

TRANSPORT MORSKI KONTENERÓW

Rola i znaczenie intermodalnych
terminali przeładunkowych

Aleksandra Bartosiewicz



TRANSPORT MORSKI KONTENERÓW

Rola i znaczenie intermodalnych
terminali przeladunkowych



WYDAWNICTWO
UNIWERSYTETU
ŁÓDZKIEGO

TRANSPORT MORSKI KONTENERÓW

Rola i znaczenie intermodalnych
terminali przeładunkowych

Aleksandra Bartosiewicz

Aleksandra Bartosiewicz – Uniwersytet Łódzki, Wydział Ekonomiczno-Socjologiczny
Katedra Badań Operacyjnych, 90-207 Łódź, ul. Rewolucji 1905 nr 37

RECENZENT

Marcin Anholcer

REDAKTOR INICJUJĄCY

Beata Koźniewska

OPRACOWANIE REDAKCYJNE

Beata Wojtania

SKŁAD I ŁAMANIE

Munda – Maciej Torz

KOREKTA TECHNICZNA

Leonora Gralka

PROJEKT OKŁADKI

Agencja Reklamowa efectoro.pl

Zdjęcie wykorzystane na okładce: © Depositphotos.com/vichie81

© Copyright by Aleksandra Bartosiewicz, Łódź 2020

© Copyright for this edition by Uniwersytet Łódzki, Łódź 2020

Wydane przez Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego

Wydanie I. W.09501.19.0.M

Ark. wyd. 16,5; ark. druk. 17,125

ISBN 978-83-8142-875-0

e-ISBN 978-83-8142-876-7

<https://doi.org/10.18778/8142-875-0>

Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego

90-131 Łódź, ul. Lindleya 8

www.wydawnictwo.uni.lodz.pl

e-mail: ksiegarnia@uni.lodz.pl

tel. (42) 665 58 63

Spis treści

Wprowadzenie	9
Rozdział 1	
Historia i organizacja morskich przewozów kontenerowych na świecie	15
1.1. Geneza i rozwój morskich przewozów kontenerowych	15
1.2. Rozwój konteneryzacji od końca XIX w. do czasów współczesnych	17
1.2.1. Rozwój konteneryzacji do roku 1955	17
1.2.2. Konteneryzacja w latach 1956–1966	20
1.2.3. Rozwój konteneryzacji od roku 1967 do końca lat 80. XX w.	22
1.2.4. Konteneryzacja od początku lat 90. XX w. do czasów współczesnych	27
1.3. Transport intermodalny kontenerów	33
1.3.1. Międzynarodowe systemy transportowe a przewóz kontenerów	33
1.3.2. Przyczyny rozwoju przewozów intermodalnych	35
1.3.3. Podział transportu intermodalnego i podstawowe techniki załadunku w przewozach intermodalnych	36
1.3.4. Bariery rozwoju intermodalnych przewozów kontenerowych	39
Rozdział 2	
Charakterystyka, przewóz i formowanie kontenerowej jednostki ładunkowej	41
2.1. Charakterystyka kontenerowej jednostki ładunkowej	41
2.1.1. Ładunki i ich podatność transportowa	41
2.1.2. Pojęcie i podstawowe rodzaje jednostek ładunkowych	43
2.1.3. Kontenerowe jednostki ładunkowe i ich oznakowanie	45
2.1.3.1. Definicja i podstawowe rodzaje kontenerów	45
2.1.3.2. Oznakowanie kontenerowych jednostek ładunkowych	53
2.1.3.3. Pakowanie i znakowanie ładunków przewożonych w kontenerach	62
2.2. Przewóz kontenerowej jednostki ładunkowej	65
2.2.1. Morskie statki transportowe przystosowane do obsługi kontenerów	65

6 Spis treści

2.3. Formowanie kontenerowej jednostki ładunkowej	69
2.3.1. Zabezpieczenie ładunków w kontenerach	69
2.3.1.1. Podstawowe techniki pakowania ładunków do kontenerów	70
2.3.1.2. Podstawowe zasady stosowane przy pakowaniu ładunków	74
2.3.2. Sztauowanie kontenerów na statku	75

Rozdział 3

Morskie węzły transportowe i terminale kontenerowe **81**

3.1. Charakterystyka portów morskich	81
3.1.1. Definicja, organizacja i podstawowe funkcje portów morskich	81
3.1.2. Konkurencyjność portów morskich na rynku usług portowych	85
3.1.3. Systemy transportowe w obsłudze obrotu portowego	87
3.2. Morskie bazy przeładunkowo-składowe kontenerów	88
3.2.1. Opis i funkcjonowanie morskich terminali kontenerowych	88
3.2.2. Urządzenia przeładunkowe i transport wewnętrzny kontenerów	91
3.2.3. Logistyczny model morskiego terminalu kontenerowego	106
3.2.3.1. Model identyfikacyjny morskiego terminalu kontenerowego	107
3.2.3.2. Model decyzyjny morskiego terminalu kontenerowego	114

Rozdział 4

Morski terminal kontenerowy jako system masowej obsługi **123**

4.1. Dotychczasowy stan badań	123
4.2. Teoria masowej obsługi	125
4.3. Analiza sieciowa – metoda PERT	127
4.4. Szczegółowy opis funkcjonowania morskiego terminalu kontenerowego	130
4.4.1. Przebieg i organizacja operacji statkowych	132
4.4.2. Przebieg i organizacja operacji na placu składowym	133
4.4.2.1. Podstawowe systemy organizacji prac przeładunkowo-składowych	134
4.4.3. Przebieg i organizacja operacji bramowych	136
4.4.4. Przebieg i organizacja operacji kolejowych	138
4.5. Zadanie przeładunku jako problem kombinatoryczny o charakterze kolejkowym	139
4.5.1. Założenia modelu	140
4.5.2. Budowa modelu	146
4.5.3. Otrzymane rezultaty	158

Rozdział 5

Nadbałtyckie terminale kontenerowe i ich konkurencyjność **171**

5.1. Dotychczasowy stan wiedzy	171
5.2. Przegląd i charakterystyka nadbałtyckich terminali kontenerowych	172
5.3. Wybrane metody analizy wielokryterialnej	187
5.3.1. Opis i charakterystyka metody AHP	188
5.3.2. Opis i charakterystyka metody PROMETHEE II	193

5.4. Badanie konkurencyjności nadbałtyckich terminali kontenerowych	197
5.4.1. Ogólna analiza konkurencyjności nadbałtyckich terminali kontenerowych	201
5.4.2. Analiza wielokryterialna – metoda AHP	217
5.4.3. Analiza wielokryterialna – metoda PROMETHEE II	226
5.4.4. Wnioski końcowe	231
Zakończenie	239
Bibliografia	243
Spis rysunków	267
Spis tabel	269
Spis wykresów	273

Wprowadzenie

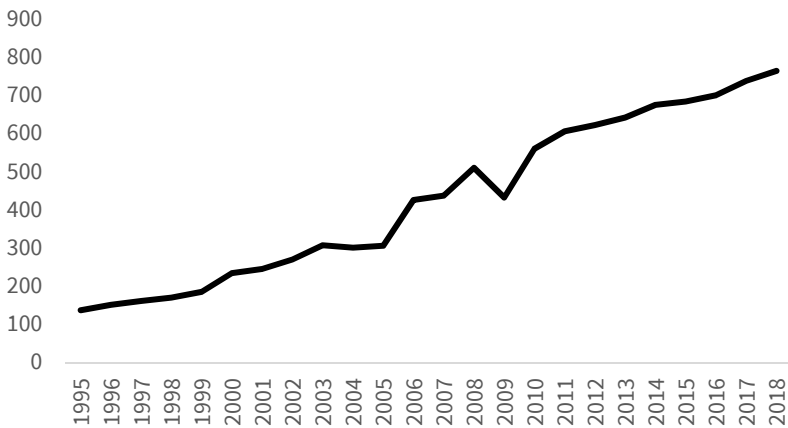
Gospodarka morska to jeden z kluczowych elementów gospodarki narodowej. Odnieść ją można do systemu działalności gospodarczej oraz wynikających z niej skutków, związanych ze środowiskiem morza i jego zlewisk, opierającej się głównie na produkcji i przetwórstwie, świadczeniu usług transportowo-przeładunkowych na granicy dwóch ośrodków (zwykle morskiego i lądowego), podziale oraz konsumpcji dóbr (Pac, 2017, s. 13). Jednym z czynników decydujących o atrakcyjności gospodarki jest dobrze rozwinięta infrastruktura transportowa, składająca się z infrastruktury liniowej i punktowej. Elementem tej ostatniej są m.in. morskie węzły transportowe, czyli porty, w tym morskie bazy przeładunkowo-składowe kontenerów.

Współcześni armatorzy oraz gestorzy ładunków decydują się na wybór określonego portu, patrząc na morskie węzły transportowe przez pryzmat wyników osiągniętych w całym łańcuchu dostaw. Z tego powodu portowe terminale przeładunkowe są wykorzystywane nie tylko do pracy w obrębie portu, ale odgrywają coraz większą rolę przy organizacji transportu ładunków na ich zapleczu (Wagner, 2014, s. 213). Osiągnięcie i utrzymanie przewagi konkurencyjnej zmusza zarządców portów do obniżania kosztów, wprowadzania innowacji i lepszego zaspokajania potrzeb nabywców. Tu ujawnia się jednak konflikt pomiędzy coraz bardziej efektywnym morskim przewozem towarów a transportem lądowym, który często nie jest w stanie obsłużyć ładunków bez ponoszenia kosztów zewnętrznych w postaci niewydajnego transportu kolejowego oraz kongestii w portach i na drogach do nich wiodących (Notteboom, Rodrigue, 2009, s. 18).

Port morski ma ponadto charakter międzynarodowego węzła transportowego, przez co jego efektywność postrzegać należy również przez pryzmat zmian zachodzących w gospodarce światowej. Przez ostatnie kilkadziesiąt lat sektor morski wielokrotnie stawał przed licznymi wyzwaniami, które pojawiły się wraz ze zmianą modelu handlu międzynarodowego. Wprowadzenie standaryzowanych kontenerów typu ISO umożliwiło przewoźnikom morskim i lądowym przeprowadzenie działań zmierzających do harmonizacji wymagań technicznych, technologicznych i organizacyjnych, a wprowadzenie do eksploatacji mega statków oraz zwiększenie regionalnej konkurencji między liniami żegludowymi i portami

morskimi przyczyniły się do dalszego rozwoju przewozów intermodalnych. Stały wzrost wielkości statków¹ oraz intensywny rozkwit przewozów kontenerowych wciąż wymuszają potrzebę wprowadzania innowacyjnych technologii w całym łańcuchu transportowym. Oprócz eksploataowania urządzeń umożliwiających obsługę większej liczby ładunków w tym samym czasie, istotnym aspektem jest większa automatyzacja operacji manipulacyjno-składowych na placach i nabrzeżach portowych (Chmielewska-Przybysz, Kaup, 2011, s. 154–155).

Dynamiczny rozwój handlu morskiego przyczynił się do szybkiego wzrostu wolumenu międzynarodowego transportu kontenerowego (wyk. 1), który w 2017 r. stanowił 17,1% całkowitej masy przewożonych drogą morską ładunków.



Wykres 1. Wielkość przewozów kontenerowych w transporcie morskim w latach 1995–2018 (mln TEU)

Źródło: opracowanie własne na podstawie UNCTADSTAT

Najwięcej kontenerów 20-stopowych przewieziono w ciągu roku w relacji Azja–Europa, zaś największe roczne obroty odnotowano w mega portach azjatyckich (64%) i europejskich (16%) (UNCTAD, 2018, s. 2, 12, 72). Porty są jednak „wąskimi gardłami” całego łańcucha transportowego², gdyż światowy handel roz-

1 O przyszłych tendencjach w morskim transporcie kontenerów świadczą m.in. zamówienia stoczniowe. W ciągu czterech lat (2008–2012) średnia wielkość oddanych do eksploatacji statków wzrosła prawie dwukrotnie, zaś w 2016 r. przeciętny rozmiar zamawianej jednostki wynosił ok. 8,5 tys. TEU, tj. ponad dwukrotnie więcej od przeciętnej wielkości istniejących jednostek tego typu (MGMiŻŚ, 2017, s. 63).

2 Przykładowo, w pierwszej połowie 2017 r. przeladunki kontenerów w portach chińskich były większe o średnio 374% niż w roku 2000, zaś w północnoeuropejskich – o ok. 122% (ISL, 2017, s. 60; Meng i in., 2017).

wija się szybciej niż produkt światowy brutto, a transport kontenerowy podlega silniejszemu wzrostowi niż wymiana handlowa i handel morski (Przybyłowski, 2010, s. 242). Z tego powodu podejmowanych jest szereg działań, mających zapobiegać zjawisku kongestii w poszczególnych portach i na szlakach do nich wiodących. W morskiej żegludze kontenerowej stosowany jest m.in. wskaźnik LSCI (*Linear Shipping Connectivity Index*) uznawany za miernik umiędzynarodowienia systemów transportowych i gospodarki poszczególnych krajów. Uwzględnia on sześć kryteriów: liczbę kontenerowców zawijających do portów krajowych; całkowitą roczną pojemność przewozową floty na jednego mieszkańca; liczbę przewoźników; liczbę połączeń liniowych realizowanych w portach krajowych; średnią oraz maksymalną wielkość kontenerowców obsługiwanych w portach danego kraju (Nowosielski, 2012a, s. 67).

Z punktu widzenia Polski szczególnie interesująca jest wielkość wskaźników LSCI dla państw Regionu Morza Bałtyckiego (RMB, *Baltic Sea Region*) (tab. 1). Morski potencjał Polski uwarunkowany jest bowiem bezpośrednim dostępem do Bałtyku (długość linii brzegowej wynosi 788 km), który należy do najbardziej eksploatowanych akwenów pod względem transportowym na świecie³.

Tabela 1. Wskaźnik LSCI dla państw Regionu Morza Bałtyckiego (2018 r.)

Kraj	Dania	Estonia	Finlandia	Litwa	Łotwa	Niemcy	Polska	Rosja	Szwecja
LSCI	58,5	7,2	13,4	21,0	8,1	97,1	63,1	40,4	59,7

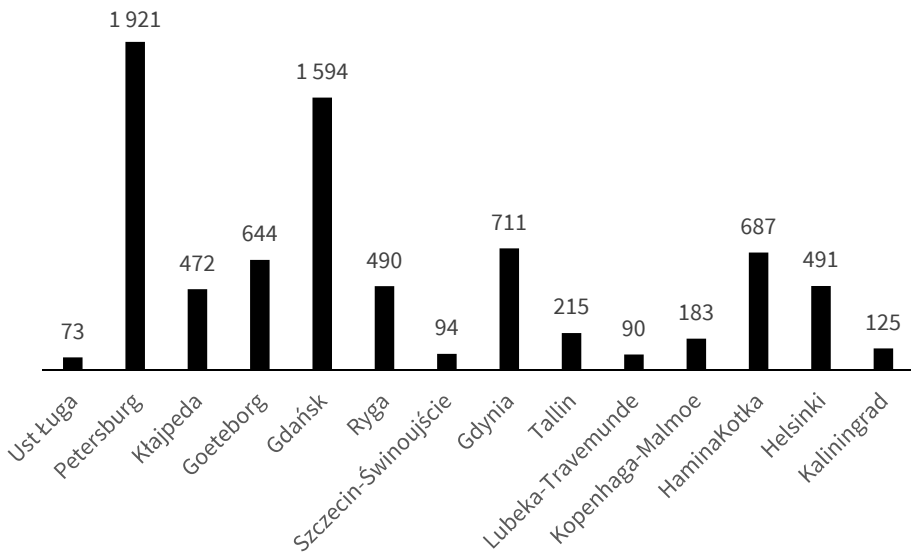
Źródło: opracowanie własne na podstawie UNCTADSTAT.

Jak się okazuje, w 2018 r. wskaźnik LSCI dla naszego kraju wyniósł 63,1, dając Polsce 23 miejsce w rankingu 178 państw uwzględnionych w badaniu. Lepszy wynik wśród krajów nadbałtyckich osiągnęły jedynie Niemcy, które we wspomnianym zestawieniu zajmują wysoką, 7 pozycję (LSCI = 97,1). Przyjmując, że wartości wskaźnika LSCI dla pięciu najlepszych państw w rankingu (Chiny, Singapur, Republika Korei, Hong Kong, Malezja) przekraczają 100 pkt., stwierdzić należy, że ponad połowa krajów nadbałtyckich wypada w nim dość słabo. Wpływ na taki stan rzeczy może mieć m.in. fakt, iż wymiana handlowa państw leżących w RMB charakteryzuje się wysokim udziałem wzajemnych obrotów. Szacuje się, że 24% tych obrotów stanowi wewnętrzny handel bałtycki (Urbanyi-Popiołek, 2013, s. 213).

Największym polskim portem na Bałtyku jest Gdańsk, którego udział w obrotach ładunkowych ogólnokrajowych w 2017 r. wyniósł aż 43,5% (GUS, 2018b, s. 21). Port Gdańsk zajął w analizowanym roku 6 pozycję wśród największych

3 Rocznie ok. 400 tys. statków wpływa na Bałtyk lub go opuszcza, a ok. 2 tys. jednostek znajduje się jednocześnie na morzu (Klimek, Dąbrowski, 2018, s. 1).

portów RMB. W tym samym rankingu porty w Szczecinie i Świnoujściu zajęły 9 lokatę, zaś w Gdyni – 14 miejsce⁴. W 2017 r. większość międzynarodowych obrotów (66,1%) polskich portów była zrealizowana w relacji z portami europejskimi (GUS, 2018a, s. 7). W ramach nadbałtyckiej żeglugi morskiej przewiduje się do 2030 r. wzrost przewozów na poziomie 30%, przy czym największy wzrost (nawet o 140% w ciągu 20 lat) szacowany jest w zakresie przewozu kontenerów. Na wykresie (wyk. 2) przedstawiono wielkość przeładunku kontenerów 20-stopowych w największych portach Morza Bałtyckiego w 2017 r. Okazuje się, że obok Gdańska szczególnie istotną rolę w omawianym sektorze pełni rosyjski port w Petersburgu⁵.



Wykres 2. Przeładunki kontenerów w największych bałtyckich portach morskich w 2017 r. (tys. TEU)

Źródło: opracowanie własne na podstawie Klimek, Dąbrowski (2018, s. 11)

Biorąc pod uwagę opisane powyżej trendy, nie dziwi fakt, że morskie terminale kontenerowe zajmują obecnie kluczową pozycję w światowej sieci transportowej. Ponieważ armatorzy statków i zarządcy portów borykają się z problemem rosną-

⁴ W rankingu największych portów RMB pod względem wielkości obrotów w 2017 r. Polska zajęła 5 pozycję za Rosją, Szwecją, Finlandią i Danią (*Baltic Port Market*, 2018, s. 27; *Baltic Container Yearbook*, 2018, s. 174–177).

⁵ W 2017 r. Gdańsk znalazł się również (zaraz za zajmującym 10 lokatę Petersburgiem) wśród największych portów kontenerowych Europy Północnej (IAPH, 2018, s. 6).

cej konkurencyjności, terminale portowe stają się coraz bardziej wydajne, a operacje przeładunkowe wzdłuż nabrzeża i składowanie pojemników na placach składowych bądź w magazynach muszą być wykonywane sprawnie i szybko. Wynika to przede wszystkim z konieczności skracania czasu postoju statku w porcie i minimalizacji szeroko rozumianych kosztów transportowo-przeładunkowych.

W dziedzinie morskich przewozów kontenerowych wciąż istnieje wiele obszarów, które wymagają szczegółowego zbadania, zwłaszcza w zakresie optymalizacji procesów organizacyjno-technologicznych zachodzących na terenie morskich kontenerowych baz przeładunkowo-składowych. Jak się okazuje, w Polsce dotychczas tylko nieliczni badacze opisywali funkcjonowanie morskich terminali kontenerowych z teoretycznego punktu widzenia, a zaledwie kilku podjęło próbę zbadania praktycznych aspektów związanych z funkcjonowaniem morskich kontenerowych baz przeładunkowo-składowych. Co więcej, nie ma w chwili obecnej na polskim rynku wydawniczym monografii poświęconej w całości morskim przewozom kontenerowym i optymalizacji procesów zachodzących na terenie morskich baz przeładunkowo-składowych kontenerów. Autorce nie udało się także dotrzeć do jakiegokolwiek tak polskiego, jak i zagranicznego, opracowania poświęconego konkurencyjności poszczególnych morskich terminali kontenerowych Morza Bałtyckiego. Wobec tego w prezentowanej publikacji podjęto próbę kompleksowego zbadania procesów związanych z transportem i obsługą kontenerów przewożonych drogą morską. Przedstawione zostaną w niej ponadto wyniki analizy wielokryterialnej AHP i PROMETHEE II, umożliwiające m.in. ocenę potencjału konkurencyjnego polskich baz przeładunkowo-składowych kontenerów w RMB na tle otoczenia rynkowego. Wnieście to istotny wkład we wzbogacenie wiedzy o morskich terminalach kontenerowych i o ich kluczowych elementach, na które powinno się zwracać szczególną uwagę przy optymalizacji operacji portowych. W tym kontekście monografia stanowić będzie cenne uzupełnienie istniejącej luki badawczej.

Prezentowana książka składa się ze wstępu, pięciu rozdziałów, zakończenia, bibliografii oraz spisu tabel, wykresów i rysunków. W rozdziale pierwszym omówiono historię i organizację morskich przewozów kontenerowych na świecie, a w rozdziale drugim przedstawiono charakterystykę, przewóz i formowanie kontenerowej jednostki ładunkowej. Morskie węzły transportowe i terminale kontenerowe opisano w rozdziale trzecim, w którym dodatkowo dokonano przeglądu problemów decyzyjnych, związanych z zarządzaniem morskim terminalem kontenerowym. Na tej podstawie zaproponowano m.in. logistyczny model terminalu kontenerowego, który w czwartym rozdziale pracy wykorzystano do budowy modelu masowej obsługi dla przykładowej morskiej bazy przeładunkowo-składowej kontenerów. Dodatkowo, w rozdziale piątym opisano nadbałtyckie terminale kontenerowe i zbadano ich konkurencyjność przy wykorzystaniu map grup strategicznych oraz metod wielokryterialnych (AHP, PROMETHEE II).

Taka konstrukcja pracy pozwala na zrealizowanie celów badawczych o charakterze poznawczym i metodycznym. Celem poznawczym jest nie tylko dokonanie

przeglądu dotychczasowego stanu badań nad morskimi terminalami kontenerowymi, ale też kompleksowe opisanie zarówno stosowanych na tych terminalach rozwiązań techniczno-organizacyjnych, jak i szczegółów funkcjonowania przykładowej morskiej bazy przeładunkowo-składowej kontenerów. Opisanie specyfiki przewozów intermodalnych oraz funkcjonujących w morskich terminalach kontenerowych rozwiązań w zakresie załadunku i rozładunku morskich środków transportowych, układania tras przewozu pojazdów, planowania usytuowania i ilości portowych urządzeń przeładunkowych czy też organizacji i eksploatacji portowych placów składowych pomoże w identyfikacji pożądaných kierunków doskonalenia stosowanych w Polsce rozwiązań w zakresie morskiego transportu kontenerowego, co w przyszłości przyczynić się może do wdrożenia konkretnych rozwiązań logistycznych, poprawiających funkcjonowanie polskich terminali kontenerowych. Również budowa teoretycznego modelu logistycznego, a następnie przedstawienie morskiego terminalu kontenerowego jako problemu kombinatorycznego o charakterze kolejkowym przyczynią się do podniesienia stanu wiedzy o rozwiązaniach logistycznych możliwych do zastosowania w ciągle zmieniającym się otoczeniu morskich węzłów transportowych oraz poznania wybranych metod ilościowych, które mogą być wykorzystywane do optymalizacji procesów zachodzących na terenie morskich terminali kontenerowych. Celem metodycznym pracy jest bowiem pokazanie czytelnikom możliwości zastosowania konkretnych metod ilościowych do rozwiązywania praktycznych problemów gospodarczych. Kolejnym przejawem realizacji tak zarysowanego celu badawczego jest, znajdująca się w ostatnim rozdziale pracy, analiza konkurencyjności nadbałtyckich baz przeładunkowo-składowych kontenerów przeprowadzona z wykorzystaniem takich narzędzi badawczych jak mapy grup strategicznych czy też metody wielokryterialne AHP oraz PROMETHEE II. Analiza ta przyczyni się ponadto do realizacji kolejnego celu poznawczego, gdyż pomoże ona w badaniu mocnych i słabych stron morskich terminali kontenerowych w Polsce na tle ich konkurentów z RMB w aspekcie stosowanych rozwiązań organizacyjno-technologicznych.

Książka ta adresowana jest do szerokiego grona odbiorców. Mogą nimi być ci z naukowców i studentów, których zainteresowania naukowe koncentrują się na takich zagadnieniach jak: konteneryzacja, przewozy kontenerowe ładunków, logistyka morska, morskie przewozy kontenerowe, porty morskie, rola i znaczenie terminali intermodalnych, modele masowej obsługi czy też analizy wielokryterialne. Publikacją mogą być ponadto zainteresowane osoby związane z praktyką gospodarczą, w szczególności zarządcy polskich terminali kontenerowych i osoby odpowiedzialne za sprawne dokonywanie operacji przeładunkowo-składowych na terenie bałtyckich baz intermodalnych. Proponowana monografia może wreszcie być wykorzystana jako zwarty materiał źródłowy, stanowiący punkt wyjścia do dalszych badań nad funkcjonowaniem i konkurencyjnością morskich terminali kontenerowych Morza Bałtyckiego i nie tylko.

Rozdział 1

Historia i organizacja morskich przewozów kontenerowych na świecie

1.1. Geneza i rozwój morskich przewozów kontenerowych

Żegluga morska jest jedną z najstarszych form przewozu pasażerów i ładunków. Transport morski od zawsze stanowił ważny element rozwoju gospodarczego poszczególnych krajów. Również i dziś, głównie ze względu na duży zasięg i ogromne możliwości przewozowe, jest on jedną z największych i najlepiej rozwiniętych gałęzi transportu. Potwierdzają to dane statystyczne – przez morskie szlaki handlowe przechodzi ok. 2/3 wszystkich towarów na świecie (Kupiński i in., 2011, s. 780). Jednym z elementów wpływających na szybką globalizację wymiany towarowej był przede wszystkim dynamiczny rozwój morskich przewozów kontenerowych.

Początki konteneryzowania ładunków przypadły na lata, kiedy porty stały się wąskim gardłem przewozów. Największe straty z tego tytułu ponosili przede wszystkim przewoźnicy morscy. Koniec lat 60. XX w. to początek dynamicznego rozwoju konteneryzacji w międzynarodowym transporcie morskim. O ile w 1966 r. istniało pięć linii żeglugowych świadczących przewozy kontenerowe na szlaku północnoatlantyckim między USA a Europą Zachodnią, to w 1967 r. w Stanach Zjednoczonych funkcjonowało ich już 38 – o zasięgu powiększonym o Bliski i Daleki Wschód, Afrykę oraz Amerykę Łacińską. W roku 1968 podobne połączenia powstały na Pacyfiku. Rok później utworzono szlaki żeglugowe łączące Amerykę Północną i Europę z Australią. W 1972 r. drugie z tych połączeń rozszerzono o Japonię i Azję, a w dwa, trzy lata później – o Afrykę i rejon Morza Karaibskiego. W kolejnych latach do głównych linii dołączono uzupełniające szlaki z mniej uprzemysłowionych rejonów świata (Krasucki, Neider, 1986, s. 33–34; Salomon, 2003, s. 191–192).

Wraz z rozwojem linii transportowych trwała rozbudowa sieci portów i terminali kontenerowych. W latach 80. ubiegłego stulecia głównymi ośrodkami transportu kontenerowego były węzły morskie Ameryki Północnej, Europy Zachodniej

i Azji. Początek XXI w. to czas wyraźnej dominacji portów azjatyckich, zwłaszcza chińskich. Biorąc pod uwagę wielkość przeładunków w TEU¹, w 2019 r. w pierwszej dwudziestce portów kontenerowych znalazły się zaledwie trzy węzły europejskie (Rotterdam, Antwerpia, Hamburg) i jeden amerykański (Los Angeles) (WSC, 2019).

Pierwsza dekada XXI w. jest okresem, w którym wykształcił się nowy charakter przewozów kontenerowych. Obecnie linie oceaniczne łączą kluczowe porty bazowe, zaś lokalne porty drugorzędne zapewniają serwis dowozowo-odwozowy pomiędzy tymi portami, do których nie zawijają kontenerowce oceaniczne. W opisanym systemie wyróżnia się zatem dwa typy przewozów: równoleżnikowe przewozy oceaniczne łączące główne rynki (Azja–Europa–Ameryka Północna) oraz południkowy serwis dowozowy, który ma za zadanie rozwozić kontenery pomiędzy portami bazowymi i rozmieszczonymi wzdłuż wybrzeży poszczególnych kontynentóworskimi węzłami lokalnymi (Urbanyi-Popiołek, 2010, s. 25).

Wprowadzenie do transportu konteneryzacji zapoczątkowało jakościową zmianę, która umożliwiła procesy globalizacji produkcji oraz wpłynęła na środki transportu, porty, jak i organizację całych łańcuchów transportowych. Rozwój konteneryzacji umożliwił integrację różnych gałęzi transportu pod względem stosowanych w przewozach rozwiązań technicznych, technologicznych i organizacyjnych. Dzięki kontenerom zmieniło się oblicze niemal całego aparatu uczestniczącego i pośredniczącego w transportowej obsłudze handlu międzynarodowego, od sposobu realizacji kontraktów handlowych, po dokumentację i warunki ubezpieczeń. W momencie pojawienia się kontenerów również przedsiębiorstwa armatorskie stanęły w obliczu nowych wyzwań technologicznych, finansowych i organizacyjnych. Przejawem tendencji do ograniczania ryzyka inwestycyjnego i handlowego oraz zwiększania mobilności armatorów stały się różnego rodzaju porozumienia integracyjne (Brzozowski, 2011, s. 120; Kubicki, Kuriata, 2000, s. 107).

Korzyści z zastosowania kontenera są wielostronne. Załadowcy mogą w ten sposób obniżać koszty transportu, oszczędzać na opakowaniach i stawkach ubezpieczeniowych, zmniejszać ryzyko uszkodzenia lub utraty ładunku, a także minimalizować czas dostawy i poprawiać jej terminowość. Przewoźnicy natomiast skracają czas postoju środka transportowego w punkcie przeładunkowym, ponoszą mniejsze koszty związane z odpowiedzialnością za uszkodzony towar oraz angażują do obsługi ładunku mniejszą liczbę bardziej wydajnych środków transportu (Neider, 1992, s. 15–16).

