

Bartłomiej KUKUŚ¹

Opiekun naukowy: Beata JAWORSKA-JÓŹWIAK²

ANALIZA PROCESU PRODUKCYJNEGO W PRZEDSIĘBIORSTWIE PRODUKUJĄCYM OKAPY KUCHENNE

Streszczenie: W artykule dokonano analizy procesu produkcyjnego realizowanego w przedsiębiorstwie z branży AGD. Szczegółowo omówiono każdy etap produkcji okapu kuchennego. Następnie dokonano określenia kluczowych wskaźników ilościowych oraz jakościowych charakteryzujących badany proces produkcyjny. W końcowej części pracy dokonano statystycznej analizy otrzymanych danych.

Słowa kluczowe: proces produkcyjny, analiza procesu produkcyjnego, okap kuchenny, sprzęt AGD

ANALYSIS OF THE PRODUCTION PROCESS IN THE COMPANY MANUFACTURING KITCHEN HOODS

Summary: In the paper, an analysis of the production process carried out in the company of household appliances is presented. Each step of kitchen hood production was discussed in detail. Then, key quantitative and qualitative indicators that characterize the tested production process were determined. The final part of the paper concentrates on the statistical analysis of the data obtained.

Keywords: production process, production process analysis, cooker hood, household appliances

1. Wstęp

Proces produkcyjny to ogół zadań, działań i procedur związanych z przekształceniem materiałów i surowców w wyroby gotowe. Jest on złożonym przedsięwzięciem, na którego wynik wpływa bardzo wiele różnorodnych czynników, takich jak: dostępny kapitał, informacje, zasoby ludzkie, wiedza o procesie wytwarzania, dystrybucja,

¹ inż., Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, Wydział Zarządzania i Modelowania Komputerowego, s089795@student.tu.kielce.pl

² dr inż., Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, Wydział Zarządzania i Modelowania Komputerowego, Katedra Inżynierii Produkcji, beataj@tu.kielce.pl

logistyka oraz gospodarka odpadami poprodukcyjnymi. Proces produkcyjny można podzielić na trzy części: elementy wejścia X (np. środki techniczne produkcji, surowce oraz półprodukty, czynniki energetyczne, kapitał firmy, informacje, przeszkoleni pracownicy), procesy przetwarzania (np. proces obróbki surowców, ciągłe doskonalenie oraz rozwój, poprawa efektywności procesu produkcyjnego, dystrybucja, logistykę) oraz elementy wyjścia Y (np. wyroby gotowe oraz usługi, odpady poprodukcyjne, wyroby wadliwe, jakość wyrobów, koszty produkcji, zyski) (Czerwińska i inni, 2017).

Optymalizacja procesu produkcyjnego, stanowi zatem duże wyzwanie dla każdego przedsiębiorstwa produkcyjnego, na każdym etapie podjętych działań.

Celem prezentowanego artykułu jest analiza procesu produkcyjnego realizowanego w wybranym zakładzie oraz przedstawienie propozycji poprawy jego wydajności. W prezentowanym artykule wybrano przedsiębiorstwo zajmujące się produkcją okapów kuchennych. Wszystkie dane charakteryzujące proces produkcyjny dotyczą okresu 6 miesięcy z 2022 roku działalności przedsiębiorstwa.

W pierwszym rozdziale pracy opisano proces produkcyjny w przedsiębiorstwie produkującym okapy kuchenne. Opis procesu produkcyjnego wykonano z uwzględnieniem wszystkich jego etapów, przy czym szczegółowo opisano etapy procesu produkcyjnego, w których autor artykułu bezpośrednio brał udział.

W drugim rozdziale pracy skupiono się na analizie efektywności realizowanego procesu produkcyjnego opierając się na omówieniu wybranych wskaźników i współczynników, mianowicie: wskaźnika jakościowego produkcji, wskaźnika ilościowego produkcji, awaryjności linii produkcyjnej, procenta terminowych dostaw do klientów, średniego czasu realizacji zamówień klientów dla produktów standardowych, średniego czasu realizacji zamówień klientów dla produktów indywidualnych, średniego czasu od zgłoszenia awarii przez klienta do jej usunięcia oraz wskaźnika wydajności pracy. W trzecim rozdziale artykułu skupiono się na wykorzystaniu narzędzi statystycznej analizy danych z wykorzystaniem programu Statistica (graficzna prezentacja danych, parametry statystyki opisowej, testy statystyczne). Następnie dokonano oceny otrzymanych rezultatów. Pracę kończy podsumowanie.

