterminowego.

Planowanie krótkoterminowe

W omawianym studium przypadku bardzo ważnym etapem planowania produkcji i dostarczania danych koniecznych do funkcjonowania sterowania produkcją jest przejście od ogólnych długoterminowych głównych harmonogramów produkcji do krótkoterminowych opracowywanych z tygodniowym wyprzedzeniem harmonogramów produkcji. Harmonogramy produkcji opracowywane są wraz ze spłynięciem zamówień od klientów. W ramach ich opracowywania uszczegóławia się główne harmonogramy produkcji zastępując ogólne dane szczegółowymi informacjami wynikającymi z tego, jaką wersję wciągnika zamawiał klient.

W celu zapewnienia pełnej funkcjonalności proponowanego rozwiązania, konieczne jest opracowanie etapów procesu produkcyjnego odpowiadających ofercie przedsiębiorstwa. Jak wspomniano przedsiębiorstwo oferuje 432 wersje wciągników przemysłowych. Wykorzystanie proponowanego przez autora rozwiązania nie wymusza jednak konieczności opracowywania 432 wersji struktury procesu produkcyjnego.

Omawiane przedsiębiorstwo oferuje 4 rodzaje silników o różnej mocy. Analizując dane technologiczne poszczególne silniki różną się uzwojeniem, obudowy pozostają takie same. W związku z tym należy opracować 4 wersje etapu procesu produkcyjnego, których efektem jest uzwojenie. Dla każdego z etapów należy określić długotrwałość oraz zapotrzebowanie na odpowiednie magnesy oraz odpowiednią ilość drutu miedzianego.

Poszczególne wersje wciągnika różnią się również wielkością bębna. Oferowane są cztery różne jego wielkości. W związku z tym podobnie jak w przypadku etapu produkcji uzwojenia tak i w przypadku bębnow należy opracować 4 wersje etapu odpowiadającego ich produkcji. Następnie określić dla nich wymagane dane o długotrwałości produkcji oraz zapotrzebowaniu na materiały

Kolejnym elementem różnicującym wersje wciągników jest rodzaj przekładni. Oferowane są jej trzy wersje podobnie jak w przypadku poprzednich etapów tu również konieczne jest opracowanie trzech wersji etapu produkcyjnego.

Kolejnym elementem różnicującym wersje wyrobu gotowego są długość liny (2 możliwości) jej grubość (2 wersje) oraz wielkość haka (3 wersje). Wszystkie te części zasilają finalny etap procesu produkcyjnego, jednocześnie nie zmieniając jego długotrwałości. Sytuacja taka nie wymaga opracowywania 12 różnych wersji finalnego etapu procesu produkcyjnego.

Ostatnim elementem różniącym modele wyrobów gotowych jest kolor bębna oraz obudowy silnika. Przedsiębiorstwo oferuje trzy różne wersje kolorystyczne. Kolor oferowanego wyrobu gotowego nie ma wpływu na długotrwałość procesu produkcyjnego. W tym przypadku również proponowane rozwiązanie nie wymaga opracowania 3 różnych etapów produkcji, których efektem jest bęben oraz trzech kolejnych, którym jest obudowa silnika. Kolor każdej z części ustalany będzie, jako kolor farby zasilającej jedną wersję etapu procesu produkcyjnego.

Na podstawie powyższych informacji struktura procesu produkcyjnego wykorzystywana do planowania krótkoterminowego składać się będzie z:

1. Jednej wersji finalnego etapu produkcji
2. Jednej wersji etapu produkcji obudowy silnika
3. Czterech wersji etapu produkcji uzwojenia silnika
4. Czterech wersji etapu produkcji bębna
5. Trzech wersji produkcji przekładni
6. Jednej wersji produkcji części wciągnika
7. Jednej wersji produkcji wykrojów części wciągnika

Funkcjonowanie proponowanego rozwiązania na etapie planowania krótko terminowego.

Proponowane przez autora rozwiązanie przewiduje, dysponowanie przez osobę prowadzącą rozmowy z klientem jednym finalnym etapem procesu produkcyjnego o stałej długotrwałości oraz przypisaniu do wydział montażu finalnego, jako miejsca realizacji tego etapu.

Elementy takie jak grubość i długość liny oraz wielkość haka będą definiowane w czasie rozmów z klientem i określone, jako zasoby konieczne do realizacji tego etapu. Ich określenie oraz zlecenie do realizacji finalnego etapu procesu produkcyjnego wygeneruje odpowiednie zapotrzebowanie na ich dostawę.

Zaplanowanie realizacji finalnego etapu procesu produkcyjnego pociągnie za sobą zaplanowanie realizacji etapów procesu produkcyjnego, których efektami są wykroje części wciągnika, części wciągnika oraz obudowa silnika. Przy czym kolor obudowy zdefiniowany zostanie na podstawie ustaleń z klientem i określony, jako odpowiednia farba zasilająca ten etap produkcji.

Ustalając wielkość silnika wybranego przez klienta automatycznie w chwili zaakceptowania realizacji procesu finalnego zaplanowana zostanie wersja etapu produkcji uzwojenia odpowiadający jego wielkości. Dodatkowo zaplanowane zostaną wszystkie zasoby konieczne do jego realizacji np. odpowiednie magnesy i odpowiednia ilość drutu miedzianego.

Podobnie w przypadku przekładni oraz bębna wybór odpowiedniej wersji, którą zamówił klient pociągnie za sobą zaplanowanie realizacji odpowiadających im etapów procesu produkcyjnego oraz zdefiniowanie efektów i materiałów zasilających te etapy.

4.3. Weryfikacja zaproponowanego rozwiązania w oparciu o stawiane mu wyzwania

W rozdziałach 3 oraz 4 przedstawiono funkcjonowanie proponowanego rozwiązania w oparciu o teoretyczne oraz rzeczywiste przykłady. Otrzymane wyniki zestawione zostały z problemami analizowanymi dla obszarów planowania i sterowania produkcją. **Zestawienie to pozwoli na weryfikację czwartej hipotezy badawczej. (H4)**

Tabela 114. Zestawienie założeń proponowanej metody z wynikami uzyskanymi w badaniu (opr. własne)

Analizowany problem	Założenia proponowane go rozwiązania	I scenariusz teoretyczny	II scenariusz teoretyczny	III scenariusz teoretyczny	I case study	II case study
Trudności z przełożeniem długoterminowych planów produkcji (rocznych, kwartalnych oraz miesięcznych) na krótko terminowe plany produkcji i harmonogramy produkcji (tygodniowe oraz dzienne).	Ułatwienie przełożenia długoterminowych planów poprzez dokładne określenie zapotrzebowania na potencjał produkcyjny oraz jego przypisania do właściwych stanowisk produkcyjnych. Dostęp do tych danych na poziomie GHP	Potwierdzono. Na etapie planowania produkcji wyrobów gotowych dysponowano harmonogramami produkcji zaangażowanych stanowisk produkcyjnych.	Potwierdzono. Na etapie planowania produkcji wyrobów gotowych dysponowano harmonogramami produkcji zaangażowanych stanowisk produkcyjnych	Potwierdzono. Na etapie planowania produkcji wyrobów gotowych dysponowano harmonogramami produkcji zaangażowanych stanowisk produkcyjnych	Potwierdzono. Na etapie planowania produkcji wyrobów gotowych dysponowano harmonogramami produkcji zaangażowanych stanowisk produkcyjnych.	Nie potwierdzono. Analizowany przykład charakteryzował się zbyt małą złożonością.
Brak analizy dostępnego potencjału produkcyjnego, na etapach planowania sprzedaży i wczesnych etapach planowania produkcji, prowadzące do zakłóceń wykonania planów.	Umożliwienie analizy poprzez dokładne określenie zapotrzebowania na potencjał produkcyjny oraz jego przypisania do właściwych stanowisk produkcyjnych. Dostęp do tych danych na wczesnych etapach planowania.	Nie potwierdzono. Analizowany przykład charakteryzował się zbyt małą złożonością	Potwierdzono w obszarze opracowania planów produkcji. Opracowano harmonogramy produkcji dla efektów etapów produkcyjnych oraz ustalono ich terminy realizacji umożliwiające realizację planu produkcji.	Potwierdzono. Opracowano harmonogramy produkcji dla efektów etapów produkcyjnych oraz ustalono ich terminy realizacji umożliwiające realizację planu produkcji.	Potwierdzono. Opracowano harmonogramy produkcji dla efektów etapów produkcyjnych oraz ustalono ich terminy realizacji umożliwiające realizację planu produkcji.	Nie potwierdzono. Analizowany przykład charakteryzował się zbyt małą złożonością.
Wzrost skomplikowania procesu planowania produkcją, skutkujący wydłużeniem się tego procesu wynikający ze wzrostu liczby oferowanych wyrobów.	Uproszczenie procesu opracowywania danych koniecznych do realizacji planowania produkcji	Problem się nie pojawił.	Problem się nie pojawił.	Problem się nie pojawił.	Problem się nie pojawił.	Potwierdzono. Zmniejszono ilość koniecznych do opracowania struktur wyrobu (432) na rzecz mniejszej liczby etapów procesu produkcyjnego (15)

