

Ewa MARDEUSZ\*

DOI: [https://doi.org/JoT2021\\_01](https://doi.org/JoT2021_01)

## EKOLOGICZNE ROZWIĄZANIA W MAGAZYNACH

**Słowa kluczowe:** *zielona logistyka, zielone magazyny, odzysk ciepła, destryfikatory powietrza, diody elektroluminescencyjne, automatyzacja magazynu*

W poniższym artykule przedstawiona została koncepcja zielonej logistyki ze zwróceniem szczególnej uwagi na obszary magazynowe. Wyodrębniono podstawowe informacje z zakresu certyfikacji zielonych magazynów. Głównym celem pracy było scharakteryzowanie wybranych rozwiązań ekologicznych stosowanych we współczesnych magazynach. Wymienione zostały systemy, których działanie koncentruje się na odzysku ciepła. Ponadto opisano zalety destryfikatorów powietrza, diod elektroluminescencyjnych oraz automatyzacji magazynu jako skuteczne narzędzia ekologiczne.

### 1. WSTĘP

Wprowadzanie w życie kolejnych aktów prawnych wymagających zastosowania rozwiązań korzystniejszych dla środowiska wymusiło na przedsiębiorcach poszukiwanie alternatywnych metod działania w obszarze szeroko rozumianej logistyki.

W ostatniej dekadzie zaobserwowano dynamiczną popularyzację rozwiązań bazujących na odzysku i wykorzystaniu naturalnych źródeł energetycznych. Koncepcje te znalazły zastosowanie nie tylko w obszarach produkcyjnych i transportowych. Magazyny jako element struktury logistycznej wraz upływem lat także rozpoczęły wprowadzanie rozwiązań koncentrujących się na realizacji założeń polityki zrównoważonego rozwoju.

Obecnie eko-inowacyjność może być rozpatrywana jako czynniki skorelowane z gwarantem osiągnięcia sukcesu przez organizacje. Coraz więcej inwestorów jest zainteresowanych rozwiązaniami proekologicznymi, których celem jest nie tylko eliminacja kosztów, ale także wprowadzenie odpowiednich praktyk wspierających ekosystem.

---

\* Koło Naukowe „Logistics”, Politechnika Wroclawska

## 2. KONCEPCJA ZIELONEJ LOGISTYKI

W ostatnim czasie branża logistyczna zyskiwała na znaczeniu w kontekście ekonomicznym i społecznym. Jej ewolucja uwarunkowała to, że obecnie jest traktowana jako fundamentalny warunek rozwoju społeczno – gospodarczego. Pojawienie się koncepcji zrównoważonego rozwoju sprawiło, że logistyka zaczęła stosować możliwości oparte na odpowiednim gospodarowaniu i zarządzaniu zasobami. Wymaga to jednak zastosowania rozwiązań zaspokajających potrzeby obecnych konsumentów bez minimalizacji prawdopodobieństwa zaspokojenia potrzeb następnych generacji.

Zwiększająca się ilość wymogów prawnych oraz ekologiczna świadomość społeczeństwa wpływają na to, że coraz więcej organizacji zmuszona jest do stosowania rozwiązań przyjaznych środowisku. W ten sposób rozwinęła się koncepcja zielonej logistyki. Opiera się ona na trzech filarach: środowisku, społeczeństwie oraz ekonomii. Główne zadania realizowane w ramach tej teorii skorelowane są z dążeniem do zwiększania efektywności wykorzystania zasobów przy utrzymaniu wysokich wyników ekonomicznych przedsiębiorstw [1]. Na rysunku 1 przedstawiono obszary logistyczne uwzględniające teorię zielonej logistyki.



Rys. 1. Elementy zielonej logistyki [1]

Fig. 1. Elements of Green Logistics [1]

Zielona logistyka obejmuje swoim zasięgiem podstawowe obszary logistyczne: produkcję, zakupy, transport, pakowanie i magazynowanie. Dodatkowym komponentem jest logistyka zwrotna. Podstawowym celem funkcjonowania *reverse logistics* jest maksymalizacja korzyści gospodarczych i środowiskowych. Bazują one na zwrocie wartości z towarów poprzez ich naprawę, odzysk lub ponowną eksploatację [2].