2. Charakterystyka procesu produkcyjnego okapu kuchennego

Profillem działalności wybranego przedsiębiorstwa jest produkcja okapów kuchennych realizowana w nowoczesnej hali produkcyjnej. Wytworzone wyroby trafiają do wewnętrznego laboratorium, gdzie przechodzą badania oraz kontrolę jakości.

Pierwszy etap procesu produkcyjnego obejmuje powstanie projektu wyrobu, za który odpowiedzialny jest konstruktor. Zadaniem konstruktora jest przygotowanie koncepcji produktu oraz opracowanie modelu 3D przy użyciu oprogramowania SolidWorks. Podczas pierwszego etapu przygotowane zostają poszczególne komponenty wyrobu gotowego. Każdy z elementów, który wykonywany jest z arkusza blachy, zostaje zapisany w rozszerzeniu, które obsługiwane jest przez oprogramowanie lasera CNC. Zadaniem konstruktora jest przygotowanie szczegółowej dokumentacji niezbędnej dla operatorów pras sterowanych numerycznie, lasera, giętarek ręcznych oraz monterów.

Kiedy projekt wykonania wyrobu jest gotowy oraz zaakceptowany, wykonane zostają czynności mające na celu przygotowanie oraz opracowanie techniki wytwarzania wyrobu. Na tym etapie wykonywane są kalkulacje wszystkich kosztów. Dodatkowo przeprowadza się analizę zaplecza technologicznego linii produkcyjnej oraz podejmuje decyzje o ewentualnym zakupie dodatkowych narzędzi niezbędnych do wykonania nowego modelu produktu.

Trzecim etapem realizacji procesu produkcyjnego jest wycięcie z arkusza blachy poszczególnych elementów okapu kuchennego przy pomocy lasera sterowanego numerycznie. Jest to urządzenie stosujące laser światłowodowy FIBER. Pracą urządzenia steruje komputer z zainstalowanym oprogramowaniem PcCamPlus. Operator lasera dysponuje elektrycznym przenośnikiem, dzięki któremu z łatwością układany jest arkusz blachy na podajniku lasera. Przygotowane przez konstruktora programy, zostają uruchomione przez operatora stanowiska lasera i rozpoczyna się wycinanie detali. Wprowadzenie lasera CNC do cięcia blachy usprawniło proces produkcyjny realizowany w przedsiębiorstwie i podniosło jego efektywność.

Po wycięciu elementów metalowych okapu nadchodzi etap ich zaginania odbywający się na dwóch prasach krawędziowych sterowanych numerycznie. Operacje zaginania odbywają się na podstawie dokumentacji technologicznej przygotowanej przez konstruktora w oprogramowaniu SolidWorks. Operacja gięcia na prasach CNC jest wykonywana przez przeszkolonych pracowników z zachowaniem najwyższych środków ostrożności. Wprowadzenie pras CNC przyspieszyło proces zaginania detali co wpłynęło na usprawnienie procesu produkcyjnego oraz jego efektywność. Przygotowane detale umieszczane są na przygotowane pola odkładcze. Poszczególne komponenty zostają opisane i oczekują na dalszą obróbkę.

Przygotowane elementy okapów trafiają do działu szlifierni. W tym etapie w procesie szlifowania oraz polerowania usuwane są wszelkie zanieczyszczenia nagromadzone na powierzchni okapu. W wyniku procesu polerowania uzyskiwana jest gładka powierzchnia metaliczna obrabianego elementu.

Przygotowany okap trafia następnie do działu lakierniczego, gdzie nadawany jest odpowiedni kolor obudowy urządzenia. Farba nakładana jest przy pomocy ciśnieniowych pistoletów metodą malowania proszkowego. Po zakończeniu nakładania pierwszej warstwy farby, produkt trafia do specjalnego pieca gdzie następuje wyżarzanie farby. Na tym etapie występuje pierwsza wizualna kontrola jakości wyprodukowanego okapu.

W procesie produkcyjnym wykorzystywane są połączenia rozłączne (połączenia śrubowe oraz wciskowe) oraz nierozłączne (połączenia spawane oraz zgrzewane, klejone oraz nitowe). Przygotowane półwyroby trafiają do działu monterskiego, gdzie zostaje zainstalowana cała elektronika okapu.

W dziale monterskim odbywa się montaż sterowników elektronicznych, pasków oraz oczek LED, turbin wewnętrznych, kabli zasilających, filtrów aluminiowych oraz węglowych. Zmontowany produkt, poddawany jest ostatecznej kontroli jakości, a następnie jest przekazywany do działu pakowania.

Następnym etapem jest pakowanie wyrobów gotowych. Pomalowane oraz wysuszone produkty zostają zabezpieczone na czas transportu przy pomocy styropianu, folii oraz kartonowych pudełek. Podczas procesu pakowania odbywa się kompletowanie akcesoriów dołączanych do produktu.