Konieczność dostosowania wyrobu finalnego do wymagań klienta, wpływający na skomplikowanie planowania produkcji.	Uproszczenie procesu opracowywania danych koniecznych do realizacji planowania produkcji poprzez wykorzystanie istniejących zdefiniowanych etapów procesu produkcyjnego. Dynamiczne uzupełnianie struktury procesu.	Problem się nie pojawił.	Problem się nie pojawił.	Problem się nie pojawił.	Problem się nie pojawił.	Potwierdzono. Zmniejszono ilość koniecznych do opracowania struktur wyrobu (432) na rzecz mniejszej liczby etapów procesu produkcyjnego (15)
Wpływ masowej kustomizacji produktów przekładający się na skomplikowanie całości procedury planowania produkcji związany z możliwością ingerowania klientów w proces planowania, na wielu jego poziomach.	Uproszczenie procesu opracowywania danych koniecznych do realizacji planowania produkcji poprzez wykorzystanie istniejących zdefiniowanych etapów procesu produkcyjnego. Dynamiczne uzupełnianie struktury procesu.	Problem się nie pojawił.	Problem się nie pojawił.	Problem się nie pojawił.	Problem się nie pojawił.	Potwierdzono. Zmniejszono ilość koniecznych do opracowania struktur wyrobu (432) na rzecz mniejszej liczby etapów procesu produkcyjnego (15)
Tendencja zmniejszania się partii produkcyjnych.	Definiowanie efektu etapu produkcyjnego. Możliwość analizy terminu realizacji każdego zaplanowanego powtórzenia etapu procesu produkcyjnego dla którego, efekt zdefiniowany jest na minimalnym możliwym poziomie.	Potwierdzono. Opracowano harmonogramy produkcji dla efektów etapów produkcyjnych oraz ustalono ich terminy realizacji umożliwiające realizację planu produkcji.	Potwierdzono. Opracowano harmonogramy produkcji dla efektów etapów produkcyjnych oraz ustalono ich terminy realizacji umożliwiające realizację planu produkcji.	Potwierdzono. Opracowano harmonogramy produkcji dla efektów etapów produkcyjnych oraz ustalono ich terminy realizacji umożliwiające realizację planu produkcji.	Potwierdzono. Opracowano harmonogramy produkcji dla efektów etapów produkcyjnych oraz ustalono ich terminy realizacji umożliwiające realizację planu produkcji.	Nie potwierdzono. Opracowano przykład charakteryzował się zbyt małą złożonością
Trudność powiązania wielkości produkcji ze zużyciem materiałów.	Umożliwienie analizy zużycia materiałów poprzez dokładne określenie zapotrzebowania na materiały.	Nie potwierdzono. Analizowany przykład charakteryzował się zbyt małą złożonością	Potwierdzono pośrednio. Potwierdzenie wykazano na poziomie zapotrzebowania i wykorzystania produkowanych części. Można przyjąć, że w przypadku materiałów sytuacja będzie adekwatna.	Potwierdzono pośrednio. Potwierdzenie wykazano na poziomie zapotrzebowania i wykorzystania produkowanych części. Można przyjąć, że w przypadku materiałów sytuacja będzie adekwatna.	Potwierdzono pośrednio. Potwierdzenie wykazano na poziomie zapotrzebowania i wykorzystania produkowanych części. Można przyjąć, że w przypadku materiałów sytuacja będzie adekwatna.	Nie potwierdzono. Analizowany przykład charakteryzował się zbyt małą złożonością
Wpływ kontroli, jakości jako czynnika wpływającego na poprawność określania poziomu robót w toku.	Umożliwiono zdefiniowanie kontroli, jakości jako etapu procesu produkcyjnego oraz umożliwiono analizę zapasu efektów etapów procesu produkcyjnego na dużym poziomie dokładności	Nie potwierdzono. Analizowany przykład charakteryzował się zbyt małą złożonością.	Potwierdzono. Umożliwiono analizę planowanego zapasu efektów etapów procesu produkcyjnego.	Potwierdzono. Umożliwiono analizę planowanego zapasu efektów etapów procesu produkcyjnego.	Potwierdzono. Umożliwiono analizę planowanego zapasu efektów etapów procesu produkcyjnego.	Nie potwierdzono. Analizowany przykład charakteryzował się zbyt małą złożonością
Niezgodność wielkości partii produkcyjnej wyrobów gotowych z wielkością partii produkcyjnej części.	Efekty etapów procesu produkcyjnego zdefiniowano, jako najmniejsze możliwe technologicznie jednostki.	Nie potwierdzono. Analizowany przykład charakteryzował się zbyt małą złożonością	Nie potwierdzono. Analizowany przykład charakteryzował się zbyt małą złożonością	Potwierdzono. Umożliwiono analizę planowanego zapasu efektów etapów procesu produkcyjnego, terminów ich	Nie potwierdzono. Analizowany przykład charakteryzował się zbyt małą złożonością	Nie potwierdzono. Analizowany przykład charakteryzował się zbyt małą złożonością

	Umożliwiono analizę zasobów wszystkich efektów etapów procesu produkcyjnego. Ustalono dokładną relacje pomiędzy efektem zasilającym a zapotrzebowaniem generowanym przez etap zasilany.			splywu oraz dokładne zapotrzebowanie na nie.		
Wpływ transport wewnętrzny i/lub dostępności narzędzi specjalnych ma wpływ na wydłużenie procesu produkcyjnego (powyżej zakładanego).	Możliwość definiowania tych zasobów, jako koniecznych do realizacji etapu procesu produkcyjnego. Daje to możliwość opracowania harmonogramów ich wykorzystania	Nie potwierdzono. Analizowany przykład charakteryzował się zbyt małą złożonością.	Nie potwierdzono. Analizowany przykład charakteryzował się zbyt małą złożonością.	Nie potwierdzono. Analizowany przykład charakteryzował się zbyt małą złożonością	Nie potwierdzono. Analizowany przykład charakteryzował się zbyt małą złożonością	Nie potwierdzono. Analizowany przykład charakteryzował się zbyt małą złożonością

Wykazane w tabeli osiągnięte z zastosowaniem proponowanego rozwiązania wyniki pozwalają na potwierdzenie czwartej hipotezy badawczej: „Zastąpienie analizy zapotrzebowania na materiały (struktury wyrobu) analizą procesu produkcyjnego (strukturą procesu produkcyjnego) usprawni funkcjonowanie planowania i sterowania produkcją w przedsiębiorstwach produkcyjnych” (H4).

We wszystkich zdiagnozowanych obszarach wykazano, że proponowane rozwiązania ma pozytywny wpływ na funkcjonowanie obszarów planowania i sterowania produkcją. Wykazano również, że wpływ na funkcjonowanie proponowanego rozwiązania ma przede wszystkim dokładność danych, oraz uwarunkowania techniczne przedsiębiorstwa.

Proponowane rozwiązanie zyskuje na funkcjonalności wraz z dokładnością danych, jakimi jest napełnione. **Funkcjonalność rozwiązania zwiększa się w porównaniu do metody MRP w sytuacji, gdy uwarunkowania techniczne w przedsiębiorstwie oraz proces produkcji są bardziej skomplikowane.**

Podsumowanie

W trakcie prac nad dysertacją zweryfikowano sformułowane hipotezy badawcze.

1. Hipoteza badawcza (H1): **W obszarze planowania i sterowania produkcją występuje grupa powtarzających się problemów**

Hipoteza została potwierdzona w oparciu o krytyczną analizę literatury. Opracowano **dwie listy problemów**, jedną z obszaru planowania a drugą z obszaru sterowania produkcją spełniających założone wymagania.

Dla obszaru planowania produkcji zidentyfikowano:

Problem 1. Trudności z przełożeniem długoterminowych planów produkcji (rocznych, kwartalnych oraz miesięcznych) na krótkoterminowe plany produkcji i harmonogramy produkcji (tygodniowe oraz dzienne).

Problem 2. Brak analizy dostępnego potencjału produkcyjnego, na etapach planowania sprzedaży i wczesnych etapach planowania produkcji, prowadzące do zakłóceń wykonania przyjętych planów.

Problem 3. Wzrost skomplikowania procesu planowania produkcją, skutkującego wydłużeniem się tego procesu wynikający ze wzrostu liczby oferowanych wyrobów.

Problem 4. Konieczność dostosowania wyrobu finalnego do wymagań klienta, wpływający na skomplikowanie planowania produkcji.

Problem 5. Wpływ masowej kustomizacji produktów przekładający się na skomplikowanie procedury planowania produkcji związany z możliwością ingerowania klientów w proces planowania, na wielu jego poziomach.

Dla obszaru sterowania produkcją zidentyfikowano:

Problem 1. Tendencję zmniejszania się partii produkcyjnych,

Problem 2. Trudność powiązania wielkości produkcji ze zużyciem materiałów,

Problem 3. Wpływ kontroli jakości jako czynnika wpływającego na poprawność określania poziomu robót w toku,

Problem 4. Niezgodność wielkości partii produkcyjnej wyrobów gotowych z wielkością partii produkcyjnej części,

Problem 5. Wpływ transportu wewnętrznego i/lub dostępności narzędzi specjalnych na wydłużanie procesu produkcyjnego (powyżej zakładanego),

1. Hipoteza badawcza (H2): **Występowanie zidentyfikowanej grupy problemów jest niezależne od cech przedsiębiorstw, w których problemy te zostały zaobserwowane.**

Pojawianie się powyższych problemów poddano analizie pod kątem ich występowania w zależności od cech jakimi można scharakteryzować przedsiębiorstwa, w których je zaobserwowano. Wśród tych cech znalazły się:

- a. Wielkość przedsiębiorstwa,
- b. Rynek, na którym działa,
- c. Gałąź przemysłu w której działa.

Hipoteza została potwierdzona. Krytyczna analiza literatury wykazała, że występowania tych problemów nie można powiązać z konkretnymi cechami przedsiębiorstw. Mają one charakter uniwersalny. Wniosek ten potwierdzony został również pośrednio wynikami badania ankietowego.

