

prof. dr hab. inż. Andrzej Szymonik

E-mail: andrzej.szymonik@p.lodz.pl; nr ORCID 0000-0002-7846-3959

Politechnika Łódzka, Wydział Zarządzania i Inżynierii Produkcji,

Katedra Zarządzania Produkcją i Logistyką

Wybrane problemy funkcjonowania magazynu — w teorii i praktyce

Selected problems of the warehouse operation — in theory and practice

W artykule opisano podstawowe powiązania pomiędzy magazynem, użytkownikiem i otoczeniem (środowiskiem). Dokonano analizy czynników (właściwości) wpływających na funkcjonowanie magazynu. Zaprezentowano również wybrane sterowalne wielkości magazynowe w dyskretnych chwilach czasowych, zwracając uwagę na analizę ilościowych mierników, w tym ryzyka, wykorzystywanych do oceny procesów logistycznych. Omówiono klasyfikację zagrożeń mających wpływ na funkcjonowanie gospodarki magazynowej. Zostały tu zaprezentowane funkcje losowe o znanych rozkładach prawdopodobieństwa, pozwalające określić podatność magazynu na powstanie sytuacji niebezpiecznych, a także wyniki badań empirycznych, przeprowadzonych w wybranych magazynach w kontekście przebiegu procesów magazynowych w warunkach rzeczywistych.

Słowa kluczowe:

magazyn, ryzyko, użytkownik, mierniki magazynowe, zagrożenia, bezpieczeństwo, podatność

The article describes the basic connections between the warehouse, the user and the environment. An analysis of factors (properties) influencing the functioning of the warehouse was made.

It presents selected controllable storage quantities at discrete time points, focusing on the analysis of quantitative measures, including risk used to assess logistic processes and contains a classification of threats affecting the functioning of warehouse management. This section presents random functions with known probability distributions allowing to determine the susceptibility of the warehouse to the occurrence of dangerous situations. The last chapter is the result of empirical research carried out in selected warehouses in the context of the course of warehouse processes under real conditions.

Key words:

warehouse, risk, user, storage indicator, threats, safety, vulnerability

Wstęp

Magazyn wraz z jego otoczeniem (użytkownikami i środowiskiem) jest systemem dynamicznym, sterowalnym. Posiada swoją strukturę, występują w nim różne elementy (podsystemy) i powiązania, których identyfikacja pozwala opisać te, które mają istotne znaczenie dla jego funkcjonowania. Analiza procesów zachodzących w magazynie dokonywana jest z uwzględnieniem działań całościowych i addytywnych, które są określone jako suma możliwości podsystemów. Ważnym zadaniem w analizie działań mających miejsce w magazynie jest sformułowanie celu, który pozwala realizować wcześniej zadane procedury logistyczne przy występujących zagrożeniach wywołanych działaniem człowieka lub przyrody.

Problem badawczy postawiono w formie pytania, czy dokonuje się pomiaru zdarzeń związanych z sytuacjami gospodarczymi występującymi w magazynie

i jego otoczeniu, dotyczących procesów zapewnienia towarów w kontekście użyteczności miejsca, czasu, ilości i jakości?

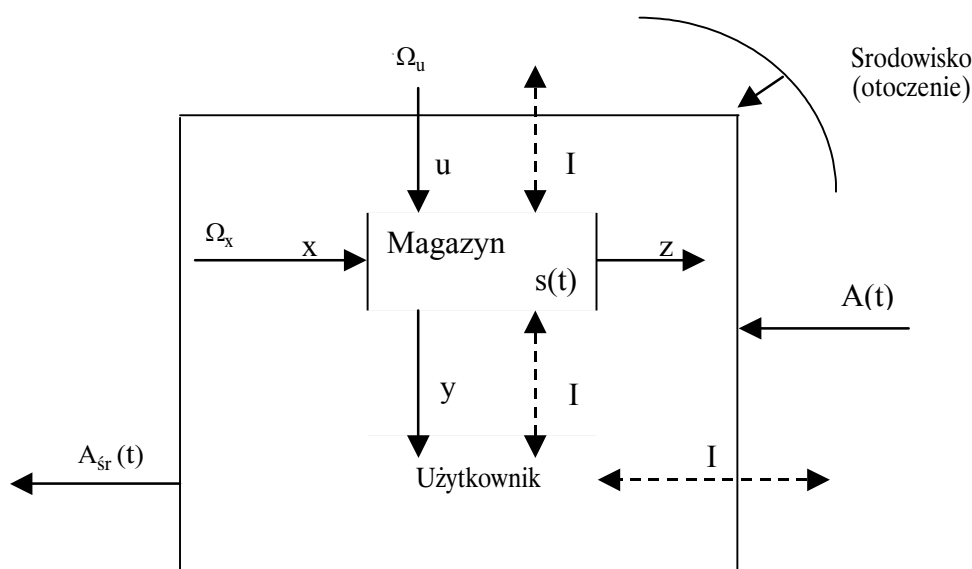
W celu jego zbadania wykorzystano techniki badawcze teoretyczne (analizę, syntezę, porównanie i uogólnienie) i empiryczne (badanie sądów i opinii z wykorzystaniem ankiety, która została wysłana do 21 magazynów krajowych i zagranicznych, oraz przeprowadzone rozmowy z trzema ekspertami).

Magazyn jako obiekt analizy

Przedmiotem zainteresowania jest wydzielona część rzeczywistości utworzona do realizacji określonych zadań, takich jak: utrzymanie zapasów, kompletowanie, konsolidowanie, dekonsolidowanie. Taką wydzieloną w praktyce część nazywamy magazynem,

Rysunek 1

Powiązania (relacje): magazyn, użytkownik, środowisko (otoczenie)



Źródło: opracowanie własne.

który ma służyć użytkownikowi (tj. klientowi indywidualnemu, hurtowni, centrum logistycznemu, przedsiębiorstwu usługowemu, produkcyjnemu itp.). Działania magazynu zaspokajają potrzeby użytkownika. Należy pamiętać, że magazyn jest obiektem rzeczywistym, w którym realizuje się czynności związane z procesami gospodarki magazynowej, przetwarzaniem energii, materii i informacji.