Czynnikiem zachęcającym do implementacji tych zielonych koncepcji logistycznych jest minimalizacja kosztów eksploatacji. W konsekwencji ograniczenie

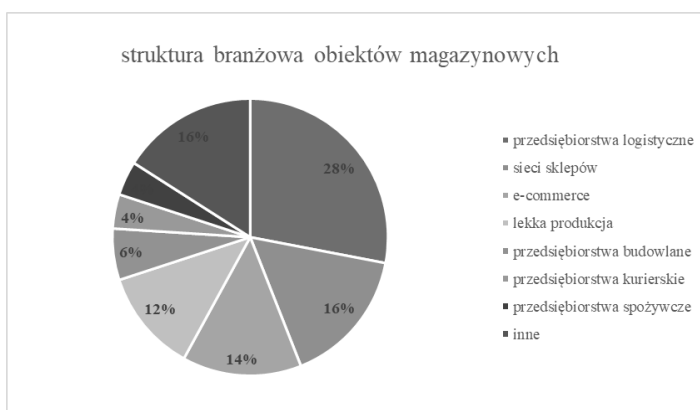
nakładów wynikających z prowadzenia działalności gospodarczej. Zastosowanie eko-rozwiązań pozytywnie wpływa na kondycję środowiska. Mniejsze zużycie energii i odzysk wody to tylko podstawowe zalety zielonego podejścia logistycznego.

### 3. STRUKTURA MAGAZYNÓW W POLSCE

Łańcuch logistyczny jest pojęciem o charakterze wielozadaniowym. W literaturze przedmiotu można spotkać wiele definicji tego pojęcia. Jedna z nich opisuje łańcuch dostaw jako grupę organizacji zaangażowanych w zdywersyfikowane procesy i działania. Koncentrują się one na dostarczaniu interesariuszom produktów lub usług zgodnie z parametrami jakościowymi, ilościowymi i czasowymi [3]. Głównym zadaniem łańcucha dostaw jest budowa zsynchronizowanego układu obejmującego informacyjne, finansowe i fizyczne strumienie między kolejnymi ogniwami [4]. Wymaga to zaangażowania i koordynacji procesów produkcyjnych, transportowych i magazynowych.

W ostatnich dekadach kluczową rolę z zarządzaniu przepływami materiałów zaczęły odgrywać procesy magazynowe. Magazynowanie to ogniwo, w którym następuje przekierowanie towarów do kolejnych elementów struktury logistycznej zgodnie z oczekiwaniami klienta [5]. Funkcje i rodzaj budowy magazynowych wpływają na rolę jaką pełni proces magazynowania w całym łańcuchu logistycznym.

Od kilkunastu lat na polskim rynku rola systemów magazynowych i ich znaczenie dla gospodarki systematycznie wzrasta. Popyt na tego rodzaju usługi logistyczne wykazuje tendencję wzrostową. Na rysunku 2 przedstawiono strukturę branżową obszarów magazynowych [6].

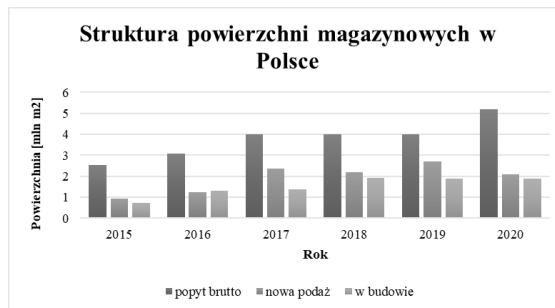


Rys. 2. Struktura branżowa obiektów magazynowych [6]

Fig. 2. Industry structure of warehouse facilities [6]

Przedsiębiorstwa logistyczne, sieci sklepów oraz e-commerce to podstawowe elementy struktury branżowej (stanowią 58% przedsiębiorstw wykorzystujących przestrzeń magazynową). Pozostałe obiekty obejmują produkcję lekką, przedsiębiorstwa kurierskie i budowlane. W kategorii innych znajdują się m.in. organizacje poszukujące przestrzeni pod obiekty typu *data center* [6].

W ostatnich latach ilość wykorzystywanych powierzchni magazynowych na terenie Polski wykazuje tendencję wzrostową. Na rysunku 3 przedstawiono zestawienie wielkości powierzchni magazynowych w latach 2016 – 2020 [7].