2. Hipoteza badawcza (H3): **Występowanie zidentyfikowanej grupy problemów nie zależy od sposobu organizacji produkcji oraz funkcjonowania sfery planowania i sterowania produkcją w przedsiębiorstwach, w których problemy te zostały zaobserwowane.**

Pojawianie się zidentyfikowanych problemów poddano analizie pod kątem warunków funkcjonowania przedsiębiorstw, w których zostały one zaobserwowane. Wśród tych warunków zdefiniowane zostały:

- a. Sposób organizacji produkcji,
- b. Wykorzystywania narzędzi planistycznych do celów planowania i sterowania produkcją,

Analiza korelacji rho-Spearmana współwystępowania powyższych warunków funkcjonowania przedsiębiorstw z pojawianiem zidentyfikowanych problemów wykazała, że brak jest korelacji między sposobem organizacji produkcji w powiązaniu z wybranymi problemami. Natomiast dla wybranych problemów istnieje korelacja pomiędzy wykorzystywaniem systemów informatycznych a pojawianiem się niektórych ze zidentyfikowanych problemów oraz ich nasileniem. W oparciu o punkt a potwierdzono hipotezę badawczą. Natomiast w oparciu o punkt b potwierdzono zasadność sformułowania czwartej hipotezy badawczej.

- 3. Hipoteza badawcza (H4): Zastąpienie analizy zapotrzebowania na materiały (struktury wyrobu) analizą procesu produkcyjnego (strukturą procesu produkcyjnego) usprawni funkcjonowanie planowania i sterowania produkcją w przedsiębiorstwach produkcyjnych.**

Weryfikacja powyższej hipotezy przebiegała w kilku etapach. Sformułowane zostały zasady opisu procesu produkcyjnego. Następnie w oparciu o przykłady teoretyczne omówione zostały zasady funkcjonowania proponowanego rozwiązania. Finalnie w oparciu o dwa studia przypadku, dokonano weryfikacji opracowanego rozwiązania. **Wyniki weryfikacji proponowanego rozwiązania pozwoliły na potwierdzenie czwartej hipotezy badawczej.**

W ramach prowadzonych badań opracowana została metoda opisu procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania produkcją. Określony został sposób wykorzystania proponowanej metody w obszarach planowania i sterowania produkcją. Potwierdzona została możliwość jej wykorzystania w przedsiębiorstwach oraz możliwy jej wpływ na ich funkcjonowanie. Dalsze badania nad opracowanym rozwiązaniem koncentrować się będą w sferze praktycznej na możliwości opracowania systemu informatycznego wykorzystującego opisaną metodę opisu procesu produkcyjnego wraz z jego testowaniem i ewentualnym wdrożeniem. Natomiast w sferze teoretycznej na pogłębieniu wiedzy na temat rozwiązań dedykowanych dla pojedynczych przedsiębiorstw, szczególnie w

obszarze sterowania produkcją ze zwróceniem uwagi na te, które wykorzystują metody sztucznej inteligencji.

Spis literatury

- Aazami A. i Saidi-Mehrabad M. S. (2019). . Benders decomposition algorithm for robust aggregate production planning considering pricing decisions in competitive environment: A case study. *strony* 3007-3031.
- Abachi D. Jolai F. i Haleh H. (2013 .). A Hierarchical Production Planning and Finite Scheduling Framework for Part Families in the Flexible Job-shop (with a case study).
- Abad P. L. (brak daty). An Optimal control approach to marketing-production planning. *Optimal Control Applications and Methods* *strony* 1-14.
- Abass S. A. i Elsayed M. S. (2012). Modeling and solving production planning problem under uncertainty: a case study. *American Journal of Operational Research* 2(5) *strony* 60-65.
- Aboumasoudi A. S. Mirzamohammadi S. i Makui A. (2015). Development of network-ranking modeling in planning effective efficiency of multi-stage production industries value chain: A case study of textile industry. *BULGARIAN CHEMICAL COMMUNICATIONS* 47 *strony* 243-249.
- Akyer H. i Durak Z. (2018). Optimal Production Planning for Organic Agriculture Products: A Case Study of Turkey. In *Proceedings of International Academic Conferences (No. 8209704)*. International Institute of Social and Economic Sciences.
- Aldás D. S. (2018). Manufacturing Strategies for an optimal pull-type production control system. Case study in a textile industry. *Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONIITI)*. IEEE.
- Ansari A. i Modarress B. (1990 Ansari A. Modarress B. "Just-in-Time purchasing" The Free Press New York NY 1990). *Just-in-Time purchasing*. New York NY: The Free Press.
- Anwar S. i Afrizalmi L. (2015). Optimization of Production Planning Using Goal Programming Method (A Case Study in a Cement Industry. *Int. J. Appl. Math. Electron. Comput* 3(5) *strony* 90-95.
- APICS Dictionary. 16th Edition. (2019). 500 West Annandale Road Falls Church VA: American Production and Inventory Control Society Inc.
- Appleby R. (1942). The meaning of production control. *Journal of the Institution of Production Engineers* *strony* 295-309.
- Arogyaswamy B. i Simmons R. (1991). Thriving on interdependence: the key to JIT implementation. *Production and Inventory Management Journal* Vol. 32 *strony* 56-60.
- Ashayeri J. H. (2006). Cyclic production–inventory planning and control in the pre-Deco industry: A case study. *International Journal of Production Economics* 103.2 *strony* 715-725.
- Attia E. A. Megahed A. Baioumy S. Elbetar A. i Duquenne P. (2016). Aggregate production planning considering performance evolution: a case study. *Proceedings of the 17th int. AMME Conference*.

- Azar A. Andalib A. D. i Mirfakhroddini H. (2011). FRACTIONAL MATHEMATICAL MODELING FOR PRODUCTION PLANNING-WITH FUZZY APPROACH (CASE STUDY: KHAVAR-E-MIANE FURNITURE CO).
- Babazadeh R. Ezati F. i Sabbaghnia A. (2019). A linear programming model for production planning: an Iranian case study in cemen. *Int. J. Optim. Civil Eng stromy* 561-574.
- Bahl H. C. Ritzman L. P. i Gupta J. N. (1987). Or practice—determining lot sizes and resource requirements: A review. *Operations Research* 35(3) stromy 329-345.
- Bai Y. i Liyanage J. P. (2012 *International Journal of Strategic Engineering Asset Management* 1(1)). Framework and systematic functional criteria for integrated work processes in complex assets: a case study on integrated planning in offshore oil and gas production industry. stromy 49-68.
- Banasik A. e. (2019). Accounting for uncertainty in eco-efficient agri-food supply chains: A case study for mushroom production planning. *Journal of cleaner production* stromy 249-256.
- Belil S. Tchernev N. i Kemmoe-Tchomte S. (2019). Production planning under demand uncertainty using Monte Carlo simulation approach: a case study in fertilizer industry. 2019 *International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM)*. IEEE stromy 1-6.
- Biesinger F. e. (2019). A digital twin for production planning based on cyber-physical systems: A Case Study for a Cyber-Physical System-Based Creation of a Digital Twin. *Procedia CIRP* stromy 355-360.
- Biesinger F. Meike D. Kraß B. i Weyrich M. (2018). A case study for a digital twin of body-in-white production systems general concept for automated updating of planning projects in the digital factory. *IEEE 23rd international conference on emerging technologies and factory automation (ETFA)* (Vol. 1 pp. 19-26). IEEE.
- Biswal M. P. i Acharya S. (2013). Multi-choice multi-objective mathematical programming model for integrated production planning: a case study. *International journal of systems science* 44(9) stromy 1651-1665.
- Blackstone J. (2008 J.H. Blackstone/APICS Capacity Management Cengage Learning 2008 str. 137.e). *Capacity Management*. Cengage Learning.
- Bozarth C. &. (2006). Analyzing the impact of space utilization and production planning on plant space requirements-A case study and methodology. 13(1). *International Journal of Industrial Engineering: Theory Applications and Practice* stromy 81-89.
- Brandt K. e. (1945). *The reconstruction of world agriculture*. The reconstruction of world agriculture.
- Brauner N. i Crama Y. (2004). The maximum deviation just-in-time scheduling problem. *Discrete Applied Mathematics* 134(1-3) stromy 25-50.
- Burbidge J. L. (brak daty). *A new approach to production control*. . *Institution of Production Engineers Journal* stromy 288-302.
- Bylinski G. (1983). An efficiency guru with a brown box. *Fortune* 108 stromy 120–132.