Kolejnym etapem procesu produkcyjnego realizowanego w przedsiębiorstwie są badania laboratoryjne oraz kontrola jakości. Wszystkie wymagane badania produktu

odbywają się na certyfikowanych urządzeniach z zachowaniem najwyższych standardów oraz norm. Dokumentacja badawcza przechowywana jest w postaci papierowej oraz elektronicznej bazy danych. Otrzymane podczas badań wyniki wprowadzane są do bazy danych EPREL (Europejski Rejestr Produktów do Celów Etykietowania Energetycznego), dzięki czemu możliwe jest wygenerowanie karty energetycznej, wymaganej przy sprzedaży wyrobu.

Spakowane oraz opisane wyroby trafiają do magazynu wyrobów gotowych. Produkty układane są na regałach na paletach, co ułatwia ich transport. Do dyspozycji magazynierów są wózki do palet, wózki widłowe, wózki z podnośnikiem. Spakowane wyroby są układane zgodnie z typem okapu, co ułatwia poruszanie się po magazynie i zlokalizowanie odpowiedniego modelu. Po otrzymaniu raportu z zamówienia klienta, następuje przygotowanie odpowiedniego produktu oraz wydanie go z magazynu. Klient podczas zakupu towaru może wybrać sposób dostawy lub opcję odbioru własnego. W przypadku dostawy kurierem, wydrukowany zostaje list przewozowy, a przygotowana paczka zostaje odebrana przez kuriera. Odbiór własny odbywa się w dogodnym dla klienta terminie, w godzinach pracy przedsiębiorstwa.

3. Analiza oraz ocena efektywności procesu produkcyjnego okapu kuchennego

Do analizy badanego procesu produkcyjnego oraz oceny jego efektywności wykorzystano wskaźniki oraz współczynniki stosowane przy analizach procesu produkcyjnego:

- wskaźnik jakościowy produkcji,
- wskaźnik ilościowy produkcji,
- wskaźnik awaryjności linii produkcyjnej,
- liczba zdarzeń losowych,
- procent terminowych dostaw do klientów,
- średni czas realizacji zamówień klientów dla produktów standardowych,
- średni czas realizacji zamówień klientów dla produktów indywidualnych,
- średni czas od zgłoszenia awarii przez klienta do jej usunięcia,
- wskaźnik wydajności pracy.

Wszystkie analizy wykonano na podstawie danych liczbowych zebranych podczas praktyk studenckich zrealizowanych w zakładzie produkcyjnym. Zebrane informacje dotyczą przedziału czasu od stycznia do czerwca 2022 roku. Informacje charakteryzujące badany proces produkcyjny pozyskane zostały w wyniku współpracy z główną księgową, kierownikiem produkcji oraz głównym konstruktorem zatrudnionym w analizowanym przedsiębiorstwie. Na podstawie uzyskanych danych, wyznaczono wskaźniki efektywności, które następnie poddano ocenie.

3.1. Wskaźnik ilościowy oraz jakościowy produkcji

Pierwszym ze wskaźników wykorzystywanym do analizy badanego procesu produkcyjnego jest **wskaźnik jakościowy produkcji** (oznaczany jako WJP). Wskaźnik ten wykorzystywany jest w firmie do nadzorowania produkcji. Jest to jakościowy współczynnik, który bada stabilność realizacji założonego planu

produkcji. Wartość tą oblicza się jako różnicę pomiędzy planowaną ilością produkcyjną, która wynika z założonego planu produkcyjnego, a liczbą wyrobów gotowych, które zostały przekazane z linii produkcyjnej do magazynu. Wskaźnik jakościowy produkcji pozwala zweryfikować zgodność ilości produkcji z założonym początkowo planem produkcji. Może być odnoszony do konkretnego modelu wyrobu, partii, czy też produkowanej serii produktów (Antczak i Gębczyńska, 2016). Wskaźnik jakościowy produkcji (WJP) obliczany jest zgodnie ze wzorem:

$$WJP = \frac{\text{zaplanowana ilość produkcyjna} - \text{ilość wyprodukowana błędnie}}{\text{zaplanowana ilość produkcyjna}} \cdot 100\%. \quad (1)$$