Przyjmuje się, iż głównymi przesłankami sukcesu kontenerów w przewozach międzynarodowych były (Deloitte, 2007, s. 11; Kupiński i in., 2011, s. 780–781):

- pojemność kontenera i jego cechy konstrukcyjne;
- rozpowszechnienie w obrotach międzynarodowych, zwłaszcza przez transport morski;

1 TEU (*Twenty-foot Equivalent Unit*) to jednostka pojemności równoważna objętości kontenera o długości dwudziestu stóp.

- korzyści, jakie kontenery przyniosły użytkownikom terminali kontenerowych, w tym:
 - znaczące przyspieszenie operacji przeładunkowych;
 - poprawa bezpieczeństwa ładunków;
 - rozwój infrastruktury i suprastruktury dla obsługi kontenerów;
 - implementacja efektywnych rozwiązań logistycznych.

Ponieważ pojawienie się kontenerów wywarło ogromny wpływ na organizację i efektywność międzynarodowego transportu ładunków, w kolejnych podrozdziałach przedstawiono główne etapy rozwoju konteneryzacji od końca XIX w. po czasy współczesne.

1.2. Rozwój konteneryzacji od końca XIX w. do czasów współczesnych

W rozwoju konteneryzacji wyodrębnić można cztery etapy:

- okres od pierwszych prób zastosowania urządzeń przypominających kontenery do roku 1955, od którego datuje się rozwój tej formy przewozów na szerszą skalę;
- lata 1956–1966, kiedy to początkowo powolny rozwój konteneryzacji ewoluował do gwałtownej eksplozji tego zjawiska w skali światowej;
- okres od 1967 r. do końca lat 80. XX w. Za datę początkową tego etapu przyjęto rok, w którym w transporcie światowym pojawiły się i zaczęły odgrywać coraz większą rolę wielkie kontenery konstruowane zgodnie ze standardami ISO²;
- początek lat 90. XX w. do czasów współczesnych, kiedy to obserwowany jest dalszy intensywny wzrost międzynarodowych przewozów ładunków konteneryzowanych.

1.2.1. Rozwój konteneryzacji do roku 1955

Holenderski badacz van den Burg twierdzi (1968, s. 150), że za pierwsze jednostki ładunkowe można by już uznać skórzane worki i gliniane amfory starożytnych Greków. Jednak urządzenia przypominające dzisiejsze kontenery pojawiły się dopiero jako udoskonalona forma trwałego opakowania wielokrotnego użytku.

² ISO (*International Organization for Standardization*) to Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna zrzeszająca krajowe organizacje normalizacyjne.

Przykładem mogą być drewniane skrzynie, które przewyższały wagą ciężar przewożonego ładunku, używane przy pierwszych próbach wprowadzenia przez europejski transport kolejowy przewozów systemem dom–dom.

Konteneryzacja sięga swoimi korzeniami końca XVIII w. Pojedyncze skrzynki, pierwotnie używane do przenoszenia węgla na barki, wykorzystywać zaczęto do konteneryzowania węgla pod koniec lat 80. XVIII w. W 1795 r. Benjamin Outram otworzył trasę Little Eaton Gangway, którą przewożono węgiel na specjalnie zbudowanych do tego celu wózkach. Ciągnięte przez konie drewniane wózki były wypełnionymi węglem pojemnikami, które można było następnie przeładowywać na barki pływające po kanale Derby (Ripley, 1993). Aż do lat 30. XIX w. na różnych kontynentach kontenery przewożono koleją, a następnie przeładowywano na inne środki transportu. Przykładowo, na trasie Liverpool–Manchester „[...] zwykle prostokątne skrzynki z drewna, cztery na wózek, używane były do przewozu węgla z kopalń w Lancashire do Liverpoolu, gdzie przenoszono je za pomocą dźwigów na wozy konne” (Essery i in., 1979, s. 92). W latach 40. XIX w. obok skrzyń drewnianych używać zaczęto żelaznych pojemników. W 1886 r. w czasopiśmie niemieckim pojawiło się jedno z pierwszych ilustrowanych ogłoszeń przedstawiających urządzenie przypominające kontener. Z kolei w kwietniu 1911 r. w amerykańskim czasopiśmie „National Geographic Magazine” zamieszczono reklamę nowojorskiej firmy Bowling Green Storage and Van Company, która już od 1906 r. świadczyła usługi przewozowe z wykorzystaniem „przenośnych wagonów” lub nieprzystosowanych do piętrzenia metalowych skrzyń o wymiarach 18’x8’x8’ używanych na trasie między Stanami Zjednoczonymi a Europą.

Przyjmuje się, że pierwsze kontenery powstały przed 1914 r. Również samego terminu „kontener” używać zaczęto prawdopodobnie dopiero na początku XX w. Wprowadzane w tym czasie jednostki ładunkowe miały za zadanie obniżyć koszty przeładunku oraz usprawnić powtarzające się operacje przeładunkowe, szczególnie w punktach, gdzie następowała zmiana jednego środka transportu na drugi. Tendencje te zaobserwować można było szczególnie wyraźnie w portach morskich. Jednak proces konteneryzacji był wtedy jeszcze bardzo powolny, a przed i po I wojnie światowej kontenery wciąż stosowano na niewielką skalę.

W latach 20. XX w. następowały dalsze próby korzystania z kontenerów. W Niemczech zastosowano system ruchomej bocznicy, który polegał na przewożeniu wagonów kolejowych na platformach samochodowych. Po roku 1922 przewozy kontenerowe na szerszą skalę wprowadziły dwie amerykańskie linie kolejowe: New York Central oraz Pensylwania. Koleje New York Central eksperymentowały z pojemnikami kontenerowymi na połączeniach między Nowym Jorkiem a Chicago. W wypracowanym na tej trasie systemie kontenery załadowywano na peronie na wózki silnikowe, które przewoziły je w głąb stacji, gdzie pojemniki umieszczano na specjalnym wagonie. Na stacji docelowej te same operacje wykonywano w odwrotnej kolejności. Główną zaletą systemu jednostkowania ładunków okazało się wtedy przede wszystkim lepsze wykorzystanie urządzeń transportowych. Dzięki

kontenerom załadunek i rozładunek środka transportu można było przeprowadzić szybciej, a straty czasu z powodu przestojów na terminalach zostały w znacznym stopniu wyeliminowane. Wtedy dostrzeżono jednak również dwa zasadnicze problemy. Pierwszy dotyczył konstrukcji samych pojemników, które musiały być lekkie, ale jednocześnie wytrzymałe i odporne na czynniki zewnętrzne. Druga trudność wiązała się z potrzebą stworzenia mechanizmu szybkiej obsługi i przeniesienia pojemników na stacjach przeładunkowych (*Freight Handling*, 1925, s. 4).

Z kolei w Europie w 1925 r. kontenerów zaczęto używać do przewozu płynów w butelkach, chemikaliów oraz części samochodowych. Już w trzy lata później zarządy europejskich kolei i światowy kongres samochodowy uznały kontenery za efektywny sposób przewozu ładunków w systemie dom–dom. O wzrastającej popularności tego rodzaju transportu na kontynencie europejskim świadczą mogą dane statystyczne. W roku 1924 koleje brytyjskie posiadały 350 kontenerów, a w 1925 r. liczba ta sięgała już 2 tys. W kolejnych latach następował dalszy rozwój przewozów kontenerowych w Wielkiej Brytanii. W 1929 r. kolej brytyjska używała aż 10 636 kontenerów (*New Transport Method*, 1929, s. 11; *Railway Containers*, 1936, s. 9). W tym czasie kontenerami przewożono m.in. bagaże pasażerów podróżujących pociągiem Golden Arrow na trasie Londyn–Paryż.

Pod koniec lat 20. XX w. kontenery pojawiły się także w transporcie morskim. Przykładowo, od 1929 r. Seatrain Lines przewoziło na swoich statkach całe wagony kolejowe, wykorzystując je do transportu towarów między Nowym Jorkiem i Kubą. W rok później również w Wielkiej Brytanii przedsiębiorstwo Overseas Railway Inc. rozpoczęło przewozy kontenerów oraz wagonów kolejowych barkami żeglugi śródlądowej i statkami morskimi. Ponadto w połowie 1930 r. Chicago Great Western Railway oraz New Haven Railroad wprowadziły przewozy w systemie *piggyback*, polegające na transporcie całych naczep samochodowych na specjalnie skonstruowanych platformach kolejowych. W efekcie postępującej na całym świecie konteneryzacji, w roku 1933 powołano w Paryżu Międzynarodowe Biuro Kontenerów (fr. *Bureau International des Conteneurs* – BIC), które prowadziło m.in. prace badawcze nad procesem wdrażania konteneryzacji do przewozu ładunków. W roku 1938 PKP zawarły *Umowę o wzajemnym używaniu skrzyń ładunkowych (kontenerów)*. Z umowy tej wynikało, że przewozami kontenerowymi objęty miał być cały kontynent eurazjatycki.

W trakcie II wojny światowej ponownie można było dostrzec korzyści płynące z konteneryzacji – w postaci przyspieszenia procesu transportowego, zmniejszenia pracochłonności przeładunków oraz obniżenia odsetka strat i uszkodzeń amunicji oraz materiałów zaopatrzeniowych dla wojska. W efekcie, w 1940 r. angielska firma Anglo Continental Container Services, czarterując statki angielskiego armatora Atlantic Steam Navigation Company, zapoczątkowała przewozy kontenerowe przez Morze Irlandzkie między portami północnej Anglii i północnej Irlandii. Szybszy rozwój konteneryzacji nastąpił jednak dopiero w latach 1946–1955, tj. po zakończeniu działań wojennych (Krasucki, Neider, 1986, s. 13–17).

1.2.2. Konteneryzacja w latach 1956–1966

W latach 50. i 60. ubiegłego stulecia, kiedy światowa koniunktura gospodarcza, a w ślad za nią handel międzynarodowy charakteryzowały się bardzo wysokimi wskaźnikami wzrostu, coraz bardziej widoczny był problem nienadążania transportu za rosnącą potrzebą przyspieszania wymiany towarowej. Wąskim gardłem przewozów międzynarodowych stały się punkty przeładunkowe, w których towary zmieniały środki transportowe. Zwłaszcza porty morskie zaczęły odczuwać poważne trudności w zakresie szybkiego i sprawnego przeładunku. Problemy dotyczyły magazynów i placów do składowania oraz ilości czynności manipulacyjno-pomocniczych, które należało wykonać przy obrocie stale rosnącej masy towarowej. Skutkiem tego był coraz dłuższy czas postojów środków transportowych w punktach przeładunkowych oraz ciągle wydłużający się okres dostawy towarów do miejsc przeznaczenia. W konsekwencji przewoźnicy ponosili straty finansowe – zgodnie z zasadą, że środek transportowy zarabia wtedy, gdy jest w ruchu. Aby zmniejszyć liczbę małych ładunków, wymagających czasochłonnych operacji przeładunkowo-składowych i zwiększających koszty, wykorzystano pomysł formowania z nich dużych jednostek towarowych, pozwalających na znaczne przyspieszenie i uproszczenie tych czynności (Kupiński i in., 2011, s. 780–781).

Lata 1956–1966 ocenia się jako okres ekspansji kontenerowej, gorączki kontenerowej czy też rewolucji kontenerowej³. Doszło wtedy do poważnych zmian w organizacji i funkcjonowaniu transportu oraz przewoźników. Przede wszystkim diametralnie zmieniła się technika i technologia przewozu oraz warunki realizacji kontraktów handlowych, w tym dokumentacja handlowa, ubezpieczeniowa i prawna (Neider, Marciniak-Neider, 1997, s. 24).

W latach 1952–1962 w transporcie amerykańskim narastał kryzys. W efekcie, w połowie lat 50. podjęto w USA próby zastosowania kontenera w przewozach morskich. W 1955 r. Malcom McLean oraz Keith Tantlinger rozpoczęli prace nad nowoczesnym pojemnikiem intermodalnym. Chcieli zaprojektować kontener, który mógłby być szybko i sprawnie załadowywany na statek, a następnie bezpiecznie na nim przewożony w dalekich podróżach morskich. W rezultacie skonstruowali stalowy pojemnik o wymiarach 10'x8'x8', który dzięki zaczepom zamontowanym na szczycie każdego z czterech narożników łatwo mógł być przenoszony przy pomocy żurawi portowych.

Pierwszy na świecie kontenerowiec, Clifford J. Rodgers, wybudowano w 1955 r. w Montrealu. W dniu 26 listopada tego roku przetransportował on 600 kontenerów z North Vancouver do Skagway, gdzie pojemniki zostały wyładowane na spe-

³ Pojawienie się oraz rozpowszechnienie kontenera nazwano po latach trzecią rewolucją w transporcie. Pierwsza to zastosowanie koła, a druga – wykorzystanie maszyny parowej do napędu środków transportowych.

cialnie zaprojektowane wagony kolejowe, a następnie przewiezione do Yukon. Ten pierwszy na świecie system intermodalny był w użyciu do 1982 r. (HGC, 1957).

Jednak pierwszym armatorem, który zajął się przewozem kontenerowym na skalę międzynarodową było towarzystwo Sea-Land Service (wówczas znane jako Pan-Atlantic Steamship Corporation), które w roku 1955 założył Malcolm McLean. Firma zorganizowała transport ładunków konteneryzowanych między portami wschodniego wybrzeża USA i Zatoki Meksykańskiej, po czym poszerzyła obsługę o porty Morza Karaibskiego. Pierwszy rejs statku Maxton odbył się w 1956 r. z portu Nowy Jork do Houston. Statek przewiózł 58 wielkich kontenerów na specjalnie do tego celu przebudowanym pokładzie środkowym. W roku następnym armator przedłużył swój regularny serwis kontenerowy z Nowego Jorku do Puerto Rico, przewożąc na tej trasie ładunki w kontenerach 35-stopowych. W porcie nowojorskim zbudowane zostało nawet specjalne nabrzeże kontenerowe do pionowego przeładunku przewożonych na statkach pojemników. Inny armator amerykański, Matson Navigation Company, rozpoczął z kolei transport ładunków w wielkich kontenerach 24-stopowych w relacji USA–Hawaje. W tym samym czasie przewoźnik morski Grace Lane zainicjował przewozy kontenerowe z USA do portów środkowej i południowej Ameryki.

O ile w Ameryce rozwój konteneryzacji opierał się na stosowaniu wielkich kontenerów, o tyle w Europie (poza Wielką Brytanią) dominowały kontenery małe, o ładowności jednej tony. Charakterystyczne dla Europy było też zróżnicowanie typów kontenerów eksploatowanych przez poszczególnych przewoźników. Do krajów przodujących w rozwoju transportu kontenerowego na kontynencie europejskim należały w badanym okresie Wielka Brytania, Francja i RFN. Kraje takie jak Holandia, Belgia czy Szwajcaria korzystały już z kontenerów, ale w znacznie mniejszym stopniu, natomiast pozostałe państwa europejskie zdecydowanie odstawały pod tym względem od czołówki światowej.

W Europie kontenery morskie pojawiły się w latach 60. XX w. – w 1966 r. przyplął z USA na Stary Ląd statek Fairland, przywożąc na pokładzie 226 kontenerów. Armatorem statku był wspomniany już wcześniej amerykański przewoźnik Sea-Land. W tym samym roku podjęte zostały też pierwsze próby unifikacji rozmiarów kontenerów i stosowanych do ich przewozu środków transportowych przez komisję roboczą *Pushing Group Transcontainer* powołaną w ramach Międzynarodowego Związku Kolei (fr. *Union Internationale des Chemins de fer* – UIC) (Cudahy, 2006, s. 5–9). Również w 1966 r. rozpoczęto masową produkcję pojemników cystern, a w rok później opracowano pierwszy kontener cysternę⁴ zgodnie ze standardami ISO. Jednakże kontenery tego typu zaczęły występować w transporcie w takiej postaci jaką znamy obecnie dopiero na początku lat 70. XX w.

4 Pierwszy pojemnik cysterna zaprojektowany został przez inżyniera z Londynu, Boba Fossey'a. W 1964 r. wykonał on wymienny zbiornik dla potrzeb transportu kombinowanego, ale nie był on jeszcze zbudowany zgodnie z normami ISO (Huigen, Fossey, 2013, s. 1).

Podsumowując, stwierdzić można, iż lata 1956–1966 charakteryzowały się pewnymi wspólnymi cechami. Był to bowiem okres (Krasucki, Neider, 1986, s. 18–23):

- prób konteneryzacji przewozu ładunków na małą skalę przez stosunkowo niewielkie przedsiębiorstwa transportowe;
- ostrej konkurencji między poszczególnymi przedsiębiorstwami transportowymi oraz całymi gałęziami transportu;
- praktycznego wprowadzania i sprawdzania szeroko rozumianej przydatności kontenera w transporcie.

1.2.3. Rozwój konteneryzacji od roku 1967 do końca lat 80. XX w.

Kierunek rozwoju konteneryzacji po roku 1967 wyznaczany był przez działania zmierzające do usystematyzowania rozmiarów i typów kontenerów. Był to czas, w którym w wielu krajach powstawały i były wcielane w życie programy rozwoju kontenerowych systemów transportowych, opierające się na eksploatacji wielkich kontenerów. Zarządy kolejowe jedenastu krajów europejskich oraz towarzystwo Interfrigo powołały wtedy do życia międzynarodowe stowarzyszenie pod nazwą Intercontainer. Ponadto w tym czasie w efekcie konteneryzacji przeprowadzono modernizację i przebudowę infrastruktury transportowej oraz dostosowano siły wytwórcze w obrębie transportu do potrzeb życia społeczno-gospodarczego. Można uznać, że rok 1967 był przełomowy, stanowił pewną granicę, po przekroczeniu której w dynamiczny sposób wzrosły rozmiary transportu ładunków konteneryzowanych w przewozach wewnętrznych i międzynarodowych.

W analizowanym okresie wykształciły się dwa skrajne podejścia do sposobu wdrażania konteneryzacji. Pierwsze polegało na próbie wprowadzania kontenerowego systemu przewozów w zgodzie z generalną, uprzednio zaplanowaną koncepcją przebudowy krajowego systemu transportowego (Wielka Brytania, NRD). Podejście drugie sprowadzało się do wprowadzania kontenerowych przewozów na bazie istniejącej infrastruktury technicznej transportu, przy jej przebudowie tylko na odcinkach dróg i w punktach transportowych, gdzie było to absolutnie niezbędne (Francja). Natomiast sposób wdrażania wielkich kontenerów do systemu transportowego RFN ilustrował rozwiązanie, w którym wykorzystane zostały założenia obu powyższych koncepcji. Warto podkreślić, że w tym samym czasie i zbliżonym tempie rozwijała się konteneryzacja oparta na wprowadzaniu wielkich kontenerów według modelu zachodniemieckiego w większości pozostałych krajów Europy Zachodniej, a w wolniejszym tempie także w krajach Europy Środkowej.

Szybciej niż w wiodących krajach Europy rozwijała się konteneryzacja w USA. Kontenery zyskiwały też na popularności w innych rejonach świata, głównie Australii i Oceanii oraz Azji (Japonia, Hongkong, Singapur, Tajwan). W Ameryce Łacińskiej (Meksyk, Brazylia, Argentyna) i Afryce (RPA) proces jednostkowania ładunków był z kolei wymuszany głównie przez potrzeby wymiany międzynarodowej.

Pod koniec lat 60. XX w. nastąpił gwałtowny rozwój żeglugowych szlaków kontenerowych oraz portowych baz kontenerowych. W maju 1966 r. czasopismo „Container News” wymieniło pięć linii świadczących przewozy kontenerowe w relacji z USA, ale już w 1967 r. opublikowało ono listę 38 linii obsługujących ok. 100 portów w Europie, Ameryce Łacińskiej, na Bliskim i Dalekim Wschodzie, w Afryce i Australii. W lipcu tego samego roku liczba linii kontenerowych wzrosła do 88. Obsługiwały one 200 portów morskich.

Najwcześniej i na największą skalę przewozy kontenerowe drogą morską zapoczątkowano na północnym Atlantyku. W roku 1968 podobne połączenia powstały na Pacyfiku, a w rok później transport kontenerowy zainaugurowano na liniach łączących Amerykę Północną z Australią i Azją Południową. W tym samym roku konteneryzacja objęła szlak żeglugowy łączący Europę Zachodnią i Północną z Australią. W roku 1972 powstało kontenerowe połączenie Europy z Japonią i innymi krajami Dalekiego Wschodu. Wreszcie po roku 1975 wprowadzono dalsze morskie połączenia kontenerowe, które stanowiły uzupełnienie istniejących już szlaków lub też łączyły obszary gospodarczo rozwinięte z krajami rozwijającymi się.

Konteneryzacja przyczyniła się ponadto do spotęgowania zjawiska koncentracji kapitału w żegludze i centralizowania organizacji przewozów. Aby uzyskać przewagę konkurencyjną na rynku, armatorzy zaczęli stopniowo poszukiwać nowych form współpracy, tworząc żeglugowe konsorcja kontenerowe, alianse globalne i wymieniając pomiędzy sobą *sloty*⁵.

Na przełomie lat 70. i 80. XX w. pojawiać zaczęły się żeglugowe konsorcja kontenerowe⁶, będące związkiem kilku armatorów, którzy w celu eksploatacji danego szlaku powoływali do życia wyodrębnione organizacyjnie wspólne przedsięwzięcie. Przy tej formie współpracy armatorzy tracili co prawda całkowicie lub częściowo pozycję niezależnych przewoźników, ale odnosiło się to tylko do obsługi wybranego szlaku. Takie porozumienia integracyjne umożliwiały prowadzenie jednolitej polityki inwestycyjnej i żeglugowej oraz wspólną akwizycję, marketing, organizację i kontrolę przewozów czy też eksploatację statków jak i kontenerów (Deloitte, 2007, s. 17).

W tamtym czasie wśród konsorcjów można było wyróżnić porozumienia kartelowe, syndykaty kontenerowe, grupy kontenerowe oraz tzw. *joint ventures*. Kartele to porozumienia między przedsiębiorstwami działającymi w tej samej branży gospodarki, których celem jest zwiększenie zysków oraz horyzontalne ograniczanie lub całkowite wyeliminowanie wzajemnej konkurencji pomiędzy uczestnikami kartelu. W żegludze morskiej uczestnicy porozumienia kartelowego najczęściej ustalają wspólne plany rejsów, udziały ładunków do przewozu w kontenerach dla

5 Całą przestrzeń ładunkową statku dzieli się na *sloty*, czyli stanowiska, na których umieszcza się kontenery (Neider, 1992, s. 24).

6 Jednym z najstarszych konsorcjów kontenerowych jest Atlantic Container Line (ACL), działające od 1967 r. na szlaku Ameryka Północna–Europa.

każdego z partnerów oraz jednolite taryfy frachtowe. Co istotne, pomimo wspólnej nazwy firmy nie tracą osobowości prawnej, a armatorzy odpowiadają za techniczną eksploatację swoich statków (Molski, 2003, s. 17).

Syndykat kontenerowy to wyższy stopień zarządzania wspólnym przedsięwzięciem armatorskim niż porozumienie kartelowe. Poza elementami współpracy charakterystycznymi dla karteli, członkowie syndykatu prowadzą dodatkowo wspólny marketing i operacje lądowe oraz ściśle koordynują inwestycje tonażowe od strony finansowej. Rozliczają swoje przychody na zasadach poolu finansowego⁷, a uprawnienia transportowe armatorów ustalają proporcjonalnie do potencjału przewozowego każdego z nich lub na podstawie wyników działalności z poprzednich okresów (Neider, Marciniak-Neider, 1997, s. 87).

Jeszcze wyższy stopień integracji pomiędzy armatorami zapewnia grupa kontenerowa, która ma charakter spółki akcyjnej i kieruje praktycznie wszystkimi operacjami swoich udziałowców. Zarząd grupy odpowiedzialny jest nie tylko za wspólną działalność charakterystyczną dla syndykatów, ale zapewnia też centralną dyspozycję tonażem oraz parkiem kontenerowym, operuje ujednoliconą dokumentacją przewozowo-finansową czy też rozlicza koszty i wpływy. Co więcej, zajmuje się on również organizacją transportu kontenerów na lądzie, współpracując z przewoźnikami samochodowymi i kolejowymi. O ile w tego typu porozumieniu statki są własnością poszczególnych armatorów, to decyzje inwestycyjne co do ich typu i wielkości podejmowane są przez całą grupę (Neider, Marciniak-Neider, 1997, s. 88).

Wreszcie najwyższym stopniem kooperacji w żegludze morskiej są porozumienia typu *joint venture*. Ta forma współpracy zakłada współdziałanie we wszystkich dziedzinach działalności armatorskiej. Zarówno statki, jak i terminale są własnością *joint venture*, a nie poszczególnych przewoźników. *Joint venture* to najczęściej odrębne podmioty, stworzone wspólnie przez więcej niż jedno przedsiębiorstwo w celu realizacji określonego zadania lub prowadzenia konkretnej działalności. W żegludze morskiej spółki tego typu nie ograniczają swoich działań do jednego szlaku (Probst, Rülling, 1999, s. 5).

Kiedy w drugiej połowie lat 80. XX w. wiele konsorcjów rozpadło się, a niektóre ograniczyły stopień integracji pomiędzy swoimi uczestnikami, na popularności zaczęły ponownie zyskiwać konferencje żeglugowe, tj. porozumienia armatorów z różnych krajów obsługujących ten sam obszar, porty i linie żeglugowe. Członkowie konferencji ustalali wysokość opłat frachtowych, rozkłady rejsowe, tonaż przewozowy oraz inne warunki obsługi żeglugowej na danym obszarze. Ich głównym celem było ograniczanie konkurencji cenowej (Grajewski, Wójcicki, 1981). W tym czasie powstawały także elastyczniejsze formy współpracy, tzw. porozumienia stabilizacyjne, które poza tym, że określały wspólne stawki taryfowe, to bazowały też na wymianie przestrzeni ładunkowej między przewoźnikami oraz wyznaczaniu pojemności statków oferowanych przez sygnatariuszy umowy.

⁷ Jest to rodzaj umowy o podziale wpływów frachtowych.

Ponadto w drugiej połowie lat 80. XX w. indywidualni armatorzy uruchomili serwisy okołoziemskie. Ponieważ samodzielne zaistnienie przewoźnika morskiego na światowym rynku żeglugowym stawało się coraz trudniejsze, w połowie lat 90. ubiegłego stulecia nastąpiła też fala fuzji, połączeń i różnego rodzaju aliansów. Alianse globalne nie wiążą co prawda tak blisko armatorów jak konsorcja żeglugowe, ale za to dotyczą obsługi nie jednego, a wielu serwisów żeglugowych. Zapewniają ponadto wspólną eksploatację statków, na których dokonuje się wzajemnego frachtowania stanowisk kontenerowych. Przewidują także tworzenie poolów kontenerowych⁸, wspólne wykorzystanie terminali portowych oraz jednolity rozkład rejsów (Deloitte, 2007, s. 17).

Jednak w omawianym okresie kluczowym wydarzeniem, wyznaczającym nowy kierunek w rozwoju konteneryzacji w Europie i na świecie, było opracowanie przez Komitet Techniczny ISO zaleceń dotyczących I szeregu wymiarowego kontenerów (tab. 1.1). Prace nad normalizacją kontenerów objęły: terminologię, wymiary wewnętrzne i zewnętrzne, masę brutto, rozwiązania konstrukcyjne, wymagania wytrzymałościowe, oznakowanie oraz przepisy eksploatacyjne dotyczące przeładunku i mocowania. Jednym z najważniejszych, ale i najtrudniejszych zagadnień w dziedzinie standaryzacji kontenerów okazała się normalizacja ich wymiarów i maksymalnej masy brutto. W roku 1968 opracowano ostatecznie I serię wymiarową dla kontenerów. Pierwszym standardem, który został podważony przez producentów i właścicieli kontenerów była wysokość kontenera. Zaczęło się pojawiać coraz więcej pojemników o wysokości 8'6", w efekcie czego ISO uwzględniła w swoich normach nowe typy kontenerów oznaczone symbolami 1AA, 1BB i 1CC (Deloitte, 2007, s. 24–25, 29–30, 33–34, 42–43).

Tabela 1.1. Wymiary zewnętrzne oraz masa brutto kontenerów I serii ISO

Typ kontenera	Wymiary zewnętrzne						Max masa brutto (kg)
	Długość		Szerokość		Wysokość		
	mm	stopy	mm	stopy	mm	stopy	
1A	12 192	40'	2 438	8'	2 438	8'	30 480
1AA	12 192	40'	2 438	8'	2 591	8'6"	30 480
1B	9 125	29'11,25"	2 438	8'	2 438	8'	25 400
1BB	9 125	29'11,25"	2 438	8'	2 591	8'6"	25 400
1C	6 058	19'10,50"	2 438	8'	2 438	8'	20 320
1CC	6 058	19'10,50"	2 438	8'	2 591	8'6"	20 320
1D	2 991	9'9,75"	2 438	8'	2 438	8'	10 160
1E	1 968	6'5,50"	2 438	8'	2 438	8'	7 110
1F	1 460	4'9,50"	2 438	8'	2 438	8'	5 080

Źródło: opracowanie własne.

⁸ Rodzaj porozumienia, w którym ma miejsce wspólna eksploatacja parku kontenerowego przez jedno centrum logistyczne.

W kolejnych latach opracowano serie II i III, dotyczące małych kontenerów, które ze względu na nikłe nimi zainteresowanie zostały ostatecznie wyłączone ze standardów ISO (tab. 1.2).

Tabela 1.2. Wymiary zewnętrzne kontenerów II serii ISO

Typ kontenera	Wymiary zewnętrzne					
	Długość		Szerokość		Wysokość	
	mm	stopy	mm	stopy	mm	stopy
2A	2 920	9'7"	2 300	7'6,5"	2 100	6'10,5"
2B	2 400	7'10,5"	2 100	6'10,5"	2 100	6'10,5"
2C	1 450	4'9"	2 300	7'6,5"	2 100	6'10,5"

Źródło: Krasucki, Neider (1986, s. 64).

Kwestie bezpieczeństwa przewozów uregulowała opracowana przez Międzynarodową Organizację Morską (IMO, *International Maritime Organization*) *Międzynarodowa konwencja o bezpiecznych kontenerach* z 1972 r. (z poprawkami z 1981 r. i 1983 r.) (*Międzynarodowa konwencja*, 1972). Z kolei uzgodnienia co do warunków technicznych stawianych kontenerom oraz procedury uznawania ich za zdatne do przewozu pod zamknięciem celnym zawarte zostały m.in. w *Konwencji celnej* z 1972 r. (*Konwencja celna*, 1972). Zgodnie z jej postanowieniami, aby kontener mógł przekroczyć granicę państwa bez otwierania i kontroli muszą być spełnione następujące warunki:

- żaden ładunek nie może być umieszczony w kontenerze lub wyjęty z niego bez pozostawienia widocznych śladów bądź naruszenia plomby celnej;
- musi istnieć możliwość łatwego i szybkiego mocowania plomb na kontenerach;
- kontener nie może zawierać jakichkolwiek skrytek nadających się do ukrycia ładunków;
- celnik musi mieć łatwy dostęp do wszystkich miejsc w kontenerze nadających się do przewozu towarów.

