

**MODELOWANIE PROCESÓW MAGAZYNOWYCH  
MODELING OF WAREHOUSE PROCESSES**

**Marian BRZEZIŃSKI**

marian.brzezinski@wat.edu.pl

**Maja GAWRYLUK**

maja.gawryluk@student.wat.edu.pl

**Katarzyna GŁODOWSKA**

katarzyna.glodowska@wat.edu.pl

**Wojskowa Akademia Techniczna**

**Wydział Logistyki**

**Instytut Logistyki**

*Streszczenie: Przedstawione opracowanie zawiera treści związane z modelowaniem procesów w magazynie. Skupiono się na analizie i ocenie przebiegu procesów magazynowych na podstawie firmy X, a następnie na możliwościach usprawnień.. Celem artykułu jest przedstawienie propozycji rozwiązań usprawniających funkcjonowanie wybranych procesów magazynowych w firmie X.*

*Abstract: Article contains information connected with modeling of warehouse processes. It is focused on analysis and evaluation of processes in warehouse in company X example, and next contains rationalization possibilities. The aim of the article is to present rationalization possibilities of chosen warehouse processes in company X.*

*Słowa kluczowe: magazyn, magazynowanie, proces, modelowanie.*

*Key words: warehouse, warehousing, process, modeling.*

## **WSTĘP**

Przebieg procesów magazynowych i organizacja całej gospodarki magazynowej mają kluczowe znaczenie w funkcjonowaniu firm logistycznych. Oddziałują na wynik finansowy firmy jak i na jej wizerunek. Nieodpowiednia organizacja procesów może skutkować utratą klienta czy też zmniejszeniem konkurencyjności na rynku.

Celem pracy jest opracowanie modelu usprawniającego funkcjonowanie wybranych procesów magazynowych w przedsiębiorstwie. Natomiast celami szczegółowymi: określenie istoty magazynowania, szczegółowa charakterystyka procesów magazynowych, analiza procesów magazynowych w wybranym przedsiębiorstwie oraz ocena ich funkcjonowania. Głównym problemem badawczym pracy jest pytanie: W jaki sposób można usprawnić funkcjonowanie procesów magazynowych w badanym przedsiębiorstwie.

W pracy wykorzystano następujące metody badawcze: analiza i synteza, dedukcja, wywiad, modelowanie i wnioskowanie; techniki badawcze takie jak: wywiad ekspercki, modelowanie opisowe, modelowanie graficzne, modelowanie matematyczne, analiza porównawcza oraz wnioskowanie przez porównanie a także narzędzia badawcze: arkusz wywiadu oraz programy komputerowe MS Word, MS Excel, Bizagi Modeler.

## 1. OCENA PROCESÓW MAGAZYNOWYCH W FIRMIE X

Przedsiębiorstwo X, które zostało poddane ocenie to międzynarodowy operator logistyczny posiadający swoje oddziały w kilkunastu krajach Europy, w tym w Polsce. Oferta firmy obejmuje usługi transportu drogowego, morskiego i lotniczego jak i wynajmuje przestrzeń magazynową. Firma zatrudnia łącznie ok. 9000 pracowników.

Analizie poddano jeden z polskich oddziałów firmy, zlokalizowanego w województwie mazowieckim. Oddział świadczy usługi transportu krajowego oraz międzynarodowego, także logistyki kontraktowej. Oddział składa się z magazynu i części biurowej.

Magazyn ma układ technologiczny nieprzelotowy z połączonymi strefami przyjęć i wydań. Do realizacji procesów wykorzystuje się wózki widłowe unoszące oraz ręczne. Dodatkowymi urządzeniami wykorzystywanymi w magazynie są owijarki i zgrzewarki, a także terminale przenośne

Ocenie poddano dwa procesy magazynowe realizowane w przedsiębiorstwie X:

- przyjęcie towarów do magazynu;
- składowanie.