Rys. 3. Struktura powierzchni magazynowych w Polsce w latach 2016 - 2020 [7]

Fig. 3. Structure of warehouse space in Poland in 2016 - 2020 [7]

Dane zaprezentowane na rysunku 3 wskazują na systematyczny wzrost wielkość zajmowanych powierzchni magazynowych. Popyt brutto w latach 2017 – 2019 wykazywał zbliżone wartości. Podaż na przestrzeni lat systematycznie wzrasta. Sytuacja pandemiczna była przyczyną niewielkiego jej spadku w roku 2020. Ilość obiektów o charakterze magazynowym w budowie także prezentuje tendencję wzrostową. Wskazuje to na dynamikę rozwoju sektora magazynowego.

Rola i znaczenie obiektów magazynowych w łańcuchu logistycznym ewoluowała. Pierwotna funkcja składowania została uzupełniona o dodatkowe czynności np. konfekcjonowanie czy dostosowanie opakowań do oczekiwań odbiorców. Wzrastające zagrożenie katastrofą klimatyczną wymusiło na przedsiębiorcach wykorzystywanie alternatywnych rozwiązań stwarzających szansę ochrony środowiska naturalnego. Kluczowe w zarządzaniu systemem logistycznym jest dbałość o koordynację i efektywne wykorzystanie przestrzeni magazynowej. Synchronizacja przepływu materiałów w obiektach magazynowych i zastosowanie ekologicznych rozwiązań pozwala na wygenerowanie znacznych oszczędności. Dodatkowo minimalizuje szkodliwe działanie na środowisko zewnętrzne.

### 3. CERTYFIKACJA ZIELONYCH MAGAZYNÓW

Rozwiązania proekologiczne zyskują na znaczeniu w kontekście ekonomicznym i środowiskowym. Kolejne dyrektywy unijne wymagają od przedsiębiorców stosowania rozwiązań warunkujących ograniczenie negatywnego oddziaływania na środowisko. Zgodnie z raportem PLGBC w 2020 roku 16,7 % obiektów o charakterze logistycznym przeszło pozytywnie proces certyfikacji (wzrost o 3,7 % w roku 2019) [8]. Wzrostowa tendencja budownictwa ekologicznego umożliwiła uzyskanie certyfikatów „zielonego magazynu”.

Jedną z najbardziej pożądaných metod certyfikacji jest norma BREEAM. Proces dotyczy weryfikacji efektywności trzech obszarów, na które oddziałują budynki, czyli środowisko, społeczeństwo oraz ekonomia. Głównym jej celem jest określenie stopnia w jakim obiekty magazynowe są przyjazne środowisku i komfortowe dla użytkowników. Uzyskanie certyfikatu BREEAM jest potwierdzeniem zgodności podejmowanych działań w analizowanych obiektach z zasadami zrównoważonego rozwoju. W Polsce do 2019 r. zidentyfikowano trzy z czterech schematów certyfikacji BREEAM [9]:

- budynki powstające,
- budynki funkcjonujące na rynku przez okres minimalnie dwóch lat,
- budynki przeznaczone do wykończenia oraz remontów.

Obiekty magazynowe w Polsce mogą ubiegać się także o uzyskanie certyfikatu LEED. Zaliczany jest on do grupy najbardziej pożądaných świadectw ekologicznych. Działalność w zakresie systemu LEED rozpoczęła się w 1998 r. przez organizację o charakterze non – profit USGBC. Proces certyfikacji umożliwia zakwalifikowanie obiektów magazynowych do jednej z czterech następujących kategorii:

- certified (40 – 49 pkt),
- silver (50 – 59 pkt),
- gold (60 – 79 pkt),
- platinum (>80 pkt) [10].

Trzecią najbardziej pożądaną normą jest DGNB. Jest to niemiecki system, który powstał w 2008 r. Opiera się on na analizie wielokryterialnej, w której fundamentem są aspekty środowiskowe, ekonomiczne i socjalne [8].

Zgodnie z raportem Polskiego Stowarzyszenia Budownictwa Ekologicznego pozytywnie procesy certyfikacji przeszło do 2020 r. 141 obiektów o charakterze magazynowym. Głównym rodzajem certyfikatu przyznawany budynkom był system BREEAM (108 budynków). Drugie miejsce zajmowały certyfikaty LEED (21 budynków). Natomiast 12 obiektów uzyskało dokumentację DGNB [8].