Ważnym elementem w funkcjonowaniu magazynu jest środowisko (otoczenie), w którym występuje on i użytkownik (rys. 1). Środowisko nie jest bezpośrednio związane z magazynem (nie wchodzi w jego strukturę), ale wpływa na zadania wykonywane przez użytkownika. Częściami ściśle związanymi z magazynem, użytkownikiem, otoczeniem są:

- Ω_u — źródło zapasów, z którego magazyn otrzymuje towary zgodnie z np. podpisanymi umowami;
- Ω_x — źródło zapasów (np. zwroty z produkcji, zwroty od klientów), dochodzących z otoczenia w sposób niezależny od magazynu;
- u — zapasy dochodzące do magazynu ze źródeł Ω_u ;
- x — zapasy dochodzące do magazynu ze źródeł Ω_x występujących w otoczeniu jako wielkości niezależne od magazynu;
- y — zapasy wychodzące z magazynu zgodnie z planem (np. zgodnie z harmonogramem produkcji czy podpisanymi umowami z odbiorcami);
- z — zapasy opuszczające magazyn niezgodnie z planem (np. ubytki, kradzieże);
- $s(t)$ — stan ilościowy zapasów w magazynie w czasie t ;
- informacje (I) dotyczące powiązań między elementami;

- $A(t)$ — zakłócenia wywołane zagrożeniami, które wpływają na wielkości $u, x, y, z, s(t)$ w czasie t ;

- $A_{sr}(t)$ — oddziaływanie (pozytywne — np. recykling, negatywne — np. brak gospodarki opakowaniami) na środowisko magazynu i użytkownika.

Procesy realizowane w magazynie ulegają ciągłym zmianom i przeobrażeniom. Efekt końcowy czasami nie ma przebiegu wcześniej ustalonego i zaplanowanego, ze względu na zmieniające się środowisko, w którym następuje przepływ strumienia rzeczowego i informacyjnego, co oznacza nieliniowy charakter zależności między atrybutami (cechami systemowymi).

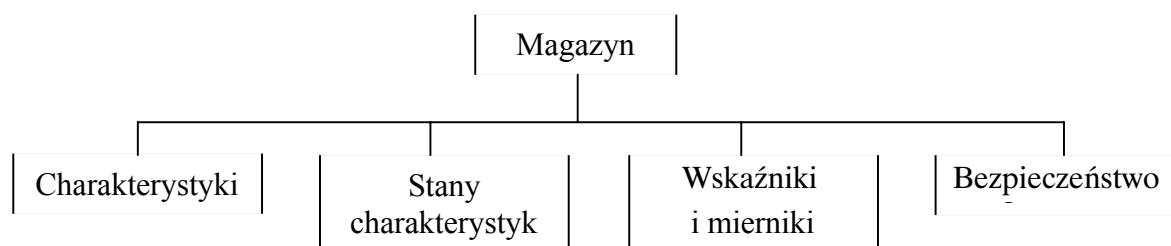
W strukturze magazynu można wyróżnić (Carvalho, Pereira, 2012, s. 1–4):

- infrastrukturę i procesy pozwalające realizować działania logistyczne związane z zapasami;
- użytkownika — czyli część rzeczywistości otaczającej obiekt (np. producent, hurtownia, importer, klient indywidualny);
- otoczenie (środowisko) — obiekt i użytkownik są powiązani relacjami z innymi elementami zewnętrznymi (np. elementy otoczenia krajowego i międzynarodowego), które wpływają na ich zachowanie (skuteczność realizowanych procesów magazynowych);
- relacje wewnętrzne i zewnętrzne — zdolność do zapewnienia funkcjonowania obiektu (procesów magazynowych) i użytkownika (np. przedsiębiorstwa) oraz „nawiązywania” kontaktów z otoczeniem (np. z rynkiem dostawców i odbiorców z wykorzystaniem Internetu) i wpływania na powstałe tam sytuacje.

Sprawność i skuteczność magazynu można zweryfikować poprzez specyfikację czterech wielkości (rys. 2).

Rysunek 2

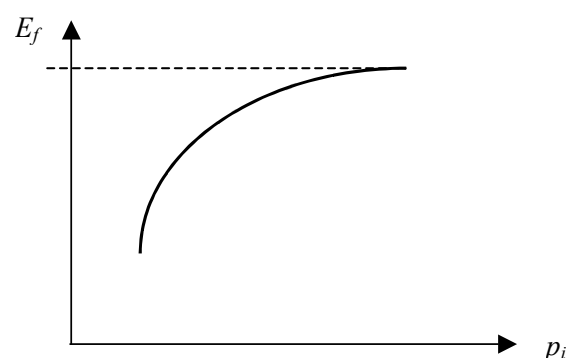
Czynniki wpływające na funkcjonowanie magazynu — ujęcie ogólne



Źródło: opracowanie własne.

1. Identyfikacja charakterystyk (cech, oznak), które pozwalają rozpoznać i opisać dane o magazynie, które są istotne z punktu widzenia realizacji zadań dla potencjalnego klienta (użytkownika). Zaliczamy do nich między innymi takie parametry jak: obszar działalności, rodzaj magazynu, jego znaczenie dla branży, sposób zarządzania zapasami, stopień wykorzystania technologii informatycznych (np. system WMS, sterowanie głosowe jak *voice picking*), dbałość o ekologię, konkurencyjność, wdrożone systemy jakościowe.
2. Stan charakterystyki, który najczęściej jest wielkością fizyczną, wyrażoną między innymi w postaci: prawdopodobieństwa zaistnienia zagrożenia¹, stopnia podatności² na zagrożenia, wskaźnika bezpieczeństwa, oceny ryzyka, racjonalności kosztów podatności³. Stan charakterystyk jest wypadkową wielu działań w poszczególnych procesach magazynowych.
3. Wskaźniki, które oceniają stopień przystosowania magazynu do wypełnienia procesów związanych z przyjmowaniem, składowaniem, kompletacją, wydawaniem, dokumentowaniem. Podstawą ich określenia ilościowego (jakościowego) są zbiory celów i zadań realizowanych przez magazyn oraz ustalone miary (punkty odniesienia, wskaźniki referencyjne — benchmarki) służące do oceny realizacji działań procesów logistycznych. Do najczęściej stosowanych wskaźników do oceny jakości funkcjonowania magazynu zalicza się efektywność gospodarowania E_f (stosunek efektu do nakładu lub różnica pomiędzy efektami a nakładami), która zależy od wielu parametrów p_i takich jak: skuteczność zarządzania, uatechnicznienie, odporność na zakłócenia. W takich obiektach jak magazyn obowiązuje prawo wykładniczego wzrostu efektywności przy zmianach wybranego parametru p_i (lub grupy parametrów przedstawiających określone właściwości p_i) — rys. 3.
4. Bezpieczeństwo (często określane jako podatność, stabilność) magazynu to:
 - jego zdolność do realizacji zadań przez użytkownika w sytuacji zagrożenia;