Ocenę procesu przyjęcia do magazynu przeprowadzono w oparciu o wskaźniki i mierniki logistyczne. Dane wykorzystane do obliczeń przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Dane do wyznaczenia wskaźników

Dana	Oznaczenie	Wartość
Średnia ilość palet przyjętych podczas jednej dostawy	O1	6 palet
Średnia ilość palet przyjętych do magazynu podczas jednej zmiany (8h)	Om	138 palet
liczba pracowników obsługujących jedno fizyczne przyjęcie do magazynu	Zp	2 pracowników
liczba wózków wykorzystywanych przy jednym przyjęciu do magazynu	Zw	2 wózki
czas trwania jednej zmiany	t	8h
ogół pracowników zatrudnionych w magazynie	Zpo	80 pracowników
ogół wózków wykorzystywanych w magazynie	Zwo	20 wózków
średnia liczba zamówień napływających do magazynu podczas jednej zmiany	Zo	32 zamówień
średnia liczba zamówień przyjętych do realizacji podczas jednej zmiany	Zp	26 zamówień
średnia liczba zamówień zrealizowanych podczas jednej zmiany	Zr	24 zamówienia
średni czas rzeczywistej obsługi	ts	0,5h
średni czas oczekiwania na obsługę	tcz	1,5h
średni czas trwania procesu przyjęcia do magazynu	tp	0,5h
koszt wykorzystania jednego wózka	Kw	15 zł/h
średni koszt pracy jednego pracownika magazynowego pracującego przy przyjęciu do magazynu	Kp	18,75 zł/h

Źródło: opracowanie własne.

Wykorzystano następujące wskaźniki i mierniki (Twaróg, 2003):

- wskaźnik wydajności pracy pracowników magazynowych przy przyjęciach do magazynu podczas jednej zmiany 8 godzinnej

$$M_{pm} = \frac{O_m}{Z_p} = \frac{138}{2} = 69 \left[ \frac{\text{palet}}{\text{pracownika}} \right]$$

- wskaźnik mechanizacji prac magazynowych

$$M_{pm} = \frac{Z_{po}}{Z_{wo}} = \frac{80}{20} = 4 \left[ \frac{\text{pracowników}}{\text{wózek}} \right]$$

- koszt przyjęć do magazynu (pracownicy, wózki widłowe) podczas jednej zmiany

$$K_p = K_{pm} + K_w = 8 \times 2 \times 18,75 + 8 \times 2 \times 15 = 540 \frac{\text{zł}}{8h}$$

- procentowy wskaźnik zamówień przyjętych do realizacji w stosunku do ogółu zamówień napływających w danym czasie

$$Z_1 = \frac{Z_p}{Z_o} \times 100\% = \frac{26}{32} \times 100\% = 81,25\%$$

- procentowy wskaźnik zamówień zrealizowanych w stosunku do przyjętych zamówień

$$Z_2 = \frac{Z_r}{Z_p} \times 100\% = \frac{24}{26} \times 100\% = 92,3\%$$

- procentowy wskaźnik czasu oczekiwania na obsługę w stosunku do czasu rzeczywistej obsługi w systemie

$$t_o = \frac{t_{cz}}{t_s} \times 100\% = \frac{1,5}{0,5} \times 100\% = 300\%$$

Wyniki przedstawiono w tabeli nr 2.

Tabela 2. Wskaźniki oceny procesu przyjęcia towarów do magazynu

Wskaźnik	Wynik	Wymagania firmy X
wskaźnik wydajności pracy pracowników magazynowych przy przyjęciach do magazynu podczas jednej zmiany 8 godzinnej	69 palet/pracownika	120 palet/pracownika
wskaźnik mechanizacji prac magazynowych	4 pracowników /wózek	4 pracowników/wózek
koszt przyjęć do magazynu (pracownicy, wózki widłowe) podczas jednej zmiany	540 zł	-
procentowy wskaźnik zamówień przyjętych do realizacji w stosunku do ogółu zamówień napływających w danym czasie	81,25%	97%

procentowy wskaźnik zamówień zrealizowanych w stosunku do przyjętych zamówień	92,3%	97%
procentowy wskaźnik czasu oczekiwania na obsługę w stosunku do całego czasu przebywania w systemie	300%	100%

Źródło: opracowanie własne.

Podczas trwania jednej zmiany (8 godzin) pracownik obsługujący przyjęcia towaru do magazynu jest w stanie obsłużyć 69 palet. Jednak patrząc na potrzeby firmy – 120 palet – stwierdzono, że wynik nie jest zadowalający i należy dążyć do jego poprawy. Jest to główna przyczyna tworzenia się kolejek kierowców oczekujących na rozładunek.