Podstawowym zadaniem obszarów logistycznych jest minimalizacja kosztów. Wymaga to stosowania rozwiązań ekologicznych, które są skorelowane w pewnym stopniu z zachowaniem efektywności portfela logistycznego. Zdobycie odpowiednich certyfikatów skutkuje wzrostem zainteresowania inwestorów. Proces certyfi-

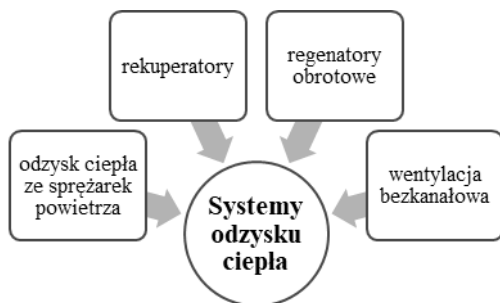
kacji w Polsce zyskuje na znaczeniu – staje się standardem w kontekście rynkowym. W konsekwencji zrównoważone budownictwo gwarantuje uzyskanie przewagi konkurencyjnej.

## 4. EKOLOGICZNE ROZWIĄZANIA MAGAZYNOWE

### 4.1. SYSTEMY ODZYSKU CIEPŁA

Zapobieganie negatywnym zmianom klimatycznym jest przedmiotem wielu dyskusji akademickich. Stanowi główny problem obecnej rzeczywistości. Kolejne uwarunkowania prawne wpływają na wzrost kosztów tradycyjnych nośników energii. Powoduje to kreowanie sytuacji, w której właściciele budynków muszą zmierzyć się z inwestycjami w energooszczędne systemy grzewcze.

Elementem wpływającym na koszty eksploatacji magazynu jest konieczność zapewnienia odpowiednich warunków składowania. Nawet 40% całkowitych nakładów przeznaczonych na utrzymanie obiektów magazynowych generowane są przez systemy grzewcze. Dodatkowo koszty energii elektrycznej już od kilku lat wykazują tendencję wzrostową. Właściciele obiektów w poszukiwaniu oszczędności wykazują coraz większe zainteresowanie wykorzystaniem form odzysku ciepła. Wybrane rozwiązania stosowane w tym zakresie przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Systemy odzysku ciepła

Fig. 4. Heat recovery systems

Efektywność odzysku energii przy wykorzystaniu sprężarek powietrza może wynosić nawet do 80% [11]. Podobnym wskaźnikiem charakteryzują się systemy wentylacji bez kanałowej. Elementem wykorzystywanym do usprawnienia funkcjonowania tego typu instalacji jest rekuperator. To właśnie dzięki niemu w procesie wymiany, pobierana jest energia cieplna wdmuchiwanego powietrza zostaje nagrzane [12].

Zastosowanie wymienionych systemów wpływa pozytywnie na bilans kosztów utrzymania obiektów magazynowych. Dodatkowo wpływa pozytywnie na ilości emitowanych ilości CO<sub>2</sub> do atmosfery. Wprowadzanie rozwiązań bazujących na

zamkniętym obiegu ciepła przynosi korzyść zarówno w aspektach środowiskowych i ekonomicznych.

#### 4.2. DESTRATYFIKATORY POWIETRZA

Magazyny wysokiego składowania charakteryzują się rozmieszczaniem towarów na wysokości przekraczającej 7,2 m. Wyzwaniem dla tego rodzaju obiektów jest zapewnienie prawidłowej cyrkulacji powietrza.

Rozwiązaniem minimalizującym prawdopodobieństwo niewykorzystania ciepłego powietrza są destryfikatory. Zastosowanie tych urządzeń staje się uzasadnione w pomieszczeniach, w których obserwuje się zjawisko przemieszczania ciepłego powietrza w kierunku górnych partii budowli. Zainstalowanie urządzeń destryfikujących w obiektach magazynowych wywołuje wymuszony przepływ ciepła w kierunku miejsc, w których jest ono bardziej pożądane. Dzięki temu temperatura przestrzeni biurowej obiektu magazynowego może zostać wyrównana do poziomu wskazanego w normach prawnych. Głównie zadanie destryfikatora koncentruje się na wyrównaniu różnicy temperatur, która powstaje z chwilą ogrzewania konwencjonalnego [13].

Obecnie destryfikatory montowane są na wysokościach do 18m. Ich zastosowanie pozwala na oszczędność energii nawet do 30% [13]. Niewielkie nakłady finansowe oraz łatwość montażu to podstawowe czynniki przemawiające za wykorzystaniem tego oprzyrządowania w przestrzeni magazynowej.