Kolejnym wskaźnikiem wykorzystanym do analizy procesu produkcyjnego realizowanego w przedsiębiorstwie jest **wskaźnik ilościowy produkcji** (WIP). Miernik ten pozwala wyznaczać odchylenia ilościowe występujące w procesie wytwarzania. Wskaźnik ilościowy produkcji obliczany jest jako iloraz ilości wyprodukowanej oraz zaplanowanej produkcji. Ilość wyprodukowana oznacza sumę wyprodukowanych produktów, jaka została osiągnięta w analizowanej jednostce czasu. Ilość wytworzonych wyrobów analizowana jest w odniesieniu do planowanej ilości produkcyjnej, którą ustala się na podstawie zdolności produkcyjnej (Antczak i Gębczyńska, 2016). Wskaźnik ilościowy produkcji (WIP) obliczamy z zależności:

$$WIP = \frac{\text{ilość wyprodukowana}}{\text{zaplanowana ilość produkcyjna}} \cdot 100\%. \quad (2)$$

Na podstawie otrzymanych w przedsiębiorstwie danych liczbowych wyznaczone zostały wskaźniki ilościowe (WIP) oraz jakościowe (WJP) produkcji.

W tabeli 1 przedstawiono dane dotyczące ilości wytworzonych wyrobów w analizowanym przedsiębiorstwie produkcyjnym. Na podstawie zebranych informacji wyznaczono wskaźnik ilościowy oraz jakościowy produkcji. Wskaźnik ilościowy został obliczony zgodnie ze wzorem (2), natomiast wskaźnik jakościowy produkcji obliczono zgodnie ze wzorem (1). Na podstawie otrzymanych wyników wyznaczono podstawowe statystyki.

Tabela 1. Wskaźnik jakościowy oraz ilościowy produkcji

Miesiąc	Zaplanowana ilość produkcyjna	Ilość wyprodukowana	Ilość wyprodukowana wadliwie	Wskaźnik ilościowy produkcji (WIP) [%]	Wskaźnik jakościowy produkcji (WJP) [%]
Styczeń	80	79	7	98,8	91,3
Luty	80	80	6	100,0	92,5
Marzec	80	78	3	97,5	96,3
Kwiecień	80	76	5	95,0	93,8
Maj	80	77	7	96,3	91,3
Czerwiec	80	74	6	92,5	92,5

3.2. Wskaźnik wydajności pracy

Kolejnym wskaźnikiem produkcyjnym, wykorzystanym do analizy procesu produkcyjnego realizowanego w wybranym przedsiębiorstwie, jest **wskaźnik**

wydajności pracy (który oznacza się jako WP). Wskaźnik wydajności pracy ukazuje relację pomiędzy osiągniętymi wynikami produkcyjnymi (czyli wyprodukowaną liczbą wyrobów gotowych) a wykorzystywanymi zasobami. W analizie wskaźnika wydajności pracy, za zasoby uznaje się ilość godzin przepracowanych przez pracowników. Wskaźnik ten pozwala na pomiar efektywności procesu produkcyjnego uwzględniając wykorzystanie zasobów ludzkich. Wskaźnik wydajności pracy wyrażony jest w jednostce stanowiącej iloraz ilości produktów na godzinę. Im wyższa jest jego wartość, tym lepsza wydajność pracy. Po uwzględnieniu średniej ceny roboczogodziny, może zostać obliczony koszt pracy, przypadający na wyprodukowanie jednostki towaru (Antczak i Gębczyńska, 2016). Wskaźnik WP obliczany jest na podstawie zależności:

$$WP = \frac{\text{ilość wyprodukowana}}{\text{suma przepracowanych godzin pracowników}} \left[\frac{\text{liczba szt.}}{\text{godziny}} \right] \cdot 100\%. \quad (3)$$

We współpracy z główną księgową zebrano dane niezbędne do wyznaczenia wskaźnika wydajności pracy. Wszystkie dane, wraz z obliczonym parametrem WP przedstawione zostały w tabeli numer 2.

Tabela 2. Wskaźnik wydajności pracy

Miesiąc	Liczba wyproduk. okapów	Liczba pracowników w	Liczba godzin przypadając a na pracownika	Łączna liczba godzin pracy	Nadgodziny (wszystkich w miesiącu)	Suma godzin	WP
Styczeń	320	35	8	280	30	310	1,03
Luty	298	32	8	256	34	290	1,03
Marzec	335	36	8	288	25	313	1,07
Kwiecień	314	36	8	288	28	316	0,99
Maj	308	35	8	280	27	307	1,00
Czerwiec	309	35	8	280	36	316	0,98

Wskaźnik wydajności pracy (WP) został obliczony zgodnie ze wzorem (3). Wyznaczone wartości WP wynoszą od 0,98 do 1,07 i są niemalże stałe dla rozpatrywanych miesięcy (średnia wynosi 1,02, a odchylenie standardowe 0,03). Uzasadnione jest zatem założenie, że jest on równy 1, co oznacza, że w ciągu godziny produkowany jest jeden okap kuchenny.