Obciążenie jednego wózka to średnio 4 pracowników. Jednakże, ponieważ magazyn działa w systemie trzy-zmianowym w jednym czasie na magazynie jest ok. 27 pracowników, a nie 80. To znacząco zmniejsza obciążenie wózków. Dodatkowo pracownicy, którzy nie mają w danym czasie dostępu do wózka mogą wykonywać inną pracę.

Procentowy wskaźnik zamówień przyjętych do realizacji w stosunku do ogółu zamówień napływających w danym czasie wynosi 81,25%. Konieczne jest dążenie do jego poprawy. Do zleceń, które nie zostały przyjęte do realizacji zalicza się kierowców, którzy byli zmuszeni do rezygnacji z oczekiwania na obsługę z powodu czasu trwania procesu oraz nieprawidłowości stwierdzone przy pierwszym kontakcie z kierowcą co powoduje odmowę przyjęcia dostawy przez rozpoczęciem jej przyjęcia. Wynik oczekiwany przez firmę to 97% i do takiego rezultatu powinno się dążyć. Należy podjąć działania zmierzające do poprawy tego wyniku takie jak przyspieszenie obsługi do tego stopnia aby kierowcy nie byli zmuszeni do rezygnacji z oczekiwania na obsługę.

Wskaźnik zamówień zrealizowanych w stosunku do przyjętych zamówień kształtuje się na poziomie 92,3% i również wymaga doskonalenia. Na wynik ten składają się wszystkie błędy wykryte po rozpoczęciu procesu przyjęcia towarów do magazynu. W celu poprawy wyniku należy podjąć działania zmierzające do szybszego wykrywania nieprawidłowości w dokumentacji. Można to osiągnąć przez dokładniejszą kontrolę dokumentacji przed rozpoczęciem fizycznego przyjęcia towarów. Jednak barierą jest tutaj czas takiej kontroli, która wykonywana jest przez tego samego pracownika, który prowadzi fizyczny rozładunek pojazdu i kontrolę ilościową i jakościową. Zaleca się reorganizację pracy w magazynie aby wstępna kontrola realizowana była przez pracowników Administracji Stanów Magazynowych.

Doskonalenia wymaga wskaźnik czasu oczekiwania na obsługę w stosunku do rzeczywistego czasu obsługi. Wynik ten kształtuje się na poziomie 300% i jest to wynik niezadowalający. Obliczenia uwzględniają średni czas oczekiwania na obsługę czyli około 90 minut ale należy zaznaczyć, że kierowcy oczekują czasem nawet kilka godzin. Przedsiębiorstwo powinno dążyć do poprawy wyniku to tego stopnia aby maksymalny czas oczekiwania na obsługę nie przekraczał 100% trwania obsługi czyli około 30 minut. Przedsiębiorstwo powinno rozważyć otwarcie dodatkowego kanału obsługi bądź reorganizację pracy w magazynie. Inną możliwością jest zwiększenie automatyzacji magazynu co przyspieszyłoby obsługę.

Drugim procesem poddanym analizie jest składowanie. Dane do oceny ilościowej przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Dane do oceny wskaźnikowej procesu składowania

Dana	Oznaczenie	Wartość
liczba miejsc składowych	Lms	23 000
liczba zajętych miejsc składowych w badanym okresie	Lmz	17 562
liczba towarów (palet), u których stwierdzono niezgodność w badanym okresie	Lut	258
Roczne koszty personelu magazynowego	Kpr	2 436 000 zł
Roczne koszty urządzeń (wózki, skanery)	Kur	2 004 000 zł
Liczba pomieszczeń w magazynie	Lpm	2
Liczba pracowników magazynowych	Zpo	80

Źródło: opracowanie własne.

Do oceny procesu składowania wykorzystano następujące wskaźniki i mierniki logistyczne (Twaróg, 2003):

- stopień wykorzystania powierzchni składowej magazynu

$$S_m = \frac{L_{mz}}{L_{ms}} \times 100\% = \frac{17562}{23000} \times 100\% = 76,36\%$$

- przeciętne roczne koszty personelu na pomieszczenie składowe

$$K_p = \frac{K_{pr}}{L_{pm}} = \frac{2436000}{2} = 1\,218\,000 \left[ \frac{\text{zł}}{\text{pomieszczenie}} \right]$$

- przeciętne roczne koszty urządzeń na pomieszczenie składowe

$$K_u = \frac{K_{ur}}{L_{pm}} = \frac{2004000}{2} = 1\,002\,000 \left[ \frac{\text{zł}}{\text{pomieszczenie}} \right]$$

- procentowy wskaźnik towarów uszkodzonych/przeterminowanych do ogółu składowanych towarów w danym okresie

$$T_u = \frac{L_{ut}}{L_{mz}} \times 100\% = \frac{258}{17562} \times 100\% = 1,46\%$$

Wyniki przedstawiono w tabeli nr 4.