Rysunek 3

Zależność efektywności gospodarowania E_f od wybranego parametru p_i .

Źródło: opracowanie na podstawie: Gorskij, 1978, s. 87.

- zapewnienie zasobów (materii, energii i informacji) pozwalających na realizację procesów magazynowych w przypadku oddziaływań zdarzeń nieplanowych.

W kontekście bezpieczeństwa magazyny możemy podzielić na stabilne (odporne na zagrożenia) i niestabilne (niezdolne do realizacji procesów logistycznych). Podział ten jest wewnętrzną charakterystyką magazynu dotyczącą jego możliwości (lub nie), zachowania zdolności realizacji w nim procesów logistycznych.

Opis magazynu może dotyczyć trzech jego aspektów (Paszowski, 1999, s. 19):

- funkcjonowania rozumianego jako realizacja poszczególnych zadań w procesie magazynowym oraz osiąganie wyznaczonych celów;
- morfologii (struktury), czyli wewnętrznej budowy wszystkich składowych, powiązań pomiędzy nimi, właściwości itd. (np. połączenie systemu zarządzającego, wykonawczego i infrastruktury w jedną całość cyberfizyczną, która tworzy tzw. magazyn bezobsługowy);
- organizacji (procesów informacyjno-decyzyjnych), w tym ruchu informacji, współdziałania algorytmów sterowania (np. zintegrowany system infor-

matyczny wykorzystujący automatyczną identyfikację i bezobsługowe urządzenia do realizacji zamówień klienta).

Procesy zachodzące w magazynie wynikają z funkcjonowania łańcucha dostaw. Na zachodzące operacje mają wpływ nie tylko uczestnicy procesów, ale także organizacje z ich otoczenia. Ciągły postęp w dziedzinie technologii informatycznej umożliwia lepsze zarządzanie bezpieczeństwem w magazynie. Obecne rozwiązania techniczne pozwalają precyzyjnie śledzić przepływ dóbr w różnych etapach łańcucha dostaw. Koncepcja śledzenia (*traceability*) służy nie tylko do identyfikacji i selekcji materiału, ale także do gromadzenia informacji o różnych zdarzeniach zachodzących w poszczególnych etapach procesu. Zebrane dane są podstawą do przygotowania analizy zagrożeń, a w kolejnym kroku do wypracowania działań zapobiegawczych (Essig, Hülsmann, Kern, Klein-Schmeink, 2013, s. 172–173; Blecker, 2008, s. 195–196).

Magazyn ma wiele istotnych właściwości, funkcji takich jak:

- zdolność do stabilnych relacji, powiązań z otoczeniem (np. zaopatrywanie linii produkcyjnej w niezbędne komponenty, zgodnie z planem, reagowanie na zagrożenia oraz neutralizowanie ich w sytuacjach kryzysowych, takich jak powódzie czy pożary);
- zdolność do „nawiązywania kontaktów” z otoczeniem i wpływania na powstałe sytuacje (np. badanie rynku i prognozowanie popytu oraz podaży czy badanie potrzeb związanych z neutralizacją zagrożeń);
- zdolność powiązania magazynu relacjami zjawisk związanych z nim oraz otoczeniem (środowiskiem) identyfikującym określone procesy logistyczne mające wpływ na efektywność jego działań (np. pomiar zadowolenia klienta, skala reklamacji);
- skuteczność oddziaływania ma charakter energetyczny, materialny, informacyjny oraz abstrakcyjny (konceptualny);
- bezpieczeństwo rozumiane jako zdolność do ochrony wewnętrznych wartości przed zewnętrznymi zagrożeniami (jest to podatność magazynu).

Sterowalne mierniki magazynowe w dyskretnych chwilach czasowych

Jednym z podstawowych zadań związanych z magazynem jest możliwość odbioru z niego towarów. Proces należy zaprojektować tak, by zapewnił on odbiór właściwego produktu, w określonej ilości i w wyznaczonym czasie (Richards, 2018, s. 44).

Ruch zasobów można opisywać w dyskretnych chwilach czasowych. Oznacza to, że przyjmowanie towaru (zapasu) do magazynu i jego wydawanie jest

interpretowane jako „porcja” w dyskretnych chwilach czasu. Organ sterowania magazynu (komórka zarządzająca) zamawia w wybranym źródle Ω_u porcję towaru u_j^o , w określonej chwili t_j^o . Realizacja tego zamówienia, tj. odbiór towaru u_j może odbiegać od u_j^o w takich parametrach jak ilość, jakość i chwila czasu t_j , na skutek działań nieplanowych (zagrożeń — $A(t)$). Ciąg porcji występujących w kolejnych chwilach czasu tworzy strumień towarów, które oznaczamy symbolem $\{u_j\}$, gdzie $j = 1, 2, \dots$.

Podobnie jak strumień towarów pobieranych ze źródła Ω_u , opisuje się strumień towarów porcji wejściowych $\{x_i\}$, x_i opis porcji wejściowej występującej w chwili t_i .

Wydawane z magazynu towary są w postaci porcji y_k oraz z_l w chwilach odpowiednio t_k i t_l . Realizacja wydawania towaru może odbiegać od zadanych charakterystyk (ilość, czas, jakość) na skutek sytuacji spowodowanych pojawiającymi się zagrożeniami (sytuacjami nieplanowanymi).