3.3. Awaryjność linii produkcyjnej oraz zdarzenia losowe

W ocenie efektywności realizowanego procesu produkcyjnego niezwykle istotnym jest analizowanie awaryjności linii produkcyjnej oraz występowania zdarzeń losowych. Każdorazowa awaria urządzenia przekłada się na zatrzymanie linii produkcyjnej i niemożliwość realizacji założonego planu produkcyjnego. Aby unikać niespodziewanych awarii, ważne jest wykonywanie przeglądów oraz serwisu urządzeń, zanim jeszcze usterka wystąpi. W analizowanym przedsiębiorstwie zliczone zostały awarie maszyn sterowanych numerycznie.

Oprócz awarii urządzeń mogą występować zdarzenia losowe. Za zdarzenie losowe traktowany jest nieszczęśliwy wypadek przy pracy, przerwa w dostawie prądu lub wody, oraz opóźnienia w dostawie surowców (Gruszka i Ligarski, 2017). W badanym przedsiębiorstwie poddano analizie ilość awarii oraz zdarzeń losowych. Badane dane odzwierciedlały okres pół roku działalności przedsiębiorstwa (od stycznia 2022 do czerwca 2022).

Tabela 3. Awaryjność linii produkcyjnej oraz liczba zdarzeń losowych

Miesiąc	Liczba awarii lasera CNC	Liczba awarii prasy CNC nr 1	Liczba awarii prasy CNC nr 2	Liczba zdarzeń losowych
Styczeń	0	0	0	0
Luty	1	0	0	0
Marzec	0	0	0	2
Kwiecień	0	0	1	0
Maj	0	0	0	0
Czerwiec	1	0	0	1

W tabeli 3 zamieszczono zestawienie liczby awarii maszyn sterowanych numerycznie oraz liczby zdarzeń losowych (wypadkowych). Ilość awarii maszyn CNC jest bardzo niska, wykazują się one praktycznie bezawaryjną pracą. Ma to związek z przeprowadzaniem okresowych przeglądów i wymianą wyeksploatowanych elementów urządzeń, zanim jeszcze dojdzie do awarii. Liczba występujących zdarzeń losowych w firmie, również jest bardzo niska. Znajduje to uzasadnienie w szeregu przepisów oraz okresowych szkoleń dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy oraz stosowaniu przez pracowników środków ochrony osobistej.

3.4. Dostawa wyrobów do odbiorców

W dalszej analizie procesu produkcyjnego zebrane zostały dane dotyczące czasu realizacji zamówień standardowych oraz indywidualnych klientów. Na podstawie uzyskanych danych liczbowych, w rozdziale 4 artykułu wyznaczono statystyki podstawowe, na podstawie których wyciągnięto wnioski dotyczące sprawności realizacji zamówień klientów. W tabeli nr 4 przedstawiono średni czas realizacji zamówień zwykłych (ZZ) oraz zamówień indywidualnych (ZI).

Tabela 4. Średni czas realizacji zamówień klientów

Czas realizacji zamówienia zwykłego (ZZ) (dni robocze)	Czas realizacji zamówienia indywidualnego (ZI) (dni robocze)
1; 1; 2; 1; 2; 1; 1; 3; 2; 1; 1; 1; 2; 2; 1; 1; 1; 2; 3; 1; 1	10; 12; 19; 11; 17; 14; 16; 9; 8; 12; 14; 13; 9; 10; 13; 15; 9; 20; 18; 16; 17

W tabeli 4 przedstawiono czas realizacji losowo wybranych 21 zamówień klientów, wyrażony w dniach roboczych. Zamówienia zwykłe realizowane są za pośrednictwem strony internetowej oraz w wyniku wizyty w firmie i dotyczą okapów

stałe dostępnych w ofercie. Deklarowany przez firmę czas realizacji zamówienia zwykłego wynosi 3 dni robocze. Zamówieniem indywidualnym, nazywamy produkt, który posiada przeróbki sugerowane przez klienta. Po opracowaniu projektu z konstruktorem, produkt zostaje wyprodukowany zgodnie z ustalonymi wytycznymi. Deklarowany przez firmę czas niezbędny do wykonania zamówienia wynosi 21 dni roboczych.