Tabela 4. Wskaźniki oceny procesu składowania

Wskaźnik	Wynik	Wymagania firmy
stopień wykorzystania powierzchni składowej magazynu	76,36%	85%
przeciętne roczne koszty personelu na pomieszczenie składowe	1 218 000 zł/pomieszczenie	-
przeciętne roczne koszty urządzeń na pomieszczenie składowe	1 002 000 zł/pomieszczenie	-
procentowy wskaźnik towarów uszkodzonych bądź przeterminowanych do ogółu składowanych towarów w danym okresie	1,46%	0%

Źródło: opracowanie własne.

Średni stopień wykorzystania powierzchni składowej magazynu kształtuje się na poziomie 76,36%. Wartość ta zmienia się w zależności od okresu w roku, ponieważ zmienia się liczba zajętych miejsc składowych jednak nawet przy najwyższym stopniu wypełnienia magazynu nie wszystkie miejsca składowe są zajęte. W przypadku gdy firma nie podpisuje kontraktów z klientami z uwzględnieniem minimum składowego, firma może podjąć współpracę z kolejnym klientem jednak wymagałoby to zwiększenia zatrudnienia w magazynie. Inną możliwością jest reorganizacja stref w magazynie w celu powiększenia strefy kompletacji, której powierzchnia nie jest wystarczająca.

Przeciętne roczne koszty personelu na pomieszczenie składowe to 1218000 zł. Koszty uwzględniają zatrudnienie 77 robotników magazynowych oraz 3 kierowników zmian. Przeciętne koszty urządzeń na pomieszczenie składowe wliczają koszt pracy wózków widłowych przy założeniu, że w ciągłym ruchu znajduje się 15 wózków. Uwzględniono również średni roczny koszt ewentualnych przeglądów i napraw.

Wskaźnik towarów uszkodzonych i przeterminowanych do wszystkich składowanych w danym okresie towarów wynosi 1,46% i również jest zmienny w zależności od ilości składowanych towarów i od liczby nieprawidłowości stwierdzonych w tym okresie podczas kontroli. W celu zmniejszenia wyniku zaleca się wykorzystanie zasady FIFO w szczególności

w przypadku towarów spożywczych. Należy również zadbać o bezpieczeństwo w magazynie co zmniejszyłoby liczbę towarów uszkodzonych.

Na podstawie oceny jakościowej jak i ilościowej można zauważyć, że magazyn wymaga wprowadzenia zmian pozwalających na polepszenie wyników, a co za tym idzie zwiększenie efektywności i wzrost zadowolenia klienta.

## 2. PROPOZYCJA USPRAWNIEŃ PROCESÓW

W pracy wykorzystano model teorii masowej obsługi do usprawnienia procesu przyjęcia towarów do magazynu. Rozładunkiem samochodów, kontrolą ilościową i jakościową towarów oraz kontrolą dokumentacji zajmuje się jedna osoba, najczęściej kierownik zmiany, obsługująca jeden kanał obsługi. Rezultatem takiego podziału pracy jest generowanie kolejki kierowców oczekujących na obsługę.

Przeprowadzono kalkulację w celu sprawdzenia czy otwarcie dodatkowego kanału obsługi będzie rozwiązaniem wystarczającym. Kierowcy są przyjmowani z wykorzystaniem zasady FIFO (first In first out). Dane do obliczeń przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Dane do weryfikacji modelu masowej obsługi

Dane	Sytuacja po zwiększeniu liczby kanałów obsługi
Czas obsługi jednego zgłoszenia	0,5h
Liczba równoległych kanałów obsługi (n)	2
Intensywność strumienia zgłoszeń ( $\lambda$ )	5/h
Intensywność obsługi zgłoszeń (W)	4/h
Liczba miejsc w kolejce	bez ograniczeń

Źródło: opracowanie własne.