- Carter J. W. (1925). The Production Control Method of the Tabor Manufacturing Company. The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science strony 92-96.
- Chen Z. i Sarker B. R. (2015). Aggregate production planning with learning effect and uncertain demand: A case based study. Journal of Modelling in Management.
- Chinguwa S. Madanhire I. i Musoma T. (2013). A decision framework based on aggregate production planning strategies in a multi-product factory: A furniture industry case study. International Journal of Science and Research (IJSR) 2(2) strony 370-383.
- Cook R. (1996). Applying JIT principles to continuous process manufacturing supply chains. Production and Inventory Management Journal Vol. 37 No. 1 strony 12-17.
- COPELAND M. A. JACOBSON J. i LASKEN H. (1945). The WPB index of war production. Journal of the American Statistical Association strony 145-159.
- Crawford K. i Cox J. (1991). Addressing manufacturing problems through the implementation of just-in-time. Production and Inventory Management Journal Vol. 32 strony 33-60.
- da Silva G. M. Ferreira E. M. Junior J. W. i Oliveira R. D. (2018). Management of innovation in production planning: a case study applied to the minimization of industrial costs. Revista Exacta 16(1) strony 149-162.
- da Silva A. F. i Marins F. A. (2014). A Fuzzy Goal Programming model for solving aggregate production-planning problems under uncertainty: A case study in a Brazilian sugar mill. Energy Economics 45 strony 196-204.
- Danh D. C. (2014) Danh D. C. (2014). Aggregate production planning for a company: A case study of AMG company (Doctoral dissertation International University HCMC Vietnam).). Aggregate production planning for a company: A case study of AMG company. International University HCMC Vietnam.
- de Almeida Guerra R. M. Camargo M. E. i da Motta M. E. (2010). Identification of bottlenecks in the planning and production control: A case study. . In The 40th International Conference on Computers & Industrial Engineering (pp. 1-6). IEEE.
- Díaz-Madroño M. Peidro D. i Mula J. (2015). Integrated production and routing planning decisions under uncertainty: a case study. (IFSA-EUSFLAT-15 strony 1565-1570.
- Durak Z. Akyer H. i Mutlu Ö. (2017). OPTIMUM AGRICULTURAL PRODUCTION PLANNING: A CASE STUDY OF AYDIN. USING OF THE SOME BOUNDED INFLUENCE ESTIMATORS IN A SURVEY STUDY 2 DETERMINATION OF THE LAPLACE TRANSFORM FOR THE FIRST FALLING MOMENT TO ZERO LEVE.
- Ebrahimzadeh I. Saghaei M. Izadfar E. i Izadfar N. (2011). Analytical models and production planning trip air transportation in the country Case study; of Isfahan Beheshti International Airport.
- Eilon S. (1975). Five approaches to aggregate production planning. AIIE Transactions strony 118-131.
- El-sabek L. M. i McCabe B. Y. (2017.). Coordination Challenges of Production Planning & Control in International Mega-Projects: A Case Study. . Lean Construction Journal.

- Entezaminia A. Heidari M. i Rahmani D. (2017). Robust aggregate production planning in a green supply chain under uncertainty considering reverse logistics: a case study. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*.
- Erni N. Kumala I. Roesfiansjah R. i Widayanti R. (2016). USING FUZZY INFERENCE SYSTEM ON PRODUCTION PLANNING CASE STUDY: PANDANUS HANDICRAFT INDUSTRY.
- Erromdhani R. Eddaly M. i Rebai A. (2012). Hierarchical production planning with flexibility in agroalimentary environment: a case study. *Journal of Intelligent Manufacturing* 23(3) strony 811-819.
- Fahmi S. i Abdelwahab T. (2014). Case study: Improving production planning in steel industry in light of lean principles. *Proceedings of the 2012 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Istanbul Turkey*.
- Farzam Rad M. i Shirouyehzad H. (2014). Proposing an aggregate production planning model by goal programming approach a case study. *Data Envelopment Analysis and Decision Science* strony 1-13.
- Fernandez D. e. (2017). Multiperiod and Multiproduct Model for the Optimal Production Planning in the Gases Sector: Application to an Industrial Case Study. *Computer Aided Chemical Engineering*. Elsevier strony 1297-1302.
- Fertsch M. (2013). Metoda planowania zapotrzebowania materiałowego w planowaniu produkcji i sterowaniu jej przebiegiem. Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej.
- Figueira G. Santos M. O. i Almada-Lobo B. (2013). A hybrid VNS approach for the short-term production planning and scheduling: A case study in the pulp and paper industry. *Computers & Operations Research* 40(7) strony 1804-1818.
- Fleming W. H. S. S. (1987). An optimal stochastic production planning problem with randomly fluctuating demand. *SIAM Journal on Control and optimization* strony 1494-1502.
- G. B. (1993). Production planning and scheduling for seasonal demand. *International Journal of Operations & Production Management* strony 4-21.
- Gabbay H. (1975). A Hierarchical Approach to Production Planning. MASSACHUSETTS INST OF TECH CAMBRIDGE OPERATIONS RESEARCH CENTER.
- Garcia-Sabater J. P. Maheut J. i Garcia-Sabater J. J. (2009). A decision support system for aggregate production planning based on MILP: A case study from the automotive industry. In 2009 International Conference on Computers & Industrial Engineering strony 366-371.
- Gaudreault J. Frayret J. M. Rousseau A. i D'Amours S. (2011). Combined planning and scheduling in a divergent production system with co-production: A case study in the lumber industry. *Computers & Operations Research* 38(9) strony 1238-1250.
- Gfrerer H. Z. G. (1995). Hierarchical model for production planning in the case of uncertain demand. *European Journal of Operational Research* strony 142-161.
- GHALLAB M. NAU D. i TRAVERSO P. (2004.). *Automated Planning: theory and practice*. . Elsevier.

Ghosh D. i Mondal S. (2018). An integrated production-distribution planning of dairy industry—a case study. *International Journal of Logistics Systems and Management* 30(2) strony 225-245.

Ginting M. Kirawan M. i Marpaung B. (2018). Product mix optimization on multi-constraint production planning-a Fuzzy Mixed Integer Linear Goal Programming (FMILGP) approach: A single case stud. *MATEC Web of Conferences* (Vol. 204).

Glawar R. A. F. (2021). Evaluation of Economic Plausibility of Integrating Maintenance Strategies in Autonomous Production Control: A Case Study in Automotive Industry. *IFAC-PapersOnLine* 54(1) strony 43-48.

Griffiths B. (1961). A production planning and stock control problem in the textile industry. *Journal of the Operational Research Society* strony 244-260.

Gschirr M. (2010). Planning and realization of an innovative airline catering production plant: industrial case study. *Production Engineering* 4(4) strony 371-377.

Guide Jr V. D. (2000). Production planning and control for remanufacturing: industry practice and research needs. *Journal of operations Management* 18(4) 467-483.

Gundogar E. Aydin A. i Erkayman B. (2012). Is Synchronized MRP/CRP (SMCRP) A Useful Tool in ERP Systems?: A Research in Different Manufacturing Environments. *ARTS SOCIAL SCIENCES* 39.

Gupta M. i Snyder D. (2009). Comparing TOC with MRP and JIT: a literature review. *International Journal of Production Research* 47(13) strony 3705-3739.

Hadaś Ł. i Cyplik P. (2010). Hybrid production planning system in make-to-order company-case study. *LogForum* 6(4) 5.

Hadaś Ł. i Cyplik P. (2012). PRACTICE OF BUILDING PRODUCTION PLANNING SYSTEM OF COMPANY WITH A WIDE RANGE OF PRODUCTS-CASE STUDY. *LogForum* 8(3).

Hadaś Ł. Fertsch M. i Cyplik P. (2012). Planowanie i sterowanie produkcją. Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej.

Hadidi L. A.-T. (2012). Integrated models in production planning and scheduling maintenance and quality: a review. *International Journal of Industrial and Systems Engineering* 10.1 strony 21-50.

Hall R. W. (1983). *Zero Inventory*. Home- wood IL: Dow-Jones-Irwin.

Hamid R. M. Morteza R. i Amir H. O. (2013). Planning new management approach for milk production using the SWOT and the Fuzzy AHP model: A case study in the Sistan and Baloochestan province Ira. *African Journal of Business Management* strony 1606-1618.

Hanh N. P. (2014). Decision support system for aggregate production planning based on multi-objective Denovo concept: Case study Dinh Vang Company. *International University HCMC Vietnam*.

Hecker F. T. Hussein W. B. Paquet-Durand O. Hussein M. A. i Becker T. (2013). A case study on using evolutionary algorithms to optimize bakery production planning. *Expert Systems with Applications* 40(17) strony 6837-6847.

HELLMAN I. B. i SZALOKI Z. (1948). PLANNING AND MODERNISATION IN CZECHOSLOVAKIA. Journal of the Textile Institute Proceedings strony 415-423.

Hemy D. C. K. W. (1959). The Study of the Application of a Computer to Production Control. The Computer Journal strony 24-38.

Herrera-caceres C. e. (2017). Optimization of the harvest planning in the olive oil production: A case study in Chile. Computers and Electronics in Agriculture strony 147-159.

Hobbs O. J. (1997). Managing JIT towards maturity. Production and Inventory Management Journal Vol. 38 No. 1 strony 47- 50.

Hong I. H. Assavapokee T. Ammons J. Boelkins C. i Gilliam K. (2006). Planning the e-scrap reverse production system under uncertainty in the state of Georgia: A case study. IEEE Transactions on Electronics Packaging Manufacturing 29(3 strony 150-162.

HOOVER C. B. (1938). Some Problems of Economic Planning by Government. Southern Economic Journal strony 277-290.

Hudori M. (2016). Cable Clamp Production Capacity Planning Using Rough Cut Capacity Planning (RCCP) Method (a Case Study in PT Fajar Cahaya Cemerlang. Proceeding of 9th International Seminar on Industrial Engineering and Management (ISIEM).

Indahsyarie D. i Basri M. H. (2013). Production Planning Improvement Stamping Plant Company (Case Study: PT. TDS. Indonesian Journal of Business Administration.

Inman R. i Mehra S. (1991.). JIT applications for service environments. Production and Inventory Management Journal Vol. 32 No. 3 strony 16-21.

Jamalnia A. e. (2017). Novel decision model based on mixed chase and level strategy for aggregate production planning under uncertainty: Case study in beverage industry. Computers & Industrial Engineering strony 54-68.

Johnson H. (1988). Preparing for accounting system changes. Management Accounting Vol. 72 strony 37-41.

Joshi D. Chatterjee S. i Equeenuddin S. (2015). Limestone quarry production planning for consistent supply of raw materials to cement plant: A case study from Indian cement industry with a captive quarry. Journal of Mining Science 51(5) strony 980-992.

Jyothi D. N. Rao K. S. i Sivasundari M. (2019). Application of Linear Programming Model for Production Planning in an Engineering Industry-A Case Study. International Journal of Engineering Research & Technology strony 613-618.