W artykule zebrano dane dotyczące ilości wszystkich dostaw realizowanych przez współpracujące z przedsiębiorstwem firmy kurierskie. Otrzymane informacje zestawiono z dostawami, które zostały zrealizowane zgodnie z deklarowanym czasem. Na podstawie zgromadzonych danych obliczono procent terminowych dostaw do klientów, zgodnie ze wzorem (4). Terminowa realizacja dostaw do klientów jest wyjątkowo istotna z punktu widzenia opinii klienta o przedsiębiorstwie (Gruszka i Ligarski, 2017). Procent terminowych dostaw (PTD) definiowany jest jako:

$$\text{Procent terminowych dostaw} = \frac{\text{liczba terminowych dostaw}}{\text{liczba wszystkich dostaw}} \cdot 100\%. \quad (4)$$

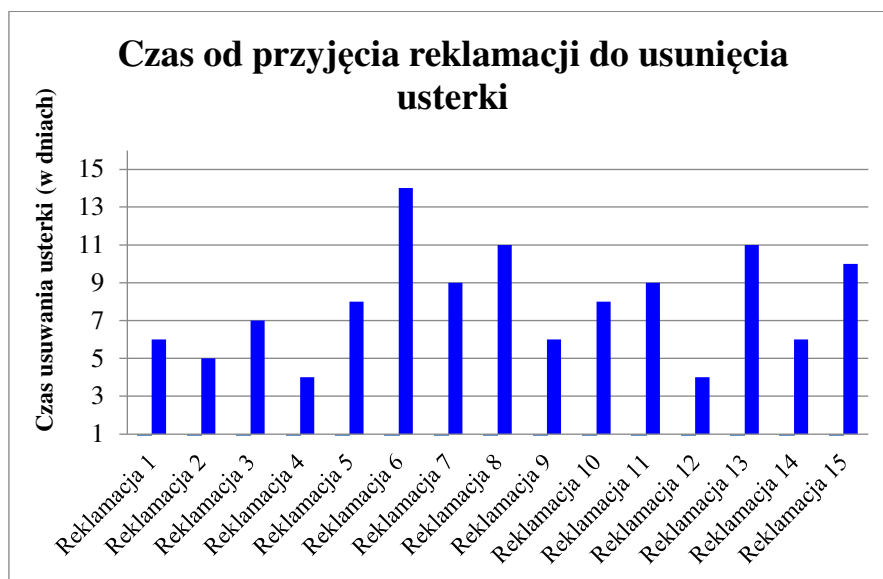
Tabela 5. Procent terminowych dostaw do klientów

Miesiąc	Liczba wszystkich dostaw	Liczba terminowych dostaw	Procent terminowych dostaw do klientów
Styczeń	99	90	90,9%
Luty	105	79	75,2%
Marzec	101	89	88,1%
Kwiecień	123	97	78,9%
Maj	120	101	84,2%
Czerwiec	108	89	82,4%

W tabeli 5 zestawiono liczbę wszystkich dostaw do klientów w poszczególnych miesiącach oraz liczbę dostaw do klientów zrealizowanych terminowo, przy czym deklarowany przez firmę czas realizacji zamówienia wynosi 7 dni roboczych. Najniższy procent terminowych dostaw do klientów wynosi 75,2% (luty), a najwyższy 90,9% (styczeń). Dla otrzymanych wartości, wyznaczono podstawowe statystyki, pozwalające na dokładną analizę wskaźników.

3.5. Opieka gwarancyjna

Badane przedsiębiorstwo produkcyjne oferuje opiekę serwisową. W analizie procesu produkcyjnego, zebrano dane dotyczące czasu niezbędnego do usunięcia zgłaszanej przez klienta usterki. Na podstawie zestawionych informacji dokonuje się analizy sprawności reakcji na zgłoszenia reklamacyjne. Sprawne usuwanie usterek przekłada się na poprawę opinii na temat przedsiębiorstwa produkcyjnego, co skutkuje wzmocnieniem pozycji firmy na rynku. Na rysunku 1 przedstawiony został wykres ukazujący potrzebny czas od przyjęcia przez serwisanta reklamacji do usunięcia usterki.



Rysunek 1. Czas niezbędny do usunięcia usterki zgłaszanej przez klienta

W zależności od złożoności awarii czas naprawy może być różny, ze względu na oczekiwanie na części zamienne. Dla przedstawionych danych minimalny czas wyniósł 4 dni, a maksymalnie 14 dni, przy czym średni czas potrzebny do usunięcia usterki wynosi około 8 dni roboczych (dokładnie 7,9 dnia).

4. Statystyczna analiza danych

Dla otrzymanych wartości współczynników omawianych w rozdziale trzecim wyznaczone zostały statystyki podstawowe oraz przeprowadzono testy t dla pojedynczej próby.

4.1. Statystyki podstawowe

Dla wskaźnika ilościowego produkcji, wskaźnika jakościowego produkcji oraz dla wskaźnika procentu terminowych dostaw do klientów wyznaczono wartości statystyk podstawowych, które zostały przedstawione w tabeli numer 6.