Przedziały czasowe, w których realizowane są procesy przyjmowania, wydawania w magazynie, tzn. t_j , t_i , t_k , t_l , mogą być niezależne od siebie (najczęściej związane jest to z: ustaleniem wielkości i czasu zamówienia; czasem i ilością odnawiania zapasów, wybraną metodą sterowania zapasami, np. analiza ABC, metodą optymalnej wielkości zamówienia). Często wyznacza się w magazynie chwile czasu występowania porcji materiałowych, które mogą być ciągłe (np. bezpośrednio z linii produkcyjnej) lub dyskretnie — dostarczone ze źródła zewnętrznego (np. stała wielkość lub czas zamówienia towaru).

W sytuacji gdy czas funkcjonowania magazynu T podzielimy na K etapów i założymy, że porcje towarów występujące w t -tym etapie odniesiemy do chwili początkowej, to możemy końcowy stan zapasów zapisać:

$$s(t) = s(t-1) + u(t-1) + x(t-1) - y(t-1) - z(t-1) \quad (1)$$

gdzie:

$t = 1, 2, 3, \dots, K$;

$s(t)$ — stan ilości towarów w magazynie w chwili t ;

$u(t)$, $x(t)$ — porcja towaru dostarczania do magazynu w chwili t (za cały t -ty etap);

$y(t)$, $z(t)$ — porcja towaru wychodząca z magazynu w chwili t (za cały t -ty etap).

Zamówienia na zapasy z magazynu, wpływające od klienta, oznaczamy symbolem $y^0(t)$, a strumień zamówień przez $\{y^0(t)\}$, gdzie $t = 1, 2, 3, \dots, K$.

Zadanie magazynu może być sformułowane w postaci warunku:

$$y(t) = y^0(t), \quad t = 1, 2, 3, \dots, K. \quad (2)$$

Miarą służącą do oceny działania magazynu może być funkcja Φ :

$$\Phi = \sum_{t=1}^K [g(t, s(t)) + h(t, y(t), y^0(t))] \quad (3)$$

gdzie:

$g(t, s(t))$ — koszt związany z przechowywaniem towarów (zapasów) w etapie t ;

$h(t, y(t), y^0(t))$ — miara służąca do oceny realizacji zadania w etapie t , określająca stany wynikające z nierealizowania warunku zadania.

Realizacja zadania z minimalnymi stratami Φ zależy również od $A(t)$, które są silnie związane z działaniami niepożądanymi. $A(t)$, mające wpływ na wielkości: $\Omega_x, \Omega_u, u, x, y, z, s(t)$, w określonym czasie funkcjonowania magazynu T , możemy podzielić je na:

- związane z zachowaniem człowieka (działania: celowe, np. sabotaż, niezadowoleni pracownicy, lub niecelowe, np. niedbalstwo, ignorancja);
- niezwiązane z postępowaniem człowieka (np. zawodność automatycznej identyfikacji, systemów informatycznych, infrastruktury); katastrofy naturalne (np. pożary, powodzie).

Ryzyko w magazynie

Wszystkie działania w magazynie w sferze zarówno planowania, jak i realnej są obciążone ryzykiem, które może być wywołane pojawiającymi się niebezpieczeństwem (zagrożeniami) bądź zakłóceniami.

Wartość ryzyka (R) zależy od: prawdopodobieństwa określającego możliwość pojawienia się zagrożenia (P), podatności — odporności na zakłócenia wywołane zagrożeniami (P_0), częstotliwości wystąpienia zagrożeń (C), wartości możliwych strat (S), współczynnika ekspozycji określającego stopień, w jakim magazyn jest ważny z punktu widzenia wystąpienia zagrożenia (E). R — w magazynie możemy zapisać jako (Sienkiewicz, Świeboda, 2015, s. 41; Zaskórski, 2015, s. 449):

$$R = P \times P_0 \times C \times S \times E \quad (4)$$

Istotnymi czynnikami wpływającymi na ryzyko są zagrożenia i dlatego konieczne jest przewidywanie ich wystąpienia na podstawie danych historycznych oraz ich wykrywanie (monitorowanie) i identyfikacja, podejmowanie adekwatnych działań związanych z odbudową.

Utrzymanie podatności magazynu na poziomie akceptowalnym, z uwzględnieniem ryzyka, wymaga poniesienia kosztów K_r na wypadek zaistnienia zagrożenia. W tej ocenie pomocny jest wzór (Fine, <http://www.wipos.p.lodz.pl>, 05.01.2019):

$$K_r = (P \times P_0 \times C \times S \times E) / (K_0 \times S_k) \quad (5)$$

gdzie:

K_0 — szacunkowe koszty działań związane z podatnością;

S_k — stopień korekty eliminujący lub zmniejszający ryzyko powstawania zagrożeń (szacowane na bazie doświadczeń lub danych historycznych), pozostałe symbole jak we wzorze 4.

K_r — ściśle związane jest z takimi działaniami w magazynie jak:

- określenie najbardziej prawdopodobnych skutków wystąpienia zagrożenia;
- ustalenie listy sekwencji zdarzeń krok po kroku, które mogą spowodować straty;
- zdecydowanie, jakie działania podatności (naprawcze) będą najodpowiedniejsze i oszacowanie ich wstępnego kosztu;
- dokładne rozważenie skutków proponowanych działań związanych z podatnością w stosunku do zagrożenia i oszacowanie, w jakim stopniu wpłyną na zmniejszenie wystąpienia niebezpiecznej sytuacji;
- określenie częstotliwości występowania zagrożenia wpływającego na funkcjonowanie magazynu.

Zagrożenia w kontekście bezpieczeństwa magazynów

Wszystkie działania w magazynach (gospodarce magazynowej) — zarówno w sferze planowania, jak i realnej — są obciążone ryzykiem, które może być wywołane pojawiającym się niebezpieczeństwem (zagrożeniami) bądź zakłóceniami.