Dla systemu z dwoma kanałami obsługi obliczono następujące parametry:

- Stopień wykorzystania obsługi rampy przeładunkowej:

$$\rho = \frac{\rho_n}{n} = \frac{\lambda}{n \times W} = \frac{5}{2 \times 4} = \frac{5}{8} = 0,63$$

$$\rho_n = \frac{\lambda}{W} = \frac{5}{4} = 1,25$$

- Prawdopodobieństwo, że w systemie nie ma zgłoszeń:

$$P(0) = \frac{1}{\frac{n^{n-1} \times \rho_n^n}{(n-1)!(n-\rho_n)} + \sum_{i=0}^{n-1} \frac{n^i \times \rho_n^i}{i!}} = \frac{1}{\frac{2^{2-1} \times 1,25^2}{(2-1)!(2-1,25)} + \frac{2^0 \times 1,25^0}{0!}} = 0,23$$

- Prawdopodobieństwo istnienia jakiegokolwiek kolejki, czyli  $k > n$ :

$$P_{k>n} = \frac{\rho_n^{n+1}}{n!(n-\rho_n)} P(0) = \frac{1,25^{2+1}}{2! \times (2-1,25)} \times 0,23 = 0,3$$

- Średnia długość kolejki (wartość spodziewana)

$$H = \frac{\rho_n^{n+1}}{(n-\rho_n)^2(n-1)!} P(0) = \frac{1,25^{2+1}}{(2-1,25)^2 \times (2-1)!} = 3,47$$

- Średnią ilość zgłoszeń w układzie:

$$U = H + \rho_n = 3,47 + 1,25 = 4,72$$

- Średni czas oczekiwania w kolejce (wartość spodziewana):

$$T_H = \frac{H}{\lambda} = \frac{3,47}{5} = 0,69$$

- Średni czas przebywania w układzie (wartość spodziewana)

$$T_U = \frac{U}{\lambda} = \frac{4,72}{5} = 0,94$$

Wyniki przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Obsługa z wykorzystaniem dwóch kanałów.

Parametr	Wynik
Stopień wykorzystania obsługi rampy przeładunkowej	1,25
Prawdopodobieństwo, że w systemie nie ma zgłoszeń	0,23
Prawdopodobieństwo istnienia jakiegokolwiek kolejki	0,3
Średnia długość kolejki	3,47
Średnia ilość zgłoszeń w układzie	4,72
Średni czas oczekiwania w kolejce	0,69h = 41,4min
Średni czas przebywania w układzie	0,94h = 56,4 min

Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie kalkulacji można zauważyć, że dodanie dodatkowego kanału obsługi wpłynęło pozytywnie na czas oczekiwania kierowców na obsługę. Średni czas zmniejszył się do około 40 minut. Mimo to system nadal jest niestabilny. Prawdopodobieństwo wystąpienia kolejki kształtuje się na poziomie 30%.

W celu poprawy wyniku wzięto pod uwagę sytuację, gdy część obowiązków związanych obsługą, takich jak kontrola dokumentacji, jest wykonywana przez pracowników Administracji Stanów Magazynowych. Pozwoliłoby to na zmniejszenie czasu obsługi jednego zgłoszenia do 20 minut. Obliczenia związane z tym rozwiązaniem przedstawiono poniżej, a dane do obliczeń znajdują się w tabeli nr 7.



Tabela 7. Dane do weryfikacji modelu

Dane	Dane po zmianie podziału obowiązków
Czas obsługi jednego zgłoszenia	0,33h
Liczba równoległych kanałów obsługi (n)	2
Intensywność strumienia zgłoszeń ( $\lambda$ )	5/h
Intensywność obsługi zgłoszeń (W)	6/h
Liczba miejsc w kolejce	bez ograniczeń

Źródło: opracowanie własne.