Karacapilidis N. I. P. C. (1996). Production planning and control in textile industry: A case study. Computers in industry 30(2) strony 127-144.

Karmarkar U. S. (1985). Lot-sizing and lead-time performance in a manufacturing cell. Interfaces strony 1-9.

- Kimms A. (1999). A genetic algorithm for multi-level multi-machine lot sizing and scheduling. *Computers & operations research* 26(8) . 829-848.
- Kingsman B. W. L. (1993). Integrating marketing and production planning in make-to-order companies. *International Journal of Production Economics* strony 53-66.
- Kurniawan B. Hisjam M. i Sutopo W. (2011). Integration of production and supply chain strategic planning for renewable resources under sustainability considerations: teakwood case study. In 2011 IEEE International Conference on Industrial IEEE.
- Labib S. N. (2006). Production planning and scheduling in pharmaceutical industry: a case study.
- Lalami I. Frein Y. i Gayon J.-P. (2017). Production planning in automotive powertrain plants: a case study. *International Journal of Production Research* strony 5378-5393.
- Lamichhane P. R. (2009). . Sales and Production Planning Analysis A Tool of Profit Planning and Control (A Case Study of Sita Ram Gokul Milk (Ktm.) Ltd.). Central Departmental of Management.
- Lee W. B. K. B. (1974). Simulation testing of aggregate production planning models in an implementation methodology. *Management Science* strony 903-911.
- Linh N. D. (2016). Applying production planning for fresh food product. : A case study of" IDP" factory : n International University-HCMC.
- Longo F. (2013). On the short period production planning in industrial plants: a real case study. . *International Journal of Simulation and Process Modelling* 8(1) strony 17-28.
- Łampika Ł. Musiał K. i Burduk A. (2018). Case study of production planning optimization with use of the greedy and tabu search algorithms. n *International Conference on Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance Springer* strony 66-75.
- Łopatowska J. (2005). Analiza porównawcza wybranych metod planowania i sterowania produkcją. . W S. T. M. Fertsch *Koncepcje zarządzania systemami wytwórczymi (strony 45-51)*. Poznań 2005: Instytut Inżynierii Zarządzania Politechnika Poznańska.
- MacCarthy B. L. B. P. (1930). Order fulfillment in high variety production environments. *Journal of Intelligent Manufacturing*.
- Mackulak G. T. M. C. (1980). Computerized hierarchical production control in steel manufacture. *International Journal of Production Research* strony 455-465.
- Madanhire I. Mugwindiri K. Mushonga N. i Mbohwa C. (2018). Design of production planning and control system for a manufacturing plant: Case study. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*.
- Martel P. (2016). An examination of the knowledge production process in a spatial planning exercise: the case study of the Back of Port Project in Durban. (Doctoral dissertation).
- Matopoulos A. Ranitovic R. i & Bourlakis M. (2012). Exploring demand and production planning challenges in the food processing industry: A case study.

- MEAL H. C. W. M. (1987). Material requirements planning in hierarchical production planning systems. . *International Journal of production research* strony 947-956.
- Mitropoulos P. T. (2010). Critical concerns of production control system on projects with labor constraints: Lessons from a residential case study. *Journal of management in engineering* 26.3 strony 153-159.
- Mula J. P.-S. (2006). Models for production planning under uncertainty: A review. *International journal of production economics* 103(1) strony 271-285.
- Mula J. Poler R. García-Sabater P. J. i Lario F. C. (2006). Models for production planning under uncertainty: A review. *International journal of production economics* 103(1) strony 271-285.
- Munhoz J. R. i Morabito R. (2014). Optimization approaches to support decision making in the production planning of a citrus company: A Brazilian case study. *Computers and Electronics in Agriculture* 107 strony 45-57.
- Nam N. T. (2016). Applying compromise programming for multi-objective aggregate production planning: A case study in NutiFood Company . *International University-HCMC*.
- Nehzati T. Romsdal A. Dreyer H. C. i Strandhagen J. O. (2014). Applicability of ERP for production network planning: a case study. *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems* strony 580-588.
- Nibouche F. i Belmokhtar O. H. (2009). Integrated modelling of production marketing and financial functions of a company based on a corporate planning approach: case study of the Algerian national marble company. *Cuadernos de Estudios Empresariales* 19 9.
- Nonino F. i Panizzolo R. (2007). Integrated production/distribution planning in the supply chain: the Febal case study. *Supply Chain Management: An International Journal*.
- O'Donnell C. (1945). Problems in the Organization of Multiplant Production Control. *The Journal of Business of the University of Chicago* strony 140-144.
- Ohno T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Largescale Production*. Cambridge MA: Productivity Press.
- Parniangtong S. J. (1983). THE INTEGRATION OF PRODUCTION PLANNING WITH FINANCIAL PLANNING.
- Pechoucek M. Reháč M. Charvat P. Vlcek T. i Kolar M. ((2007).). Agent-based approach to mass-oriented production planning: Case study. *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics Part C (Applications and Reviews)* 37(3) strony 386-395.
- Perłowski R. i Antosz K. (2019 Optimization of the Medium-Term Production Planning in the Company-Case Study). *Innovation Engineering and Entrepreneurship*. Springer International Publishing strony 369-376.

Pirttilä T. S. R. (1996). A step-wise method for product range management and production control decisions: A case study at a board industry company. *International journal of production economics* 45(1-3) strony 223-230.

Plantin A. i Johansson M. I. (2012.). Implementing production planning processes in health care—a case study of a surgery clinic. In *Proceedings of PLAN Research and Application Conference*.

Pulluru S. J. Akkerman R. i Hottenrott A. (2017). Integrated production planning and water management in the food industry: A cheese production case study. *Computer Aided Chemical Engineering* strony 2677-2682.

Rabbani M. i Dolatkhan M. (2017). Simultaneous production planning of make-to-order (MTO) and make-to-stock (MTS) products using simulation optimization. Case study: Soren Restaurant. *International Journal of Advanced Logistics* strony 30-44.

Rabbani M. Niyazi M. i Rafiei H. (2016). Production technology and capacity planning for textile industry: A case study. *Uncertain Supply Chain Management* 4(4) strony 277-286.

Rahman S. U. (1998). Theory of constraints: a review of the philosophy and its applications. *International journal of operations & production management*.

Rainer C. (2013). Data mining as technique to generate planning rules for manufacturing control in a complex production system: A case study from a manufacturer of aluminum products. In *Robust Manufacturing Control: Proceedings of the CIRP Sponsored Conference RoMaC 2012*.

Ramezani R. Fallah Sanami S. i Shafei Nikibadi M. (2017). A simultaneous planning of production and scheduling operations in flexible flow shops: case study of tile industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*.

Rautela M. S. Pandey A. Garg S. i Damle P. (2015). Case study: making and monitoring of critical path in shoe production planning. *Journal of Business Management & Social Science Research* 4(3).

Royce J. N. (1970). Linear programming applied to production planning and operation of a chemical process. *Journal of the Operational Research Society* strony 61-80.

SABAH B. NIKOLAY T. i SYLVERIN K.-T. (brak daty). Production planning under demand uncertainty using Monte Carlo simulation approach: a case study in fertilizer industry.

Sabater J. P. Maheut J. i Sabater J. J. (2009). Mid-term Production Planning System. A Case Study of an Engine Assembler. In *XIII Congreso de Ingeniería de Organización* strony 776-785.

Sable D. (2009). Risk Management On the Design and Planning of a Hydrogen Supply Chain for Vehicle Use Under Uncertainty in Production Prices: A Case Study of Spain. *Annual Meeting*.

Saidi-Mehrabad M. i Aazami A. (2018). A Bi-Level Robust Optimization Model in Production Planning by Consideration of Pricing Decisions for Satisfying the Demand in a Competitive Environment: a Case Study. *Journal of Industrial Engineering Research in Production Systems* 5(11) strony 173-191.

Sangma W. (2011). Analysis of steel industries in thailand: Case study of production planning and control by determination of time limited free back orders.

- Sarfraz A. H. Taheri S. M. Vatandoost R. i Dastani R. (2015). Strategy planning for joint-stock companies Case study: software development and production in DIDGAH RAYANEH SAMA. *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 181 strony 303-312.
- Sari R. i Seminar K. B. (2009). Software Design For Production Planning Of Chrysanthemum Fresh Flower (Case Study At Pt. Alam Indah Bunga Nusantara Cipanas–West Java). *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* 19(1).
- Satyul S. C. (2009) Satyal S. C. (2009). Production Budgeting and its Impact on Profit Planning (A Case Study of Nebico Pvt. Ltd.) (Doctoral dissertation Faculty of Management.). Production Budgeting and its Impact on Profit Planning (A Case Study of Nebico Pvt. Ltd.) . Faculty of Management Doctoral dissertation.
- Sharma R. i Sinha A. K. (2012). A production planning model using fuzzy neural network: a case study of an automobile industry. *International Journal of Computer Applications*.
- Silva C. (2009). Combining ad hoc decision-making behaviour with formal planning and scheduling rules: a case study in the synthetic fibre production industry. . *Production Planning and Control* 20(7) strony 636-648.
- Silva E. Viães C. Oliveira J. F. i Carravilla M. A. (2015). Integrated cutting and production planning: A case study in a home textile manufacturing company. *Operations research and big data* strony 213-220.
- Silver E. A. (1998). *Inventory management and production planning and scheduling*. Vol. 3. New York: Wiley.
- Singh N. i Falkenburg D. R. (1994). Kanban systems. W R. C. Dorf *Handbook of Design Manufacturing and Automation* (strony 567-585.). New York: John Wiley.
- Siregar I. e. (2017) Determination of optimal production planning in palm oil company (Case study).). 4th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA). IEEE strony 55-59.
- Sivasundari M. Rao K. S. i Raju R. (2019). A lexicographical method for a production planning problem in an engineering industry: a case study. *South African Journal of Industrial Engineering* strony 209-219.
- Slak A. Tavčar J. i Duhovnik J. (2014). Case study analysis and genetic algorithm adaptation for job process planning and scheduling in batch production. . *Journal of Design Research* 9 12(1-2) strony 52-77.
- Slomp J. B. J. (2009). A lean production control system for high-variety/low-volume environments: a case study implementation. . *Production Planning and Control* 20(7) strony 586-595.
- Sobottka T. e. (2017). A case study for simulation and optimization based planning of production and logistics systems. 2017 Winter Simulation Conference (WSC). IEEE.
- Soman C. A. van Donk D. P. i Gaalman G. J. (2007). Capacitated planning and scheduling for combined make-to-order and make-to-stock production in the food industry: An illustrative case study. *International Journal of Production Economics* 108(1-2) strony 191-199.