Niezwykle pomocna w ocenie „szkodliwości” zagrożeń dla bezpieczeństwa gospodarki magazynowej jest ich pełna identyfikacja poprzez ich podział (klasyfikację) z uwzględnieniem miejsca zagrożenia, czasu jego trwania, własności fizycznych, zasięgu.

Zakłócenia te można podzielić ze względu na (Sienkiewicz, 2007, s. 254):

1) miejsce zagrożenia — podsystem:

- zarządzania (np. nie w pełni realizowane funkcje planowania, organizacji, motywowania, kontroli, nieefektywny sposób likwidacji marnotrawstwa, brak pełnej identyfikacji i skutków zagrożeń, przeszacowanie możliwości, niewłaściwa interpretacja wyników, brak narzędzi do optymalizacji i symulacji działań, nieuwzględnienie rosnących cen energii i transportu oraz niskie bezrobocie wpływające bezpośrednio na wyższe koszty płac, niespodziane upadłości usługodawców logistycznych, brak kontroli nad pracownikami, którzy postępują nieetycznie, dopuszczając się defraudacji mienia lub innych nadużyć, między innymi przy wyborze dostawcy, zły system kontroli poziomu zapasów, nietrafiony model prognozowania popytu, podaży, niedopasowany do potrzeb system WMS),

- zaopatrzenia (np. wydłużone, nieoptymalne i absorbujące nadmiernie kadrę kierowniczą procedury przetargowe i zakupowe, niespójne kryteria wyboru dostawcy, wybór dostawcy jedynie na podstawie najniższej ceny, nieterminowość procesu zakupowego, zła jakość, cena, ilość, niewłaściwy asortyment, przekupstwo, łapownictwo, brak możliwości pozyskania odpowiednich opakowań, brak buforowego zapasu),
- infrastruktury (np. nieodpowiednia konstrukcja budynku, złe wyznaczenie liczby stanowisk przeładunkowych oraz ich parametrów, niedopasowana liczba środków transportu wewnętrznego, nieodpowiednie powierzchnie przeznaczone do procesów magazynowych, niedopasowane układnice magazynowe),
- transportu wewnętrznego (np. nieodpowiednie urządzenia, niewłaściwe formowanie jednostki ładunkowej, zniszczenia, ubytki, kradzieże zasobów, brak dostępności fachowego personelu, przerwy produkcyjne, awarie, pożary, powódzie, katastrofy, sfalszowanie produktu),
- dystrybucji (np. zignorowanie nowych produktów, nowych producentów, kradzieże, warunki atmosferyczne, zła jakość wyrobów gotowych, kryzys gospodarczy, lekceważenie zarządzania relacjami z klientem i przepływem wyrobów w łańcuchu dostaw),
- transportu (np. zakłócenia spowodowane pożarami, eksplozją, wypadkiem środka transportu, zmiennymi warunkami atmosferycznymi, niesprawny środek transportu, nieprzystosowany transport wewnętrzny, zmiany przepisów w gestii transportowej, kradzieże, katastrofy),
- kształtowania zapasów (np. kradzieże, straty w wyniku ponadnormatywnych zapasów, pożary, powódzie, katastrofy budowlane, awarie sieci energetycznej i systemu informatycznego, uszkodzenie systemu automatycznej identyfikacji),
- obsługi opakowań (np. zniszczenie wyrobów w transporcie na skutek złego doboru opakowań, niedostarczenie opakowań na czas na skutek złych warunków klimatycznych, zagubienie opakowań, zanieczyszczenie środowiska),
- obsługi zamówień klienta (np. zakłócenia spowodowane brakiem zapasów, błędnymi zamówieniami i fakturami, brakiem możliwości zlokalizowania produktu, nieterminowością, a także uszkodzone wyroby dostarczone do klienta, brak reakcji na reklamacje i opóźnienia, pożary, kradzieże, zniszczenia, brak Internetu / sieci komputerowej),
- informacyjny (np. utrata poufności, integralności oraz możliwości dysponowania, naturalne zagrożenia jak pożary, zakłócenia klimatyczne, elektrostatyka, ataki bierne i aktywne, przypadkowe błędy);

2) czas trwania:

- krótkotrwałe, sporadyczne,
- długotrwałe, narastające,
- powtarzające się, cykliczne;

3) własności fizykalne:

- materialne (np. wprowadzenie składnika powodującego tzw. bioterroryzm, zła jakość magazynowania wynikająca np. z różnorodności stosowanych systemów jakości w tej samej branży, np. HACCP, BRC, IFS, SQF — międzynarodowe normy (systemy bezpieczeństwa) żywności),
- informacyjne (np. uszkodzenia systemu informatycznego, automatycznej identyfikacji, nieprawdziwe dane o produkcji na opakowaniach),
- energetyczne (np. gazowe, paliwowe),
- niematerialne (np. kryzys finansowy, polityczny, społeczny);

4) zasięg:

- lokalny dotyczący logistyki danego magazynu, będącego np. pojedynczym ogniwem łańcucha dostaw,
- rozległy — wzdłuż całego łańcucha dostaw — w wymiarze lokalnym lub globalnym,
- rozprzestrzeniający się (np. na skutek dostawy zatrutej żywności),
- nierozprzestrzeniający się (np. wskutek zatrzymania wysyłki wadliwych produktów do masowych odbiorców).

Ciekawą typologię zagrożeń bezpieczeństwa, którą można wykorzystać w gospodarce magazynowej, zaprezentował P. Sienkiewicz w artykule *Teoria i inżynieria bezpieczeństwa systemów* (Sienkiewicz, 2015, s. 9).