#### 4.3. DIODY ELEKTROLUMINESCENCYJNE

W halach produkcyjnych i magazynowych warunkiem prawidłowego wykonywania określonych zadań jest dostarczeniem odpowiedniego źródła światła. Tradycyjne żarówki żarowe zostały wycofane z eksploatacji 12 lat temu na mocy jednej z dyrektyw Unii Europejskiej. Wywołało to rewolucję i wymusiło wykorzystanie innych źródeł oświetlenia.

Doskonałym rozwiązaniem w tym zakresie są diody elektroluminescencyjne potocznie nazywane oświetleniem LED. Przestrzenie magazynowe posiadają ograniczony dostęp do naturalnego źródła światła. Jednak diody elektroluminescencyjne umożliwiają realizację zadań w obszarach magazynowych oraz biurowych. Pobierają one ponad 85% mniej energii od tradycyjnych żarówek [15]. Ponadto cechuje je długi czas użytkowania i wysokie parametry niezawodnościowe. Ograniczenie wykorzystania energii wymaga instalacji systemów umożliwiających regulację mocy świetlnej. W tym zakresie diody LED także realizują to zadanie jako jedno z najbardziej efektywnych rozwiązań. Ponadto wprowadzenie w przestrzeni czujników ruchu pozytywnie wpływa na minimalizację wielkości pobieranej energii, a co za tym idzie ogranicza koszty [14].

Prawidłowe oświetlenie przestrzeni magazynowej wymaga wprowadzenia kilku systemów warunkujących dostarczenie światła o wymaganym natężeniu. Jest to czynnik, który wpływa na prawidłowe funkcjonowanie magazynów oraz efektyw-

ność zachodzących w nim procesów. Dotyczy to zwłaszcza tych obiektów, które cechują się niskim poziomem robotyzacji. Zastosowanie diod LED w halach magazynowych nie tylko obniża koszty zakupu kolejnych elementów oświetleniowych, ale znacząco redukuje ilość pobieranej energii i wielkości generowanych odpadów.

#### 4.4. AUTOMATYZACJA MAGAZYNÓW

W systemach transportowych poziom automatyzacji jest bardzo wysoki. Popularyzacja elektromobilności zwiększyła ilość wykorzystywanych pojazdów elektrycznych w przestrzeni publicznej. W obszarach magazynowych zastosowanie wysokiego poziomu robotyzacji przyczyni się do relatywnie dużych korzyści ekonomicznych i środowiskowych.

Wykorzystanie w przestrzeni magazynowej robotów umożliwi obniżenie wielkości energii przeznaczonej do celów grzewczych. Wartości temperaturowe analizowanych obiektów logistycznych mogą być znacznie niższe. Automatyzacja urządzeń magazynowych minimalizuje ilość energii przekazywanej do oświetlenia. Oba elementy uwarunkowane są zdolnościami robotów do pracy w warunkach o niższych wartościach temperaturowych i natężenia światła [15]. Obecnie zaawansowane systemy robotów AGV i AMR umożliwiają transport ładunków po określonej trasie przy wykorzystaniu komputerów, sensorów i map. Poza korzyściami środowiskowymi ograniczają liczbę wypadków w magazynach [16].

Efektywna energetycznie automatyzacja prac w przestrzeni magazynowej wymaga wprowadzenia odpowiednich systemów pozyskiwania energii naturalnej. Wydajnym rozwiązaniem jest instalacja paneli fotowoltaicznych. Energia pozyskiwana ze słońca, zostanie przekierowana do zasilania urządzeń magazynowych. Dzięki temu bilans energetyczny, środowiskowy i finansowy ulegnie poprawie.

## 5. PODSUMOWANIE

Zmiany klimatyczne stanowią obecnie podstawowy problem współczesnego świata. Poszukiwanie alternatywnych źródeł energii, opracowanie materiałów nieszkodliwych dla środowiska czy ograniczanie ilości wykorzystywanej wody pitnej to główne tematy wielu dyskusji akademickich.