- Stopień wykorzystania obsługi rampy przeładunkowej:

$$\rho = \frac{\rho_n}{n} = \frac{\lambda}{n \times W} = \frac{5}{2 \times 6} = \frac{5}{12} = 0,41$$

$$\rho_n = \frac{\lambda}{W} = \frac{5}{6} = 0,83$$

- Prawdopodobieństwo, że w systemie nie ma zgłoszeń:

$$P(0) = \frac{1}{\frac{n^{n-1} \times \rho^n}{(n-1)!(n-\rho_n)} + \sum_{i=0}^{n-1} \frac{n^i \times \rho_n^i}{i!}} = \frac{1}{\frac{2^{2-1} \times 0,83}{(2-1)!(2-0,83)} + \frac{2^0 \times 0,83^0}{0!}} = 0,7$$

- Prawdopodobieństwo istnienia jakiegokolwiek kolejki, czyli  $k > n$ :

$$P_{k>n} = \frac{\rho_n^{n+1}}{n!(n-\rho_n)} P(0) = \frac{0,83^{2+1}}{2! \times (2-0,83)} \times 0,7 = 0,17$$

- Średnia długość kolejki (wartość spodziewana)

$$H = \frac{\rho_n^{n+1}}{(n-\rho_n)^2 (n-1)!} P(0) = \frac{0,83^{2+1}}{(2-0,83)^2 \times (2-1)!} = 0,29$$

- Średnia ilość zgłoszeń w układzie:

$$U = H + \rho_n = 0,29 + 0,83 = 1,12$$

- Średni czas oczekiwania w kolejce (wartość spodziewana):

$$T_H = \frac{H}{\lambda} = \frac{0,29}{5} = 0,06$$

- Średni czas przebywania w układzie (wartość spodziewana)

$$T_U = \frac{U}{\lambda} = \frac{1,12}{5} = 0,22$$

Wyniki tego rozwiązania przedstawiono w tabeli 8.

Tabela 8. Obsługa z wykorzystaniem dwóch kanałów po zmianie podziału obowiązków

Parametr	Wynik
Stopień wykorzystania obsługi rampy przeładunkowej	0,83
Prawdopodobieństwo, że w systemie nie ma zgłoszeń	0,7
Prawdopodobieństwo istnienia jakiegokolwiek kolejki	0,17
Średnia długość kolejki	0,29
Średnia ilość zgłoszeń w układzie	1,12
Średni czas oczekiwania w kolejce	0,06h=3,6 min
Średni czas przebywania w układzie	0,22h=13,2 min

Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie powyższych obliczeń można zauważyć, że przy zmianie podziału obowiązków jak i dwóch działających kanałach obsługi firma X osiągnęłaby zadowalające wyniki. Czas oczekiwania na obsługę to średnio 3,6 minuty i jest to wynik bardzo dobry. System znajduje się w stanie równowagi.

W przypadku tego rozwiązania na koszty wprowadzenia go w życie składa się zatrudnienie nowego pracownika czyli jego rekrutacja, szkolenie, a także jego wynagrodzenie. Szczegółowe koszty związane z tym rozwiązaniem przedstawiono w tabeli 9.

Tabela 9. Koszty związane z zatrudnieniem nowego pracownika

Źródło kosztu	Wartość [zł]
Rekrutacja pracownika ( $K_r$ )	900
Szkolenie pracownika ( $K_{sz}$ ) (BHP + szkolenie stanowiskowe)	785
Wynagrodzenie miesięczne brutto ( $K_w$ )	2500
Całkowity miesięczny koszt wynagrodzenia pracownika dla pracodawcy ( $K_{pm}$ )	3015,25

Źródło: opracowanie własne.

Koszt pracownika w pierwszym roku obliczono poniżej:

$$K_{z1} = K_r + K_{sz} + K_{pm} \times 12 = 900 + 785 + 3015,25 \times 12 = 37868 \text{ zł}$$

Jednak na obecną chwilę jeżeli firma nie dysponuje środkami na automatyzację magazynu jest to rozwiązanie konieczne. Wpłynie ono korzystnie na zadowolenie klientów jak i dokładność kontroli podczas przebiegu procesu, co w rezultacie będzie miało wpływ na wizerunek firmy na rynku i jej konkurencyjność.

Drugim rozwiązaniem jest wprowadzeniem technologii RFID oraz zmiana technologii składowania czyli reengineering. Koszty wprowadzenia tych zmian przedstawiono w tabeli 10.