W miarę upływu lat niektóre typy i rodzaje kontenerów znormalizowane przez ISO nie znalazły uznania w oczach załadowców. W czerwcu 1978 r. Komitet Techniczny 104 wykluczył ze standardu serii I kontenery typu 1E i 1F z powodu niezaakceptowania tych propozycji w praktyce. Powszechnie zostały zaaprobowane jedynie typy 1A i 1C, natomiast o wiele mniejsze uznanie zyskały kontenery typu 1B i 1D.

Po wcześniejszym zaakceptowaniu przez ISO wysokości 8'6" pojawiły się postulaty dotyczące uznania przez tę organizację kolejnych wymiarów wysokości kontenerów. Na 13. plenarnym posiedzeniu Komitetu Technicznego 104 w 1985 r.

w Sztokholmie zaproponowano zaakceptowanie wysokości 9'6" (tzw. *high cube containers*). Wtedy większość delegatów odrzuciła ten wniosek, jednak w 1989 r. komitet zaakceptował tę wysokość dla kontenerów 30- i 40-stopowych.

Z czasem, ze względów praktycznych zaczął być podważany kolejny standard, jakim jest maksymalna masa brutto kontenera. Postęp techniczny w konstrukcji kontenerów spowodował, że ISO przyjęła w 1985 r. nowy standard dotyczący zmiany maksymalnej masy brutto kontenera 20-stopowego z 20,32 tys. kg do 24 tys. kg. Ponieważ od roku 1983 niemal wszystkie kontenery 20-stopowe opuszczające zakłady produkcyjne miały atesty dopuszczające napełnianie ich towarem o łącznej masie nieprzekraczającej 22 ton (sam kontener ważył ok. dwóch ton), wprowadzenie nowego standardu zapewniło zgodność oznaczeń ISO z danymi na tabliczkach informacyjnych umieszczanych przez producentów na drzwiach kontenerów.

W roku 1987 Komitet Techniczny ISO podjął również rozważania nad zwiększeniem maksymalnej masy brutto kontenerów 20- i 30-stopowych do 30,48 tys. kg, jednak ze względu na problemy techniczne propozycja ta nie została przyjęta (Neider, Marciniak-Neider, 1997, s. 48–49, 52).

1.2.4. Konteneryzacja od początku lat 90. XX w. do czasów współczesnych

W wyniku dokonywanych w latach 80. XX w. zmian w wymiarach zewnętrznych i masie brutto kontenerów, na początku lat 90. ISO podjęła kolejną próbę normalizacji uznawanych przez nią standardów. W efekcie tych działań w 1993 r. ogłoszono zrewidowaną I serię wymiarową dla kontenerów (tab. 1.3).

Normalizacja wymiarów zewnętrznych ponownie objęła przede wszystkim długość, szerokość i wysokość pojemników oraz ich dopuszczalną maksymalną masę brutto. Podstawowy standard tworzy obecnie moduł o długości 40', który dzieli się na mniejsze, będące jego częściami (odpowiednio 30', 20' i 10'). Szerokość pojemników znormalizowanych wynosi 8'. Standardową wysokość ISO ustaliła na 8'. Kontenery o wysokości i szerokości 8' posiadają oznaczenia 1A, 1B, 1C, 1D. Drugi szereg stanowią kontenery mające wysokość 8'6". Oznaczone są one symbolami 1AA, 1BB i 1CC. W obrocie znajdują się również kontenery wysokie (9'6"), w przypadku których oznaczenie potraja się (1AAA oraz 1BBB). Pojemność ładunkowa standardowego kontenera 20-stopowego o wysokości 8'6" wynosi ok. 32 m³, kontenera 40-stopowego o tej wysokości ok. 65 m³, zaś kontenera wysokiego ok. 76 m³.

Ze względu na coraz większe ilości ładunków przestrzennych ISO ustanowiła również II standard dla kontenerów wielkich o długości 49', które oznacza się symbolem 2AA bądź 2AAA (tab. 1.4). Kontenery te wykorzystywane są głównie na rynku amerykańskim. Warto też zauważyć, że w praktyce stosowane są również kontenery niestandardowe, przede wszystkim o szerokości 2500 mm, które

przystosowane są do wymiarów europalet (tzw. kontenery paletowe). Eurokontenery 20-stopowe upowszechniły się głównie w europejskich przewozach lądowych. W Europie istotnym czynnikiem determinującym podstawowe parametry jednostek ładunkowych transportu intermodalnego są ponadto przepisy określające gabaryty pojazdów ciężarowych, a także skrajni linii kolejowych. Na rynku amerykańskim występują z kolei pojemniki o większej długości (43', 48' lub 53'), które nie są jednak przez ISO standaryzowane (Urbanyi-Popiołek, 2010, s. 6–7).

Tabela 1.3. Wymiary zewnętrzne i masa brutto kontenerów według zrewidowanej I serii ISO

Typ kontenera	Rok	Wymiary zewnętrzne						Max masa brutto (kg)
		Długość		Szerokość		Wysokość		
		stopy	mm	stopy	mm	stopy	mm	
1AAA	1993	40'	12 192	8'	2 438	9'6"	2 896	30 480
1AA	1969	40'	12 192	8'	2 438	8'6"	2 591	30 480
1A	1968	40'	12 192	8'	2 438	8'	2 438	30 480
1AX	1979	40'	12 192	8'	2 438	<8'	<2 438	30 480
1BBB	1993	30'	9 125	8'	2 438	9'6"	2 896	25 400
1BB	1974	30'	9 125	8'	2 438	8'6"	2 591	25 400
1B	1968	30'	9 125	8'	2 438	8'	2 438	25 400
1BX	1979	30'	9 125	8'	2 438	<8'	<2 438	25 400
1CC	1974	20'	6 058	8'	2 438	8'6"	2 591	24 000
1C	1968	20'	6 058	8'	2 438	8'	2 438	24 000
1CX	1979	20'	6 058	8'	2 438	<8'	<2 438	24 000
1D	1968	10'	2 991	8'	2 438	8'	2 438	10 160
1DX	1979	10'	2 991	8'	2 438	<8'	<2 438	10 160

Uwaga: Komitet Techniczny 104 dopuścił wysokość mniejszą niż 8' tylko w kontenerach z dachem otwartym, o podstawie płytowej i płytowych, zbiornikowych oraz w kontenerach do przewozu towarów sypkich.

Źródło: PRS (2012, s. 15).

Tabela 1.4. Wymiary zewnętrzne i masa brutto kontenerów według zrewidowanej II serii ISO

Typ kontenera	Wymiary zewnętrzne						Max masa brutto (kg)
	Długość		Szerokość		Wysokość		
	stopy	mm	stopy	mm	stopy	mm	
2AA	49'	14 593	8'6"	2 595	8'6"	2 591	30 480
2AAA	49'	14 593	8'6"	2 595	9'6"	2 896	30 480

Źródło: Urbanyi-Popiołek (2010, s. 6).

Dokonana pod koniec XX w. i opisana powyżej standaryzacja kontenerów wprowadzona została głównie w celu optymalizacji procesów logistycznych. Jednakże wyznaczone przez nią normy nie zawsze pozwalają na pełne wykorzystanie stosowanych w praktyce pojemników. Stwierdzić należy bowiem, iż współczesne kontenery powinny przede wszystkim:

- spełniać wymagania logistyczne gospodarki światowej;
- umożliwiać maksymalne wykorzystanie pojemności ładunkowej;
- zapewniać łatwy i szybki dostęp do przestrzeni ładunkowej, co jest szczególnie ważne w łańcuchach logistycznych na krótkich i średnich odległościach;
- swoimi wymiarami zewnętrznymi być dopasowane do skrajni kolejowych dostępnych korytarzy transportowych oraz do parametrów śródlądowych korytarzy transportowych;
- odpowiadać przyjętym systemom transportu w zakresie możliwości przeładunku pionowego i systemu mocowania na jednostkach transportowych;
- odpowiadać przyjętym systemom transportu w zakresie istniejących i przygotowywanych systemów kodowania oraz automatycznej identyfikacji.

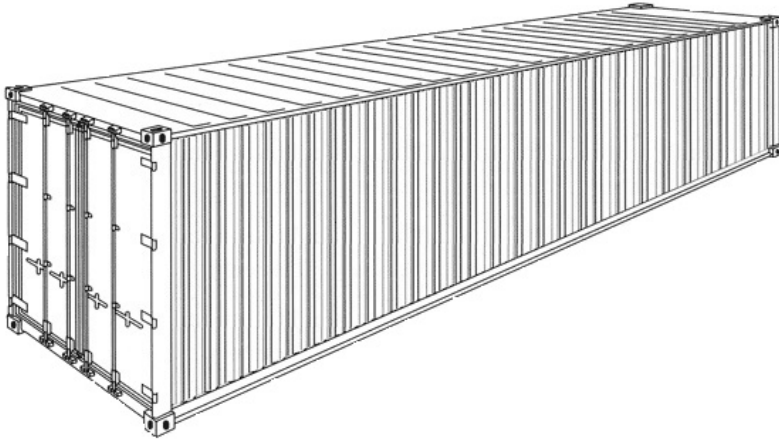
Globalizacja na rynku kontenerów pociągnęła za sobą określone zmiany. Zmniejszyła się liczba osób zatrudnionych w punktach transportowych, a koszty obsługi ładunków uległy znacznemu obniżeniu. Jednakże konieczność jednostkowania ładunków wymusiła na armatorach i operatorach terminali kontenerowych posiadanie parku kontenerów i sprzętu kontenerowego o standardowych parametrach ISO, dostosowanych pod względem wielkości, typu i rodzaju koniecznych do spełnienia postulatów techniczno-technologicznych przewozu szerokiej gamy ładunków o różnej charakterystyce, właściwościach, wymaganiach i podatności transportowej. Na początku XXI w. na całym świecie użytkowanych było rocznie ok. 300 milionów kontenerów 20-stopowych (Tomlinson, 2009, s. 6). W ostatnim czasie w związku z budową coraz większych kontenerowców oraz ograniczeniami, które narzucają istniejące terminale kontenerowe, coraz częściej używane są także 45-stopowe kontenery *high-cube*, które w przypadku pełnego załadowania zapewniają większą efektywność przewozową od tradycyjnych 20- i 40-stopowych pojemników. W wyniku opisanych powyżej tendencji, współcześnie w powszechnym użyciu pozostały głównie trzy typy kontenerów, których wymiary zewnętrzne i maksymalną masę brutto podano w tabeli 1.5.

Tabela 1.5. Wymiary najczęściej wykorzystywanych typów kontenerów

Nazwa kontenera	Wymiary zewnętrzne						Max masa brutto (kg)
	Długość		Szerokość		Wysokość		
	stopy	mm	stopy	mm	stopy	mm	
40-stopowy	40'	12 192	8'	2 438	8'6"	2 591	30 480
20-stopowy	20'	6 058	8'	2 438	8'6"	2 591	24 000
45-stopowy <i>high-cube</i>	45'	13 716	8'	2 438	9'6"	2 896	30 480

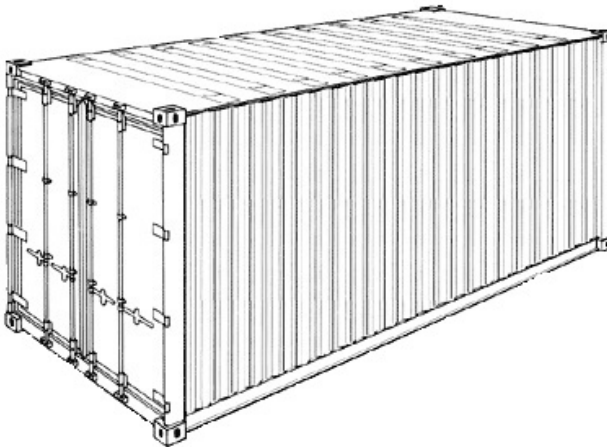
Źródło: Sołtysiak (2007, s. 75).

Wymienione w tabeli 1.5 rodzaje kontenerów przedstawiono na rysunkach 1.1–1.3⁹.



Rysunek 1.1. Kontener 40'

Źródło: opracowanie własne



Rysunek 1.2. Kontener 20'

Źródło: opracowanie własne

⁹ W tym miejscu warto zauważyć, że na rynku morskich przewozów kontenerowych wykorzystywane też są, w niewielkim jednak stopniu, tzw. kontenery składane, które mają te same wymiary co typowy uniwersalny kontener zamknięty 20-stopowy. Więcej na ten temat zob. Marek (2017, s. 33).



Rysunek 1.3. Kontener 45'

Źródło: opracowanie własne

Ponadto od lat 90. XX w. decydujący wpływ na liniową żeglugę kontenerową zdobyło nieliczne grono megaarmatorów oraz konsorcjów żeglugowych. Obecnie coraz większy potencjał przewozowy skupiony jest w rękach zaledwie kilkunastu przedsiębiorstw, z których dziesięć największych posiada blisko 40% udziału w światowej flocie kontenerowej¹⁰. Na rynku żeglugi kontenerowej występuje ok. 100 liczących się operatorów. Większość przewozów kontenerowych jest dziś realizowana przez ośmiu największych z nich. Należą oni do trzech alianśw globalnych¹¹: 2M, Ocean Alliance i THE Alliance¹². Największą zdolnością przewozową dysponuje zwłaszcza pierwsza czwórka przedsiębiorstw ze swoim wieloletnim liderem, APM-Maersk¹³ (tab. 1.6) (Nowosielski, 2006, s. 15; 2012b, s. 31). Warto jednocześnie zauważyć, że poza dużymi operatorami, utrzymującymi połączenia globalne, istnieje też rynek niszowy drobnych przewoźników liniowych świadczących usługi dowozowo-odwozowe na szlakach lokalnych (Kupiński i in., 2011, s. 783).

10 Obliczenia własne na podstawie *Alphaliner TOP 100* (2019).

11 W celu zdobycia przewagi konkurencyjnej na rynku globalnym, pod koniec XX w. przedsiębiorstwa z branży TSL zaczęły zawierać liczne alianse strategiczne. W alianśach strategicznych z operatorami oceanicznymi działają armatorzy funkcjonujący na rynku żeglugi bliskiego zasięgu. W celu wzmocnienia swojej pozycji konkurencyjnej w relacjach lądowych podpisują porozumienia z operatorami intermodalnymi (Grzybowski, 2014, s. 77).

12 Alians 2M to współpraca duńskiego Maersk Line oraz szwajcarskiego Mediterranean Shipping Company, do porozumienia Ocean należą francuski CMA CGM, chiński COSCO, tajwański Evergreen oraz spółka z siedzibą w Hongkongu – Orient Overseas Container Line (OOCL). Z kolei THE Alliance tworzą niemiecki Hapag-Lloyd, tajwańska Yang Ming i trzy spółki japońskie (MOL, NYK, “K” Line) (OECD/ITF, 2018, s. 13–14; Lewandowski, 2015, s. 27).

13 Więcej na temat tendencji integracyjnych wśród największych przedsiębiorstw armatorskich pisze Szyszka (2018, s. 3–4).

Tabela 1.6. Lista dziesięciu największych operatorów kontenerowych na świecie (stan na 2019 r.)

Pozycja	Nazwa	Udział	Flota kontenerowa	
			Pojemność (TEU)	Posiadane statki
1	APM-Maersk	17,7	4 042 981	700
2	Mediterranean Shg Co	14,4	3 299 133	525
3	COSCO Group	12,2	2 780 125	460
4	CMA CGM Group	11,5	2 617 543	502
5	Hapag-Lloyd	7,3	1 678 853	236
6	ONE (Ocean Network Express)	6,6	1 513 987	215
7	Evergreen Line	5,2	1 184 700	196
8	Yang Ming Marine Transport Corp.	2,9	655 879	99
9	Hyundai M.M.	1,9	439 935	76
10	PIL (Pacific Int. Line)	1,8	414 439	124

Źródło: opracowanie własne na podstawie *Alphaliner TOP 100* (2019).

Biorąc pod uwagę podział geograficzny, można stwierdzić, że na rynku wciąż dominują operatorzy europejscy (cztery z pierwszych pięciu miejsc w tabeli 1.6, łączny udział w rynku 50,9%). Jednak ich pozycje mocno zagrażają przewoźnicy reprezentujący Daleki Wschód. Na chwilę obecną rynek dalekowschodni kontrolowany jest przez armatorów z Chin, Singapuru, Tajwanu, Korei Południowej i Japonii. Największymi operatorami kontenerowymi w tej grupie są chiński COSCO, singapurski ONE oraz tajwański Evergreen (łączny udział rynkowy – 24%).

Na początku XXI w. na popularności zyskała forma współpracy polegająca na frachtowaniu stanowisk kontenerowych (*slot exchange*), w której armatorzy dzielą przestrzeń ładunkową swoich statków na *sloty*. Stanowiska te traktowane są co prawda jako wspólny potencjał przewozowy, ale rozdziela się je na poszczególnych partnerów, którzy mogą konkurować między sobą ceną i jakością świadczonych usług. Jak z tego wynika, na jednym statku załadownicy mogą zawierać umowy z różnymi gestorami *slotów* (Deloitte, 2007, s. 17).

We współczesnej żegludze kontenerowej można się też spotkać z różnego rodzaju porozumieniami polegającymi na wspólnej eksploatacji terminali portowych, statków, szlaków czy też zarówno statków, jak i szlaków dowozowych (Marek, 2015a, s. 12). Część operatorów decyduje się również na prowadzenie wspólnej polityki taryfowej lub sprzedaż usług za pośrednictwem jednego agenta bądź wspólnie utworzonej spółki. Możliwymi formami kooperacji są także: czasowe zarządzanie statkiem innego armatora, podział statków (koszty eksplo-

atacji rozlicza się według wysokości udziałów armatorów na każdej z jednostek pływających, należących do porozumienia) oraz podział tonażu (przewoźnicy ustalają pojemność i nośność jaką będą dysponować na poszczególnych statkach serwisu)¹⁴.

1.3. Transport intermodalny kontenerów

Gwałtowny wzrost międzynarodowej wymiany towarowej na początku XX w. w pełni uświadomił uczestnikom obrotu handlowego potrzebę wykorzystania różnych środków transportu. Natomiast szybki wzrost użycia kontenerów we wszystkich gałęziach transportu wpłynął w decydujący sposób na stopniowe wykształcanie się nowej formy organizacyjnej przemieszczania towarów, tzw. transportu multimodalnego (Kwaśniewski, 1989, s. 24).

Międzynarodowy transport multimodalny polega na przewozie zunifikowanych jednostek ładunkowych, takich jak kontenery, nadwozia wymienne czy naczepy siodłowe, różnymi środkami transportu przez terytorium co najmniej dwóch krajów, na podstawie jednego dokumentu przewozowego. Jednak obok transportu multimodalnego wyróżnia się także transport intermodalny, kombinowany oraz łamany¹⁵. W niniejszym podrozdziale przedstawiono definicje różniące poszczególne z tych pojęć. Ponieważ we współczesnym transporcie morskim kontenerów dominują przewozy intermodalne, w dalszej części pracy omówiono główne przyczyny rozwoju przewozów intermodalnych oraz podział transportu intermodalnego i podstawowe techniki załadunku w nim wykorzystywane.

1.3.1. Międzynarodowe systemy transportowe a przewóz kontenerów

System transportowy to układ wewnętrznych powiązań sieci transportowych różnych gałęzi. Dodatkowo trzeba do niego zaliczyć infrastrukturę, systemy zabezpieczeń, środki transportu, rozwiązania organizacyjne i systemy zarządzania. Charakteryzowany jest najczęściej przez długość i gęstość dróg, poziom rozwoju

14 Więcej na ten temat zob. Bartosiewicz (2015b).

15 W tym miejscu warto nadmienić, iż niektórzy autorzy stosują zamiennie pojęcie multimodalny i intermodalny. Według innych badaczy z kolei transport intermodalny jest szczególnym rodzajem multimodalnego (Gołemska, 2007, s. 127).

techniczno-technologicznego, strukturę gałęziową transportu oraz strukturę sieciową i punktową sieci transportowej różnych gałęzi (Kubicki i in., 2000, s. 21).

Do podstawowych etapów ewolucji systemów transportowych zaliczamy (Magiera, 1998, s. 25; Płaczek, 2006, s. 106–108):

- konwencjonalny system transportowy, oparty na tradycyjnych rozwiązaniach przewozowych, mających charakter wielogałęziowy;
- łamany system transportowy, tj. przewóz towarów przez co najmniej dwa różne środki transportu, pochodzące z tej samej gałęzi transportu;
- kombinowany system transportowy¹⁶, polegający na przemieszczaniu towaru w jednostkach ładunkowych przy użyciu co najmniej dwóch gałęzi transportu, stanowiących jeden łańcuch transportowy. Umowy o przewóz są podpisywane przez spedytora lub zleceniodawcę z poszczególnymi przewoźnikami, z których każdy odpowiada za wykonanie bezpiecznego przewozu na swoim odcinku trasy;
- intermodalny system transportowy, będący organizacją łańcucha dostaw przez operatora transportu intermodalnego na podstawie jednego dokumentu, w tej samej jednostce ładunkowej lub pojeździe, przy użyciu sukcesywnie różnych gałęzi transportu i bez przeładunku samych towarów;
- multimodalny system transportowy¹⁷, będący kompleksową usługą logistyczną o zróżnicowanej strukturze i zakresie. Operator transportu multimodalnego we własnym imieniu, na własny koszt i ryzyko oraz odpowiedzialność podejmuje się realizacji przewozu zunifikowanych jednostek ładunkowych, posługując się jednym dokumentem, korzystając z co najmniej dwóch różnych gałęzi transportu.

Do transportu multimodalnego zalicza się każdy przewóz, składający się z dwóch lub więcej gałęzi transportu. Transport intermodalny to z kolei każdy przewóz w jednej i tej samej jednostce ładunkowej lub pojeździe przez kolejne gałęzie transportu bez przeładunku samych towarów, w zmieniających się jednostkach transportu (Mendyk, 2002, s. 79). Jak z tego wynika, fakt przewożenia

16 Dyrektywa UE nr 106/1992 z 7 grudnia 1992 r. w sprawie stworzenia wspólnych reguł dla niektórych rodzajów transportu kombinowanego między państwami członkowskimi definiuje transport kombinowany jako transport towarów między państwami członkowskimi, podczas którego samochód ciężarowy, przyczepa, naczepa z jednostką ciągnącą lub bez niej, nadwozie wymienne lub kontener ISO korzysta z transportu drogowego na początkowym lub końcowym odcinku trasy przewozu, a na innym odcinku – z transportu kolejowego, żeglugi śródlądowej lub morskiej, pod warunkiem, że odcinek morski przekracza 100 km w linii prostej (Bujak, 2007, s. 117).

17 Definicja zawarta w *Konwencji o międzynarodowym transporcie multimodalnym* z 1980 r. brzmi następująco: „Międzynarodowy transport multimodalny oznacza przewóz towarów przy użyciu co najmniej dwóch różnych gałęzi transportu na podstawie umowy o przewóz multimodalny, z miejsca położonego w jednym kraju, gdzie towar przejął w pieczę operator transportu multimodalnego, do oznaczonego miejsca przeznaczenia położonego w innym kraju” (Deloitte, 2007, s. 9).

towarów w jednej (i tej samej) jednostce ładunkowej oraz nieprzeładowywania ich w zmieniających się gałęziach transportu jest podstawową i właściwie jedyną różnicą pomiędzy definicjami transportu multimodalnego oraz intermodalnego (Bartczak, 2016, s. 121; Wronka, 2013, s. 25). Ponadto za transport multimodalny odpowiedzialny jest jeden operator, który świadczy usługi na podstawie jednej umowy o przewóz, zakładającej pobranie od klienta jednej stawki przewozowej, obejmującej cały proces dostawy (Szczepaniak, 1996, s. 151).

Tabela 1.7. Wyróżniki systemów transportowych

Cecha	System transportowy				
	konwencjonalny	łamanym	kombinowany	intermodalny	multimodalny
Podmiotowość	duża	ograniczona	ograniczona	zanik	zanik
Dokumentowość	duża	ograniczona	ograniczona	zanik	zanik
Autonomia	duża	ograniczona	ograniczona	zanik	zanik
Odpowiedzialność	sieciowa	sieciowa	sieciowa	mieszana	jednolita
Cena	sumowana	sumowana	sumowana	sumowana/ jednolita	jednolita

Źródło: opracowanie własne na podstawie Płaczek (2006, s. 109).

Z kolei według Europejskiej Komisji Gospodarczej (UNECE, *United Nations Economic Commission for Europe*), Europejskiej Konferencji Ministrów Transportu (ECMT, *European Conference of Ministers of Transport*) i Komisji Europejskiej (EC, *European Commission*), transport intermodalny to przewóz towarów w jednym i tym samym pojeździe lub jednostce ładunkowej (bez przeładunku) przy użyciu różnych gałęzi transportu, podczas gdy transport multimodalny to po prostu przewóz towarów przez więcej niż jedną gałąź transportu (Salomon, 2013b, s. 18).

Spotkać można też opinie, że pojęcie transportu multimodalnego rozpowszechnione jest przede wszystkim w Stanach Zjednoczonych i wśród armatorów pośredniczących w przewozach kontenerów transportem morskim, a intermodalnego – w Europie (Tomanek, 2004, s. 16).

1.3.2. Przyczyny rozwoju przewozów intermodalnych

Jedną z głównych przyczyn powstania transportu intermodalnego było zastosowanie kontenerów na szeroką skalę. To właśnie rozwój konteneryzacji stworzył warunki do pełnej integracji różnych gałęzi transportu pod względem rozwiązań technicznych, technologicznych, organizacyjnych i zarządczych. Przewozy intermodalne

wpłynęły na upodobnienie się sposobów i warunków przewozu środkami poszczególnych gałęzi transportu. W związku z tym powstały okoliczności sprzyjające daleko idącej wewnętrznej integracji procesów przewozowych. Rozwój transportu intermodalnego na świecie możliwy jest m.in. dzięki przystosowywaniu infrastruktury i środków transportowych różnych gałęzi transportu, urządzeń przeładunkowych czy też manipulacyjnych do obsługi zunifikowanej jednostki ładunkowej oraz za sprawą zmian zachodzących na rynku transportowym, mających stworzyć jak najlepsze warunki dla obsługi przewozów intermodalnych.

Jak wynika z powyższego, wewnętrzna integracja procesów przewozowych zachodzi głównie w czterech płaszczyznach:

- techniczno-technologicznej, polegającej na przystosowaniu środków transportu, urządzeń i technologii przeładunkowych oraz infrastruktury liniowej i punktowej do obsługi zunifikowanej jednostki ładunkowej;
- organizacyjno-prawnej, przejawiającej się w powstaniu specjalistycznych struktur organizacyjnych, umożliwiających operatorom realizację kompleksowych procesów transportowych na podstawie jednej umowy na przewóz intermodalny oraz tworzenie jednolitego systemu prawnego, regulującego warunki dostaw i odpowiedzialność stron;
- handlowo-eksploatacyjnej, polegającej na stosowaniu jednego dokumentu transportowego na całą trasę dostawy, wprowadzaniu jednolitych zasad ustalania cen za przewóz jednostek ładunkowych różnymi środkami transportu, oferowaniu klientom łącznej stawki obejmującej cały proces dostawy;
- logistyczno-zarządczej, przejawiającej się przede wszystkim w zarządzaniu logistycznym systemem intermodalnym oraz projektowaniu intermodalnego łańcucha transportowego.

Wszystkie wymienione procesy integracyjne wpływają na znaczącą obniżkę jednostkowych kosztów transportu, niższą uciążliwość dla środowiska naturalnego, większą punktualność dostaw oraz skrócenie czasu przewozu dzięki uproszczeniu manipulacji przeładunkowych i redukcji liczby czynności przeładunkowych, jak i zatrudnienia przy tych czynnościach. Koszty procesu transportowego można obniżyć, ograniczając korzystanie z drogiego transportu i dodając do procesu transportowego przewozy tańszą gałęzią transportu. Podobnie, gdy chce się przyspieszyć proces transportowy, można do części przewozu wykorzystać gałąź transportu charakteryzującą się większą szybkością (Szwankowski, 1998, s. 32).

1.3.3. Podział transportu intermodalnego i podstawowe techniki załadunku w przewozach intermodalnych

W przypadku transportu intermodalnego mówić można o różnych odmianach i sposobach przewozu zunifikowanych jednostek ładunkowych. Przewóz intermodalny najogólniej można podzielić ze względu na (Płaczek, 2006, s. 121):

- zasięg:
 - krajowy, w którym średni przewóz dokonywany jest na odległość ok. 500 km;
 - międzynarodowy, gdzie przewóz dokonywany jest przeciętnie na odległość ok. 1 tys. km;
 - kontynentalny, ograniczający się do terytorium jednego kontynentu;
 - międzykontynentalny, o zasięgu globalnym;
- rodzaj jednostek ładunkowych:
 - kontenerowy;
 - pojemnikowy;
 - naczepowy;
- charakter użytych środków transportu:
 - szynowo-drogowy;
 - szynowo-morski;
 - drogowo-morski;
 - drogowo-lotniczy;
 - szynowo-drogowo-morski;
 - szynowo-drogowo-lotniczy;
- technologię przeładunku:
 - system lo-lo, inaczej nazwany systemem przeładunku pionowego;
 - system ro-ro, tj. pozioma technologia przeładunku;
 - system lo-ro, zwany często mieszany;
- liczbę dysponentów/właścicieli środków transportowych:
 - jednopodmiotowy;
 - wielopodmiotowy;
- charakter operatora:
 - bezpośredni, w którym operatorem jest przewoźnik główny;
 - pośredni, gdzie operatorem jest najczęściej przewoźnik pomocniczy;
- sposób ustalenia cen i odpowiedzialności:
 - odcinkowy, z uwzględnieniem kosztów i ryzyka na poszczególnych trasach przewozu, przez co możliwy jest wgląd w kształtowanie się poszczególnych elementów kosztów transportu;
 - jednolity (zintegrowany), który obowiązuje na całej trasie przewozu.