- Soufi M. i Mohseni M. (2017). Production Planning Optimization Using Genetic Algorithm and Particle Swarm Optimization (Case Study: Soofi Tea Factory). *International Journal of Agricultural Management and Development* 7.3 strony 395-410.
- Sresaard S. i Phruksaphanrat B. (2012). Additive preemptive possibilistic programming in assemble-to-order production planning: A case study. . *Lecture Notes in Management Science* 4 strony 97-106.
- Stecke K. E. (1983). Formulation and solution of nonlinear integer production planning problems for flexible manufacturing systems. *Management science* strony 273-288.
- Sugimori Y. K. K. (1977). Toyota production system and kanban system materialization of just-in-time and respect-for-human system. . *The international journal of production research* strony 553-564.
- Tabanli R. M. E. T. (2013). Value stream mapping and benefit–cost analysis application for value visibility of a pilot project on RFID investment integrated to a manual production control system—a case study. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 66 strony 987-1002.
- Tan Q. e. (2019). Modeling planning and scheduling of shop-floor assembly process with dynamic cyber-physical interactions: a case study for CPS-based smart industrial robot production. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* strony 3979-3989.
- TAN Q. e. (brak daty). Modeling planning and scheduling of shop-floor assembly process with dynamic cyber-physical interactions: a case study for CPS-based smart industrial robot production.
- Tayeh M. I. (2016). Choosing the Planning Aggregate Production strategy of the Organization of service-A Case Study in Baghdad hotel. *iraq journal of market research and consumer protection. Industrial Engineering and Management (ISIEM)* strony 87-93.
- Teimoury E. Modarres M. Ghasemzadeh F. i Fathi M. (2010). A queueing approach to production-inventory planning for supply chain with uncertain demands: Case study of PAKSHOO Chemicals Company. *Journal of Manufacturing Systems* 29(2-3) strony 55-62.
- Thürer M. i Stevenson M. (2018). Bottleneck-oriented order release with shifting bottlenecks: An assessment by simulation. *International Journal of Production Economics* 197 strony 275-282.
- Tolley H. R. (1934). The program planning division of the Agricultural Adjustment Administration. *Journal of Farm Economics* 16.4: strony 582-590.
- Torabi S. A. Ebadian M. i Tanha R. (2010). Fuzzy hierarchical production planning (with a case study). *Fuzzy Sets and Systems* 161(11) strony 1511-1529.
- Towill D. R. (1982). Dynamic analysis of an inventory and order based production control system. *The international journal of production research* strony 671-687.
- Tucci M. D. C. (2014). Accelerated life tests as an integrated methodology for product design qualification and production control: a case study in household appliances. . *Production & Manufacturing Research* 2(1) strony 112-127.
- Ulfah H. S. Prasetyaningsih E. i Amaranti R. (2016). Production Planning of Hierarchical Multi Products for Pharmaceutical Industry by Combination Approaches of Make to Stock & Make to Order

Strategies (A Case Study of Capsule and Tablet Product of PT" X"). *Prosiding Teknik Industri* strony 27-34.

Umble E. J. Haft R. R. i Umble M. M. (2003). Enterprise resource planning: Implementation procedures and critical success factors. *European journal of operational research* 146(2) strony 241-257.

Vasant P. M. Ganesan T. i Elamvazuthi I. (2012). *International Journal of Manufacturing Materials and Mechanical Engineering (IJMMME)* 2(1). Hybrid tabu search hopfield recurrent ann fuzzy technique to the production planning problems: a case study of crude oil in refinery industry. strony 47-65.

Waldemarsson M. Lidestam H. i Karlsson M. ((2014). Energy issues in supply chain and production planning in the steel industry: A case study at SSAB. 18th International Working Seminar on Production Economics strony 489-501.

Waldemarsson M. Lidestam H. i Karlsson M. (2017). How energy price changes can affect production- and supply chain planning—A case study at a pulp company. *Applied energy* strony 333-347.

Xavier C. A. Carvalho S. M. Siena L. São Pedro Filho F. D. i Saikat G. (2014). Production planning in the extractive industry of the Brazil nut: a case study in Porto Velho Rondônia state Brazil. *Review of Research Journal* 3(11).

Xu Y. i Chen M. (2016). Improving Just-in-Time manufacturing operations by using Internet of Things based solutions. *Procedia CIRP* 56 strony 326-331.

Yan H. S. i Zhang X. D. (2007). A case study on integrated production planning and scheduling in a three-stage manufacturing system. *IEEE Transactions on automation science and engineering* 4(1) strony 86-92.

Yenradee P. i Piyamanothorn K. (2011). Integrated aggregate production planning and marketing promotion: model and case study. *International Journal of Management Science and Engineering Management* 6(2) strony 145-152.

Yenradee P. Predawut S. Rungmanochai P. i Eamcharoenying W. (2011). Integrated Aggregate Production and Marketing Promotion Planning under Uncertainty: A Case Study. *Applied Science and Engineering Progress* 4(2) strony 15-27.

Yücesan M. (2016). A Fuzzy Mathematical Linear Programming for Aggregated Production Planning: A Case Study for Furniture Company. 4th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science.

Zhang C. He Z. i Ruan Y. P. (2013). Production planning optimization in F company: A scheduling theory case stud. *Advanced Materials Research* strony 1646-1649.

Zschorn L. Muller S. i Ivanov D. (2017). Capacity planning on key work stations in a hybrid MTO-ETO production system: A case-study on Siemens AG. *International Journal of Inventory Research* strony 214-232.

Spis rysunków

Rysunek 1 Rozkład analizowanych publikacji w czasie (opr. własne).....	28
Rysunek 2. Zestawienie występowania analizowanych pozycji w czasie (opr. własne).	39
Rysunek 3. Zestawienie doświadczenia zawodowego ankietowanych osób (opr. własne).....	43
Rysunek 4. Samoocena kompetencji ankietowanych osób (opr. własne)	43
Rysunek 5. Zestawienie wielkości badanych przedsiębiorstw (opr. własne).	45
Rysunek 6. Zestawienie rynków na jakim działają badane przedsiębiorstwa (opr. własne).	45
Rysunek 7. Zestawienie gałęzi przemysłu w jakich działają badane przedsiębiorstwa (opr. własne).	46
Rysunek 8. Zestawienie sposobu organizacji produkcji w badanych przedsiębiorstwach (opr. własne).	46
Rysunek 9. Zestawienie wykorzystania i dokładności danych wykorzystywanych w planowaniu (opr. własne). .	47
Rysunek 10. Zestawienie warunków współpracy pomiędzy działami planowania sprzedaży i planowania produkcji (opr. własne).....	47
Rysunek 11 Zestawienie stopnia informatyzacji procesu planowania produkcji (opr. własne).....	48
Rysunek 12 Zestawienie stopnia informatyzacji procesu sterowania produkcją (opr. własne).	49
Rysunek 13 Występowanie problemu przełożenia długoterminowych planów produkcji na krótko terminowe plany produkcji (opr. własne).	50
Rysunek 14 Zestawienie wzrostu ilości oferowanych pozycji asortymentowych (opr. własne).	50
Rysunek 15 Zestawienie wzrostu zainteresowania klientów możliwością dostosowania wyrobów do swoich potrzeb (opr. własne).	51
Rysunek 16 Zestawienie wpływu masowej kustomizacji na skomplikowanie procesu planowania produkcją (opr. własne).	51
Rysunek 17 Zestawienie tendencji zmniejszania się partii produkcyjnych (opr. własne).	52
Rysunek 18 Wpływ tendencji zmniejszania partii produkcyjnych na przedsiębiorstwa (opr. własne).	52
Rysunek 19 Zestawienie trudności powiązania zużycia surowców z wielkością zrealizowanej produkcji (opr. własne).	53
Rysunek 20. Problem niezgodności partii produkcyjnej części z wielkością partii produkcyjnej wyrobu gotowego (opr. własne).	54
Rysunek 21 Wpływ niezgodności partii produkcyjnej części z partią produkcyjną wyrobu gotowego na przebieg sterowania produkcją (opr. własne).....	54
Rysunek 22 Wpływ transportu zewnętrznego i dostępności narzędzi specjalnych na długość cyklu produkcyjnego (opr. własne)	55
Rysunek 23. Proces opracowywania struktury procesu produkcyjnego do celów planowania i sterowania producją (opr. własne).	71
Rysunek 24. Proces dekompozycji procesu produkcyjnego (opr. własne).	73
Rysunek 25. Przebieg procesu definiowania danych dla etapów procesu produkcyjnego (opr. własne).	74
Rysunek 26. Definiowanie efektów elementów procesu produkcyjnego (opr. własne).	76
Rysunek 27 Wykres Gantta dla etapów produkcji odpowiadających wyrobom gotowym (opr. własne).	82
Rysunek 28 Wykres Gantta dla etapów produkcji odpowiadających wyrobom gotowym oraz etapu zasilającego (opr. własne).	85
Rysunek 29 Wykres Gantta dla etapów produkcji odpowiadających wyrobom gotowym oraz etapu zasilającego z uwzględnieniem zapasu (opr. własne).....	86
Rysunek 30. Struktura wyrobu A (opr. własne).	91
Rysunek 31. Struktura wyrobu B (opr. własne).	91
Rysunek 32. Struktura wyrobu C (opr. własne).	92
Rysunek 33. Harmonogram realizacji etapów procesu produkcyjnego dla poziomego wyrobu gotowego (opr. własne).....	116
Rysunek 34. Obciążenie stanowiska 1 (opr. własne).....	117