Zaprezentowane podziały zakłóceń pokazują szerokie spektrum i wieloaspektowość niekorzystnych działań, jakie mogą wystąpić w funkcjonowaniu procesów magazynowych. Z punktu widzenia funkcji i poziomów zarządzania zakłócenia mogą wynikać np. z:

- niewłaściwych założeń na potrzeby planowania strategicznego, niewłaściwej oceny opcji strategicznych;
- utraty reputacji i odpowiedzialności społecznej przez zdarzenia wywołujące długotrwałą krytykę ze strony rządu lub ze strony mediów międzynarodowych;
- nieodpowiednich lub zawodnych procesów wewnętrznych, stosowanych technologii produkcji, magazynowania i dystrybucji, działań pracowników, niewłaściwie funkcjonujących procesów;
- zewnętrznych, nieprzewidywalnych działań klientów, dostawców, konkurentów, nowych uczestników rynku, usług substytucyjnych, a także ze zmian w otoczeniu zewnętrznym;
- złych relacji z interesariuszami oraz wynikających z niewłaściwej struktury organizacyjnej systemu delegowania uprawnień i odpowiedzialności oraz braku lub niewłaściwych zasad postępowania pra-

cowników i kierowników komórek organizacyjnych;

- niezgodności z przepisami prawa powszechnie obowiązującego regulacji wewnętrznych oraz ze zobowiązań umownych;
- nieodpowiedniego poziomu bezpieczeństwa fizycznego aktywów i osób;
- nieodpowiedniego przygotowania zasobów teleinformatycznych (nieaktualne i przestarzałe technologie teleinformatyczne, niespójna strategia teleinformatyczna, zakłócenia w funkcjonowaniu infrastruktury teleinformatycznej);
- nieprzestrzegania przepisów bhp;
- nieodpowiedniej eksploatacji transportu wewnętrznego i innych urządzeń będących na wyposażeniu magazynu (klimatyzacji, urządzeń pomiarowych, sprzętu ppoż. itp.);
- funkcjonowania środowiska naturalnego — trwałe, poważne zniszczenie środowiska; utrata użyteczności komercyjnej, rekreacyjnej czy konserwatorskiej skutkująca dużymi konsekwencjami finansowymi dla uczestników łańcucha dostaw, w tym magazynu.

Po zidentyfikowaniu zagrożeń (sytuacji nieplanowych) konieczne jest określenie bezpieczeństwa magazynu, czyli jego podatności na powstanie sytuacji niebezpiecznych. Można to wykonać poprzez identyfikację warstwowego systemu zabezpieczenia przed zagrożeniami.

Pomocne w takiej sytuacji są funkcje losowe (F i G) o znanych rozkładach prawdopodobieństwa, uwzględniające zagrożenia $A(t)$ pochodzące z otoczenia magazynu i jego podatności⁴ na zagrożenia $B(t)$ (Sienkiewicz, 2015, s. 14):

$$F(a, t) = \Pr\{A(t) < a\}, a \geq 0, \quad (5)$$

gdzie:

a — zagrożenie magazynu;

$$G(b, t) = \Pr\{B(t) < b\}, b \geq 0, \quad (7)$$

gdzie:

b — podatność magazynu na zagrożenia;

$t \in T$.

Uogólnionym wskaźnikiem bezpieczeństwa magazynu $\beta(t)$ może być prawdopodobieństwo (P_r), że zagrożenia nie przekroczą pewnego krytycznego (dopuszczalnego) poziomu $a_0 \geq 0$, i podatność magazynu będzie większa od pewnej wartości granicznej b_0 , czyli

$$\beta(t) \equiv \beta(a_0, b_0) = \Pr\{A(t) \leq a_0, B(t) > b_0\} \quad (8)$$

co przy założeniu statystycznej niezależności rozpatrywanych wielkości prowadzi do wskaźnika oceny bezpieczeństwa magazynu:

$$\beta(t) = F(a_0, t) [1 - G(b_0, t)]$$

Przyjmując pożądany poziom bezpieczeństwa magazynu jako $\beta(t) > 0$, można stwierdzić, że w czasie T jest on bezpieczny (β_0), jeżeli w każdej chwili $t \in T$ spełniony jest warunek:

$$\beta(t) \geq \beta_0$$

W analizach bezpieczeństwa obiektów magazynowych stosowane są pewne uproszczone procedury, które sprowadzają się do wyznaczenia prawdopodobieństwa „zniszczenia”:

$$P = P(P_0 \leq P_d), P_d \equiv A(t), P_0 \equiv B(t) \quad (9)$$

czyli prawdopodobieństwo zdarzenia, że uogólniona podatność P_0 nie jest większa od uogólnionego zagrożenia P_d .

Magazyn w praktyce

Magazyn, jak każde przedsiębiorstwo, wymaga ciągłego doskonalenia oraz zmian zachodzących w nim procesów logistycznych. Mogą one być realizowane na dwa sposoby: pierwszy — kosztowny, z natychmiastowo widocznym rezultatem (dotyczy to przede wszystkim nowych projektów oraz dużych zmian w procesach), a drugi — poprzez drobne zmiany, często niewymagające dodatkowych nakładów, a przyczyniające się do oszczędności zasobów magazynu (dotyczą one już istniejących rezultatów). Wybór drogi zależy bezpośrednio od przyjętej strategii i zasobów.

Doskonalenie przepływu strumienia rzeczowego i informacji w magazynie jest ściśle związane z dokładną identyfikacją, analizą, oceną takich wielkości jak: charakterystyki, stan charakterystyk, wskaźniki i bezpieczeństwo (patrz rys. 2).

W tym celu, w warunkach rzeczywistych, pozwalających jednocześnie zbadać problem badawczy, postawiony w formie pytania: *czy procesy występujące w magazynie, które przyczyniają się do jego bezpieczeństwa, są oceniane i analizowane*, opracowano ankietę i skierowano ją do osób odpowiedzialnych za gospodarkę magazynową. Odpowiedzi otrzymano z 21 magazynów, w których było:

- 4 mikro, 8 małych, 7 średnich, 2 duże;
- 19 prywatnych, 2 państwowe;
- 9 krajowych, 12 z kapitałem obcym;
- ze stażem: do 10 lat — 7, w przedziale 11–20 lat — 7, od 21–30 lat — 5, powyżej 30 lat — 2.

Dodatkowo przeprowadzono wywiad z ekspertami, skupiając uwagę na pytaniach trudnych, wymagających dodatkowych objaśnień.

Pytania w ankiecie zostały podzielone na cztery grupy: pierwsza — organizacja i zarządzanie (6 pytań), druga — koszty (4 pytania), trzecia — bezpieczeństwo, podatność (6 pytań), czwarta — innowacje, przyszłość (4 pytania).