Tabela 6. Podstawowe statystyki dla wskaźnika ilościowego i jakościowego produkcji oraz terminowych dostaw do klientów

Wskaźnik	Statystyki podstawowe				
	Minimum	Maksimum	Średnia	Odchylenie standardowe	Współczynnik zmienności (%)
WIP (%)	92,5	100	96,7	2,7	2,8
WJP (%)	91,3	96,3	92,9	1,9	2,0
PTD (%)	75,2	90,9	83,3	5,8	6,9

Dla czasów realizacji zamówienia zwykłego oraz indywidualnego wyznaczone zostały wartości minimalne oraz maksymalne, mediana, dolny oraz górny kwartył, wartość średnia, odchylenie standardowe oraz współczynnik zmienności. Wszystkie otrzymane wartości zaprezentowano w tabeli numer 7.

Tabela 7. Statystyki dla czasów realizacji zamówienia zwykłego oraz indywidualnego

Wskaźnik	Statystyki podstawowe							
	Minimum	Maksimum	Mediana	Dolny kwartył	Górny kwartył	Średnia	Odchylenie standardowe	Współczynnik zmienności (%)
Czas realizacji ZZ (dni)	1	3	1	1	2	1,5	0,7	46
Czas realizacji ZI (dni)	8	20	13	10	16	13,4	3,6	27

W tabeli 7 przedstawione zostały obliczone statystyki dla czasu realizacji zamówień zwykłych oraz indywidualnych. Średni czas realizacji zamówienia zwykłego wynosi 1,5 dnia roboczego, natomiast czas realizacji zamówienia indywidualnego jest zdecydowanie dłuższy i wynosi średnio 13,4 dnia roboczego. Współczynnik zmienności wynosi odpowiednio 46% (zamówienie zwykłe) i 27% (zamówienia indywidualne). Dodatkowo dla czasów realizacji zamówienia wyznaczono wartość mediany oraz dolnego i górnego kwartyła. W przypadku zamówienia indywidualnego mediana wynosi 13 dni. Dla tych zamówień 25% zleceń jest realizowanych w czasie mniejszym niż 10 dni (dolny kwartył), a 75% zleceń jest realizowanych w czasie mniejszym niż 16 dni (górny kwartył).

4.2. Test t czasu realizacji zamówienia dla pojedynczej próby

Analizując wartości wyznaczonych statystyk opisowych dla czasu realizacji zamówień indywidualnych można zauważyć, że wartość średnia równa 13,4 dnia (a także mediana wynosząca 13 dni) jest wyraźnie mniejsza niż wartość deklarowana przez producenta (21 dni). Pozwala to na wysunięcie hipotezy, że średni czas realizacji zamówień indywidualnych jest statystycznie mniejszy niż 21 dni, tym bardziej, że wyznaczone odchylenie standardowe jest stosunkowo niewielkie (3,6

dnia). W celu zweryfikowania tej hipotezy przeprowadzono test statystyczny, tzw. test *t dla pojedynczej próby*, w którym średnią wartość eksperymentalną porównuje się z wartością teoretyczną (tutaj wartość zadeklarowana przez producenta) (Krysicki inni, 2011).

W procedurze przyjęto następujące hipotezy:

- hipoteza zerowa H_0 : *średni czas realizacji zamówienia indywidualnego jest równy 21 dni*,
- hipoteza alternatywna H : *średni czas realizacji zamówienia indywidualnego jest mniejszy niż 21 dni*.

Założono ponadto poziom istotności $\alpha = 0,05$.

Zastosowanie testu *t dla pojedynczej próby* wymaga, aby analizowana zmienna losowa (czas realizacji zamówienia indywidualnego) podlegała rozkładowi normalnemu. W celu sprawdzenia typu rozkładu zastosowano test Shapiro-Wilka, który potwierdził, że czas realizacji zamówienia indywidualnego podlega rozkładowi normalnemu (prawdopodobieństwo testowe $p = 0,4228$) (Krysicki i inni, 2011).

Test *t dla pojedynczej próby* przeprowadzono w programie Statistica 13.3, otrzymując wartość prawdopodobieństwa testowego $p = 0,0000$. Ponieważ $p < \alpha$ to odrzuca się hipotezę zerową na korzyść hipotezy alternatywnej, co pozwala wnioskować, że średni czas realizacji zamówienia indywidualnego jest istotnie statystycznie mniejszy niż 21 dni.

Uwzględniając fakt, że prawdopodobieństwo testowe przyjmuje bardzo małą wartość można wykonać test *t dla pojedynczej próby* przyjmując różne, mniejsze niż 21 dni, średnie czasy teoretyczne realizacji zamówienia indywidualnego. Wyniki testów zestawia tabela 8.