Ekologia zaczęła pojawiać się we wszystkich obszarach biznesowych. Produkcja i transport wprowadzają kolejne niskoemisyjne rozwiązania. Obszary magazynowe także muszą przystosować się do obecnej rzeczywistości. Wykorzystanie sprężarek do odzysku ciepła, diod elektroluminescencyjnych, destryfikatorów powietrza i automatyzacja magazynów to tylko jedne z wielu rozwiązań przynoszących korzyści ekologiczne. Dodatkowo charakteryzują się one wysoką efektywnością finansową i energetyczną. Wzrost znaczenia certyfikatów ekologicznych mobilizuje przedsiębiorców do implementacji takich rozwiązań. Obecnie



magazyny wybierają rozwiązania, które koncentrują się na energooszczędności. Jednak przyszłość tych obszarów logistycznych związana jest z zapewnianiem samowystarczalności. Obecnie na świecie można spotkać tylko kilka obiektów charakteryzujących się tą cechą. Jednak wraz z upływem lat samowystarczalność stanie się standardem.

Eko-innowacyjność w zarządzaniu magazynem zapewnia wiele korzyści. Optymalizacja prac magazynowych, energooszczędność i obniżenie magazynowych kosztów operacyjnych to podstawowe zalety wprowadzania ekologicznych rozwiązań. Ich zastosowanie przyniesie jednak realne korzyści środowiskowe przyszłości. Dzięki temu następne pokolenia będą mogły korzystać z tych samych źródeł co współczesne społeczeństwa.

## LITERATURA

- [1] RAD S.T., GÜLMEZ Y.S., BRANDT A.M., *Green logistics for sustainability*, Journal of Management Economics and Business, 2017, Vol. 13, No. 3, 603–614
- [2] OLARIU I., *Conceptual issues regarding reverse logistics*, Studies and Scientific Researches. Economics Edition, No 18, 2013, 326–330
- [3] CHRISTOPHER M., *Logistyka i zarządzanie łańcuchem dostaw*, Wyd. Polskie Centrum Doradztwa Logistycznego, Warszawa 2000, 14
- [4] MIKLIŃSKA J., *Rola centrów logistycznych w łańcuchach dostaw – wybrane problemy*, Logistyka, No. 3, 2012, 1583–1590
- [5] SITKO J., GAJDIK J., *Charakterystyka funkcjonowania systemu magazynowego w firmie MARKET S.A., Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2012, 503–514
- [6] <https://glowny-mechanik.pl/2020/08/11/dobre-wyniki-sektora-magazynowego-w-polsce-w-pierwszej-polowie-roku/> (dostęp: 19.04.2021 r.)
- [7] <https://www.axiimmo.com/raporty-i-publicacje/> (dostęp: 18.04.2021)
- [8] KUCZERA A., *Certyfikacja zielonych budynków w liczbach - raport 2020*, Polskie Stowarzyszenie Budownictwa Ekologicznego, 2020
- [9] <https://www.breeam.com/> (dostęp: 19.04.2021 r.)
- [10] <https://www.ecosquad.pl/leed-certyfikacja-wielokryterialna-leed--w-pigu-ce.html> (dostęp: 19.04.2021 r.)
- [11] BALCERZAK P., MROZIŃSKI A., *Analiza efektywności systemu odzysku ciepła ze sprężarek powietrza, Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 2012, No.2, 68-69
- [12] <https://www.flowair.com/pl/assets/files/strona/media-o-nas/pliki/wentylacja-bezkanalowa/nowoczesny-magazyn-oxen-10.2013.pdf> (dostęp: 23.04.2021 r.)
- [13] <https://www.systemapolska.pl/wp-content/uploads/2015/06/ds-ven-0201-05-19.pdf> (dostęp: 23.04.2021 r.)
- [14] ZALESIŃSKA M., *Oświetlenie hal magazynowych*, Nowoczesne hale, 2012, No.3, 66-71.
- [15] <https://biznes.newseria.pl/biuro-prasowe/ekologia-w-magazynie-,b284007234> (dostęp: 24.04.2021 r.)
- [16] <https://platformalogistyczna.com/roboty-do-czego-sa-uzywane-w-magazynach/> (dostęp: 24.04.2021 r.)

## ECOLOGICAL SOLUTIONS IN WAREHOUSES

**Key words:** *green logistics, green warehouses, heat recovery, air destratifiers, light-emitting diodes, warehouse automation*

The following paper presents the concept of green logistics with special attention to warehouse areas. Basic information on the certification of green warehouses was extracted. The main objective of the study was to characterize selected ecological solutions used in modern warehouses. The systems whose operation is based on heat recovery are mentioned. In addition, the advantages of air destratifiers, LEDs and warehouse automation as effective ecological tools are described