<i>Rysunek 35. Obciążenie stanowiska 3 (opr. własne)</i>	117
<i>Rysunek 36. Obciążenie stanowiska 5 (opr. własne)</i>	117
<i>Rysunek 37 Cykl produkcji wciągnika przemysłowego w przedsiębiorstwie War Eagle Hoist w tygodniach (opr. na podstawie Blackstone,2008)</i>	153

Spis tabel

Tabela 1. Zestawienie przebiegu prac (opr. własne).....	8
Tabela 2. Porównanie metod planowania i sterowania produkcją (opr. własne).....	18
Tabela 3. Zainteresowania w obszarach planowania i sterowania produkcją na przestrzeni lat 1900 – 2020 (opr. własne).....	26
Tabela 4. Zestawienie występowania zidentyfikowanych problemów w literaturze rok 2006 (opr. własne).....	31
Tabela 5. Zestawienie występowania zidentyfikowanych problemów w literaturze rok 2007 (opr. własne).....	31
Tabela 6. Zestawienie występowania zidentyfikowanych problemów w literaturze rok 2009 (opr. własne).....	32
Tabela 7. Zestawienie występowania zidentyfikowanych problemów w literaturze rok 2010 (opr. własne).....	32
Tabela 8. Zestawienie występowania zidentyfikowanych problemów w literaturze rok 2011 (opr. własne).....	32
Tabela 9. Zestawienie występowania zidentyfikowanych problemów w literaturze rok 2012 (opr. własne).....	33
Tabela 10. Zestawienie występowania zidentyfikowanych problemów w literaturze rok 2013 (opr. własne) ...	33
Tabela 11. Zestawienie występowania zidentyfikowanych problemów w literaturze rok 2014 (opr. własne)	34
Tabela 12. . Zestawienie występowania zidentyfikowanych problemów w literaturze rok 2015 (opr. własne) ..	34
Tabela 13. Zestawienie występowania zidentyfikowanych problemów w literaturze rok 2016 (opr. własne)	35
Tabela 14. Zestawienie występowania zidentyfikowanych problemów w literaturze rok 2017 (opr. własne)	35
Tabela 15. . Zestawienie występowania zidentyfikowanych problemów w literaturze rok 2018 (opr. własne) ..	36
Tabela 16. Zestawienie występowania zidentyfikowanych problemów w literaturze rok 2019 (opr. własne)	36
Tabela 17. Zestawienie występowania zidentyfikowanych problemów w literaturze rok 2020 (opr. własne)	37
Tabela 18. Zestawienie zdiagnozowanych problemów z ilością oraz miejscem występowania.	37
Tabela 19. Zestawienie zidentyfikowanych dla obszaru sterowania produkcją problemów z ilością ich wystąpień w literaturze (opr. własne).	40
Tabela 20. Współwystępowanie zidentyfikowanych problemów w literaturze (opr. własne).	41
Tabela 21. Słownik pojęć (opr. własne).	72
Tabela 22. Przedstawienie funkcjonowania zamkniętej pętli MRP (opr. własne).	89
Tabela 23. Technologia wytwarzania wyrobu A (opr. własne).	92
Tabela 24. Technologia wytwarzania wyrobu B (opr. własne).	93
Tabela 25. Technologia wytwarzania wyrobu C (opr. własne).	93
Tabela 26. Harmonogram główny produkcji wyrobu A (opr. własne).	94
Tabela 27. Harmonogram główny produkcji wyrobu B (opr. własne).	95
Tabela 28. Harmonogram główny produkcji wyrobu C (opr. własne).	95
Tabela 29. Zestawienie etapów produkcji wyrobów A, B oraz C (opr. własne).	97
Tabela 30. Główny harmonogram produkcji efektu A (opr. własne).	97
Tabela 31. Główny harmonogram produkcji efektu B (opr. własne).	98
Tabela 32. Główny harmonogram produkcji efektu C (opr. własne).	98
Tabela 33. Harmonogram produkcji zespołu Z1 (opr. własne).	99
Tabela 34. Harmonogram produkcji zespołu Z2 (opr. własne).	99
Tabela 35. Harmonogram produkcji zespołu Z3 (opr. własne).	99
Tabela 36. Harmonogram produkcji zespołu Z4 (opr. własne).	100
Tabela 37. Harmonogram produkcji zespołu Z5 (opr. własne).	100
Tabela 38. Harmonogram realizacji etapu EZ1 (opr. własne).	101
Tabela 39. Harmonogram realizacji etapu EZ2 (opr. własne).	101
Tabela 40. Harmonogram realizacji etapu EZ3 (opr. własne).	102
Tabela 41. Harmonogram realizacji etapu EZ4 (opr. własne).	102
Tabela 42. Harmonogram realizacji etapu EZ2 (opr. własne).	102
Tabela 43. Harmonogram produkcji dla stanowiska 1 (opr. własne).	103
Tabela 44. Harmonogram produkcji dla stanowiska 1 wersja 2 (opr. własne).	104
Tabela 45. Technologia wytwarzania wyrobu A (opr. własne).	105

Tabela 46. Technologia wytwarzania wyrobu B (opr. własne).....	106
Tabela 47. Technologia wytwarzania wyrobu B (opr. własne).....	106
Tabela 48. Główny harmonogram produkcji wyrobu A (opr. własne).....	107
Tabela 49. Główny harmonogram produkcji wyrobu B (opr. własne).....	107
Tabela 50. Główny harmonogram produkcji wyrobu C (opr. własne).....	107
Tabela 51. Zestawienie etapów procesów produkcji wyrobów A B C (opr. własne).	109
Tabela 52. Główny harmonogram produkcji efektu A (opr. własne).....	111
Tabela 53. Główny harmonogram produkcji efektu B (opr. własne).....	111
Tabela 54. Główny harmonogram produkcji efektu C (opr. własne).....	111
Tabela 55. Harmonogram realizacji etapu EA2 (opr. własne).....	112
Tabela 56. Harmonogram realizacji etapu EB2 (opr. własne).....	112
Tabela 57. Harmonogram realizacji etapu EC2 (opr. własne).....	112
Tabela 58. Harmonogram realizacji etapu EA3 procesu produkcyjnego (opr. własne).....	113
Tabela 59. Harmonogram realizacji etapu EB3 procesu produkcyjnego (opr. własne).....	113
Tabela 60. Harmonogram realizacji etapu EC3 procesu produkcyjnego (opr. własne).....	113
Tabela 61. Harmonogram produkcji dla stanowiska produkcyjnego nr 1 (opr. własne).....	114
Tabela 62. Harmonogram produkcji dla stanowiska produkcyjnego nr 3 (opr. własne).....	115
Tabela 63. Harmonogram produkcji dla stanowiska produkcyjnego nr 5 (opr. własne).....	115
Tabela 64. Technologia wytwarzania wyrobu A (opr. własne).	119
Tabela 65. Technologia wytwarzania wyrobu B (opr. własne).....	119
Tabela 66. Technologia wytwarzania wyrobu C (opr. własne).....	120
Tabela 67. Główny harmonogram produkcji wyrobu A (opr. własne).....	120
Tabela 68. Główny harmonogram produkcji wyrobu B (opr. własne).....	121
Tabela 69. Główny harmonogram produkcji wyrobu C (opr. własne).....	121
Tabela 70. Zestawienie etapów procesu produkcyjnego dla scenariusza trzeciego (opr. własne).	123
Tabela 71. Harmonogram produkcji efektu A (opr. własne).	124
Tabela 72. Harmonogram produkcji efektu B (opr. własne).	124
Tabela 73. Harmonogram produkcji efektu C (opr. własne).	125
Tabela 74. Harmonogram realizacji etapu EA2 procesu produkcyjnego scenariusz trzeci (opr. własne).	125
Tabela 75. Harmonogram realizacji etapu EB2 procesu produkcyjnego scenariusz trzeci (opr. własne).....	126
Tabela 76. Harmonogram realizacji etapu EC2 procesu produkcyjnego scenariusz trzeci (opr. własne).....	126
Tabela 77. Harmonogram realizacji etapu EA3 procesu produkcyjnego scenariusz trzeci (opr. własne).	126
Tabela 78. Harmonogram realizacji etapu EA3 procesu produkcyjnego scenariusz trzeci (opr. własne).	127
Tabela 79. Harmonogram realizacji etapu EA3 procesu produkcyjnego scenariusz trzeci (opr. własne).	127
Tabela 80. Harmonogram produkcji zespołu Z1 (opr. własne).....	127
Tabela 81. Harmonogram produkcji zespołu Z2 (opr. własne).....	127
Tabela 82. Harmonogram produkcji zespołu Z3 (opr. własne).....	128
Tabela 83. Harmonogram produkcji zespołu Z4 (opr. własne).....	128
Tabela 84. Harmonogram produkcji zespołu Z5 (opr. własne).....	128
Tabela 85. Harmonogram realizacji etapu EZ1 procesu produkcyjnego (opr. własne).	129
Tabela 86. Harmonogram realizacji etapu EZ2 procesu produkcyjnego (opr. własne).....	130
Tabela 87. Harmonogram realizacji etapu EZ3 procesu produkcyjnego (opr. własne).	130
Tabela 88. Harmonogram realizacji etapu EZ4 procesu produkcyjnego (opr. własne).	131
Tabela 89. Harmonogram realizacji etapu EZ5 procesu produkcyjnego (opr. własne).	131
Tabela 90. Harmonogram produkcji dla stanowiska nr1 scenariusz trzeci (opr. własne).	132
Tabela 91. Harmonogram produkcji dla stanowiska nr3 scenariusz trzeci (opr. własne).	132
Tabela 92. Struktura wyrobu gotowego 100 (opr. na podstawie (Blackstone,2008)).....	134
Tabela 93. Technologia wytwarzania części (opr. na podstawie (Blackstone,2008))	135
Tabela 94. Harmonogram produkcji wyrobu 100 (opr. na podstawie (Blackstone,2008))	136
Tabela 95. Harmonogram produkcji zespołu 110 (opr. na podstawie (Blackstone,2008))	136