Ze względu na stosowane pojazdy i podporządkowane im techniki przeładunku, wyróżniamy następujące rodzaje transportu intermodalnego szynowo-drogowego (Mindur, 2004, s. 256–257):

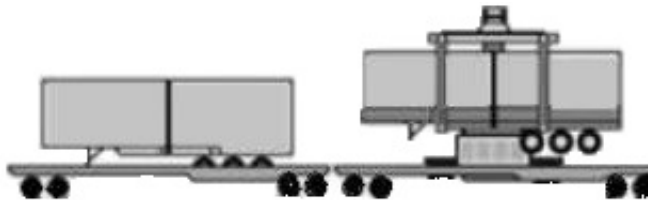
- nietowarzystyczny¹⁸ typu *piggyback* (przewóz na barana), czyli transport zintegrowanych jednostek ładunkowych (ITU, *Intermodal Transport Unit*)¹⁹,

18 W transporcie nietowarzystycznym ciągniki i kierowcy nie uczestniczą w przeładunku.

19 Zintegrowane jednostki ładunkowe obejmują kontenery, nadwozia wymienne, będące jednostkami ładunkowymi, i naczepy samochodowe (siodłowe), które zostały dostosowane do przewozu intermodalnego.

w którym kontenery, naczepy siodłowe i nadwozia wymienne ładowane są w pionowym systemie, przy użyciu dźwigu lub suwnicy bramowej na specjalnie obniżone wagony kieszeniowe (rys. 1.4);

- nietowarzyszący przewóz jednostką bimodalną, która powstaje w wyniku połączenia naczepy siodłowej z kolejowym podwoziem konwencjonalnym tak, aby poruszała się po szynach (rys. 1.5);
- towarzyszący typu ruchoma droga (tzw. ro-la), polegający na przewozie zespołów drogowych na specjalnych niskopodłogowych platformach kolejowych. System ten jest określany jako poziomy, gdyż pojazdy załadunku się wykorzystując ich własny napęd. Na stacji docelowej opuszczają one skład kolejno, zjeżdżając po pomoście uchylnym. Kierowcy towarzyszą pojazdom w wagonie sypialnym (rys. 1.6).



Rysunek 1.4. Technologia przewozu na barana

Źródło: opracowanie własne

W przewozach typu *piggyback* na głównym odcinku przewozowym środek transportu drogowego wraz z umieszczonym w nim ładunkiem korzysta z usługi przewozowej transportu kolejowego. Zaletą tej techniki jest możliwość połączenia korzyści oferowanych przez kolej i samochód w jednym procesie transportowym.



Rysunek 1.5. Przewóz jednostką bimodalną

Źródło: opracowanie własne

System bimodalny polega na przewozie transportem samochodowym i kolejowym specjalnej bimodalnej naczepy bez przeładunku jej zawartości. Naczepa ta w terminale kolejowym staje się wagonem dołączanym do składu pociągu towarowego.



Rysunek 1.6. Technologia przewozu typu ruchoma droga

Źródło: opracowanie własne

W wariantcie typu ruchoma droga możliwy jest tylko przeładunek poziomy, dokonywany za pomocą pochylni lub ramp. System ten wymaga wyłączenia z pracy ciągnika wraz z kierowcą na czas przejazdu pociągu. W celu obniżenia kosztów przewozu, stosowany jest też system przewozu wagonami samych naczep siodłowych, które dostarczane są na stację początkową przez jedne ciągniki i odbierane na stacji końcowej przez inne. Dzięki temu zmniejszają się koszty jednostkowe przewozu, gdyż przewoźnicy samochodowi nie muszą wyłączać na kilkanaście godzin ciągników z eksploatacji. Jednak przeładunek trwa tu znacznie dłużej niż w wariantcie pierwszym.

Do popularnych rodzajów przewozów intermodalnych zaliczyć można również transport ciągników z naczepami promami morskimi. Podstawową zaletą tego rodzaju transportu jest skrócenie do niezbędnego minimum czasu potrzebnego na operacje portowe, gdyż samochody mogą korzystać z własnego napędu do wjazdu i wyjazdu z promu. Wadą takich promów jest niemożliwość piętrzenia jednostek ładunkowych, przez co wykorzystanie przestrzeni ładunkowej jest gorsze niż na statkach o pionowym systemie przeładunku. Z kolei w przypadku, gdy zwykłymi promami (a nie specjalistycznymi kontenerowcami) przewozi się kontenery i pojemniki wymienne, umieszczane są one na niskich podwoziach (tzw. *roll trailers*), a następnie przenoszone na prom za pomocą ciągnika portowego (Neider, 1992, s. 27).

1.3.4. Bariery rozwoju intermodalnych przewozów kontenerowych

Pomimo niezaprzeczalnych korzyści płynących ze stosowania w praktyce intermodalnych przewozów kontenerowych, nie wszędzie w jednakowy i bezproblemowy sposób można tego typu transport wykorzystywać. Istnieje bowiem szereg barier²⁰, stanowiących zagrożenie dla rozwoju rynku przewozów intermodalnych,

²⁰ Ogólnie bariery rozwojowe są definiowane jako „[...] brak możliwości realizowania w określonych warunkach, miejscu i czasie ustalonych czynności lub konieczność pokonania przy ich realizacji dodatkowego oporu” (Bartczak, 2016, s. 122-123).

których rozwiązanie wymaga z reguły długofalowych działań, regulujących aspekty natury organizacyjno-prawnej, technicznej czy też ekonomicznej. Do najczęściej wymienianych przeszkód zaliczyć można (Salomon, 2013b, s. 23–25; UTK, 2013, s. 18):

- zły stan infrastruktury sieciowej i punktowej, przejawiający się zbyt długim czasem przejazdu oraz wydłużonym czasem trwania operacji manipulacyjnych;
- niski poziom technicznego wyposażenia terminali, przejawiający się niewystarczającą liczbą specjalistycznych środków transportu oraz urządzeń przeładunkowych;
- wysokie koszty inwestycji terminalowo-kontenerowych, a przez to niski poziom inwestycji taborowych i terminalowych;
- małą liczbę centrów logistycznych i dystrybucyjnych, powodującą rozproszenie potoków przewozów towarów;
- nierównomierne rozłożenie terminali kontenerowych w niektórych regionach gospodarczych świata bądź poszczególnych krajów;
- zbyt skomplikowane procedury prawne i administracyjne oraz brak instrumentów skutecznie wspierających transport intermodalny;
- brak przepisów wyraźnie uwzględniających specyfikę branży intermodalnej oraz nieokreślony stan prawny działających w obrębie transportu intermodalnego przedsiębiorstw;
- nierównomierne dofinansowanie różnych gałęzi transportu;
- brak właściwej promocji przewozów intermodalnych, w tym wieloletnich planów i strategii rozwoju oraz wsparcia.

Rozdział 2

Charakterystyka, przewóz i formowanie kontenerowej jednostki ładunkowej

2.1. Charakterystyka kontenerowej jednostki ładunkowej

W kolejnych częściach niniejszego podrozdziału scharakteryzowano pokrótce podatność transportową ładunków, wyjaśniono pojęcie jednostki ładunkowej oraz przedstawiono jej podstawowe rodzaje. Na koniec opisano specyfikę samych kontenerów wraz ze sposobem ich oznakowania.

2.1.1. Ładunki i ich podatność transportowa

Warunkiem sprawnej realizacji poszczególnych faz procesu przewozowo-magazynowego jest duża podatność transportowa ładunku. Można stosować dwie podstawowe zasady jej oceny. Po pierwsze, stan ładunku nie może w jakikolwiek sposób zagrażać bezpieczeństwu transportu. Po drugie, ładunek powinien być odpowiednio zabezpieczony, aby nie spowodował uszkodzenia urządzeń przeładunkowo-transportowych lub innych towarów.

Najogólniej podatność transportową ładunku można podzielić na (Jeleń i in., 2011, s. 982; Markusik, 2009):

- naturalną, wynikającą z jego właściwości fizycznych, chemicznych oraz biologicznych;
- techniczną, określaną na podstawie masy, objętości, kształtu i stanu skupienia;
- ekonomiczną, wynikającą z wartości samego ładunku, jak i konieczności zastosowania podczas transportu określonych wymagań jakościowych;
- ładunkową, odnoszącą się do odporności na spiętrzanie.

Pierwsza z wymienionych powyżej kategorii, czyli tzw. podatność naturalna, pozwala w szczególności wyodrębnić ładunki (Urbanyi-Popiołek, 2010, s. 9–10):

- normalne, które nie wymagają zapewnienia specjalnych warunków przewozowych co do technologii i organizacji transportu;

- wrażliwe lub szczególnie wrażliwe, w przypadku których konieczny jest częsty monitoring oraz spełnienie odpowiednich wymagań ze względu na ich małą odporność na zanieczyszczenia, zmiany temperatury, działanie światła czy wilgoci;
- niebezpieczne, wymagające zastosowania szczególnych rozwiązań w zakresie transportu z powodu zagrożeń, które stwarzają (np. materiały wybuchowe, łatwopalne, żrące).

Techniczna podatność transportowa wyznacza m.in. klasyfikację ładunków według podstawowych sposobów załadunku i rozładunku. Generalnie sposoby przeładunku można sprowadzić do trzech podstawowych czynności: napełnienia przestrzeni ładunkowej środka transportowego, nasypywania albo narzucania ładunku na środek transportowy, podnoszenia bądź wciągania połączonego z układaniem lub ustawianiem ładunku. Ze względu na stan skupienia w ramach omawianego rodzaju podatności wyróżnia się ładunki suche, płynne i gazowe. Najliczniejszą grupę stanowią te pierwsze, wśród których występują ładunki w sztukach, bezkształtne, plastyczne, włókniste, roślinne, sproszkowane, ziarniste, kawałkowe, zbrylone czy też żywe zwierzęta przewożone w klatkach lub kontenerach. Co więcej, podatność techniczna pozwala wyodrębnić kryterium:

- wielkości partii ładunkowej, w tym ładunki całopojazdowe, niecałopojazdowe, pełnokontenerowe, niepełnokontenerowe;
- jednostkowania, dzielące towary na te przewożone w sposób konwencjonalny lub zjednostkowane;
- opakowania, pozwalające wyodrębnić towary opakowane, nieopakovane bądź przewożone luzem.

Podatność ekonomiczna odzwierciedla z kolei relację kosztów przewozu do wartości towaru. Jeżeli wartość ta jest niższa niż koszty transportu, przewóz nie jest uzasadniony. Można tu wyróżnić (Urbanyi-Popiołek, 2010, s. 10):

- towary niskowartościowe o stosunkowo niewysokich cenach i ponad czterdziestoprocentowym udziale kosztów transportu w cenie (najtańsze surowce);
- ładunki o średniej wartości, gdzie koszty przewozu stanowią od 20% do 40% ceny (surowce, półfabrykaty, niektóre towary rolno-spożywcze oraz najtańsze towary przetworzone);
- towary wysokowartościowe, w przypadku których koszty transportowe obejmują od 5% do 20% ceny towaru (towary konsumpcyjne i inwestycyjne).

Wreszcie przy określaniu podatności ładunkowej bierze się pod uwagę zachowanie ładunku podczas manipulacji oraz przeładunku z jednego środka transportowego na drugi. W tym przypadku istotną rolę odgrywa możliwość piętrzenia jednego ładunku na drugim, odporność na uszkodzenia mechaniczne, wodoszczelność, duża ładowność w powiązaniu z niskim ciężarem

własnym bądź też łatwość napełniania, opróżniania i przeładowywania oraz przewożenia (Kujawa, 2015, s. 278).

Podatność transportowa w zasadniczy sposób wpływa na określenie podatności ładunków na konteneryzację. Ładunki przewożone w kontenerach muszą bowiem spełniać określone warunki odnośnie do kształtu, objętości i ciężaru jednostkowego. Zauważyć warto, że kontenery zwiększają podatność transportową ładunków, których cechy fizyczne, chemiczne lub biologiczne znacznie utrudniałyby ich przewóz w naturalnej postaci. Z kolei fakt, że tego typu jednostki ładunkowe posiadają zazwyczaj plombowane zamknięcia ma duże znaczenie dla przewozu towarów wysokowartościowych o niskiej podatności ekonomicznej. Biorąc zatem pod uwagę wysokość stawek frachtowych oraz wartość towaru, można dokonać umownego podziału ładunków na (Kujawa, 2015, s. 87–89; Urbanyi-Popiołek, 2010, s. 10–11):

- nadające się w pełni do konteneryzacji, jak niektóre towary spożywcze oraz półfabrykaty czy też towary pochodzenia przemysłowego, konsumpcyjne i inwestycyjne;
- nadające się warunkowo do konteneryzacji, np. nowe samochody lub łatwopsujące się owoce, warzywa i mięso;
- mało podatne na konteneryzację, czyli większość półfabrykatów oraz towarów pochodzenia przemysłowego, które przewożone są w kontenerach jako ładunki uzupełniające;
- nie nadające się do konteneryzacji ładunki ponadgabarytowe lub masowe o niskiej wartości (niektóre sztuki ciężkie, duże środki transportowe, maszyny).

Ponieważ gotowe wyroby nie są zwykle przystosowane do procesu transportowego, poddaje się je zabiegom zmierzającym do zwiększenia ich podatności transportowej. Osiąga się to przez łączenie drobnych wyrobów w ładunki zbiorcze bądź dzielenie ładunków o dużych wymiarach lub dużej masie własnej na mniejsze partie. Środkami zwiększającymi podatność transportową materiałów rozdrobnionych są opakowania i szeroko stosowane jednostki ładunkowe.

2.1.2. Pojęcie i podstawowe rodzaje jednostek ładunkowych

Jednostka logistyczna to posiadający określone wymiary obiekt, który powstaje w wyniku połączenia wielu towarów w jedną całość. Wyróżnia się jednostki zamówieniowe, magazynowe, transportowe, opakowaniowe i ładunkowe. Ta ostatnia to nic innego jak ładunek utworzony z szeregu mniejszych elementów, traktowany w procesie transportowym jako zwarta całość (PN–EN ISO 445, 2013). Jednostkę ładunkową można też zdefiniować jako pewną liczbę opakowań zestawionych w jedną całość przy wykorzystaniu pomocniczych środków wiążących

lub urządzeń transportowych, w sposób zapewniający trwałość kształtu, wymiarów i zawartości aż do chwili rozformowania. Jak wynika z przytoczonej definicji, tworzenie jednostki ładunkowej związane jest z jej formowaniem, czyli zespołem czynności, których celem jest nadanie dobrom materialnym cech wymaganych od jednostki ładunkowej przy pracach magazynowych i transportowych. Na uformowany ładunek może się zatem składać określona ilość dóbr materialnych oraz urządzenie, w którym lub na którym wyroby te zostały ułożone. Do podstawowych rodzajów jednostek ładunkowych zalicza się wtedy jednostki (PN-M-78202, 1982; PN-M-78002, 1984):

- paletowe, uformowane na różnego rodzaju paletach;
- bezpaletowe, uformowane bez zastosowania palety, ale zachowujące wymiary gabarytowe zgodne z szeregiem wymiarowym paletowych jednostek ładunkowych;
- pakietowe, składające się z co najmniej dwóch jednakowych sztuk, tworzących zwarty pakiet, uformowany z użyciem środków zespalających je w sposób zapewniający trwałość formy i możliwość zastosowania zmechanizowanych przeładunków;
- kontenerowe, uformowane w kontenerach.

Paleta to platforma nośna z nabudową lub bez, która służy do skomasowania towarów w celu uformowania jednostki ładunkowej do transportu, magazynowania i układania w stosy przy wykorzystaniu środków przewozowych transportu bliskiego. Z kolei zgodnie z Polską Normą PN-EN ISO 445 (2013) jest to „[...] urządzenie przeznaczone do układania w nim lub na nim ładunków i dostosowane do zmechanizowanego przemieszczania jako paletowa jednostka ładunkowa”. Wyroby układane są na palecie lub wewnątrz niej w taki sposób, aby nie zostały przekroczone następujące jej parametry:

- wymiary podstawowe, tj. szerokość, długość i wysokość;
- nośność, czyli masa ładunku jaka może być umieszczona na lub w palecie przy założeniu, że ładunek jest równomiernie rozłożony.

W zależności od kształtu wyrobu, jego rozmiarów, masy, stanu skupienia, wytrzymałości na naciski przy piętrzeniu, a także środka transportu jakim towar będzie przemieszczany, stosuje się różne typy palet, m.in. płaskie, słupkowe, skrzyniowe oraz ażurowe. Paleta płaska jest to pozioma płyta o określonej wysokości, służąca do układania, piętrzenia, składowania oraz przemieszczania dóbr i ładunków. Paletę posiadającą słupki określa się jako słupkową. Paleta skrzyniowa to paleta z pełnymi lub zamkniętymi ścianami bocznymi, z których jedna lub więcej jest zdejmowalna. Paleta ażurowa ma natomiast ścianki boczne wykonane z siatki, prętów lub drutów. Przynajmniej jedna z tych ścianek może być rozbieralna.

Pakiet to zwarty ładunek sztukowy, uformowany na ogół bez pakowania, przeważnie z wyrobów ułożonych ściśle i równoległe w stosunku do siebie na całej długości, zabezpieczony przed niezamierzonym rozformowaniem za pomocą

materiałów spinających lub wiążących, jak taśmy, pasy lub druty (PN-M-78002, 1984). Inaczej mówiąc, pakiety to jednostki ładunkowe złożone z conajmniej dwóch sztuk tego samego ładunku, zestawione bez użycia tradycyjnej palety lub kontenera w sposób zapewniający trwałość formy i masy. Wymiary pakietu wynikają z charakteru pakietyzowanego ładunku oraz sposobu jego ułożenia w jednostkę pakietową. Pakiet może mieć kształt sztywnego prostopadłościanu, walca lub wiązki.

Pakietowe jednostki ładunkowe dzieli się na elementarne i wielokrotne. Pierwsze uformowane są z jednego lub więcej pakietów i zabezpieczone materiałami spinającymi, zapewniającymi trwałość ich kształtu w czasie magazynowania oraz transportu. Z kolei pakietowa jednostka ładunkowa wielokrotna uformowana jest z conajmniej dwóch pakietowych jednostek elementarnych.

2.1.3. Kontenerowe jednostki ładunkowe i ich oznakowanie

Jak wspomniano już wcześniej, do podstawowych rodzajów jednostek ładunkowych zalicza się również kontenery. Ze względu na tematykę podejmowaną w niniejszej pracy warto zatem dokładniej przyjrzeć się definicji tego typu pojemników, ich podstawowym rodzajom oraz zarówno dawnym, jak i obowiązującym standardom ich znakowania w międzynarodowej wymianie handlowej i intermodalnych przewozach ładunków.

2.1.3.1. Definicja i podstawowe rodzaje kontenerów

Określenie kontener pochodzi od łacińskiego *contire*, co oznacza „trzymać razem”. Kontener jest jednostką ładunkową stosowaną w multimodalnych systemach transportowych, przystosowaną do przewozu zarówno morskimi, jak i lądowymi środkami transportu (Urbanyi-Popiołek, 2010, s. 6).

Za główną przyczynę sukcesu konteneryzacji przyjmuje się znormalizowanie, w skali światowej w 1968 r., wymiarów i parametrów technicznych kontenerów przez Międzynarodową Organizację Standaryzacyjną ISO, według której kontener to urządzenie transportowe (PN-ISO 668, 2018; PN-ISO 830, 2001):

- o charakterze trwałym i odpowiedniej wytrzymałości, zapewniającej wielokrotne użytkowanie;
- specjalnie zaprojektowane dla ułatwienia przewozu towarów jednym lub wieloma środkami transportu bez konieczności przeładowywania towarów;
- wyposażone w urządzenia ułatwiające manipulację, zwłaszcza podczas przeładunku;
- mające pojemność nie mniejszą niż 1 m³;
- skonstruowane w sposób umożliwiający łatwe napełnianie i opróżnianie.

Niemniej nie jest to jedyna możliwa definicja kontenera. Przykładowo, Polski Rejestr Statków określa kontener jako urządzenie transportowe (PRS, 2012, s. 9):

- trwale i dające możliwość wielokrotnego użycia;
- o specjalnej konstrukcji, ułatwiającej przewóz ładunków jednym lub kilkoma rodzajami środków transportu bez konieczności ich załadunku i wyładunku;
- wyposażone w naroża zaczepowe, umożliwiające szybkie zamocowanie i zwolnienie zamocowania;
- o takich wymiarach, aby w przypadku, gdy jest ono wyposażone w górne naroża zaczepowe, powierzchnia zawarta między jego czterema zewnętrznymi, dolnymi krawędziami wynosiła co najmniej 14 m² lub 7 m²;
- tak zbudowane, aby mogło być łatwo załadowane i rozładowane.

Zawarty w Międzynarodowej Normie ISO nr 6346/A3 (2013) podział kontenerów oparty został na rodzajach ładunków, dla których są one przeznaczone. Zgodnie z tą klasyfikacją kontenery można podzielić na:

I. Kontenery ładunkowe lotnicze (*air*);

II. Kontenery ładunkowe nielotnicze:

1. Kontenery uniwersalne (*general purpose*):

a) zamknięte (*dry van*);

b) specjalizowane:

– zamknięte z wentylacją (*ventilated dry van*);

– z dachem otwartym (*open top*);

– o podstawie płytowej (*flat rack*);

– płytowe (*platform, bolster*);

2. Kontenery specjalne (*named cargo*):

a) izotermiczne (*thermal*):

– izolowane (*insulated*);

– chłodzone (*refrigerated*);

– chłodnicze (*reefer*);

– ogrzewane (*heated*);

– chłodzone lub chłodnicze i ogrzewane (*refrigerated or reefer and heated*);

b) zbiornikowe (*tank*);

c) do przewozu ładunków sypkich (*bulk*);

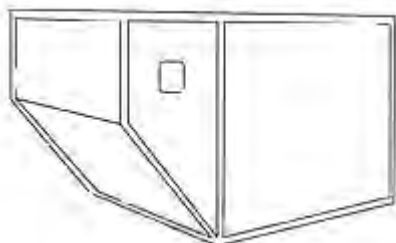
d) inne kontenery specjalne.

Kontenery lotnicze są specjalnie przystosowane do transportu powietrznego. W przeciwieństwie do innych pojemników intermodalnych nie mogą być ustawiane jeden na drugim oraz obsługiwane za pomocą żurawia. Kontenery uniwersalne dostosowane są z kolei do przewozu i magazynowania różnego rodzaju ładunków w opakowaniach lub ładunków o stałej konsystencji bez opakowania. Kontenery uniwersalne zamknięte zbudowane są z grubych stalowych ścian, podłogi oraz sufitu. Zwykle jedna z krótszych ścian jest tak skonstruowana, aby umożliwić otwieranie drzwi. Gdy towar musi być zabezpieczony przed wilgocią, stosowane są specjalne kontenery wentylowane. Kontener odkryty nie posiada dachu, co ułatwia

załadunek i wyładunek, a towar zabezpieczany jest przed wpływem czynników atmosferycznych za pomocą naciąganej plandeki. Takie pojemniki zwykle używane są do przewożenia ciężkich lub dużych towarów. Do przewozu ładunków będących niewysokimi konstrukcjami dłużycowymi stosuje się kontenery półłukowe (o połowę niższe). Kontenery o podstawie płytowej i płytowe przeznaczone są natomiast do przewozu ładunków ciężkich (samochodów, blach, tarcicy). Te pierwsze składają się najczęściej z dwóch ścian szczytowych, górnych i dolnych naroży oraz podłogi. Kontenery takie nie mają drzwi, a towar chronią przed wypadnięciem boczne pionowe słupki, poprzeczne listwy czy siatki. Pamiętać jednak trzeba, że wśród kontenerów o podstawie płytowej możemy wyróżnić szereg różnych konstrukcji, jak chociażby pojemniki z dachem, ze słupkami narożnymi, bez dachu i ścian bocznych, szkieletowe (wyposażone w górne i dolne naroża zaczepowe, lecz nie mające dachu i ścian bocznych oraz czołowych) czy też z konstrukcją czołową (mają podstawę, podłogę i wyposażone są w stałe lub składane konstrukcje czołowe oraz w górne i dolne naroża zaczepowe, lecz nie mają górnych belek wzdłużnych). Kontener płytowy ma z kolei tylko podstawę i podłogę.

Kontenery izotermiczne zaliczane są do pojemników specjalnych. Przystosowane są do długotrwałego chłodzenia lub ogrzewania przestrzeni ładunkowej. Ściany, podłoga, dach i drzwi pokryte są materiałem termoizolacyjnym lub wykonane z materiału termoizolacyjnego w celu ograniczenia wymiany ciepła między wnętrzem kontenera a otoczeniem zewnętrznym i utrzymania określonej temperatury wnętrza. Dla potrzeb tego typu kontenerów instaluje się w ładowniach statków oraz na stanowiskach w bazach kontenerowych gniazda elektryczne. Pojemniki tego typu używane są najczęściej do przewozu jedzenia, mrożonek i innych szybko psujących się towarów. Warto przy tym pamiętać, że kontenery izolowane i chłodzone nie używają żadnych dodatkowych urządzeń. W pierwszych temperatura podtrzymywana jest dzięki izolacji na ściankach kontenera, w drugich zaś właściwa temperatura zapewniana jest dzięki użyciu suchego lodu lub ciekłego gazu. Tylko kontenery chłodnicze i ogrzewane wyposażone są zatem w urządzenia chłodnicze/ogrzewcze.

Kontenery zbiornikowe składają się ze stalowego szkieletu i wmontowanej w niego cysterny. Służą do przewozu ładunków płynnych, gazów skroplonych i suchych ładunków masowych przeladowywanych pod ciśnieniem lub w sposób grawitacyjny. Wreszcie kontenery typu *bulk* przeznaczone są do transportu ładunków sypkich, np. kawy, i posiadają zazwyczaj śluzy wysypowe w dachu oraz otwory zsypane w każdym skrzydle wrót. Pojemniki do przewozu suchych ładunków masowych dzielimy na rozładowywane przez wywracanie kontenery skrzynkowe oraz pojemniki samowyładowcze, przeznaczone do rozładunku poziomego (PRS, 2012, s. 35, 49, 67–68, 85, 93). Wybrane z powyżej opisanych rodzajów kontenerów zaprezentowano na poniższych rysunkach (rys. 2.1–2.12).



Rysunek 2.1. Kontener lotniczy (IATA typ 8 - AKE)

Źródło: opracowanie własne



Rysunek 2.2. Kontener zamknięty 20'

Źródło: opracowanie własne



Rysunek 2.3. Kontener zamknięty z wentylacją

Źródło: opracowanie własne



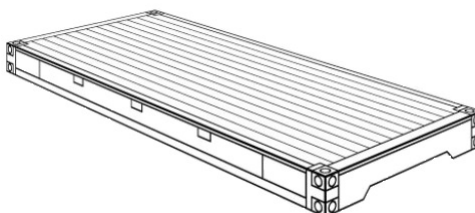
Rysunek 2.4. Kontener z dachem otwartym

Źródło: opracowanie własne



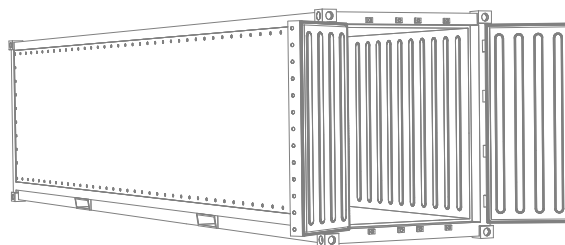
Rysunek 2.5. Kontener o podstawie płytowej

Źródło: opracowanie własne



Rysunek 2.6. Kontener płytowy

Źródło: opracowanie własne



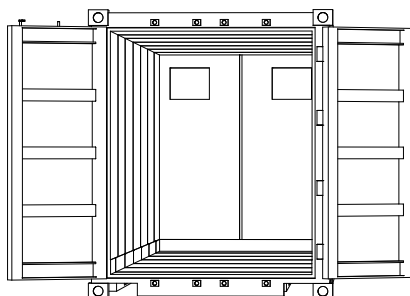
Rysunek 2.7. Kontener izolowany

Źródło: opracowanie własne



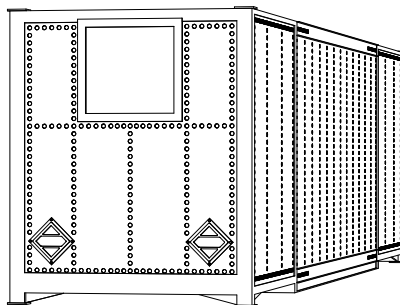
Rysunek 2.8. Kontener chłodzony

Źródło: opracowanie własne



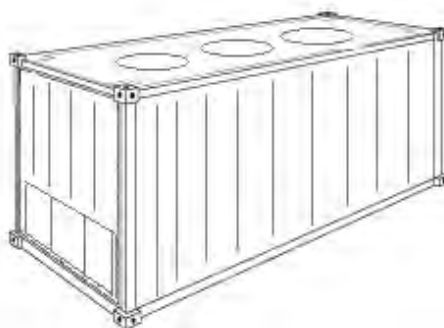
Rysunek 2.9. Kontener chłodniczy

Źródło: opracowanie własne



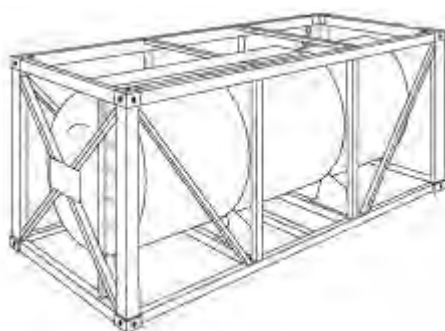
Rysunek 2.10. Kontener ogrzewany

Źródło: opracowanie własne



Rysunek 2.11. Kontener do przewozu ładunków sypkich

Źródło: opracowanie własne

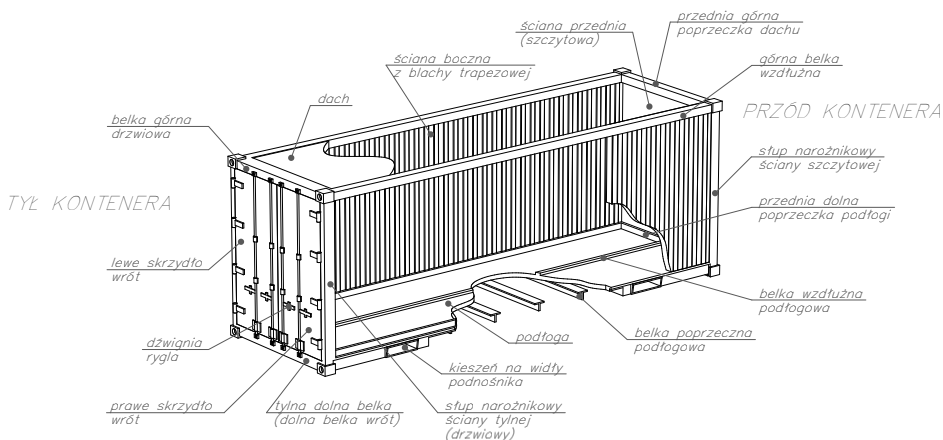


Rysunek 2.12. Kontener zbiornikowy

Źródło: opracowanie własne

Elementem nośnym kontenerów jest stalowa rama, składająca się z czterech słupków narożnych, dwóch dolnych i dwóch górnych szyn bocznych oraz dwóch dolnych i dwóch górnych elementów poprzecznych. Dodatkowe dolne elementy poprzeczne podtrzymują podłogę kontenera, która jest zazwyczaj najbardziej solidną jego częścią. Elementami, które wytrzymują najmniejsze obciążenia są natomiast ściany boczne, czołowe i dach.