Tabela 10. Koszty reengineeringu

<b>Źródło kosztu</b>	<b>Oznaczenie</b>	<b>Wartość [zł]</b>
Technologia RFID	$K_t$	314000
Szkolenia	$K_s$	8000
Zakup nowych regałów wjezdnych	$K_r$	750000
Zatrudnienie pracowników (rekrutacja, szkolenia)	$K_p$	5200
Wynagrodzenie nowych pracowników (rocznie)	$K_{np}$	130258

Źródło: opracowanie własne.

Łączne koszty związane z wprowadzeniem technologii RFID oraz zakupem nowych regałów obliczono poniżej.

$$K_c = K_t + K_s + K_r + K_p = 314000 + 8000 + 750000 + 5200 = 1\,077\,200 \text{ zł}$$

Obliczono, że wprowadzenie zmian wiąże się z jednorazowym kosztem na poziomie 1 077 200 zł. Należy do tego doliczyć roczny koszt wynagrodzenia dla pracowników zajmujących się obsługą i kontrolą systemu. Rozwiązanie wiąże się również z oszczędnościami dla firmy. Oszczędności wynikające z wprowadzenia zmian przedstawiono w tabeli 11.

Tabela 11. Oszczędności roczne wynikające z wprowadzenia systemu

<b>Źródło oszczędności</b>	<b>Oznaczenie</b>	<b>Kwota [zł]</b>
Zmniejszenie zatrudnienia	$O_z$	361830
Wyeliminowanie gubienia towarów, uszkodzenia oraz upływu terminu ważności	$O_u$	146160

Źródło: opracowanie własne.

Poniżej przeprowadzono analizę opłacalności wprowadzenia zmian z wykorzystaniem wskaźników NPV oraz IRR.

NPV (Net Present Value) jest to wartość zaktualizowana netto. Jest to suma zdyskontowanych przepływów pieniężnych, związanych z przedsięwzięciem w pewnym okresie czasu. Przepływy pieniężne dyskontowane są w momencie początkowym projektu. Wzór do obliczeń przedstawiono poniżej.

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{NCF_t}{(1+k)^t}$$

Gdzie:

$NCF_t$  – przewidywane przepływy pieniężne netto związane z rozważanym projektem w kolejnych okresach  $t$

$k$  – stopa dyskontowa

$t=0$  – oznacza, że brany jest pod uwagę nakład inwestycyjny  $NCF_0$ , który nie podlega dyskontowaniu.

IRR (Internal Rate of Return) jest to wewnętrzna stopa zwrotu. Oznacza to taką wartość stopy dyskontowej, dla której  $NPV = 0$ .

$$IRR = k \leftrightarrow \sum_{t=0}^n \frac{NCF_t}{(1+k)^t}$$

Zasady podejmowania decyzji przy użyciu IRR:

- akceptacja projektu, gdy IRR jest większa od stopy dyskontowej ( $k$ );
- brak akceptacji projektu, dla której IRR jest mniejsze od stopy dyskontowej ( $k$ ).<sup>1</sup>

Dane do obliczeń przedstawiono w tabeli 12.

Tabela 12. Dane do analizy opłacalności projektu inwestycyjnego

Dane	Wartości
Nakłady inwestycyjne	1 077 200 zł
WACC	10%
Okres zwrotu	5 lat
Kwota zwrotu	377 732 zł

Źródło: opracowanie własne.

Rozpatrywana jest opłacalność realizacji przedsięwzięcia, które ma generować przepływy finansowe przedstawione w tabeli 13.

Tabela 13. Przepływy finansowe

Okres [lata]	0	1	2	3	4	5
NCF [zł]	1077200	377732	377732	377732	377732	377732

Źródło: opracowanie własne.

Oczekiwana stopa zwrotu wynosi 10%. Wartości NPV w kolejnych latach zostały przedstawione w tabeli 14.

Tabela 14. Wartość NPV w kolejnych latach

Okres [lata]	0	1	2	3	4	5	SUMA
NPV k-10%	-1077200	343392,7	312175,2	283795,6	257996	234541,9	<b>354701,47</b>

Źródło: opracowanie własne.

<sup>1</sup>[http://www.ioz.pwr.wroc.pl/pracownicy/skowron/images/Op%C5%82acalno%C5%9B%C4%87%20projektu\\_materiały\\_zajęcia22.05.pdf](http://www.ioz.pwr.wroc.pl/pracownicy/skowron/images/Op%C5%82acalno%C5%9B%C4%87%20projektu_materiały_zajęcia22.05.pdf) (stan na 13.04.2017)

Na podstawie obliczeń stwierdzono, że w okresie zwrotu, równym 5 lat firma X osiągnie oszczędności rzędu 354 701,47 zł.