Organizacja, zarządzanie

Wnioski otrzymane z tej części ankiety są następujące.

- Respondenci wysoko ocenili, na poziomie 90%, działania dotyczące:
 - stosowania dodatkowych, niewymaganych prawem norm i standardów dotyczących funkcjonowania w nim procesów logistycznych;
 - funkcjonowania automatycznej identyfikacji procesów logistycznych (kody kreskowe, skanery);
 - wykorzystania systemów informatycznych pozwalających w czasie rzeczywistym monitorować stany magazynowe (porcje wejściowe i wyjściowe).
- Nieco niżej zostały ocenione procesy związane z:
 - współpracą magazynu z dostawcami i odbiorcami w kontekście zaufania, partnerstwa — tylko 14% respondentów jest na TAK (jest to problem powszechnie znany, ale w praktyce nieidentyfikowany i nieanalizowany — wpływa na niższą efektywność procesów);
 - pełnym wdrożeniem dokumentacji magazynowej w wersji elektronicznej z dostawcami i odbiorcami — w 86% jest na NIE (różne standardy w identyfikacji, niekompatybilne systemy informatyczne).
- Respondenci na pytanie, czy w najbliższym czasie w magazynie planuje się wdrożenie dodatkowych norm/standardów nie są jednomyślni (43% na TAK, 57% na NIE) w swoich opiniach. Jak wskazują badania, menadżerowie kierują się przede wszystkim rachunkiem ekonomicznym i prognozami rozwoju firmy w kontekście wdrażania przyszłościowych norm/standardów. Systemy jakościowe są u większości operatorów logistycznych wdrożone, a dodatkowe certyfikaty/standardy są najczęściej implementowane w związku z wymaganiami nowego klienta.

Koszty

W tym obszarze nasuwa się wniosek, że problem kosztów jest istotny, ważny, jako że jest to jeden z czynników decydujących o kondycji magazynu i jego pozycji na rynku. Brak odpowiedniej kontroli kosztów pociąga za sobą brak możliwości przygotowania konkurencyjnej oferty dla klienta. Analiza kosztów w magazynach realizowana jest w określonych, dyskretnych odstępach czasowych, z uwzględnieniem strat wewnętrznych i zewnętrznych.

W analizie kosztów zastanawia fakt, że aż 90% respondentów odpowiedziało, że analizuje się straty w określonych odstępach, wynikających z niezrealizowanych zamówień (zadań) w aspekcie renomy magazynu i jego pozycji na rynku. Bliższa ocena faktu w czasie rozmowy z ekspertami pokazała, że wielu respondentów mówiło o potrzebie oceny takich kosztów bez głębszej analizy (brak udokumentowania takich działań).

Bezpieczeństwo (podatność)

Zagadnienie bezpieczeństwa scharakteryzowane w poprzednich obszarach wskazuje na brak zainteresowania nim.

Świadczą o tym otrzymane wyniki. I tak w granicach 80–90% na NIE odpowiedziano na pytania:

- czy identyfikuje się podatność (zdolność, elastyczność) magazynu do funkcjonowania w sytuacji zagrożeń (sytuacji nieplanowych),
 - czy analizuje się krytyczny wskaźnik bezpieczeństwa (porównanie kosztów zabezpieczeń do potencjalnych strat) magazynu,
 - czy przeprowadzana jest analiza ryzyka dla funkcjonowania magazynu,
 - czy koszty ryzyka związane z utrzymaniem podatności (zdolności, elastyczności) magazynu na poziomie akceptowalnym na wypadek zaistnienia zagrożenia zostały zidentyfikowane i oszacowane,
 - czy ocenia się podatność (zdolność, elastyczność) magazynu do funkcjonowania w sytuacji zagrożeń (sytuacji nieplanowych).
- Nieco lepiej oceniono dwa problemy:
- czy identyfikuje się zagrożenia (sytuacje nieplanowe) wewnętrzne, wpływające na bezpieczeństwo magazynu,
 - czy identyfikuje się zagrożenia (sytuacje nieplanowe) zewnętrzne, wpływające na bezpieczeństwo magazynu.
- Na NIE było około 60% respondentów.

Ta niekorzystna sytuacja w naszych firmach (nie tylko w magazynach) trwa już od kilku lat, czego dowodem są dane opublikowane w moich badaniach (Szymonik, 2016, s. 316–318).

Analiza tego obszaru pokazuje, że nie wszystkie magazyny mają wdrożone procedury dotyczące zarządzania bezpieczeństwem, a tym samym nie są w stanie zapewnić bezpiecznej i niezawodnej realizacji zadań w zakresie gospodarki magazynowej. Wiele magazynów nie identyfikuje i analizuje między innymi: struktury kosztów (strat), ryzyka, krytycznego wskaźnika bezpieczeństwa. Jest to dowodem na to, że kierownictwo jest przekonane, iż procesy realizowane będą bez zakłóceń i zagrożeń, które mogą być spowodowane przez człowieka (w sposób celowy lub nie) lub klimat.

Innowacje (przyszłość)

Analiza odpowiedzi na cztery pytania pozwala sformułować dwa wnioski.

1. Jest dobrym trendem, że poszukuje się nowych rozwiązań w gospodarce magazynowej w obszarze procesów, infrastruktury, produktów, organizacji. Tylko ciągle doskonalenie (kaizen) sprzyja obniżaniu kosztów, umacnia pozycję wśród konkurencji, sprzyja dbałości o pracownika, interesariusza, klienta i środowisko. Problem ten na TAK oceniło ponad 80%.

2. Nie jest zadawalający fakt niskiego poziomu zainteresowania przyszłościowymi instrumentami i narzędziami usprawniającymi procesy magazynowe.

Potwierdzeniem wniosków są odpowiedzi na NIE na trzy pytania:

- a) czy wdrożony jest e-handel w magazynach z wykorzystaniem katalogów elektronicznych zalecanych przez GS1 (62%),
- b) czy wdraża się roboty i manipulatory najnowszej generacji w magazynach (71%),
- c) czy w ciągu najbliższych lat (w przedziale 5-10) planuje się dostosowywać wyposażenie magazynów do wymogów Przemysłu 4.0 (90%).