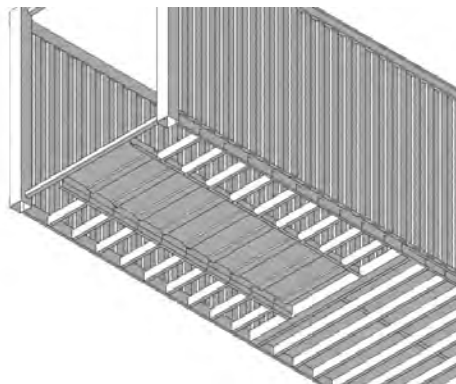
Wszystkie kontenery powinny też być wyposażone w górne i dolne naroża zaczepowe, a niektóre posiadać naroża pośrednie. Część pojemników może być ponadto wyposażona w kieszenie dla widel wózka podnośnikowego, przy czym nie dotyczy to kontenerów zbiornikowych. Zgodnie z obowiązującymi przepisami, kontenery typu 1AAA, 1AA, 1A, 1AX, 1BBB, 1BB, 1B i 1BX mogą dodatkowo posiadać tzw. tunel gęsia szyja (rys. 2.14) (PRS, 2012, s. 16, 25–26). Pojemniki wyposażone w ten element mogą być przewożone zarówno zwykłymi naczepami samochodowymi, jak i naczepami typu gęsia szyja. Na rysunku 2.13 przedstawiono najważniejsze elementy konstrukcyjne standardowego kontenera.



Rysunek 2.13. Najważniejsze elementy konstrukcyjne kontenera

Źródło: opracowanie własne

W ostatnich latach niezwykle istotną kwestią jest też wytrzymałość kontenerów. Muszą one być odporne na oddziaływanie obciążeń oraz przystosowane do przeładunku, podnoszenia za górne naroża oraz piętrzenia, nawet do wysokości dziewięciu warstw. Drzwi pojemników wymagają zabezpieczenia ryglowymi zamknięciami, gdyż nie mogą się otworzyć po obłuzowaniu ładunku. Ważna jest również szczelność kontenera, którego zadaniem jest ochrona przewożonych towarów przed zamoczeniem.



Rysunek 2.14. Tunel gęsia szyja

Źródło: opracowanie własne

2.1.3.2. Oznakowanie kontenerowych jednostek ładunkowych

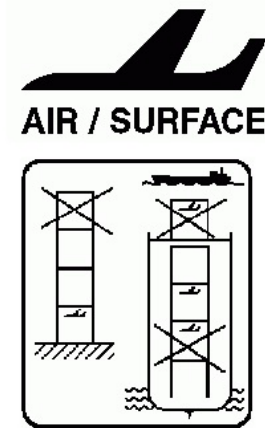
Jednym z warunków dopuszczenia kontenera do transportu międzynarodowego jest jego odpowiednie oznakowanie. W Polsce znakowanie opakowań transportowych reguluje norma PN-EN ISO 780 (2016). Znak na opakowaniu transportowym jest umownym symbolem umieszczonym na zewnętrznej stronie opakowania, ułatwiającym rozpoznanie właściwości towaru, opakowania oraz sposobu obchodzenia się z towarem podczas magazynowania i transportu.

Z kolei norma PN-EN ISO 668 (2018) opisuje rodzaje i sposób znakowania kontenerów serii pierwszej ISO. Wynika z niej, iż do podstawowych rodzajów oznakowania kontenerowej jednostki ładunkowej zaliczyć można znaki identyfikacyjne (kod BIC¹), eksploatacyjne i dodatkowe. Na pierwsze z nich składają się w szczególności znaki:

- obowiązujące (kod właściciela kontenera, numer seryjny, cyfra samokontroli);
- dopuszczalne (kod kraju, kod wymiarów i typu kontenera).

Wśród znaków eksploatacyjnych wyróżniamy m.in.: oznaczenie maksymalnej masy brutto, tary i pojemności kontenera oraz odpowiednie znaki ostrzegawcze. Mogą one wskazywać na kontener lotniczy (rys. 2.15), ostrzeżenie przed niebezpieczeństwem porażenia prądem (rys. 2.16) lub wysokość kontenera przekraczającą 8'6" (rys. 2.17). W tym ostatnim przypadku, poza symbolem ostrzegawczym na górze kontenera, z każdej strony, umieszcza się dodatkowo żółto-czarne paski (rys. 2.18).

1 BIC (fr. *Bureau International des Containers et du Transport Intermodal*), międzynarodowa organizacja, która zatwierdza każdy indywidualny kod właściciela.



Rysunek 2.15. Oznaczenie kontenera lotniczego

Źródło: opracowanie własne



Rysunek 2.16. Ostrzeżenie przed napięciem elektrycznym

Źródło: opracowanie własne



Rysunek 2.17. Wysokość kontenera przekraczająca 8'6"

Źródło: opracowanie własne



Rysunek 2.18. Żółto-czarne paski ostrzegawcze

Źródło: opracowanie własne

Znakowanie dodatkowe może natomiast obejmować znak zgodności kontenera z wymaganiami Międzynarodowego Związku Kolei (IUR, *International Union of Railways*) oraz oznaczenie pojemnika do transportu ładunków szybko psujących się lub niebezpiecznych, tabliczkę kontenera zbiornikowego czy też informację o dopuszczeniu kontenera do przewozu ładunków pod zamknięciem celnym zgodnie z *Konwencją celną w sprawie kontenerów* (1972).

W Polsce poza znakami identyfikacyjnymi i eksploatacyjnymi na każdym pojemniku powinna znajdować się, sporządzona w języku angielskim tabliczka uznania. Należy na niej zostawić miejsce na znaki cechowania oraz umieścić nagłówek „Kontener uznany za bezpieczny zgodnie z KBK²” (*CSC Safety Approval*). Powinny znajdować się na niej również takie informacje jak: nazwa kraju i numer świadectwa uznania, daty wyprodukowania i przeglądów kontenera, numer identyfikacyjny oraz podane w kilogramach i funtach: maksymalna eksploatacyjna masa brutto, obciążenie w czasie próby piętrzenia przy 1,8 g, obciążenie w czasie próby sztywności poprzecznej, wytrzymałość ściany czołowej (jeżeli jest różna od 0,4 P) oraz wytrzymałość ściany bocznej (o ile różni się od 0,6 P) (Jarysz-Kamińska, 2014, s. 743). Wzór tabliczki uznania pokazano na rysunku 2.19, a prawidłowo oznakowany kontener na rysunku 2.20.

CSC SAFETY APPROVAL		
APPROVAL REFERENCE		
DATE MANUFACTURED		
IDENTIFICATION No		
MAXIMUM GROSS MASS	kg	lb
ALLOWABLE STACKING	kg	lb
MASS FOR 1.8 g		
RACKING TEST LOAD VALUE	kg	lb
END WALL STRENGTH	kg	lb
SIDE WALL STERNGTH	kg	lb
NEXT EXAMINATION DATE		

Rysunek 2.19. Wzór tabliczki uznania

Źródło: PRS (2012, s. 29)

Obecnie często na kontenerach znajduje się jedna tabliczka zintegrowana, która zawiera w sobie tabliczki: celną, informacyjną (producenta), ACEP (*Approved Continuous Examination Program*) oraz wspomnianą powyżej tabliczkę CSC. Tabliczka celna zawiera kod celny, numer dopuszczenia oraz kod wytwórcy i numer seryjny. Z kolei tabliczka informacyjna zawiera dane właściciela/wytwórcy,

2 Skrót KBK odnosi się do *Międzynarodowej konwencji o bezpiecznych kontenerach* (1972).

a tabliczka ACEP potwierdza, że kontener posiada zatwierdzony program stałego nadzoru technicznego. Zawiera ona skrót ACEP, kraj, numer i rok zatwierdzenia programu oraz literowy skrót właściciela (na jego życzenie) (Hapek, 2016, s. 16).



Rysunek 2.20. Przykładowe oznakowanie drzwi kontenera

Źródło: www.globalspec.com

W tabeli 2.1 wyjaśniono podstawowe oznaczenia widoczne na rysunku 2.20. W kolejnych wierszach pogrubiono te elementy oznakowania, które są omawiane na danym poziomie.

Tabela 2.1. Wyjaśnienie przykładowego oznakowania kontenera

Symbol	Objaśnienie
UESU 4858125	Kod literowy właściciela
UES U 4858125	Kod określający grupę produktu (U, J lub Z)
UESU 4858125	Numer seryjny właściciela (6-cyfrowy)
UESU4858 125	Cyfra kontrolna
LEG1	Cyfra i litery określające typ oraz rodzaj kontenera
MAX GROSS	Maksymalna masa brutto
TARE	Tara
PAYLOAD	Maksymalna masa ładunku w kontenerze
CU. CAP.	Pojemność

Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 2.21. Oznakowanie kraju pochodzenia, wielkości oraz typu kontenera

Źródło: www.containercontainer.com

Z kolei na rysunku 2.21 widać dodatkowe oznakowanie kraju pochodzenia, wielkości oraz typu kontenera. Na początku podawany jest skrót literowy państwa, kolejne dwie cyfry informują odpowiednio o długości i wysokości pojemnika, który może mieć lub nie tzw. gęsią szyję. Dwie ostatnie cyfry odnoszą się do typu kontenera. Pierwsza z nich określa rodzaj pojemnika, a druga jego ewentualne cechy specjalne. W powyższym przykładzie kod US 4310 przypisany jest zatem do 40-stopowego kontenera o wysokości 8'6" z tunelem typu gęsia szyja (kod 43), pochodzącego ze Stanów Zjednoczonych (US). Jest to jednocześnie kontener zamknięty z wentylacją – z mniejszymi, górnymi otworami wentylacyjnymi (kod 10). W kolejnych dwóch tabelach (tab. 2.2 i 2.3) zestawiono najważniejsze zasady kodowania kontenerów ISO według dawnych i obecnych standardów.

Tabela 2.2. Kodowanie wielkości kontenerów (dawny standard)

Długość	Kod	Wysokość	Kod	Wysokość	Kod	Wysokość	Kod
10'	1	8'	0	>8'6"	4	>4'3" <8'	8
20'	2	8' tgs*	1	>8'6" tgs	5	>4'3" <8' tgs	9
30'	3	8'6"	2	>4'3"	6	–	–
40'	4	8'6" tgs	3	>4'3" tgs	7	–	–

* Oznaczenie tgs odnosi się do tunelu gęsia szyja.

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 2.3. Kodowanie wielkości kontenerów (obecny standard)

Długość		Kod	Długość		Kod	Szerokość			Wysokość
stopy	metry		stopy	metry		8'/2,438	(2,438;2,500)	>2,500	
10'	2,991	1	–	8,100	F	0	–	–	8'/2,438
20'	6,058	2	41'	12,500	G	2	C	L	8'6"/2,591
30'	9,125	3	43'	13,106	H	4	D	M	9'/2,743
40'	12,192	4	–	13,600	K	5	E	N	9'6"/2,895
–	7,150	A	45'	13,716	L	6	F	P	>9'6"/2,895
24'	7,315	B	48'	14,630	M	8	–	–	4'3"/1,295
–	7,430	C	49'	14,935	N	9	–	–	<4'/1,219
24'6"	7,450	D	–	16,154	P	Kod			
–	7,820	E	–	–	–				

Źródło: opracowanie własne na podstawie ISO 6346/A3 (2013).

W odróżnieniu od standardów stosowanych w przeszłości, obecne znakowanie kontenerów nie ogranicza się tylko i wyłącznie do cyfr. Aby oznakowanie kontenerów było jeszcze bardziej precyzyjne zaczęto dodatkowo używać liter alfabetu łacińskiego. Pierwszy element kodu określa długość, a drugi wysokość i szerokość kontenera. Różnice pomiędzy obydwojma standardami zaobserwować można w tabelach 2.4 oraz 2.5.

Tabela 2.4. Kodowanie typu kontenerów (dawny standard)

Kod typu	Kontener	Kod cech specjalnych	Objaśnienie
0	zamknięty uniwersalny	0	otwierany tył
		1	i całkowicie otwierany/e bok/i
		2	i częściowo otwierany/e bok/i
		3	i otwierany dach
		4	i otwierany dach oraz boki
1	zamknięty z wentylacją	0	mniejsze górne otwory wentylacyjne
		1	większe górne otwory wentylacyjne
		3, 4	górne i dolne otwory wentylacyjne
		6	wewnętrzna wentylacja mechaniczna
		8	zewnętrzna wentylacja mechaniczna

Kod typu	Kontener	Kod cech specjalnych	Objaśnienie
2	izotermiczny izolowany ogrzewany	0	izolowany
		1	izolowany
		2	ogrzewany
		5	określony ładunek: żywy inwentarz
		6	określony ładunek: samochody
3	izotermiczny chłodzony i ogrzewany (określony ładunek)	0	chłodzony
		1	chłodzony mechanicznie
		2	chłodzony i ogrzewany
4	izotermiczny chłodzony i/lub ogrzewany (zdejmowane wyposażenie)	0	chłodzony, ze zdejmowaną chłodnią
		1	chłodzony mechanicznie
		2	chłodzony i ogrzewany
5	z dachem otwartym	0	otwierany tył
		1	i zdejmowana góra w tylnej ramie
		2	i otwierany/e bok/i
6	płytowy	0	bez ścian czołowych
		1	nieskładane ściany czołowe
		2	słupki nieskładane
		3	składane ściany czołowe
		4	słupki składane
		5	rama i dach
		6	rama i dach otwarty
7	szkielet z dachem otwartym i otwieranym tyłem		
7	kontener cysterna (zbiornikowy)	0	ciecz bezpieczna, max 0,45 bara
		1	ciecz bezpieczna, max 1,5 bara
		2	ciecz bezpieczna, max 2,65 bara
		3	ciecz niebezpieczna, max 1,5 bara
		4	ciecz niebezpieczna, max 2,65 bara
		5	ciecz niebezpieczna, max 4,0 bara
		6	ciecz niebezpieczna, max 6,0 bara
		7	ciecz niebezpieczna, max 10,5 bara
		8	ciecz niebezpieczna, max 22,0 bara
8	do przewozu ładunków sypkich	0-9	bez specyfikacji
9	lotniczy	0-9	bez specyfikacji

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 2.5. Kodowanie typu kontenerów (obecny standard)

Kod	Kod grupy	Kontener	Kod typu	Objaśnienie
G	GP	uniwersalny nie-wentylowany	G0	otwór w 1 lub 2 czołach
			G1	górne otwory wentylacyjne
			G2	otwór w 1 lub 2 końcach i otwór całkowity na 1 lub 2 ścianach bocznych
			G3	otwór w 1 lub 2 końcach i otwór częściowy na 1 lub 2 ścianach bocznych
V	VH	uniwersalny wentylowany	V0	górne i dolne otwory wentylacyjne
			V2	wewnętrzna wentylacja mechaniczna
			V4	zewnętrzna wentylacja mechaniczna
B	BU	do przewozu ładunków sypkich; nie pod ciśnieniem	B0	zamknięty
			B1	hermetyczny
	BU	do przewozu ładunków sypkich; pod ciśnieniem	B3	wyładunek poziomy, ciśnienie 150 kPa
			B4	wyładunek poziomy, ciśnienie 265 kPa
			B5	wyładunek przez przechylenie, ciśnienie 150 kPa
			B6	wyładunek przez przechylenie, ciśnienie 265 kPa
S	SN	specjalizowany	S0	z żywym inwentarzem
			S1	z pojazdami
			S2	z żywymi rybami
R	RE	chłodniczy	R0	chłodzony mechanicznie
	RT	chłodniczy i ogrzewany	R1	chłodzony i ogrzewany mechanicznie
	RS	chłodniczy i/lub ogrzewany własnym zasilaniem	R2	chłodzony własnym zasilaniem
			R3	chłodzony i ogrzewany własnym zasilaniem
H	HR	chłodzony i/lub ogrzewany z wyposażeniem odejmowalnym	H0	z wyposażeniem odejmowalnym zewnętrznym; współczynnik przepuszczalności cieplnej $K = 0,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
			H1	z wyposażeniem odejmowalnym wewnętrznym
			H2	z wyposażeniem odejmowalnym zewnętrznym; współczynnik przepuszczalności cieplnej $K = 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
	HI	izotermiczny	H5	współczynnik przepuszczalności cieplnej $K = 0,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
			H6	współczynnik przepuszczalności cieplnej $K = 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Kod	Kod grupy	Kontener	Kod typu	Objaśnienie
U	UT	bez dachu	U0	otwór w 1 lub 2 końcach i otwór na 1 lub 2 ścianach bocznych
			U1	otwór w 1 lub 2 końcach
			U2	otwór w 1 lub 2 końcach i odejmowalna górna belka poprzeczna
			U3	otwór w 1 lub 2 końcach i otwór w 1 lub 2 ścianach bocznych i odejmowalna górna belka końcowa
			U4	otwór w 1 lub 2 końcach i otwór częściowy w 1 ze ścian bocznych i otwór pełny w 2 ścianie bocznej
			U5	sztywne ściany czołowe i boczne (bez drzwi)
P	PL	płytowy	P0	–
	PF	o podstawie płytowej z sztywnymi elementami	P1	obie ściany czołowe stałe i pełne
			P2	słupki narożne stałe i samodzielne lub z odejmowalną belką poprzeczną krańcową
	PC	o podstawie płytowej ze składanymi elementami	P3	ramy czołowe pełne i składane
			P4	słupki narożne składane samodzielne lub ze zdejmowalną górną belką poprzeczną krańcową
PS	szkieletowy	P5	bez dachu, bez ścian czołowych	
T	TN	kontener zbiornikowy dla cieczy bezpiecznych	T0	ciśnienie minimalne 45 kPa
			T1	ciśnienie minimalne 150 kPa
			T2	ciśnienie minimalne 265 kPa
	TD	kontener zbiornikowy dla cieczy niebezpiecznych	T3	ciśnienie minimalne 150 kPa
			T4	ciśnienie minimalne 265 kPa
			T5	ciśnienie minimalne 400 kPa
			T6	ciśnienie minimalne 600 kPa
	TG	kontener zbiornikowy do gazów	T7	ciśnienie minimalne 910 kPa
			T8	ciśnienie minimalne 2 200 kPa
T9			ciśnienie minimalne (do ustalenia)	
A	AS	lotniczy	A0	–

Źródło: opracowanie własne na podstawie ISO 6346/A3 (2013).

Zgodnie z powyższym, kontener oznaczony kodem 42G0 miałby 40' długości, 8'6" wysokości oraz 8' szerokości i byłby pojemnikiem uniwersalnym niewentylowanym z otwieraną jedną lub dwiema ścianami czołowymi. Z kolei kod 22R1 wskazywałby na izotermiczny kontener 20-stopowy, który może być mechanicznie chłodzony i ogrzewany.

2.1.3.3. Pakowanie i znakowanie ładunków przewożonych w kontenerach

Według normy PN-EN 14182 (2005) opakowanie jest wyrobem przeznaczonym do ochrony innych wyrobów przed uszkodzeniami, a otoczenia – przed szkodliwym oddziaływaniem zapakowanego dobra. Co ważne, opakowanie powinno być możliwie tanie, lekkie, mocne i zachowujące towar w niezmięnionej postaci przez dłuższy czas. Do głównych zadań opakowań zalicza się najczęściej:

- ochronę przed utratą, uszkodzeniem lub spadkiem wartości ładunku;
- ochronę ludzi, otoczenia i środka transportu przed możliwym uszkodzeniem spowodowanym przez ładunek;
- umożliwienie wysokiego poziomu mechanizacji i racjonalizacji magazynowania oraz procesów przeładunkowych i transportowych.

Opakowanie można też zdefiniować jako możliwą do oddzielenia od towaru powłokę, mającą spełniać funkcje produkcyjne, marketingowe, zastosowawcze i logistyczne. Wśród tych ostatnich wyróżnia się przede wszystkim funkcję (Łatka, 2003, s. 69; Salomon, 2003, s. 68–69):

- ochronną, gwarantującą odporność na obciążenia mechaniczne i warunki klimatyczne oraz dającą bezpieczeństwo ładunkowi, konsumentowi i środowisku przed ewentualnym szkodliwym wpływem towaru;
- magazynową, rozumianą jako odpowiednia wytrzymałość, odporność na ściskanie, możliwość układania w stosy, dostosowanie do urządzeń magazynowych;
- transportową, umożliwiającą sprawny transport i możliwie pełne wykorzystanie pojemności środka transportowego;
- manipulacyjną, ułatwiającą przeładowywanie, kompletację i magazynowanie;
- informacyjną, polegającą m.in. na takim oznakowaniu, aby możliwym było wykorzystanie automatycznej identyfikacji i transponderów³;
- recydingową, umożliwiającą wielokrotne wykorzystanie opakowania.

Generalnie opakowania można podzielić ze względu na (Pfohl, 2011, s. 140–142):

- rodzaj: jednorazowego użytku, wielokrotnego użytku;
- podstawową funkcję (przeznaczenie): jednostkowe, zbiorcze, transportowe;
- rodzaj tworzywa z jakiego są wykonane: metalowe, drewniane, szklane, z tworzyw sztucznych, tekturowo-papierowe, ceramiczne, kombinowane;
- formę konstrukcyjną: skrzynie i skrzynki, pudła tekturowe, paczki, pojemniki, kosze, klatki, opakowania bednarskie, butle, butelki, worki, beły, kontenery;
- podatność na składanie i rozkładanie: nierozbieralne, składane;
- związek z produktem: bezpośredni (styka się z produktem), pośredni (nie styka się z produktem);
- formę rozliczeń: sprzedawane, pożyczane, zwrotne;

3 Transponder to urządzenie gromadzące informacje o nadawcy, odbiorcy, trasie przewozu oraz przepisach dotyczących składowania i transportu towarów.

- wpływ na środowisko: przyjazne dla środowiska (ekologiczne), nieprzyjazne dla środowiska (nieekologiczne).

Ładunki przewożone w kontenerach mają swoje opakowania. Są to najczęściej opisane wcześniej palety, jak i opakowania modułowe oraz skrzynie. Podstawowy moduł opakowania ma znormalizowane wymiary zewnętrzne podstawy (400 × 600 mm), co pozwala na pełne procentowe wykorzystanie miejsca na europaletach (4 opakowania) i paletach ISO (5 opakowań). W użyciu są ponadto wielokrotności modułu podstawowego.

Z kolei skrzynia to rodzaj opakowania, zazwyczaj drewnianego, stosowanego do transportu towarów, szczególnie na dalekie odległości. Prostopadłościenne skrzynie wykonane są na ogół z desek połączonych ze sobą za pomocą usztywniających listew. W skrzynie pakowane mogą być zarówno paczki i pudła mniejszych rozmiarów, jak i duże maszyny czy urządzenia. Najcięższe opakowania tego rodzaju wzmacniane są dodatkowymi profilami stalowymi oraz wyposażane w zaczepy pozwalające na podnoszenie przy pomocy urządzeń dźwignicowych.

Opakowania muszą być odpowiednio oznakowane, aby poinformować konsumenta o cechach i właściwościach towaru. Specjalne znaki określają właściwości produktu, jego cechy handlowe, sposób postępowania w czasie transportu, przedładunku, użytkowania i przechowywania.

Generalnie znaki na opakowaniach można podzielić na (Łatka, 2003, s. 79):

- obligatoryjne, bez których zapakowany towar nie może być wprowadzony do obrotu;
- nieobligatoryjne (fakultatywne), stosowane dobrowolnie, głównie w celu kształtowania określonego wizerunku firmy i towaru.

W Polsce w zakresie oznakowania opakowań z zawartością, tak jednostkowych jak i transportowych, obowiązuje m.in. norma PN-EN ISO 780 (2016). Zgodnie z nią znaki dzielą się na zasadnicze, informacyjne, niebezpieczeństwa i manipulacyjne. Na opakowaniach jednostkowych mogą być dodatkowo umieszczone znaki reklamowe, mające na celu zachęcenie do kupna danego wyrobu.

Znaki zasadnicze zapewniają identyfikację wyrobu i producenta oraz umożliwiają dostarczenie towaru do określonego odbiorcy. W przypadku opakowań jednostkowych zaliczają się do nich także takie informacje jak nazwa wyrobu, jego zastosowanie i znak firmowy.

Znaki informacyjne są źródłem wiedzy o niektórych cechach wyrobu i opakowania, określają gatunek lub klasę towaru, jego jakość i skład, ilość wyrobu, numer serii produkcyjnej, normy, według której towar został wyprodukowany oraz numer kontroli jakości i kontrolera zakładu pakującego wyrób. Znaki te informują ponadto o kraju pochodzenia wyrobu, sposobie użycia towaru, terminie przydatności do spożycia, dacie produkcji lub pakowania i dacie ważności.
















W przypadku niektórych towarów na opakowaniu znajdować się powinien dodatkowo znak niebezpieczeństwa. Wskazuje on na szczególne cechy ładunku i wynikające z nich niebezpieczeństwo dla ludzi i otoczenia.

Znaki manipulacyjne przekazują natomiast informacje o sposobie obchodzenia się z towarem podczas manipulacji i ułatwiają postępowanie w czasie składowania, przemieszczania i użytkowania ładunku. Znaki manipulacyjne na opakowaniach transportowych są takie same jak na opakowaniach jednostkowych, z wyjątkiem znaku „Tu otwierać”, którego stosowanie na opakowaniach transportowych nie jest przewidziane (Łatka, 2003, s. 77–78).

Grupa znaków manipulacyjnych odgrywa szczególną rolę w zachowaniu jakości towarów podczas realizacji łańcucha dostaw. Określa personelowi, biorącemu udział w obsłudze poszczególnych ogniw łańcucha dostaw, sposób postępowania z towarem, aby cechy jakościowe produktu nie uległy pogorszeniu. Wśród znaków manipulacyjnych wskazać można znaki związane z warunkami:

- przemieszczania opakowania transportowego z zawartością;
- przechowywania, które w zasadzie bardziej dotyczą zawartości (towaru) niż samego opakowania.

Tabela 2.6. Przykładowe znaki manipulacyjne

Znak	Znaczenie według DIN*	Znak	Znaczenie według DIN
	Ostrożnie, kruche		Tu otwierać
	Hakiem bezpośrednio nie zaczepiać		Chronić przed wilgocią
	Góra, nie przewracać		Chronić przed nagrzeniem
	Miejsce zakładania zawiesi		Chronić przed promieniowaniem
	Środek ciężkości		Przestrzegać zakresu temperatur
	Nie podnosić wózkiem		Opakowanie hermetyczne
	Ograniczenie piętrzenia		Tu chwytać
	Nie toczyć	-	-

* DIN – skrótowe określenie nazwy Niemieckiego Instytutu Normalizacyjnego (niem. *Deutsches Institut für Normung*) oraz norm przez ten instytut stworzonych.

Źródło: opracowanie własne.

Wreszcie znaki reklamowe umieszczane są na opakowaniach jednostkowych, aby zwrócić uwagę nabywcy i zachęcić do kupna reklamowanego towaru. W tym celu producenci często umieszczają informacje o zdobytych wyróżnieniach i przyznanych medalach, bądź znaki świadczące o uzyskanych certyfikatach.

O ile szczegółowe przepisy nie stanowią inaczej, wszystkie oznaczenia powinny być wykonywane z użyciem dużych liter i cyfr arabskich. Rozmiar oznaczeń określony jest przez standardy i zależy od ilości dostępnego miejsca na opakowaniu. Wszystkie litery i numery powinny być zapisane mniejszą czcionką niż znaki manipulacyjne. Oznaczenia związane z wysyłką towaru powinny wyraźnie wyróżniać się na tle pozostałych znaków informacyjnych.

2.2. Przewóz kontenerowej jednostki ładunkowej

Kontenery wymagają odpowiednio przystosowanych do ich przewozu środków transportowych, które zapewnią szybki załadunek i wyładunek oraz bezpieczny przewóz w transporcie intermodalnym. W żegludze morskiej pojawiły się wobec tego nowe rodzaje statków, zwane kontenerowcami, których wielkość i pojemność w TEU rośnie z roku na rok. Kontenery, które dotarły do portu, należy najczęściej odwiedzić jeszcze w głąb ładunku specjalnie skonstruowanymi do obsługi kontenerowych jednostek ładunkowych samochodami, wagonami lub barkami. Jednak ze względu na tematykę niniejszej pracy w kolejnym podrozdziale uwaga Autorki skupi się tylko na morskich środkach przewozowych.

2.2.1. Morskie statki transportowe przystosowane do obsługi kontenerów

Statek morski to urządzenie pływające przeznaczone do przemieszczania się w celach zarobkowych lub pozazarobkowych (Kujawa, 2015, s. 9). Według kryterium zadaniowo-produkcyjnego, jednostki pływające można podzielić na okręty wojenne, statki sportowe lub handlowe, w tym specjalne, rybackie oraz morskie statki transportowe. Na te ostatnie składają się jednostki przewożące ładunki masowe albo drobnicę. Wśród pierwszych wyróżniamy jednostki do przewozu ładunków suchych, masowce uniwersalne oraz różnego rodzaju zbiornikowce. Do drugiej grupy zaliczamy natomiast przede wszystkim drobnicowce uniwersalne, jednostki do przewozu drobnicy tradycyjnej oraz statki transportujące drobnicę zjednostkowaną (Chuchla, 2009, s. 27, 29).

Do przeładunku różnego rodzaju towarów stosować można technologię ładowania pionowego (*lo-lo, lift on-lift off*), poziomego (*ro-ro, roll on-roll off*) lub mieszane (*lo-ro, lift and roll*)⁴. Kontenerowce, których załadunek i wyładunek odbywa się pionowo nazywane są statkami komorowymi, a jednostki o poziomym systemie przeładunku to tzw. rorowce. Do przewozu kontenerowych jednostek ładunkowych wykorzystywane też bywają semikontenerowce, które tylko częściowo przystosowane są do przewozu pojemników intermodalnych (Salomon, 2003, s. 192).