Wartość stopy dyskontowej dla której  $NPV=0$ , mieści się pomiędzy 22, a 23%. IRR przedstawiono w tabeli 15.

Tabela 15. Wewnętrzna stopa zwrotu

Okres	0	1	2	3	4	5	SUMA
NPV k=22%	-1077200	309616,4	253783,9	208019,6	170507,9	139760,6	<b>4488,37</b>
NPV k=23%	-1077200	307099,2	249674,1	202987,1	165030,2	134170,9	- <b>17238,55</b>

Źródło: opracowanie własne.

W analizowanym przykładzie IRR kształtuje się na poziomie 0,225 i jest to wartość większa od zakładanej stopy dyskontowej. Zgodnie z założeniem oznacza to, że projekt może zostać zrealizowany. Mimo pozytywnego wyniku wynikającego z analizy przed realizacją projektu firma powinna wziąć pod uwagę sytuację geopolityczną, kondycję finansową, ewentualne ryzyka oraz amortyzację urządzeń.

Przeprowadzona analiza uwzględnia funkcjonowanie jednego z oddziałów firmy. Nie jest to równoznaczne z tym, że pozostałe oddziały osiągają takie same wyniki. Wprowadzenie technologii RFID jest korzystne w analizowanym oddziale jednak przed podjęciem decyzji firma X powinna przeprowadzić analizę dla pozostałych oddziałów. Znaczącym ryzykiem, które może generować koszty, a nie zostało ujęte w analizie jest ryzyko utraty klientów poprzez konieczność dostosowania towarów do wymogów zastosowania technologii.

Analizę opłacalności należy prowadzić przez cały czas wprowadzania zmian w celu sprawdzenia czy projekt jest nadal opłacalny.

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W pracy przeprowadzono analizę i ocenę funkcjonowania dwóch procesów magazynowych na przykładzie przedsiębiorstwa. Stanowiły one podstawę opracowania modelu doskonalenia procesów magazynowych w badanym przedsiębiorstwie.

Stwierdzono, że głównymi problemami w badanym przedsiębiorstwie są: czas oczekiwania na przyjęcie towarów do magazynu, czas trwania procesu przyjęcia, uszkodzenia oraz gubienie towarów oraz nie spełnianie wymogów bezpieczeństwa podczas składowania. W wyniku przeprowadzonych badań zaproponowano następujące propozycje rozwiązań:

- utworzenie dodatkowego kanału obsługi, zmiana podziału obowiązków w procesie przyjęcia towarów do magazynu oraz częstsza i dokładniejsza kontrola;

- wprowadzenie technologii RFID oraz zmianę technologii składowania w celu poprawy bezpieczeństwa w magazynie.

Opracowany model oraz metodyka oceny jest oryginalna i uniwersalna i można ją zastosować do oceny procesów magazynowania w innych przedsiębiorstwach.

## LITERATURA

1. Bolten, E. F. (1997). *Managing time and space in the modern warehouse*. New York. Amacom,
2. Brzeziński, M. (2015). *Inżynieria systemów logistycznych*. Warszawa. Wojskowa Akademia Techniczna.
3. Figurski, J. (2012). *Ekonomika logistyki. Gospodarka magazynowa. Część 3*. Warszawa. Wojskowa Akademia Techniczna.
4. Hompel, M., Schmidt, T. (2007). *Warehouse management*. Berlin. Springer.
5. Krzyżaniak, S., Niemczyk, A., Majewski, J., Andrzejczyk, P. (2014). *Organizacja i monitorowanie procesów magazynowych*. Poznań. Biblioteka Logistyka.
6. Reveillac, J. (2017). *Modeling and Simulation. Theory and fundamentals*. Londyn.
7. Twaróg, J. (2003). *Mierniki i wskaźniki logistyczne*. Poznań. Biblioteka Logistyka.
8. Ślaski, P., Waśniewski, T.R. (2016). Zastosowanie dronów do inwentaryzacji magazynów otwartych wielkopowierzchniowych. *Logistyka w XXI wieku, Wydawnictwo Społecznej Akademii Nauk*, 199-210.