Takie wyniki są spowodowane tym, że współczesnie zarówno automatyzacja, jak i robotyzacja są stosunkowo kosztowne w porównaniu do siły roboczej. Należy jednak pamiętać, że na rynku zaczyna brakować ludzi w wieku produkcyjnym, szkolnictwo zawodowe praktycznie nie istnieje, a w niedługiej perspektywie nastąpi niż demograficzny. To wszystko wymusza wykorzystanie robotów przemysłowych, które posiadają możliwość programowania oraz zdolność do wykonywania różnorodnych ruchów manipulacyjnych w celu ułatwienia lub odciążenia człowieka od wykonywania trudnych, uciążliwych i monotonicznych zadań w magazynach.

Podsumowanie badań

Wykorzystując wyniki badań w celu udzielenia odpowiedzi na problem badawczy, postawiony w formie pytania, czy dokonuje się pomiaru zdarzeń związanych ze zdarzeniami gospodarczymi występującymi w magazynie i jego otoczeniu, dotyczących

procesów zapewnienia towarów w kontekście użyteczności miejsca, czasu, ilości i jakości), jednoznacznie należy stwierdzić, że menadżerowie są zainteresowani doskonaleniem procesów magazynowych z wykorzystaniem mierników i wskaźników. Wyniki badań zgrupowane w czterech obszarach pokazały mocne i słabe strony dotyczące zarządzania procesami logistycznymi w magazynach. Lepiej ocenione są obszary dotyczące organizacji, zarządzania kosztami, słabiej — bezpieczeństwa i innowacji.

Zakończenie

Magazyn jest systemem rzeczywistym, który realizuje procesy zaspokajające potrzeby użytkownika poprzez wykorzystanie energii, materii, a także informacji. Nie funkcjonuje on w próżni, jest ogniwem w łańcuchu dostaw, w którym następuje przepływ strumienia rzeczowego i towarzyszących informacji. Tylko systemowa analiza czynników (charakterystyki, stany charakterystyk, wskaźniki i mierniki, bezpieczeństwo) w dyskretnych chwilach czasowych wpływających na funkcjonowanie magazynu pozwalają doskonalić procesy logistyczne. Należy zaznaczyć, że zarządzanie magazynem zależy od niego samego, ale również od otoczenia zewnętrznego. Do czynników zewnętrznych możemy zaliczyć między innymi różne podejście do automatyzacji, które jest ściśle związane stosunkiem kosztów związanych z robotyzacją a kosztami osobowymi. Szczególnie — jak pokazała praktyka — te ostatnie należy brać pod uwagę ze względu na niskie bezrobocie, niekorzystną demografię i wymagania klientów.

Przypisy

¹ Zagrożenie — każdy stan niebezpieczny lub związany z potencjalnym źródłem sytuacji nieplanowych.

² Podatność — zdolność do funkcjonowania w danym stanie, do utrzymania lub odtworzenia w danych warunkach eksploatacji stanu, w którym może on wypełnić wymagane parametry (funkcje), przy założeniu, że zarządzanie nim jest przeprowadzone w ustalonych warunkach z zachowaniem ustalonych procedur i środków. Por. NO-06-A102, Uzbrojenie i sprzęt wojskowy. Ogólne wymagania techniczne, metody kontroli i badań. Wymagania niezawodnościowe, Dz.Urz. MON 2005/7, poz. 55, s. 6.

³ Racjonalność kosztów związanych z podatnością — analiza i udzielenie odpowiedzi na pytanie: czy koszty utrzymania pożądanego poziomu bezpieczeństwa magazynu są uzasadnione.

⁴ Podatność zawiera działania związane z: zapobieganiem (działania uprzedzające, eliminujące możliwość powstania zagrożenia), planowaniem (określenie kto, co i kiedy będzie robił, za pomocą jakich zasobów), reagowaniem (występuje po nastąpieniu zagrożenia), odbudową (kontynuuje się, aż wszystkie systemy, procesy wrócą do stanu poprzedniego albo lepszego niż poprzedni).

Bibliografia

- Blecker, T. (2008). *RFID in Operations and Supply Chain Management: Research and Applications*. Berlin: Erich Schmidt Verlag.
- Carvalho, M. S., Pereira, G. A. B. (2012). *Warehouse Design and Product Assignment and Allocation: a mathematical programming model*. Braga.
- Cyruł, T. (2008). Uwagi o czynnikach efektywnego sterowania ryzykiem. *Prace Instytutu Mechaniki Górotworu PAN*, (1–4), 131–140.
- Essig, M., Hülsmann, M., Kern, E. M., Klein-Schmeink, S. (2013). *Supply Chain Safety Management: Security and Robustness in Logistics*. Berlin: Springer, <https://doi.org/10.1007/978-3-642-32021-7>.
- Gorski, J. M. (1978). *Informacyjne aspekty uprawiania i modelowania*. Nauka.
- Nie-bezpieczny świat Systemy Informacja Bezpieczeństwo. AON, Warszawa 2015.
- Paszkowski, S. (1999). *Podstawy teorii systemów i analizy systemowej*. Warszawa: Wojskowa Akademia Techniczna.
- Richards, G. (2018). *Warehouse Management: A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse*. New York: Kogan Page.
- Sienkiewicz, P. (2015). Teoria i inżynieria bezpieczeństwa systemów. W: P. Sienkiewicz (red.), *Inżynieria systemów bezpieczeństwa*. Warszawa: PWN.
- Szymonik, A. (2016). *Zarządzanie bezpieczeństwem gospodarczym w systemie bezpieczeństwa narodowego. Aspekty logistyczne*. Łódź: Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej.
- Thomas, A. R., Vaduva, S. (2015). *Global Supply Chain Security: Emerging Topics in Research, Practice and Policy*. New York: Springer.
- Zaskórski P. (2015). Informacyjna ciągłość działania determinanta bezpieczeństwa organizacji. W: *Niebezpieczny świat. Systemy, informacja, bezpieczeństwo*. Warszawa. Wydawnictwo AON