<i>Tabela 96. Harmonogram produkcji części 121 (opr. na podstawie (Blackstone,2008)).</i>	137
<i>Tabela 97. Harmonogram produkcji części 122 (opr. na podstawie (Blackstone,2008)).</i>	137
<i>Tabela 98. Zestawienie etapów procesu produkcyjnego oraz stanowisk produkcyjnych. (opr. własne)</i>	138
<i>Tabela 99. Zestawienie etapów produkcyjnych opracowanych dla zespołu 100. (opr. własne)</i>	140
<i>Tabela 100. Harmonogram realizacji etapu E100 procesu produkcyjnego (opr. własne)</i>	141
<i>Tabela 101. Terminy rozpoczęcia realizacji etapu E100 (opr. własne)</i>	141
<i>Tabela 102. Harmonogram realizacji etapu E110 (opr. własne)</i>	142
<i>Tabela 103. Harmonogram realizacji etapu E110.1 (opr. własne)</i>	143
<i>Tabela 104. Harmonogram realizacji etapu E121 (opr. własne)</i>	145
<i>Tabela 105. Harmonogram realizacji etapu E122 (opr. własne)</i>	146
<i>Tabela 106. Harmonogram realizacji etapu E121.1 (opr. własne)</i>	147
<i>Tabela 107. Harmonogram realizacji etapu E122.1 (opr. własne)</i>	148
<i>Tabela 108. Harmonogram realizacji etapu E121.2 (opr. własne)</i>	149
<i>Tabela 109. Harmonogram realizacji etapu E122.2 (opr. własne)</i>	150
<i>Tabela 110. Harmonogram realizacji etapu E122.3 (opr. własne)</i>	151
<i>Tabela 111. Roczny plan sprzedaży dla War Eagle Hoist (opr. na podstawie Blackstone,2008)).</i>	152
<i>Tabela 112 Główny harmonogram produkcji dla wydziału uzwajania (opr. na podstawie Blackstone,2008)).</i>	154
<i>Tabela 113 Główny harmonogram produkcji przekładni (opr. na podstawie Blackstone,2008)).</i>	155
<i>Tabela 114. Zestawienie założeń proponowanej metody z wynikami uzyskanymi w badaniu (opr. własne)</i>	163

Załącznik 1. Kwestionariusz ankiety

Obszar 1. Pytania o charakterystykę przedsiębiorstwa.

Pytanie 1. Czy badane przedsiębiorstwo zalicza się do grupy:

- a) Małych
- b) Średnich
- c) Dużych

Pytanie 2. Czy przedsiębiorstwo działa na rynku:

- a) Lokalnym
- b) Krajowym
- c) Międzynarodowym

Pytanie 3. W jakiej gałęzi rynku działa przedsiębiorstwo?

.....

Pytanie 4. Czy w przedsiębiorstwie wykorzystywany jest system informatyczny wspomagający planowanie produkcji?

- a) Tak
- b) Nie

Pytanie 5. Czy w przedsiębiorstwie wykorzystywany jest system informatyczny wspomagający sterowanie produkcją?

- a) Tak
- b) Nie

Pytanie 6. Jeżeli tak to jakie są to systemy?

.....

Pytanie 7. W jaki sposób zorganizowana jest produkcja w przedsiębiorstwie?

- a) Nieliniowy przepływ produkcji
- b) Brak linii produkcyjnej, jednak przepływ produkcji ma charakter liniowy
- c) Linia produkcyjna

Obszar 2. Pytania o doświadczenie ankietowanego.

Pytanie 1. Jak długo Pani/Pan zajmuje się planowaniem i/lub sterowaniem produkcją?

- a) Do 3lat
- b) Od 3 do 5 lat
- c) 5-10 lat
- d) Powyżej 10 lat

Pytanie 2. Jak w skali 1-5 ocenia Pani/Pan swoje kompetencje w obszarze planowania i sterowania produkcją?

- a) 1 - nisko
- b) 2 - średnio
- c) 3 - dobrze
- d) 4 - bardzo dobrze
- e) 5 - poziom ekspercki

Obszar 3. Pytania o występowanie zidentyfikowanych problemów z obszaru planowania produkcji.

Pytanie 1. Czy w przedsiębiorstwie występują trudności z przełożeniem długoterminowych planów produkcji (rocznych, kwartalnych, miesięcznych) na krótkoterminowe plany produkcji (tygodniowe lub krótsze)?

- a) Nie występują
- b) Tak, niewielkie
- c) Tak, krytyczne

Pytanie 2. Czy na etapie planowania sprzedaży i opracowywania miesięcznych planów produkcji wykorzystują Państwo informacje o dostępnym potencjale produkcyjnym?

- a) Nie, nie wykorzystujemy
- b) Tak, wykorzystujemy, na niskim poziomie dokładności
- c) Tak, wykorzystujemy dokładne informacje

Pytanie 3. Czy istnieje w przedsiębiorstwie możliwość wpływania na zmiany planu sprzedaży, na etapie opracowywania krótkoterminowych planów produkcji?

- a) Nie, planiści produkcji nie mają możliwości odniesienia się do planów sprzedaży.
- b) Tak, ale jedynie w sporadycznych przypadkach
- c) Tak, uwagi planistów produkcji są brane pod uwagę.

Pytanie 4. Czy zauważyli Państwo wzrost ilości oferowanych przez Państwa przedsiębiorstwo wyrobów gotowych (pozycji asortymentowych)?

- a) Nie
- b) Tak, nieznaczny
- c) Tak, znaczny

Pytanie 5. Czy wzrost ilości oferowanych pozycji asortymentowych wpłynął na skomplikowanie procesu planowania produkcji części?

- a) Nie
- b) Tak, proporcjonalnie do wzrostu ilości pozycji asortymentowych
- c) Tak, nieproporcjonalnie bardziej w stosunku do ilości pozycji asortymentowych

Pytanie 6. Czy na przestrzeni ostatnich lat odnotowali Państwo wzrost zainteresowania klientów zainteresowanych możliwością dostosowywania wyrobów do swoich wymagań?

- a) Tak
- b) Nie

Pytanie 7. Czy ewentualny wzrost klientów zainteresowanych możliwością dostosowania wyrobów do swoich potrzeb, miał wpływ na skomplikowanie procesu planowania produkcji?

- a) Tak
- b) Nie

Obszar 4. Pytania o występowanie zidentyfikowanych problemów w obszarze sterowania produkcją.

Pytanie 1. Czy odnotowali Państwo tendencję zmniejszania się wielkości partii produkcyjnych?

- a) Tak
- b) Nie

Pytanie 2. Czy tendencja zmniejszania się partii produkcyjnych ma zauważalny wpływ na wykorzystanie potencjału produkcyjnego w przedsiębiorstwie?

- a) Tak
- b) Nie
- c) Trudno powiedzieć

Pytanie 3. Czy zauważają Państwo trudności powiązania zużycia surowców, z wielkością zrealizowanej produkcji wyrobów gotowych?

- a) Nie
- b) Tak, niewielkie
- c) Tak, znaczne

Pytanie 4. Czy widzą Państwo problem wpływu kontroli, jakości, jako czynnika wpływającego na poprawność określania poziomu robót w toku?

- a) Nie
- b) Tak, niewielki
- c) Tak, znaczny

Pytanie 5. Czy zauważają Państwo problem niezgodności wielkości partii produkcyjnych części z wielkością partii produkcyjnych wyrobu gotowego?

- a) Tak
- b) Nie

Pytanie 6. Czy ta niezgodność ma wpływ na skomplikowanie procesu sterowania produkcją?

- a) Nie
- b) Tak, niewielki
- c) Tak, znaczny

Pytanie 7. Czy transport wewnętrzny i/lub dostępność narzędzi specjalnych ma wpływ na wydłużanie procesu produkcyjnego (powyżej zakładanego)?

- a) Nie
- b) Tak, niewielki
- c) Tak, znaczny

Pytanie 8. Jak postrzegają Państwo problem reagowania na odchylenia długości procesu produkcyjnego części na proces produkcji zaopatrywanej przez ten proces?

- a) Problem nie istnieje
- b) Problem istnieje, ale zawsze miał marginalne znaczenia
- c) Problem istnieje, stanowił poważne wyzwanie, ale nauczyliśmy się sobie z nim radzić
- d) Problem istnieje i jest przyczyną poważnych perturbacji w realizacji całego procesu produkcyjnego