Tabela 8. Wyniki testu *t dla pojedynczej próby* dla różnych średnich czasów teoretycznych realizacji zamówienia indywidualnego.

Teoretyczny średni czas realizacji zamówienia indywidualnego (w dniach)	Poziom istotności α	Prawdopodobieństwo testowe p	Przyjęta hipoteza
21	0,05	0,0000 ($p < \alpha$)	alternatywna
20	0,05	0,0000 ($p < \alpha$)	alternatywna
19	0,05	0,0000 ($p < \alpha$)	alternatywna
18	0,05	0,0000 ($p < \alpha$)	alternatywna
17	0,05	0,0001 ($p < \alpha$)	alternatywna
16	0,05	0,0019 ($p < \alpha$)	alternatywna
15	0,05	0,0296 ($p < \alpha$)	alternatywna
14	0,05	0,2377 ($p > \alpha$)	zerowa
13	0,05	0,2957 ($p > \alpha$)	zerowa
12	0,05	0,0420 ($p > \alpha$)	alternatywna
11	0,05	0,0029 ($p > \alpha$)	alternatywna

Wyniki wykonanych testów można zinterpretować następująco: dla teoretycznego średniego czasu realizacji zamówienia indywidualnego równego 21, 20, 19, 18 17, 16, 15 można wnioskować, że wyznaczony średni czas eksperymentalny jest istotnie statystycznie mniejszy od przyjętego teoretycznego. Dla czasów 14, 13 dni nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej (średni czas wyznaczony z danych jest

równy teoretycznemu 14 lub 13 dni, odpowiednio). Dla kolejnych wartości teoretycznych 12, 11 dni również należy odrzucić hipotezę zerową i przyjąć alternatywną, która w tym przypadku jest stwierdzeniem, że średni czas wyznaczony z pomiarów jest statystycznie większy od czasu teoretycznego (12 lub 11 dni, odpowiednio). Wykorzystanie wyników *testu dla pojedynczej próby* dla analizowanego czasu realizacji zamówienia indywidualnego pozwala na stwierdzenie, że deklarowany przez producenta czas realizacji takich zamówień może być obniżony z wartości 21 dni do np. 14 dni (lub z lekkim zapasem 16 dni), co zwiększa atrakcyjność oferty producenta.

5. Zakończenie

W przedstawionej pracy dokonano analizy procesu produkcji okapów kuchennych. Wykonana analiza koncentrowała się na ocenie efektywności badanego procesu produkcyjnego, w oparciu o wybrane wskaźniki, tj.: wskaźnik jakościowy produkcji, wskaźnik ilościowy produkcji, awaryjność linii produkcyjnej, procent terminowych dostaw do klientów, średni czas realizacji zamówień klientów dla produktów standardowych, średni czasu realizacji zamówień klientów dla produktów indywidualnych, średni czasu od zgłoszenia awarii przez klienta do jej usunięcia oraz wskaźnik wydajności pracy. W opracowaniu danych liczbowych wykorzystano narzędzia statystycznej analizy danych.

Przedstawione w pracy metody analizy wskaźników i współczynników efektywności procesu produkcyjnego mogą stanowić materiał źródłowy dla przedsiębiorstw w trakcie monitorowania procesu produkcyjnego, którego celem jest zrozumienie procesów zachodzących w przedsiębiorstwie oraz poprawę ich wydajności.

LITERATURA

1. KOLIŃSKI A.: Przegląd metod i technik oceny efektywności procesu produkcyjnego. *Logistyka*, nr 5(2011), 1083-1091.
2. PAJĄK E., KLIMKIEWICZ M., KOSIERADZKA A.: Zarządzanie produkcją i usługami, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2014, 143-149.
3. RABIEJ M.: Statystyka z programem Statistica, Helion, Gliwice 2012.
4. KRYSIKI W., BARTOS J., DYCZKA W., KRÓLIKOWSKA K., WASILEWSKI M.: Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna w zadaniach, część II. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2011.
5. GRUSZKA S., LIGARSKI M. J.: Ocena efektywności procesu produkcyjnego na przykładzie producenta złączy stalowych. *Inżynieria systemów technicznych*, 6(2017)6, 102-109.
6. ANTCZAK A., GĘBCZYŃSKA A., Analiza efektywności procesu produkcyjnego za pomocą kluczowych wskaźników (KPI) na przykładzie firmy XYZ. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej*, 92(2016), 9-20.
7. CZERWIŃSKA K., PACANA A., SIWIEC D.: Analiza procesu produkcyjnego drzwi wewnętrznych ramiakowych Stile – studium przypadku, *Integral Safety of Environs*, 10(2017), 45-59.