Ładownie kontenerowca komorowego podzielone są za pomocą prowadnic na pionowe szyby, inaczej zwane celami lub komorami, w których za pomocą dźwigu kontenery umieszczane są jeden na drugim. Tego typu statki mają możliwość przewożenia do sześciu warstw kontenerów na swoim pokładzie. Pojemniki umieszczone są wtedy na zamkniętych pokrywach lukowych, gdzie znajdują się specjalne gniazda z czopami. Służą one do przytwierdzenia do pokładu kontenerów pierwszej warstwy. Z kolei jednostki ładunkowe warstwy drugiej i wyższych mocowane są zarówno do kontenerów przytwierdzonych do pokładu, jak i wzajemnie między sobą za pomocą stalowych lin, urządzeń naciągających i wsporników.

W poziomym systemie załadunku kontener może odbyć podróż morską na niskiej platformie zwanej *roll trailerem*. Można też go umieścić na pokładzie statku za pomocą wozu podnośnikowego czołowego, przy czym w tej technologii przewozu piętrzenie pojemników jest w zasadzie niemożliwe. Z tego powodu rorowce mają najczęściej kilka międzypokładów wzajemnie połączonych pochylniami lub windami. Jak łatwo zatem zauważyć, statki o poziomej metodzie przeładunku mogą dodatkowo przewozić ładunki umieszczone na podwoziach, naczepy, ciężarówki i inne pojazdy, których przeładunek dokonywany jest najczęściej z rufy po ruchomej rampie.

Semikontenerowce obsługują zazwyczaj linie o słabszym natężeniu potoków skonteneryzowanej masy ładunkowej. Głównym powodem takiego stanu rzeczy jest fakt, iż w przypadku tego typu jednostek pływających kontenerom przydziela się jedynie kilka ładowni oraz miejsc na pokładzie (Krasucki, Neider, 1986, s. 77–80).

Poza semikontenerowcami, wśród statków tylko częściowo przystosowanych do przewozu kontenerów można wymienić (Urbanyi-Popiołek, 2010, s. 27):

- drobnicowce uniwersalne z wydzielonymi miejscami na pokładzie, gdzie możliwe jest zamocowanie kontenerów;
- promy, na których kontenery transportowane są na podwoziach;

4 Istnieją też inne technologie przeładunku, jednak nie wszystkie z nich są wykorzystywane w transporcie kontenerowym: *sto-ro (stow and roll)*, ładunek jest wwożony maszynami kołowymi, a następnie układany i pozostawiany na pokładzie; *flo-flo (float-on/float-off)*, barki z ładunkiem wpływają do ładowni barkowca, która jest następnie osuszana; *truck-to-truck*, ładunek jest układany na podnośnikach pokładowych, podnoszony, a następnie rozładowywany przez wózek widłowy; *wo-wo (walk-on/walk-off)*, technologia wykorzystywana głównie przy załadunku żywego inwentarza, który jest wprowadzany na pokład statku.

- masowce wielozadaniowe, mogące przewozić bądź tylko ładunek masowy, bądź wyłącznie kontenery lub kombinację obu wspomnianych rodzajów ładunków;
- statki con-ro, tj. połączenie jednostki typu ro-ro i kontenerowca, gdzie zazwyczaj część dziobowa przestrzeni ładunkowej przeznaczona jest wyłącznie do przewozu kontenerów, a rufowa zarezerwowana jest dla ładunków tocznych.

Podstawowymi cechami wyróżniającymi współczesne statki kontenerowe spośród innych statków handlowych są zatem (Kubowicz, 2017, s. 1536):

- otwarta budowa pokładu statku;
- brak pokryw lukowych ładowni;
- możliwość załadunku kontenerów w ładowniach i na otwartym pokładzie;
- wyposażenie ładowni w prowadnice, umożliwiające rozmieszczenie spiętrzonych kontenerów podczas załadunku i rozładunku oraz mocowanie w gniazdach kontenerowych;
- umieszczanie nadbudówki bliżej śródkręcia niż rufy;
- rozładunek i załadunek za pomocą suwnic nabrzeżowych w technologii lo-lo.

W miarę rozwoju potoków konteneryzowanych ładunków rośnie wielkość opisanych powyżej statków. Jako że ładowność kontenerów wyraża się w TEU, pojemność kontenerowców również określana jest w tej jednostce miary. Obecnie wyróżnić można statki I–VIII generacji (tab. 2.7), przy czym największą kontenerową jednostką ładunkową jest zbudowany w stoczni Samsung Heavy Industries w Korei Południowej, należący do armatora OOCL, m/v Hong Kong (długość 399,87 m, szerokość 58,8 m, zanurzenie 16 m, zdolność przewożenia 21 413 TEU) (Kubowicz, 2017, s. 1538).

Tabela 2.7. Rozwój statków kontenerowych na świecie

Generacja kontenerowca	Lata rozwoju	Pojemność w TEU	Typ statku
I	1956–1970	<1 000	Statki przystosowane do przewozu kontenerów
II	1971–1980	<3 000	Sub-Panamax
III	1981–1995	<5 000	Panamax
IV	1996–2000	<8 000	Post-Panamax
V	2001–2005	<10 000	Post-Panamax Plus
VI	2006–2012	<15 000	New Panamax
VII	2013–2016	<20 000	EEE Class/ Triple E/ Jumbo 23
VIII	2017–	>20 000	G-class

Źródło: opracowanie własne na podstawie Lenyu, Wolski (2006, s. 178).

Jak wynika z tabeli 2.7, praktycznie przez cały XX w. nie przekraczano ładowności 5 tys. TEU, głównie ze względu na ograniczenia narzucone przez wymiary Kanału Panamskiego. Statki mogące przepłynąć przez jego śluzy wodne nazwano Panamaxami. Ich podstawowe wymiary nie przekraczają 294 m długości, 32 m szerokości i 12 m zanurzenia⁵. Jednak w 1996 r. zapoczątkowano erę Post-Panamaxów dzięki wprowadzeniu do żeglugi Reginy Maersk o ładowności 6400 TEU. Z kolei w 2006 r. zwodowana została Emma Maersk, kontenerowiec o pojemności do 14 500 TEU. Statek ten z długością prawie 400 m, szerokością 57 m i zanurzeniem 15,5 m spełnia wymogi Kanału Sueskiego (obecna głębokość 24 m) i zaklasyfikowany został jako kontenerowiec typu Suezmax. Następnym geograficznym ograniczeniem dla transportu kontenerów drogą morską są wymiary cieśniny Malaka, mogącej pomieścić statki do 470 m długości, 60 m szerokości i o zanurzeniu nie przekraczającym 20 m. Statki te, ze względu na nazwę cieśniny, określa się mianem Mallacamax. Wreszcie w 2017 r. wybudowanych zostało sześć statków klasy G, należących do OOCL: m/v Germany, wspomniany już wcześniej m/v Hong Kong, m/v Indonesia, m/v Japan, m/v Scandinavia oraz m/v United Kingdom. Są to obecnie największe kontenerowce świata (Daszkiewicz, 2007, s. 6; Kaliszewski, 2017, s. 116).

Z punktu widzenia armatorów używanie coraz większych kontenerowców pozwala wykorzystywać efekt skali. Koszty operacyjne statku o pojemności 10 tys. TEU nie są bowiem znacząco wyższe niż dla jednostki o pojemności 15 tys. TEU. Pamiętać jednak należy, że im większy jest kontenerowiec, tym więcej czasu potrzeba na jego manewry, załadunek i rozładunek. Dodatkowy czas potrzebny do przeładunku towaru w porcie powinien wymuszać potrzebę szukania oszczędności czasowych w szybszym płynięciu przez akweny. Jednak statki kontenerowe realizujące połączenia na trasach łączących Azję Wschodnią i Europę nie rozwijają maksymalnej prędkości, gdyż muszą trzymać się zaplanowanych harmonogramów. Możliwość korzystania z mega kontenerowców jest też ograniczona w związku z ryzykiem niepełnego wykorzystania statku, mniejszą elastycznością zatrudnienia ze względu na ograniczoną liczbę portów, do których tego typu jednostki mogą zawiązać oraz wysoki koszt organizacji i utrzymania serwisów dowozowych. Już na chwilę obecną wiele portów straciło swoją konkurencyjną pozycję na rynku, gdyż nie spełniały parametrów technicznych, pozwalających na przyjęcie największych statków świata. Prognozy wskazują, że w przyszłości mniejszy nacisk położony zostanie na zwiększanie ładowności statków⁶. Statki miałyby być

5 W latach 2014–2015 otwarto dodatkowy komplet śluz Kanału Panamskiego, na znacznym odcinku został on poszerzony i pogłębiony (do 13,11 m), a w jeziorze Gatun podniesiony został o pół metra poziom wody. W dniu 26 czerwca 2016 r. chiński kontenerowiec Cosco Shipping Panama wpłynął jako pierwszy do poszerzonego kanału, tym samym dokonując jego otwarcia dla większych jednostek (*Chiński kontenerowiec*, 2016; Tołkacz, 2011).

6 Z uwagi na coraz większe wymiary statków, coraz częściej zaczęto stosować podwójne poszycie kadłuba, gwarantujące jego dodatkową wytrzymałość. Ponadto oprócz zwiększania

natomiast rozładowywane z poziomu redy za pomocą bezzałogowych jednostek wyposażonych w odpowiednią infrastrukturę i suprastrukturę (*A vision of*, 2011).

W tym miejscu warto podkreślić, że statki do przewozu kontenerów można również podzielić według kryterium zasięgu pływania. Linie oceaniczne łączą tzw. huby, zwane megaportami, natomiast linie dowozowe (fidery) zapewniają serwis dowozowo-odwozowy pomiędzy tymi portami, do których nie zawijają kontenerowce oceaniczne (Klimek, Dąbrowski, 2013, s. 92). Również kontenerowce dowozowe podzielić można na dwie główne grupy: jednostki małe (*feeder*) o pojemności 100–499 TEU i duże (*feedermax*) o pojemności od 500 do 999 TEU.

2.3. Formowanie kontenerowej jednostki ładunkowej

Sposób wykonywania prac przeładunkowych zależy od wielu czynników, takich jak: rodzaj ładunku i użytych środków transportowych, stosowana technika przewozu czy też wykorzystany typ opakowania. Jak wiadomo, kontenerowe jednostki ładunkowe formowane są z różnego rodzaju ładunków, ułożonych wewnątrz urządzeń zwanych kontenerami. Z punktu widzenia międzynarodowych przewozów morskich niezwykle istotnym zagadnieniem jest zabezpieczenie towarów wewnątrz pojemników intermodalnych oraz odpowiednie zasztatowanie kontenerów w ładowniach i na pokładzie statku.

2.3.1. Zabezpieczenie ładunków w kontenerach

Ładunek przewożony w kontenerach musi być ułożony i umocowany tak, aby w trakcie transportu nie przewrócił się ani nie poprzesuwał. Wobec tego, przy pakowaniu towarów do kontenerów brane są pod uwagę takie czynniki jak środek ciężkości oraz dopuszczalne obciążenia powierzchniowe. W przypadku morskich przewozów kontenerowych statek nie opuści też portu bez wcześniejszej kontroli sztauerki⁷.

zdolności przeładunkowej kontenerowców, zaczęto je również wyposażać w systemy, pozwalające na zredukowanie emisji dwutlenku węgla i siarczanów czy też służące do oczyszczania i filtracji wody morskiej (Kubowicz, 2017, s. 1538).

7 Pojęcie to szerzej wyjaśnione zostanie w dalszej części pracy. W żegludze morskiej używane jest również pojęcie trymerki. Roboty trymerskie wykonują wyspecjalizowani trymerzy, którzy rozmieszczają w ładowniach ładunki przewożone luzem i zabezpieczają je przed przesuwaniami się na morzu z jednej burty na drugą, aby zapewnić statkowi należytą stateczność.

Zgodnie z międzynarodowymi wytycznymi odnoszącymi się do formowania jednostek transportowych, pakowanie oznacza formowanie spakowanych i/lub połączonych ładunków jednostkowych w zbiorcze jednostki transportowe (IMO, 2014, s. 7–8). Rozpakowywanie to usunięcie ładunków z jednostek transportowych. Natomiast sztautowanie to nic innego jak układanie ładunków na statkach, w magazynach lub innych obszarach, takich jak terminale.

Zgodnie z powyższym, sztauterskie prace przygotowawcze składają się w szczególności z następujących zadań (IMO, 2014, s. 9):

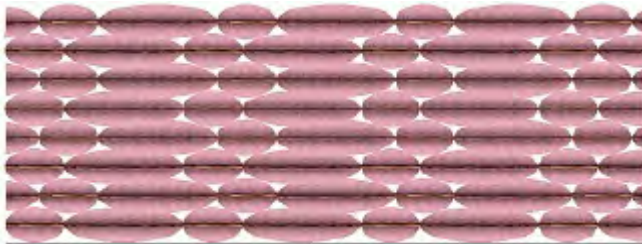
- wybór i wcześniejsze przygotowanie odpowiedniego miejsca oraz urządzeń do magazynowania, przeładunku czy też transportu ładunków;
- sprawdzenie gotowości miejsc i urządzeń do załadunku, pozwalające na niezwłoczne rozpoczęcie prac sztauterskich, w tym m.in.:
 - kontrola czystości i bezpieczeństwa kontenera;
 - sprawdzenie dopuszczalnych obciążeń kontenerowej jednostki ładunkowej;
 - przygotowanie odzieży ochronnej dla sztauterów;
 - wcześniejsze zgłoszenie ładunków do kontroli ilości, objętości, wagi oraz pobrania próbek celem przeprowadzenia odpowiednich analiz w laboratoriach;
 - poinformowanie pracowników o harmonogramie prac przeładunkowych.

Pamiętać należy ponadto, iż przed zapakowaniem do kontenera również sam ładunek powinien przejść gruntowną inspekcję, na którą składa się przede wszystkim:

- ustalenie położenia w jakim ma być transportowany;
- kontrola podłoża, na którym będzie przewożony;
- segregacja i sprawdzenie wagi całkowitej oraz dopuszczalnych wymiarów.

2.3.1.1. Podstawowe techniki pakowania ładunków do kontenerów

Istnieje wiele różnych technik układania towarów w kontenerach⁸. Poniżej przedstawione zostaną tylko niektóre z nich. Przykładowo, sprężyste ładunki o dużej wytrzymałości i zróżnicowanych rozmiarach mogą być układane w sposób pokazany na rysunku 2.22.



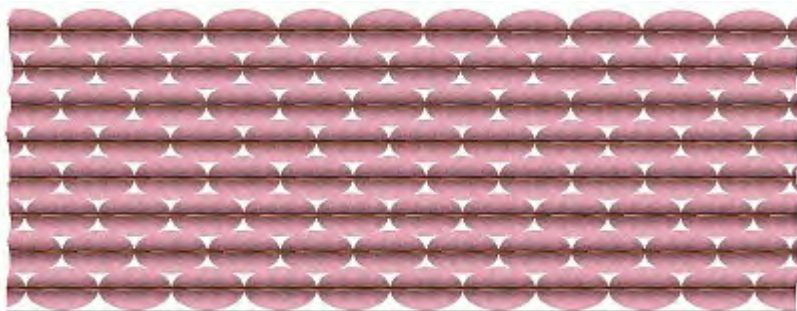
Rysunek 2.22. Krzyżowe ułożenie worków o różnych wymiarach

Źródło: CTU Code (2012, s. 51)

⁸ Więcej na ten temat zob. Iwanina-Szopińska (2017).

Metoda ta gwarantuje stabilność formowanych ładunków, przez co nie są już właściwie potrzebne inne zabezpieczenia. Ważną czynnością jest tu jednak dodatkowe wypełnienie powstałych między układanymi ładunkami luk.

Inną możliwością jest rozmieszczenie towarów w taki sposób, aby dopasowały się do zagłębień tworzonych przez pozostałe ładunki w danej warstwie. W ten sposób układać można takie opakowania towarowe jak beczki, worki, a nawet bardziej wytrzymałe pudła kartonowe (rys. 2.23).



Rysunek 2.23. Warstwowe ułożenie worków o podobnych wymiarach

Źródło: CTU Code (2012, s. 51)

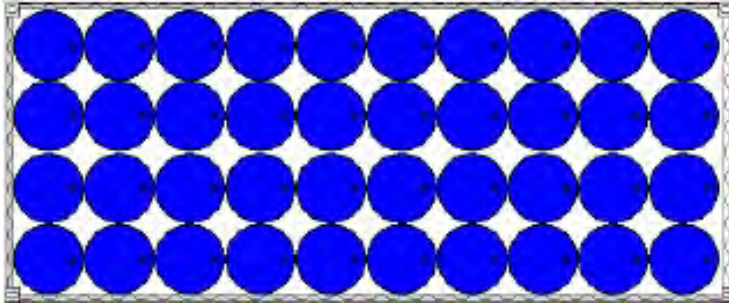
Tak zwany kominowy sposób rozmieszczania ładunków najlepiej nadaje się do formowania towarów zapakowanych w worki lub siatki transportowe. Worki umieszczane są wtedy jeden na drugim tak, że zachodzą na siebie wokół powstałej w środku kwadratowej wnęki (rys. 2.24).



Rysunek 2.24. Kominowe rozmieszczenie ładunków

Źródło: CTU Code (2012, s. 51)

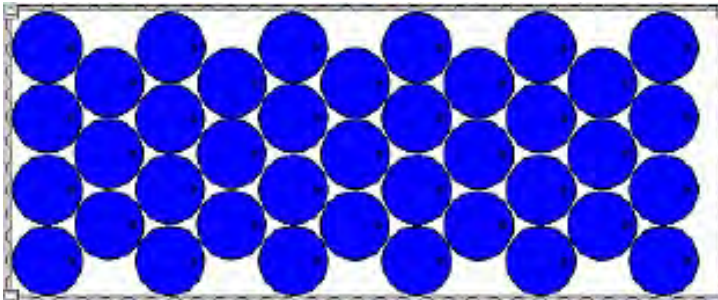
Z kolei szeregowe rozmieszczenie ładunków polega na tym, że rozlokowane są one w kontenerze w równych rzędach o tej samej długości, tak jak pokazano to na rysunku 2.25.



Rysunek 2.25. Szeregowe rozmieszczenie ładunków

Źródło: CTU Code (2012, s. 51)

Aby zwiększyć wykorzystanie powierzchni ładunkowej, zastosować można poniższy wariant z dodatkowym przesunięciem między formowanymi rzędami (rys. 2.26).



Rysunek 2.26. Rozmieszczenie ładunków z przesunięciem

Źródło: CTU Code (2012, s. 51)

Problem z utratą przestrzeni ładunkowej nie występuje również w przypadku tzw. zagnieżdżonego pakowania ładunków. Dotyczy to najczęściej tych towarów, które zostały już wcześniej, np. w zakładzie producenta, połączone w wiązki (rys. 2.27).

**Rysunek 2.27.** Zagnieżdżone formowanie ładunków**Źródło:** CTU Code (2012, s. 52)

W przypadku rolek i szpul o znacznych gabarytach, oś ładunku ustawiana jest równoległe do wzdłużnej osi pojemnika transportowego lub środka transportu (rys. 2.28). Wreszcie metoda, którą określić można mianem plecionki, używana jest do przewożenia dużych partii jednorodnych ładunków w kształcie pierścienia (takich jak np. opony). Umieszcza się wtedy ładunki tak, aby jeden wchodził w środek drugiego, jak pokazano na rysunku 2.29.

**Rysunek 2.28.** Ułożenie ładunku w formie walca**Źródło:** CTU Code (2012, s. 53)



Rysunek 2.29. Przykładowe rozmieszczenie opon

Źródło: CTU Code (2012, s. 55)

2.3.1.2. Podstawowe zasady stosowane przy pakowaniu ładunków

W celu zabezpieczenia ładunku i ułatwienia czynności załadunkowych należy stosować się do podstawowych zasad, z których najistotniejsze wymieniono poniżej⁹.

Przed wszystkim ładunki o dużym ciężarze, o ile nie zajmują całej powierzchni ładunkowej, należy umieszczać pośrodku kontenera w taki sposób, aby zachować równomierne obciążenie powierzchni ładunkowej. Nie powinno się też ustawiać wszystkich towarów ciężkich na małej przestrzeni oraz umieszczać ich na rzeczach lżejszych. Również ładunki stałe powinny być kładzione na płynnych, a nie odwrotnie.

Układając ładunki w stosy zawsze należy zwrócić uwagę na wytrzymałość wykorzystywanych palet oraz kształt i stan samego opakowania. Formowane stosy

⁹ Planowanie operacji sztauerskich odbywa się w oparciu o listę ładunkową, na podstawie której tworzony jest plan sztaurski, precyzujący sposób ułożenia ładunków (Urbanyi-Popiołek, 2014, s. 1241; Skiba, 2017, s. 1008–1024).

powinny mieć regularne warstwy. Ładunki w sztukach układane powyżej wysokości burt lub ładunki, których kształt umożliwia przesuwanie się podczas jazdy powinny być dodatkowo dobrze umocowane.

Nie wolno przewozić razem ładunków nieodpornych na zgniatanie czy wystających i ostrych z towarami podatnymi na tego typu zniszczenia. To samo dotyczy przewozu towarów delikatnych z ładunkami ciężkimi. Produkty podlegające odprawie celnej, powinny znajdować się możliwie blisko drzwi kontenera. Podobna zasada obowiązuje w przypadku towarów niebezpiecznych, które stanowią tylko część ładunku. Ponadto przy rozwózce towarów w sztukach, poszczególne z nich należy układać w sposób uwzględniający kolejność przewidywanego wyładunku.

Nigdy nie przewozi się w jednym kontenerze żywności i substancji toksycznych. W przypadku towarów niebezpiecznych przed ich zapakowaniem zawsze należy sprawdzić czy są odpowiednio oznakowane. Nie wolno dokonywać załadunku towarów w jakikolwiek sposób uszkodzonych.

Wreszcie na sam koniec, jeśli to możliwe, powinno się zapełnić i uszczelnić wszelkie luki powstałe w kontenerze pomiędzy załadowanymi towarami oraz dodatkowo zabezpieczyć ładunki przed przesuwaniem się w trakcie transportu (IMO, 2014, s. 9–10, 30).

W tym miejscu warto nadmienić, iż niedbałe sztauowanie ładunku wewnątrz kontenera może doprowadzić do uszkodzenia przemieszczających się w nim ładunków, a niedokładna deklaracja załadowanych towarów przyczynić się może nawet do wybuchu pożaru, którego gaszenie na pokładzie jest bardzo utrudnione. Ponadto deklarowanie niewłaściwej wagi kontenerów doprowadzić może do rozszczenia kadłuba, a w efekcie do przewrócenia się statku nie tylko na pełnym morzu, ale i w trakcie operacji załadunkowych czy wykonywania manewrów w porcie (Hajduk, 2010, s. 4).

2.3.2. Sztauowanie kontenerów na statku

Sztauowanie ładunków na statku polega na odpowiednim rozmieszczeniu i umocowaniu towaru drobnicowego (w tym kontenerów) w ładowniach i na pokładzie statku, zgodnie z przygotowanym wcześniej sztauplanem. Czynności sztauerskich dokonują wyspecjalizowani robotnicy portowi, zwani sztauerami. Są to działające na zlecenie osoby, które za wynagrodzeniem dokonują koniecznych prac związanych z załadunkiem drobnicy na statek i jej ułożeniem bądź wyładunkiem ze statku. Sztauowanie jest zasadniczo czynnością inną niż przeładowywanie, gdyż polega nie tylko na przemieszczeniu ładunku, ale również na jego odpowiednim ułożeniu, rozmieszczeniu, umocowaniu i zabezpieczeniu na statku¹⁰.

¹⁰ Więcej na ten temat zob. Grzybowski i in. (1997, s. 115–146).

Sztauowanie powinno unieruchomić towar w czasie transportu. Wykonuje się je w celu zachowania odpowiedniej stateczności jednostki oraz uniknięcia uszkodzeń spowodowanych przez ruchome przedmioty. W przypadku sztauowania ładunku powinno uwzględniać się również kolejność jego wyładowywania oraz fakt, że nie każdy rodzaj towaru może być umiejscowiony obok innych ładunków (np. chemikalia, produkty petrochemiczne). Na większości statków kontenery ustawiane są wzdłuż burty statku po swojej długości. Jest to uzasadnione ze względu na konstrukcję samych kontenerów (jak pamiętamy, ściany boczne są bardziej wytrzymałe niż czołowe) oraz siły działające na pojemnik w czasie transportu na otwartym morzu. Według przepisów Polskiego Rejestru Statków, kontenery powinny być zwrócone ścianą drzwiową w stronę rufy. Jeżeli w miejscu przeznaczonym dla kontenera 40-stopowego ustawiono dwa 20-stopowe, powinny być zwrócone ścianami drzwiowymi do siebie (PRS, 2013, s. 14).

Przepisy PRS określają również sposób mocowania kontenerów w gniadach kontenerowych oraz wymagany do tego osprzęt, taki jak łączniki skrętne i mostkowe, odciągi, uchwyty specjalne, kliny, rozpory itp. Sposób zamocowania, jak i dobór odpowiednich elementów mocujących, uzależniony jest od miejsca położenia kontenera. Ładunki narażone na dodatkowe naciski lub siły powinny być objęte dodatkowym mocowaniem, ewentualnie doбором bardziej wytrzymałego osprzętu (PRS, 2013, s. 13).

Podczas planowania załadunku i rozmieszczania jednostek kontenerowych na statku należy wziąć pod uwagę szereg czynników, z których najważniejsze to: stateczność statku, wytrzymałość kadłuba, ograniczenia eksploatacyjne, kolejność zawinięć do portów. Do poprawnego i sprawnego wykonania prac sztauerskich niezbędna jest też dokumentacja statku, dotycząca jego podziału na sekcje poprzeczne, która zawiera takie informacje jak:

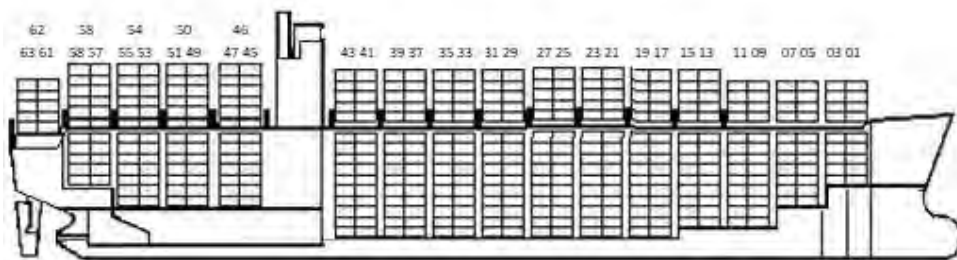
- wysokość, czyli liczbę warstw i dopuszczalną wysokość pod pokładem, pod ramionami dźwigów lub innymi elementami konstrukcyjnymi statku;
- szerokość, rozumianą jako liczbę rzędów;
- dopuszczalną masę kontenerów w stosie;
- dostępny sprzęt ładunkowy statku i związane z nim dopuszczalne obciążenia robocze.

W fazie planowania niezbędne jest też sporządzenie listy ładunkowej (*cargo list*) oraz wykonanie planu ładunkowego (*bay plan*). Pierwszy z dokumentów zawiera informacje o kontenerach przeznaczonych do załadowania na statek z przeznaczeniem do różnych portów wyładunku, drugi zaś sporządzany jest w postaci przekrojów poprzecznych statku, z zaznaczonymi komorami dla pojedynczych jednostek 20- i 40-stopowych (Milewski, 2010, s. 189).

Każdy z kontenerów przypisane ma dokładne miejsce w konkretnym stosie, warstwie i rzędzie. Stos stanowią kontenery w konfiguracji pionowej, ustawione

jeden na drugim (spiętrzone). Warstwa to kontenery ułożone w płaszczyźnie poziomej, na jednym poziomie, w rzędach lub/i szeregach. Rzędy tworzą kontenery ustawione do siebie ścianami bocznymi, jeden obok drugiego. Szereg to układ kontenerów ustawionych do siebie ścianami czołowymi i drzwiami, w odpowiedniej odległości od siebie, jeden za drugim. Mówić można jeszcze o blokach kontenerów, czyli warstwie lub warstwach kontenerów połączonych ze sobą za pomocą osprzętu do ustalania położenia i mocowania kontenerów (PRS, 2013, s. 13).

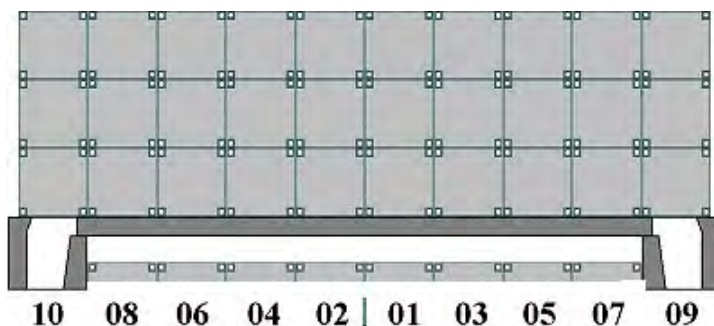
Każda pozycja kontenera na statku opisana jest za pomocą 6-cyfrowego kodu, oznaczającego położenie kontenera w przestrzeni ładunkowej. Pierwsze dwie cyfry kodu oznaczone jako BN (*Bay Number*) odnoszą się do numeru przekroju poprzecznego statku (*bayu*), liczonego od dziobu statku w kierunku rufy. Numeracja *bayów* dla kontenerów 20-stopowych jest nieparzysta (01, 03 itd.). Z kolei numery parzyste przeznaczone mogą być dla kontenerów 40-stopowych i są średnią arytmetyczną z dwóch sąsiadujących numerów nieparzystych. Przykładowo, jeśli na numery 25 i 27 można postawić kontener o długości 40', to numer *bayu* wyniesie w tym przypadku 26 (rys. 2.30).



Rysunek 2.30. System numerowania *bayów* na statku

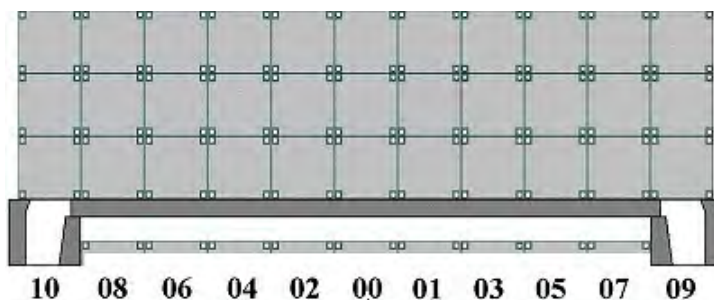
Źródło: opracowanie własne

Kolejne dwie cyfry kodu określają rozmieszczenie kontenerów na szerokości statku, inaczej mówiąc, odnoszą się do numeru rzędu (RN, *Row Number*). Standardowa szerokość jednostek kontenerowych wynosi 8'. Kontenery, które leżą dokładnie w osi statku, mają przypisany numer 00, te przeznaczone na lewą burzę będą nosiły kolejny numer parzysty (02, 04 itd.), zaś te umieszczane na prawej burcie będą miały numery nieparzyste (01, 03 itd.). Jeśli oś symetrii statku przebiega dokładnie pomiędzy kontenerami leżącymi pośrodku szerokości statku, nie występuje kontener o numerze 00 (rys. 2.31–2.32).



Rysunek 2.31. Numeracja parzystej ilości rzędów na statku

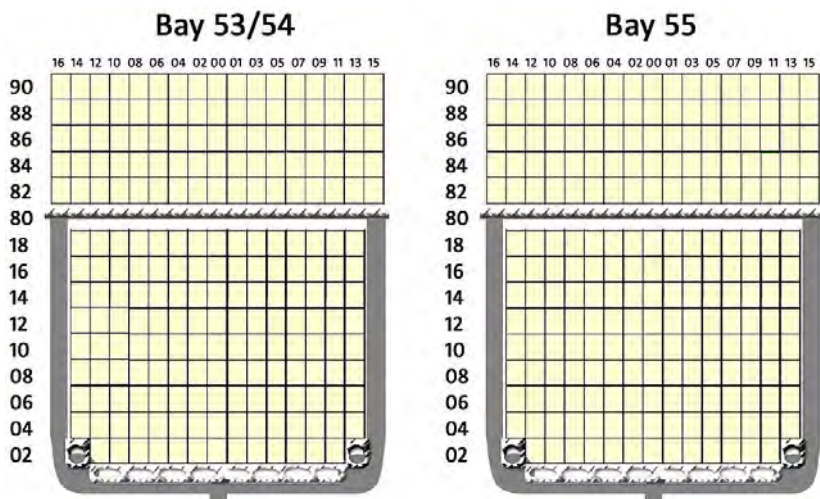
Źródło: opracowanie własne



Rysunek 2.32. Numeracja nieparzystej ilości rzędów na statku

Źródło: opracowanie własne

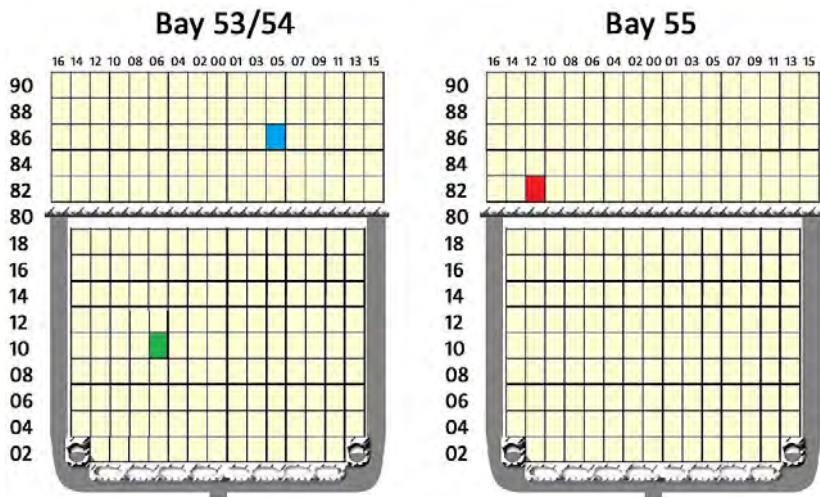
Wreszcie ostatnie dwie cyfry kodu odnoszą się do numeru warstwy kontenerów (TN, *Tier Number*). Ze względu na duże zróżnicowanie wysokości pojemników przyjęto podział na kontenery pełnowymiarowe o wysokości 8' i powyżej oraz połówkowe o wysokości mniejszej niż 8'. Dla każdej warstwy kontenerów przyjęto kolejny parzysty numer. Pod pokładem najczęściej można ułożyć maksymalnie osiem warstw. Skoro zatem pierwsza z nich rozpoczyna się od numeru 02, ostatnia skończy się na 16. Z kolei sześć warstw to maksymalna dopuszczalna liczba warstw na pokładzie statku. Kontenery połówkowe otrzymują kolejne numery nieparzyste, następujące po numerze warstwy poprzedniej. Jeśli na kontener z warstwy 02 ustawi się pojemnik połówkowy, numer jego warstwy wyniesie 03, przy czym kolejny pełnowymiarowy kontener będzie leżał w warstwie 06. Dla kontenerów ponadgabarytowych, których przynajmniej jeden z wymiarów (długość, szerokość lub wysokość) jest większy od istniejących standardów, należy wyznaczyć oddzielne miejsce na statku (Łączyński, 2007, s. 46–49) (rys. 2.33).



Rysunek 2.33. Plan ładunkowy statku

Źródło: www.en.wikipedia.org

Zgodnie z opisanymi powyżej zasadami, kontenery zaznaczone na rysunku 2.34 miałyby nadane następujące numery: 530810 (zielony, 20-stopowy), 540586 (niebieski, 40-stopowy) i 551282 (czerwony, 20-stopowy).



Rysunek 2.34. Przykładowe położenie kontenerów w bayach 53/54 i 55

Źródło: opracowanie własne

Masa kontenera zależy od jego zawartości i może się wahać od dwóch ton w przypadku kontenerów pustych do 35 t dla pełnych kontenerów 40-stopowych. Najogólniej kontenery można podzielić na lekkie o masie do 15 t, średnie – wążące od 15 do 25 t, oraz ciężkie – przekraczające ciężar 25 t. Przy rozmieszczaniu kontenerów należy zawsze pamiętać o równomiernym obciążeniu statku na jego długości i szerokości. Niewłaściwe rozmieszczenie pojemników może bowiem przyczynić się do odkształcenia kadłuba i wzrostu jego naprężeń oraz przekroczenia podstawowych parametrów wytrzymałościowych statku i w efekcie jego przechyłu.

W celu kompensacji brakującej masy kontenerów wykorzystuje się zbiorniki balastowe. Podczas rozmieszczania jednostek kontenerowych niekorzystne jest układanie wysoko na pokładzie kontenerów o dużej masie. Dlatego załadunek należy rozpoczynać od kontenerów najcięższych, które powinny trafić na dno ładowni. Rozpatrując rozkład masy w jednym stosie (*stack*), należy stosować zasadę, że masa kontenera wyżej ustawionego nie powinna być większa od tego poniżej. Dla każdego stosu kontenerów określona jest dopuszczalna masa. Jest ona największa na dnie statku, zaś znacznie mniejsza na jego pokładzie lub pokrywach lukowych (Milewski, 2010, s. 191–192).

Na koniec warto zauważyć, że chociaż ładownie kontenerowców przystosowane są do przewozu jednostek standaryzowanych wraz z systemem ich mocowania i zasilania, na skutek pracy statku na fali i jego ekstremalnych przechyłów na burty, w czasie sztormu system mocowania kontenerów do pokładu i kłap ładowni może ulec zniszczeniu, powodując wypadnięcie części kontenerów za burtę¹¹. Taka sytuacja zmienia z kolei rozkład sił tnących i stateczność statku, co osłabia wytrzymałość kadłuba i może w przyszłości doprowadzić do jego pęknięcia.

11 Szacuje się, że rocznie za burtę statku wypada ok. 2–10 tys. kontenerów (Hajduk, 2010, s. 4).

Rozdział 3

Morskie węzły transportowe i terminale kontenerowe

3.1. Charakterystyka portów morskich

W kolejnych podrozdziałach przedstawiono podstawowe informacje na temat morskich węzłów transportowych, w tym w szczególności najważniejsze funkcje portów oraz świadczone w nich usługi i związane z nimi źródła przewagi konkurencyjnej. Na zakończenie omówiono rolę portów morskich w łańcuchach transportowych ładunków.

3.1.1. Definicja, organizacja i podstawowe funkcje portów morskich

Port morski to przestrzeń społeczno-gospodarcza o wielopłaszczyznowym oddziaływaniu na otoczenie, łącząca w procesach transportu, dzięki uzbrojeniu techniczno-technologicznemu, morze z lądem, w której realizowane są wzajemnie przenikające się, zależne od siebie i powiązane funkcje przedmiotowe i przestrzenne, związane z obrotami handlowymi i przemieszczaniem osób (Montwiłł, 2011, s. 16).

Biorąc z kolei pod uwagę aspekt geograficzno-technologiczny wymienić można wiele innych definicji portu. Przykładowo, port morski jest miejscem w rejonie zetknięcia się lądu z morzem, w którym statek i ładunek korzystają z urządzonej przystani i zorganizowanego aparatu usługowego. Jest on równocześnie ogniwem i złożonym węzłem transportowym, w którym zbiegają się środki transportu różnych gałęzi, a ładunki zmieniają środek transportu morskiego na lądowy i odwrotnie (Kuźma, Szczepaniak, 1971). Inaczej mówiąc, porty morskie są usytuowanymi na styku lądu z morzem obiektami gospodarczymi, odpowiednio przygotowanymi pod względem techniczno-technologicznym i organizacyjnym oraz prawno-ekonomicznym do przeładunku towarów, przemieszczanych w relacjach lądowo-

-morskich i morsko-ładowych, a także do obsługi środków transportu morskiego i lądowego, zaangażowanych w ich przewozie (Misztal i in., 1994). Port można też zdefiniować jako miejsce z dostępem od strony wody, realizujące funkcję transportową, przemysłową, handlową, logistyczno-dystrybucyjną, regionotwórczą i miastotwórczą, odpowiednio przygotowane pod względem techniczno-technologicznym i organizacyjnym oraz prawno-ekonomicznym do świadczenia usług wobec ładunku, pasażerów i środków transportu wodno-ładowego (Christowa-Dobrowolska, 2007, s. 9). Wreszcie za port uważane jest miejsce wyposażone w infrastrukturę, umożliwiającą statkom handlowym cumowanie, załadunek i rozładunek, a pasażerom wejście lub zejście z pokładu statku (Christowa, 2012, s. 53).

Biorąc pod uwagę pozycję w łańcuchu dostaw, porty morskie można podzielić na (Bernacki, 2012, s. 291–292)¹:

- porty bramowe (*gateways*), będące głównymi centrami załadowczo-rozładowczymi, które posiadają bardzo dobrze rozwiniętą infrastrukturę portową oraz głębokość akwatorium umożliwiającą obsługę największych statków;
- porty podroczne (*intermediate ports*), do których oceaniczne statki kontenerowe zawijają „po drodze”, gdyż położone są one najczęściej na przecięciu głównych szlaków handlowych;
- porty obsługujące zaplecze regionalne/lokalne, spełniające w morskiej sieci połączeń funkcje początkowych/końcowych punktów nadania/odbioru kontenerów.

Rozpatrując cechy charakterystyczne portu jedynie z geograficznego punktu widzenia, podkreślić należy, iż terytorium portowe znajduje się na lądzie sąsiadującym z akwenem, określanym często mianem akwatorium portowego. W skład tego terytorium wchodzi w szczególności nabrzeża, mola, pirsy, falochrony², drogi dojazdowe i drogi wewnętrzne wraz ze stacjami portowymi, sieć gazowa, telekomunikacyjna, wodna, kanalizacyjna czy energetyczna. Nabrzeże to obudowany i umocniony fragment brzegu basenu portowego, kanału lub mola, gdzie cumują statki i dokonywany jest przeładunek towarów. Funkcje postojowe i przeładunkowe spełniają też pirsy, mola i dalby. Pirs to lekki pomost wyprowadzony z brzegu na akwen portowy. Molo jest od niego cięższe i bardziej wytrzymałe. Dalba to samodzielna budowla zapuszczana w dno i służąca do cumowania statków lub umieszczania urządzeń nawigacyjnych. Z kolei falochrony mają za zadanie ochraniać akwatoria portowe przed falowaniem (Żaboklicka, Przybylska, 2001, s. 63).

Akwatoria portowe podzielić można na otwarte, znajdujące się na zewnątrz naturalnej lub sztucznie zbudowanej osłony portu, lub osłonięte, usytuowane za osłonami portowymi od strony lądu. Do akwatoriów otwartych należą (Lewko, 2006, s. 12–13):

1 Więcej na temat różnego rodzaju portów zob. Urbanyi-Popiołek (2013b, s. 71–72).

2 Podobnie jak przystanie, śluzy, zapory, pochylnie stoczniowe czy doki, wszystkie one zaliczane są do budowli hydrotechnicznych portu.

- morskie kanały doprowadzające do portów od strony morza;
- reda, tj. zewnętrzna część akwatorium, służąca statkom oczekującym na wejście do portu;
- kotwiczowiska morskie, czyli obszary wodne na morzu, gdzie postój statków jest dozwolony i technicznie możliwy.

Do akwatoriów osłoniętych zalicza się z kolei:

- awanport, tj. przedporcie leżące między redą a wewnętrznymi wodami portu;
- kanały portowe, umożliwiające statkom wejście i wyjście z portu;
- baseny portowe, gdzie cumują statki;
- kanały łączące porty wewnętrzne.

Z technicznego punktu widzenia port to obszar skupiający infrastrukturę i suprastrukturę techniczną, determinującą zakres i warunki realizacji usług portowych. Na infrastrukturę techniczną składają się: wewnętrzna infrastruktura portowa, czyli nabrzeża, kanały, baseny, drogi portowe, portowa sieć kolejowa, systemy instalacyjne i informacyjne oraz zewnętrzna infrastruktura dostępu do portu, która determinuje dostępność transportową portu dla ładunków i środków transportowych od strony przedpola i zaplecza. Do elementów wiążących port z przedpolem od strony morza zaliczyć można podejściowe tory wodne, kanały żeglowne, kotwiczowiska, obrotnice, falochrony, śluzy, latarnie morskie oraz urządzenia nawigacyjne aż do granic obszaru portu. Dostęp do portu od strony lądu możliwy jest natomiast dzięki sieci dróg państwowych, kolejowych oraz wodnych śródlądowych wiążących go z zapleczem, które obsługuje (Misztal i in., 1997, s. 10).

Na suprastrukturę portową składają się przede wszystkim pracujące na nim urządzenia i sprzęt przeładunkowy, tabor pływający oraz obiekty składowe i tzw. towarzyszące. Do prac manipulacyjnych wykonywanych na terenie portu wykorzystywane są najczęściej żurawie stacjonarne i pływające, suwnice, wywrotnice wagonów, elewatory, taśmociągi, stacje pomp oraz różnego rodzaju sprzęt zmechanizowany³. Tabor pływający to m.in. jednostki zaopatrzenia, holowniki, pchacze, barki, środki transportu wewnątrzportowego i jednostki pomocnicze. Do portowych obiektów składowych zaliczyć można magazyny kryte, place składowe, silosy, zasobnie, zbiorniki, magazyny pływające, a do obiektów towarzyszących budynki biurowe i socjalne oraz zaplecza warsztatowe czy też zaopatrzeniowe (Christowa-Dobrowolska, 2007, s. 18).

Współczesny port morski można wreszcie rozpatrywać z perspektywy świadczonych przez niego usług i pełniowanych funkcji⁴. Realizację tych ostatnich umożliwiają elementy technicznego wyposażenia, tj. wymienione powyżej obiekty infrastrukturalne i suprastrukturualne.

3 Więcej informacji na temat portowych urządzeń przeładunkowych znaleźć można w podrozdziale 3.2.2.

4 Usługi logistyczne świadczone na terenie portu podobne są do usług świadczonych przez morskie terminale kontenerowe. Więcej na temat tych ostatnich zob. Bartosiewicz (2015d).

Do podstawowych funkcji gospodarczych pełnionych przez port zalicza się:

- dokonywanie operacji załadunkowo-wyładunkowych;
- inne świadczenia na rzecz ładunku, np. składowanie, magazynowanie, spedycja;
- zaopatrywanie statków w paliwo, żywność i osprzęt;
- świadczenie usług pilotażu, holowania i cumowania statków;
- wykonywanie niezbędnych napraw i remontów floty;
- pełnienie funkcji schroniska i zimowiska dla floty;
- świadczenie usług socjalnych załogom pływającym.

W przypadku świadczenia przez port usług na rzecz ładunków i taboru pływającego, mówić też można o funkcjach logistyczno-dystrybucyjnej⁵ i koordynacyjnej, w tym (Żaboklicka, Przybylska, 2001, s. 11–14):

- koordynacji poziomej, polegającej na dążeniu do sprawnego i możliwie najkrótszego przygotowania środka transportu oraz zapewnieniu bezpiecznego przeładunku towarów;
- koordynacji pionowej, czyli odpowiednim doborze środków transportowych i sprawnym oddziaływaniu na proces przemieszczania ładunków.

Z przestrzennego punktu widzenia funkcje portu dzielimy natomiast na miastotwórcze, regionotwórcze i regionalne, które akcentują więź społeczno-przestrzenną portu i miasta portowego z regionem. Jeszcze inna możliwa klasyfikacja pozwala z kolei na wyróżnienie funkcji przemysłowej, transportowej oraz handlowej. Pierwsza obejmuje usługi przemysłowe świadczone na rzecz ładunku i statku morskiego oraz tzw. usługi środowiskowe⁶, zaś funkcja transportowa związana jest ze świadczeniem usług wobec ładunków, pasażerów i środków transportu. Funkcję handlową portów można natomiast rozpatrywać w trzech aspektach (Grzelakowski, 2007, s. 31; Salmanowicz, 2009, s. 11):

- wąskim (tradycyjnym), ograniczającym się do: pośrednictwa w negocjacjach i transakcjach handlowych w obrębie portu lub miasta portowego, działania wodnych obszarów celnych, reeksportu towarów i zaopatrywania statków;
- szerokim, gdzie poza funkcjami tradycyjnymi dodatkowo rozpatruje się wszelkiego rodzaju operacje handlowo-manipulacyjne oraz komasacyjno-rozdzielcze;
- bardzo szerokim, na który poza wyżej wymienionymi aspektami składają się wszystkie możliwe usługi handlowo-manipulacyjne świadczone wobec ładunków, jak np. ważenie, sortowanie czy też kompletowanie w kontenerach.

⁵ Funkcja ta ma największy wpływ na tworzenie wartości dodanej w portach i przejawia się przez oferowanie oraz świadczenie różnorodnych usług, związanych z uczestnictwem portów w łańcuchach transportowo-dostawczych (Klimek, Dąbrowski, 2012, s. 57).

⁶ W tym miejscu warto zauważyć, że porty morskie najnowszej generacji dążą do osiągnięcia rangi tzw. zielonych portów (*green ports*), podejmując próby redukcji emisji CO₂, preferując alternatywne źródła energii czy też stosując systemy eliminujące zjawisko kongestii.

Ponadto współczesne porty morskie pod względem poziomu nowoczesności i podatności na innowacje dzielą się na pięć generacji. Przynależność do poszczególnej generacji zależy od stopnia spełnienia pewnych kryteriów, z których najważniejsze to:

- struktura rodzajowa ładunków, tj. głównie udział kontenerów, jednostek tocznych oraz ładunków specjalistycznych w obrotach portowych;
- zakres funkcji przedmiotowych;
- organizacja i zarządzanie terminalem;
- charakterystyczne cechy działalności usługowej i produkcyjnej;
- zakres zadań podmiotu zarządzającego lub struktury zarządzającej;
- charakter organizacji rynkowej oraz stosowana strategia rozwoju;
- organizacja przestrzenna;
- stopień automatyzacji⁷.

3.1.2. Konkurencyjność portów morskich na rynku usług portowych

W skali makroekonomicznej port stanowi integralny element gospodarki narodowej, przyczyniający się do osiągnięcia przez nią korzyści ekonomicznych z racji uczestniczenia w światowej wymianie towarowej i międzynarodowym podziale pracy. Z kolei w skali mikroekonomicznej porty są zwykle układami gospodarczymi, gdzie każdy podmiot gospodarczy posiada swój specjalistyczny profil działalności w dziedzinie świadczenia usług portowych lub obsługi technicznej wyposażenia portowego i działając na zasadzie współpracy bądź konkurencji, dąży do realizacji określonych celów ekonomicznych. Aby jednak cele te zrealizować, port musi być konkurencyjny wobec innych, czyli mieć zdolność do sprostania konkurencji za pomocą czynników zaspokajających oczekiwania ze strony popytu (Christowa-Dobrowolska, 2007, s. 10, 44).

Z mikroekonomicznego punktu widzenia konkurencyjność⁸ portów oceniana jest głównie przez pryzmat jakości świadczonych przez nie usług. Odniesienie stanowią wtedy oferty innych portów. Na poziom konkurencyjności morskich

7 Porty piątej generacji do usprawnienia obsługi stosują systemy pełnej automatyzacji. W 2017 r. w porcie Qingdao (Chiny) powstał jeden z najnowocześniejszych, w pełni zautomatyzowanych terminali kontenerowych. Podobny terminal powstać ma do 2020 r. w innym chińskim porcie głębokowodnym – Yangshan (Kaup, Chmielewska-Przybysz, 2012, s. 515–516; Mindur, 2018, s. 46–47).

8 Konkurencyjność to pojęcie nierozdzielnie związane z konkurencją. Najogólniej może być rozumiane jako zdolność do konkurowania w otoczeniu rynkowym. Konkurencyjność odnosi się najczęściej do podmiotów prowadzących działalność gospodarczą. W warunkach gospodarki rynkowej działalność taka ma sens ekonomiczny, gdy przyczynia się do wypracowania nadwyżki w stosunku do poniesionych nakładów. Podmioty nie wypracowujące tej nadwyżki są eliminowane z rynku (Bossak, Bienkowski, 2004, s. 17).

węzłów transportowych wpływają przede wszystkim takie czynniki jak (Chuchła, 2009, s. 16–20; Misztal i in., 1997, s. 50):

- położenie geograficzne portu, w tym:
 - lokalne warunki hydrometeorologiczne;
 - tory wodne, ich głębokość i szerokość;
- sprawność połączeń transportowych z zapleczem i przedpołem;
- jakość świadczonych usług, m.in.:
 - szybkość obsługi statku;
 - czas pobytu statku w porcie;
 - regularność, terminowość i elastyczność prac manipulacyjnych;
 - bezpieczeństwo przeładunku i przewozów;
- ceny świadczonych usług, np.:
 - koszty pilotażu;
 - opłaty za usługi holownicze i cumownicze;
 - koszty operacji przeładunkowych;
 - wysokość opłat postojowych;
 - koszty zdawania śmieci i resztek paliwowych;
 - cena paliwa;
 - cena materiałów i usług sztauerskich;
 - koszty pobierania i cena wody;
 - ceny produktów żywnościowych;
 - ceny usług lekarskich;
- dostosowanie ilościowe i rodzajowe zdolności usługowej do wymagań klientów:
 - nabrzeża portowe i ich wyposażenie;
 - liczba i moc holowników;
 - kwalifikacje pilotów i szyprów holowników itd.;
- elastyczność w stosunku do realizacji potrzeb załadowców;
- sprawność systemów informacyjnych i telekomunikacyjnych;
- stabilność polityczno-społeczna kraju i regionu.

Wymienione powyżej czynniki konkurencyjności portów podzielić można na wewnętrzne i zewnętrzne. Pierwsze z nich zależą od zarządu portu i prowadzonej przez niego polityki marketingowo-inwestycyjnej. Można do nich zaliczyć głównie jakość, ceny i system organizacji usług portowych oraz postęp techniczno-technologiczny, organizacyjny i informacyjny w porcie. Z kolei wśród najważniejszych czynników zewnętrznych, zwanych również niezależnymi, wymienić należy położenie geograficzne portu, sytuację ekonomiczną, polityczną oraz społeczną kraju i regionu, obowiązujący system prawny, a także państwową jak i regionalną politykę transportową, morską czy taryfową.

Wreszcie źródła przewagi konkurencyjnej portu morskiego mogą wynikać bądź z przewagi kosztowej, bądź zróżnicowania świadczonych usług. Port jest konkurencyjny wobec innych, jeśli ma niższe koszty operacyjne (robocizny i utrzymania infra- oraz suprastruktury) lub pobiera niższe opłaty portowe. Zróżnicowanie

świadczonych przez port usług wiąże się z jego lokalizacją, potencjałem technicznym i sprawnością funkcjonowania. Od położenia portu zależy m.in. bliskość głównych szlaków przewozowych i wielkość statków, które mogą być przez niego przyjęte. Na potencjał technologiczny składają się specjalistyczne stanowiska, terminale oraz wyposażenie przeładunkowe i magazynowe. Port będzie też tym bardziej konkurencyjny w oczach potencjalnych klientów, im sprawniej funkcjonuje, co wyraża się w skracaniu czasu pobytu statku i ładunku w porcie oraz upraszczaniu dokumentacji ładunkowej i odpraw celnych.

3.1.3. Systemy transportowe w obsłudze obrotu portowego

Porty morskie są ogniwami łańcucha transportowego, przez co wpływają na globalną wielkość kosztów i czas dostawy ładunków. Generalnie im mniejsze odległości przewozu, tym udział opłat portowych w kosztach systemu transportowego jest wyższy. Podstawowe znaczenie w kształtowaniu udziału portów w kosztach cyklu dostawy ładunków mają też opłaty za przeładunek. Są one tym wyższe, im więcej trzeba wykonać pracochłonnych czynności manipulacyjnych. Z kolei czas postoju statku w porcie nie tylko wpływa na koszty przewozu w transporcie morskim, ale determinuje też koszty usług portowych.

Współzależności występujące między portem morskim a statkiem mają charakter wewnątrzgałęziowy. Optymalizacja funkcjonowania tego typu układów wymaga często specjalnej infrastruktury portowej. Problemem jest tu bowiem obsługa różnych wielkości i typów konstrukcyjnych statków, wymagających specyficznych urządzeń. O bieżącym funkcjonowaniu i rozwoju układu port–statek decyduje szereg cech specyficznych infrastruktury transportu morskiego, w tym (Szwankowski, 1994, s. 46):

- wysoka majątkochłonność i kapitałochłonność obiektów;
- niepodzielność techniczna i ekonomiczna infrastruktury;
- długi okres realizacji inwestycji portowych;
- długi okres użytkowania;
- występowanie korzyści skali.

W ramach łańcucha transportowego występują też określone współzależności techniczne i ekonomiczne pomiędzy portem morskim a środkami transportu zaplecza. Obok częstotliwości i regularności odjazdów statków, koszty transportu lądowego są jednym z najważniejszych kryteriów wyboru portu. Postęp techniczno-technologiczny i organizacyjny w transporcie znajduje swój wyraz w zmianach w gałęziach transportu, wiążących porty morskie z zapleczem. Wprowadzenie do międzynarodowej wymiany towarowej drogą lądowo-morską specjalistycznych systemów przewozu różnych ładunków, staje się źródłem zależności w systemie transportowym, zachodzących pomiędzy ładunkami i środkami transportu morskiego, portowym potencjałem technicznym i środkami transportu zaplecza.

Do podstawowych specjalistycznych ładunkowych systemów transportowych w portach morskich zaliczyć należy systemy transportu suchych ładunków masowych (węgiel, rudy, siarka itp.), ładunków płynnych (ropa naftowa, chemikalia, gazy skroplone) oraz ładunków drobnicowych (m.in. morsko-ładowe systemy kontenerowe, systemy promowe typu ro-ro i lo-lo). Te ostatnie często obsługiwane są przez specjalistyczny tabor morski, jak kontenerowce różnych generacji czy rorowce. W tym przypadku obsługa transportowa od strony zaplecza lądowego realizowana jest przy wykorzystaniu pociągów i wagonów kontenerowych, ciągników z naczepami bądź *roll trailerów*. Obsługa portowa pojemników intermodalnych dokonywana jest zaś w specjalistycznych morskich terminalach kontenerowych przy wykorzystaniu wysokowydajnych urządzeń przeładunkowych, rozległych placów składowych oraz bezkolizyjnych układów komunikacyjnych o dużej przepustowości (Salmanowicz, 2009, s. 211).

3.2. Morskie bazy przeładunkowo-składowe kontenerów

Ciągły rozwój przewozów ładunków skonteneryzowanych sprawia, że porty morskie są jednym z kluczowych ogniw łańcucha transportowego kontenerów. Oznacza to konieczność posiadania odpowiedniego parku i sprzętu kontenerowego. Technologia obsługiwanego pojemników intermodalnych może być co prawda zróżnicowana, jednak wszystkie morskie węzły przewozowe dążą do zapewnienia szybkości, sprawności oraz bezpieczeństwa wykonywania operacji portowych. Specjalistyczne terminale kontenerowe dążą wobec tego do jak największej elektryzacji i automatyzacji realizowanych na ich terenie procesów.

3.2.1. Opis i funkcjonowanie morskich terminali kontenerowych

Istotą działania terminalu kontenerowego jest zarządzanie strumieniem przepływu ładunków, zapewnienie przemieszczania kontenerów do właściwych pól na składowisku oraz optymalizacja użycia posiadanych środków transportu. Nowoczesne portowe bazy przeładunkowo-składowe dążą ponadto do osiągnięcia jak najwyższej efektywności, która uwarunkowana jest m.in. (Szpytko, Hyla, 2010, s. 1293):

- czasem wyładunku i załadunku statku przez suwnice nabrzeżowe;
- wydajnością urządzeń dowożących kontenery pod burtę statku;
- sprawnością obsługi środków transportu drogowego oraz kolejowego;
- kosztem zużycia energii na 1 TEU;
- wydajnością pracy ludzkiej.

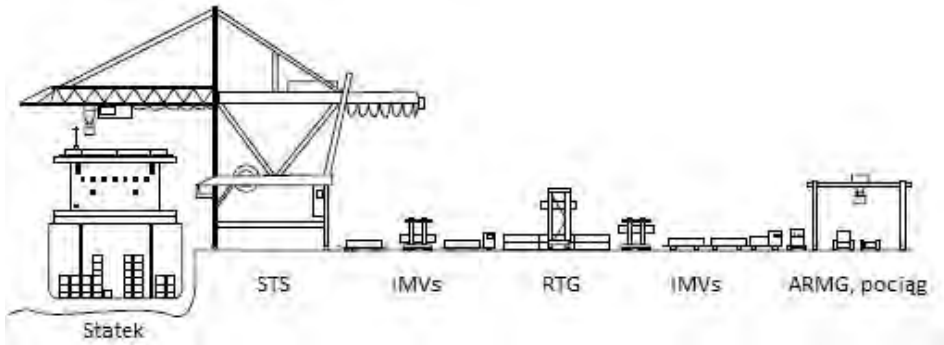
Na typowe portowe terminale kontenerowe składają się nabrzeża, place przeładunkowo-składowe, bramy i tereny dla pojazdów drogowych, kolejowe stanowisko przeładunkowe, magazyn zbiorczo-rozdzielczy, centrum dyspozycyjno-kontrolne, stanowisko do mycia i czyszczenia kontenerów oraz warsztat naprawczy⁹.

Nabrzeża służą do postoju i obsługi statków od strony lądu. Składowanie kontenerów odbywa się w stosach na placach składowych, podzielonych na sektory dla kontenerów z ładunkami neutralnymi, kontenerów chłodniczych oraz kontenerów z ładunkami niebezpiecznymi. Kontenery przewożone transportem samochodowym przyjmowane i wydawane są przez bramę, która połączona jest systemem dróg wewnętrznych z nabrzeżem, placem składowym i stanowiskiem kolejowym, składającym się z określonej liczby torów oraz wagi do ważenia wagonów z kontenerami. Magazyny kryte mają natomiast za zadanie, przechowywać ewentualną drobnicę w przypadku, gdy towary te mają być skonteneryzowane dopiero na terenie terminalu. Z kolei w centrum dyspozycyjnym mają swoją siedzibę służby odpowiedzialne za zarządzanie terminalem oraz przedsiębiorstwa współpracujące z bazą w zakresie obsługi kontenerów (Urbanyi, 2010, s. 2–3).

Funkcjonowanie morskich terminali kontenerowych jest podobne na całym świecie¹⁰. Najpierw kontenery wyładowywane są ze statku przez suwnice nabrzeżowe STS (*Ship to Shore gantry cranes*), a następnie ładowane na czekające pod nimi pojazdy terminalowe IMV (*IMV vehicles*), które przewożą pojemniki najkrótszą drogą na plac składowy. Teren składowiska podzielony jest na sektory, z których każdy obsługują zazwyczaj dwie automatyczne suwnice bramowe natorowe ARMG (*Automated Rail Mounted Gantry*) lub na kołach ogumionych RTG (*Rubber Tyred Gantry*). Dostarczony przez pojazd pojemnik, przejmowany jest przez jedną z suwnic i transportowany na miejsce wybrane przez System Operacyjny Terminalu (TOS, *Terminal Operating System*). Z kolei na drugim końcu tego samego sektora kontenery, które mają być transportowane lądem, ładowane są na ciężarówki lub lawety w celu przewiezienia ich na kolejowy punkt załadunkowy, znajdujący się na terenie terminalu. Dzięki temu układanie pojemników na placu składowym jest procesem ciągłym, w którym zarówno pojazdy terminalowe przemieszczające się od strony morza, jak i ciężarówki pracujące od strony lądu nie muszą niepotrzebnie czekać na suwnice pracujące na składowisku (Bartosiewicz, 2013a, s. 10–11; Christerson, 2011, s. 58–63). Opisane etapy przeładunku kontenerów w terminalu przedstawia rysunek 3.1.

9 Punkty zdawczo-odbiorcze kontenerów, w których przechowywane są puste kontenery oraz wykonywane są bieżące naprawy i konserwacja, określane są często mianem depo kontenerów i sprzętu kontenerowego (Kujawa, 2015, s. 280).

10 Niektóre terminale realizują część swoich funkcji poza własnym terytorium, korzystając m.in. z parkingu przed-terminalowego (*pre-gate*), parkingu strategicznego (*extended pre-gate*), suchego portu (*dry port*) i/lub głębokowodnego terminalu tranzytowego (*intermediate hub, gateway port*) (Krośnicka, 2014, s. 3233).



Rysunek 3.1. Etapy przeladunku kontenerów w morskim terminalu kontenerowym

Źródło: Steenken i in. (2004, s. 13)

Pamiętać należy jednak, że na terminalach kontenerowych stosowane mogą też być inne rozwiązania technologiczno-organizacyjne związane z obsługą przeladunkową kontenerów, w tym (Urbanyi-Popiołek, 2010, s. 33–34):

- metoda, w której kontenery wyładowywane są ze statku przez nabrzeżową suwnicę kontenerową, od której wóz podsiębierny (*straddle carrier*) odbiera pojemnik i przewozi go na wyznaczone miejsce składowe. Przy wydaniu kontenera wóz zdejmuje pojemnik ze stosu i załadowuje go na naczepę drogową lub wagon kolejowy;
- system, gdzie po wyładowaniu towaru ze statku suwnicą STS i przewiezieniu go na plac składowy przy pomocy pojazdu terminalowego, kontener jest na nim obsługiwany przez pojazdy wysięgnikowe (*reachstacer*), które służą do piętrzenia i manipulacji ładunkiem.

Nowoczesny morski terminal kontenerowy może być wyposażony w różnego rodzaju komputerowe systemy operacyjne. Dzięki temu personel portu efektywnie przydziela zasoby i środki do wykonywanych zadań. Eliminuje to ryzyko niepotrzebnych błędów, minimalizuje liczbę pustych przebiegów oraz, co istotne, zwiększa automatyzację i w rezultacie efektywność realizowanych w porcie procesów (Katta i in., 2005, s. 317; Ward, 2013, s. 46–47).

Terminalowy System Operacyjny zaprojektowany jest w taki sposób, aby kontrolować dostawę, składowanie i operacje przeladunkowe kontenerów od momentu ich pojawienia się na terenie terminalu do czasu, gdy terminal ten opuszcza. Dzięki systemowi łatwiej jest namierzyć poszukiwane ładunki i wykryć ewentualne problemy związane z ich obsługą. Pomaga on w (Bartosiewicz, 2014, s. 175–186; Nam, Ha, 2001, s. 171–175):

- obsłudze i konfiguracji procesów operacyjno-administracyjnych;
- sprawnej inwentaryzacji kontenerów;
- segregacji i kontroli składowanych pojemników;

- obsłudze ładunków niebezpiecznych;
- planowaniu załadunku, wyładunku i obsługi statków;
- organizacji przewozu pojemników z nabrzeża na plac składowy i z powrotem;
- organizacji ruchu pojazdów terminalowych i ciężarówek na składowisku;
- optymalizacji tras przewozu terminalowych środków transportu;
- automatycznej rejestracji ruchu kontenerów na bramach wjazdowych terminalu;
- automatyzacji procesów manipulacyjnych na kolejowych stacjach przeładunkowych;
- generowaniu informacji o kontenerze i jego monitoringu;
- sprawdzaniu pozycji kontenera przez spedytora lub operatora;
- obsłudze celnej towarów, zamawianiu usług na rzecz kontenerów (próbobranie, kontrola, czyszczenie itd.) oraz statków (sztauerka, pilotaż, holowanie itp.);
- obsłudze rachunków i faktur;
- przeprowadzaniu analiz decyzyjnych i sporządzaniu raportów końcowych.

Każdy TOS składa się z szeregu wzajemnie powiązanych ze sobą modułów¹¹. Dzięki temu morskie bazy przeładunkowo-składowe mogą wybrać te z nich, które są im potrzebne do efektywniejszej realizacji procesów i usług portowych. Pamiętać należy bowiem, że ze względu na wysokie koszty zakupu i eksploatacji, tylko bardzo duże terminale kontenerowe mogą sobie pozwolić na zakup wszystkich możliwych udogodnień systemowych.

3.2.2. Urządzenia przeładunkowe i transport wewnętrzny kontenerów

Tabor pływający w porcie dzieli się na produkcyjny i pomocniczy. Pierwszy świadczy usługi na rzecz statków i ładunków, zapewnia transport wewnątrzportowy i zaopatrzenie statków w bunkier. Składają na niego holowniki, pilotówki, magazyny pływające, lichtugi, barki portowe, żurawie pływające czy bunkierki. Tabor pomocniczy wykorzystywany jest natomiast do celów gospodarczych. Należą do niego m.in. kutry pożarnicze, pogłębiarki, szalandy, służące wywożeniu urobku pogłębiarskiego, oraz łapaczki oleju (Żaboklicka, Przybylska, 2001, s. 65).

Od strony lądu po terminalach portowych poruszają się natomiast specjalistyczne urządzenia przeładunkowo-manipulacyjne. Najogólniej środki transportowe do przemieszczania materiałów w jednostkach ładunkowych podzielić można na te o (Fijałkowski, 2000, s. 35):

- nieograniczonym obszarze działania (wózki jezdniowe);
- ograniczonym obszarze działania (suwnice, suwnice widłowe, przenośniki stałe, dźwigi, układnice regałowe, wózki szynowe).

¹¹ Więcej na ten temat zob. Kubowicz (2019, s. 490).

Urządzenia przeładunkowe dzielą się również na środki transportowe (Misztal i in., 1994, s. 43):

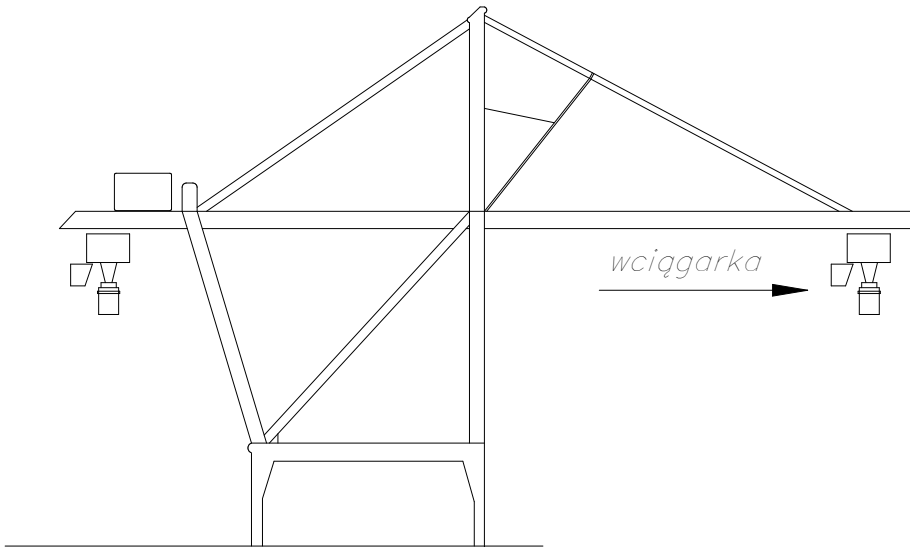
- o ruchu ciągłym (przenośniki taśmowe, urządzenia pneumatyczne i rurowe);
- o działaniu cyklicznym (wózki, suwnice);
- o charakterze uniwersalnym;
- o charakterze specjalistycznym;
- stacjonarne;
- mobilne, inaczej zwane ruchomymi (żurawie samojezdne lub pływające);
- stanowiące wyposażenie nabrzeża albo statku.

Najczęściej występującym w porcie sprzętem przeładunkowym są przede wszystkim wózki transportowe, wózkopodnośniki (sztaplarki lub układaraki), transportery, tj. przenośniki stosowane przy manipulacjach ładunkowych w magazynach i na placach składowych, oraz żurawie samojezdne. W kontenerowych morskich bazach przeładunkowo-składowych wykorzystywane są ponadto wozy bramowe do unoszenia, piętrzenia i ustawiania kontenerów, wozy przenośnikowe ramowe z bocznymi urządzeniami do przenoszenia kontenerów, wozy podnośnikowe boczno-widłowe oraz dźwigniki narożnikowe (Misztal i in., 1994, s. 51).

W morskich terminalach kontenerowych najistotniejszą rolę w procesach załadunkowo-rozładunkowych spełniają jednak przede wszystkim suwnice nabrzeżowe STS wyposażone w jedną lub dwie wciągarki. Z kolei funkcje transportowe wewnętrzne realizowane są najczęściej przez suwnice bramowe na kołach ogumionych RTG, automatyczne suwnice bramowe natorowe (szynowe) ARMG, przenośniki kontenerowe zwane wozami podsiębiernymi, wozy podnośnikowe czołowe (*fork lift*) oraz pojazdy wysięgnikowe z obrotowym nadwoziem i teleskopowym wysięgnikiem, poruszające się na kołach ogumionych. Elementem wspólnym wszystkich tych urządzeń jest chwytak (*spreader*), czyli rozsuwana rama podnośna, mającą rygle obrotowe sprzęgane automatycznie z górnymi narożnikami kontenera. W terminalach kontenerowych stosowane są ponadto samochody ciężarowe z naczepami kontenerowymi, wagony kolejowe oraz różnego rodzaju pojazdy terminalowe, jak portowe ciągniki (*terminal tractor*) z naczepami bądź *roll trailerami*, automatyczne platformy bezzałogowe AGV (*Automated Guided Vehicle*) i ich zmodyfikowana wersja typu ALV (*Automated Lifting Vehicle*) (Szpytko, Hyla, 2010, s. 1295–1296).

Suwnice nabrzeżowe STS ważą od 1,5 tys. do 2,4 tys. t, mogą unosić ładunek o ciężarze 100 t i wykonują w ciągu godziny od 35 do 50 ruchów, co umożliwia przeładunek nawet do 60 kontenerów na godzinę. Przystosowane są one do pobierania dwóch lub nawet czterech kontenerów 20-stopowych na raz i wyposażone są w jedną lub dwie wciągarki. W pierwszym przypadku pojemnik pobierany jest z pokładu lub ładowni statku i przenoszony przez wciągarkę na podstawiony na nabrzeżu pojazd terminalowy. W drugim wariancie, gdy główna wciągarka

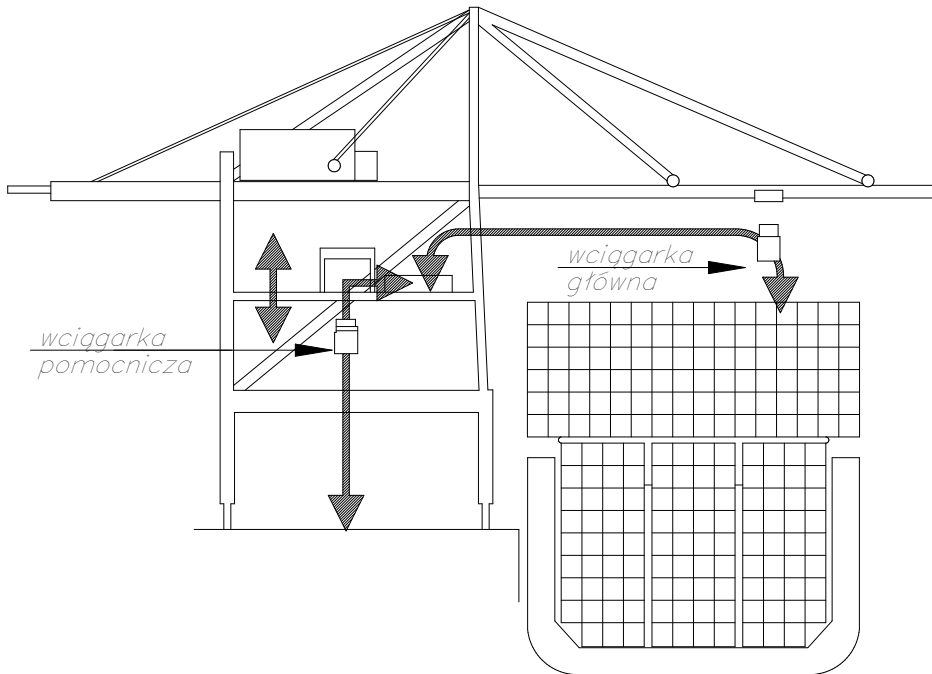
przemieszcza kontener ze statku na platformę przeładunkową, druga – pomocnicza, pracująca w trybie automatycznym, dokonuje dystrybucji ładunku na nabrzeżu. Kabina operatora znajduje się na wózku jezdnym wciągarki na wysokości 50 m powyżej nabrzeża. Operator koncentruje swoje wysiłki jedynie na podnoszeniu kontenera ze statku i/lub stawianiu go na pokład, gdyż resztą prac suwnicy steruje komputer. Przykładowo, gdy kontener jest na bezpiecznej wysokości podnoszenia powyżej statku, komputer przejmuje kontrolę nad urządzeniem i, wybierając najkrótszą drogę, umieszcza ładunek na jednej z dwóch platform przeładunkowych. Po tej operacji główna wciągarka wraca automatycznie na statek, a wyładowany kontener ustawiany jest – przez w pełni zautomatyzowaną drugą wciągarkę pomocniczą – na pojeździe terminalowym znajdującym się na tyłach suwnicy. Operator ponownie przejmuje kontrolę nad główną wciągarką dopiero wtedy, gdy ta znajduje się ponad pokładem statku. Oba opisane rodzaje suwnic STS pokazano na rysunkach 3.2 i 3.3.



Rysunek 3.2. Suwnica nabrzeżowa STS wyposażona w jedną wciągarkę

Źródło: opracowanie własne

W tym miejscu warto podkreślić, że wydajność kontenerowych suwnic nabrzeżowych wyposażonych w dwie wciągarki wzrasta o 30–50%. Zwiększa się jednak wtedy prawie o połowę koszt zakupu suwnicy, a jej późniejsze koszty utrzymania i eksploatacji są odpowiednio wyższe (Morris, Hoite, 1997, s. 10).



Rysunek 3.3. Suwnica nabrzeżowa STS wyposażona w dwie wciągarki

Źródło: opracowanie własne

Produkowane obecnie suwnice nabrzeżowe, ze względu na zwiększający się potok ładunków skonteneryzowanych, stają się z roku na rok coraz bardziej wydajne. Muszą one rozładowywać kontenery szybciej, podnosić je na wyższą wysokość i mieć dłuższy wysięgnik. Głównymi technicznymi aspektami budowy suwnic nabrzeżowych nowej generacji, na które należy zwracać uwagę, są zatem przede wszystkim (Morris, Hoite, 1997, s. 1):

- rozmiar, odpowiednia sztywność i wytrzymałość na napór silniejszych wiatrów oraz sił wewnętrznych;
- szybkość, związana z wymogiem przenoszenia większej liczby kontenerów na dalsze odległości w krótszym czasie;
- wytrzymałość, rozumiana jako bezusterkowe przystosowanie do pracy w trybie ciągłym;
- stabilność i wytrzymałość kół, odpowiednio dobrane do podstawowych parametrów suwnicy.

Portowe suwnice kontenerowe instalowane są zazwyczaj przy samym nabrzeżu. W świetle ich nóg, zwanych podporami, zlokalizowane są lądowe pasma

transportowe, czyli pasy jezdne dla pojazdów terminalowych. Suwnice nabrzeżowe obsługują przeładunki burtowe i zdolne są obsługiwać największe kontenery szeregu wymiarowego ISO. Rozpiętość tych urządzeń zależy od ich konstrukcji oraz potrzeb procesu technologicznego przeładunków. W tabeli 3.1 oraz na rysunku 3.4 podano podstawowe parametry techniczno-eksploatacyjne typowej suwnicy nabrzeżowej STS typu *Post-Panamax* wyposażonej w jedną wciągarkę.

Dla porównania w tabeli 3.2 zestawiono wybrane parametry techniczno-eksploatacyjne dla przykładowej suwnicy portowej *Super-Post-Panamax* wyposażonej w dwie wciągarki. Praca tego typu urządzenia przebiegać może w dwóch wariantach (rys. 3.5 oraz 3.6).

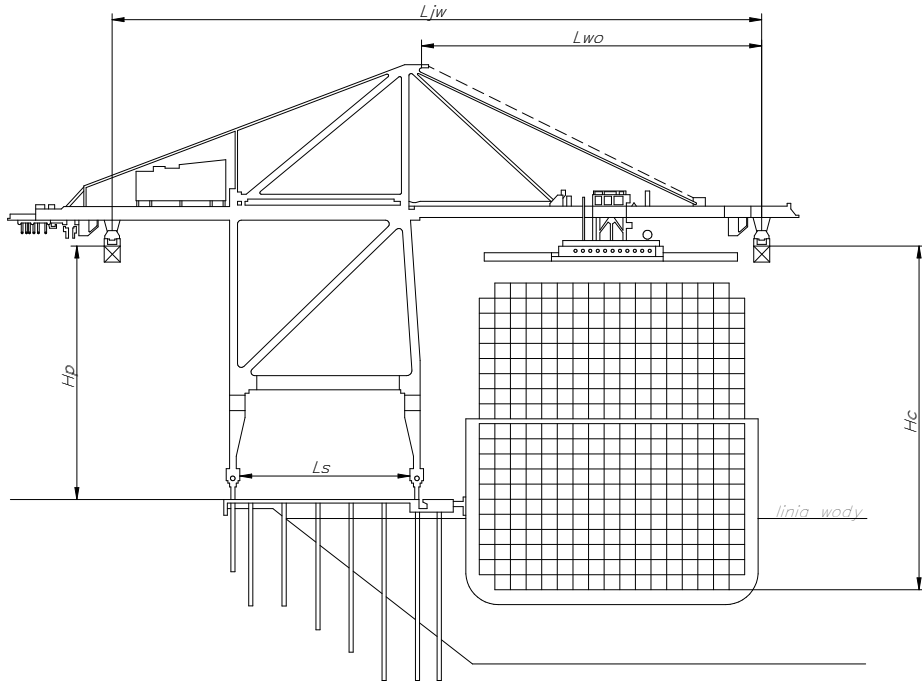
W obu przedstawionych wariantach kontener podejmowany jest ze statku przez wciągarkę główną, a zestawiany na pojazd terminalowy przez drugą, pomocniczą. Systemy różnią się jednak wysokością, na której znajduje się platforma przeładunkowa oraz sposobem mocowania wciągarki pomocniczej. W pierwszym przypadku podtorzem wciągarki jest dodatkowa dolna belka suwnicy nabrzeżowej (rys. 3.5). W wariantcie drugim natomiast wciągarka jest elementem mniejszej suwnicy bramowej, która przemieszcza się po platformie przeładunkowej (rys. 3.6).

Tabela 3.1. Parametry techniczno-eksploatacyjne suwnicy STS wyposażonej w jedną wciągarkę

Wybrane parametry techniczno-eksploatacyjne	Suwnica STS, jedna wciągarka
Wysięg odwodny (m)	40–45
Całkowita wysokość podnoszenia (m)*	40–45
Wysokość podnoszenia od poziomu nabrzeża (m)	30–35
Rozpiętość nóg (podpór) suwnicy (m)	30
Długość jazdy wózka wciągarki (m)	80–90
Prędkość maksymalna (m/min):	
• podnoszenia z ładunkiem	50
• podnoszenia bez ładunku	125
• jazdy wózka wciągarki	180
• mostu suwnicy	45
Przyspieszenie (m/s ²):	
• wciągarki	~0,75
• wózka wciągarki	~1
• mostu suwnicy	~0,15

* Całkowita wysokość podnoszenia to suma głębokości opuszczania i wysokości podnoszenia, gdzie pierwsza określa możliwość sięgnięcia do dna ładowni statku kontenerowego, a druga mierzona jest w pionie od główki szyny poddźwigowej do płaszczyzny wyznaczonej przez dolną ramę chwytną.

Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 3.4. Wybrane parametry techniczno-eksploatacyjne suwnicy nabrzeżowej STS

Oznaczenia: Lwo – wysięg odwodny; Ljw – długość jazdy wózka wciągarki; Ls – rozpiętość nóg suwnicy; Hc – całkowita wysokość podnoszenia; Hp – wysokość podnoszenia od poziomu nabrzeża

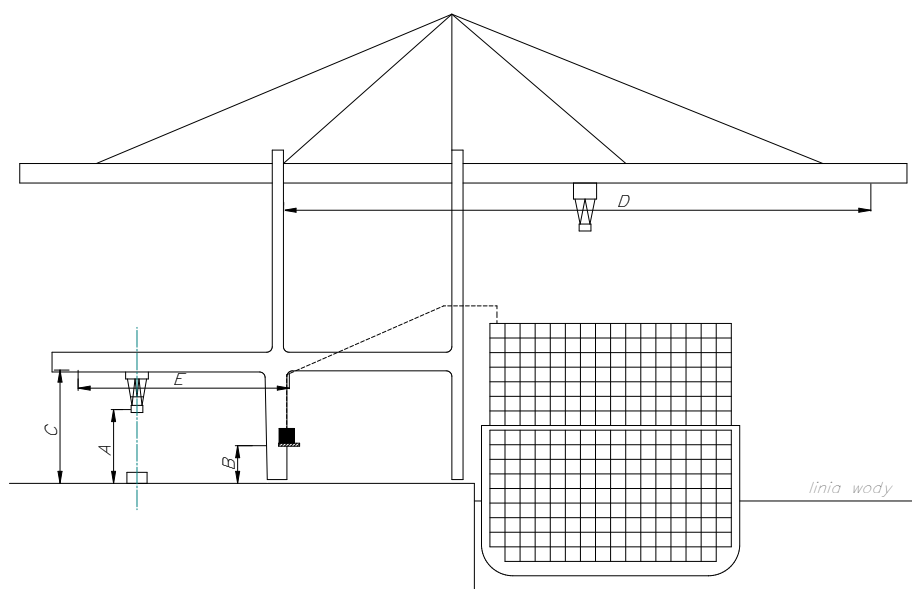
Źródło: opracowanie własne

Tabela 3.2. Parametry techniczno-eksploatacyjne suwnicy STS wyposażonej w dwie wciągarki (wariant 1)

Wybrane parametry techniczno-eksploatacyjne	Suwnica STS, dwie wciągarki
Wysięg odwodny (m)	45–60
Całkowita wysokość podnoszenia (m)	45–55
Wysokość podnoszenia od poziomu nabrzeża do głównej wciągarki (m)	35–45
Wysokość podnoszenia od gruntu do wciągarki pomocniczej (m)	12
Wysokość od gruntu do platformy przeładunkowej (m)	~7
Wysokość od gruntu do podtorza wciągarki pomocniczej (m)	~20
Rozpiętość nóg (podpór) suwnicy (m)	30

Wybrane parametry techniczno-eksploatacyjne	Suwnica STS, dwie wciągarki
Długość jazdy wózka głównej wciągarki (m)	60–80
Długość jazdy wózka wciągarki pomocniczej (m)	30–40
Prędkość maksymalna (m/min):	
• podnoszenia z ładunkiem	90
• podnoszenia bez ładunku	180
• jazdy wózka wciągarki	240
• mostu suwnicy	60
Przyspieszenie (m/s ²):	
• wciągarki	~2
• wózka wciągarki	~2
• mostu suwnicy	~0,15

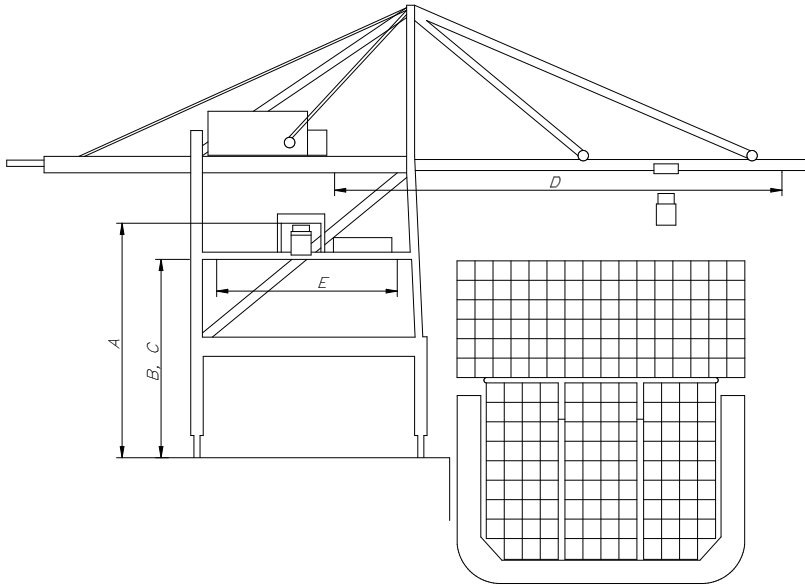
Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 3.5. Wybrane parametry techniczno-eksploatacyjne suwnicy STS z dwiema wciągarkami (wariant 1)

Oznaczenia: A – wysokość podnoszenia od gruntu do wciągarki pomocniczej;
 B – wysokość od gruntu do platformy przeładunkowej; C – wysokość od gruntu do podtorza wciągarki pomocniczej; D – długość jazdy wózka głównej wciągarki;
 E – długość jazdy wózka wciągarki pomocniczej

Źródło: opracowanie własne



Rysunek 3.6. Wybrane parametry techniczno-eksploatacyjne suwnicy STS z dwoma wciągarkami (wariant 2)

Oznaczenia: A – wysokość podnoszenia od gruntu do wciągarki pomocniczej; B – wysokość od gruntu do platformy przeładunkowej; C – wysokość od gruntu do podtorza wciągarki pomocniczej; D – długość jazdy wózka głównej wciągarki; E – długość jazdy wózka wciągarki pomocniczej

Źródło: opracowanie własne

Ze względu na wciąż zmieniające się parametry techniczno-eksploatacyjne urządzeń portowych (większe wysokości podnoszenia, szybsza praca wózków i wciągarek, krótsze przerwy międzyoperacyjne), praca operatora suwnic nabrzeżowych jest coraz bardziej wymagająca. Stworzono wobec tego pomoce wspomagające w tej pracy, w tym m.in. systemy: przeciw przechyłowe (*anti-sway, anti-skew*), kontrolujące pozycjonowanie ładunku LPS (*Load Positioning System*) czy też skanujące profil statku (*laser positioning system*). Ułatwieniem dla osoby obsługującej suwnice portowe jest też automatyczny zatrząsk chwytaków (*automatic clamping*) lub wykorzystywane na nabrzeżu pozycjonowanie podwozi pojazdów terminalowych. Na wózku wciągarki lub chwytaku umieszczane są wówczas specjalne skanery i czujniki, dzięki którym można określić położenie ładunku co do kilku milimetrów, przy uwzględnieniu czynników związanych z kierunkiem i siłą wiatru. Pozwala to ustawić dane urządzenie w odpowiednim miejscu podczas przeładunku kontenerów (Bryfors i in., 2006, s. 58–59; Euromax, 2011, s. 61).

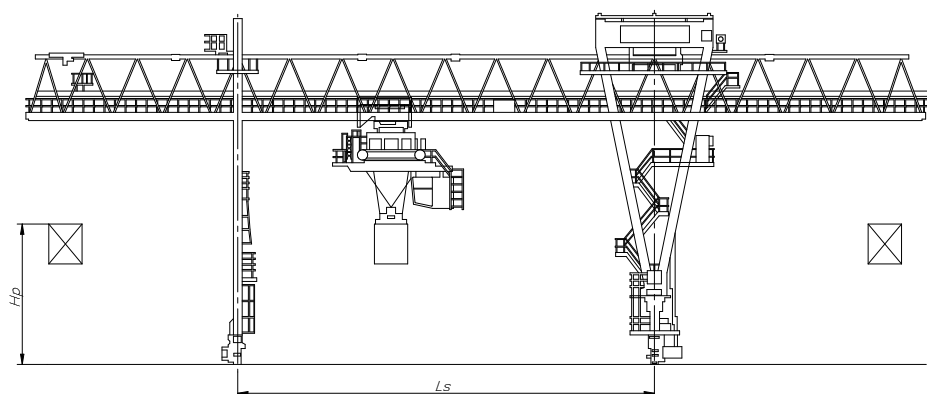
Bardziej wydajne suwnice STS wymagają lepiej zorganizowanego nabrzeża. Wobec tego na placu składowym wykorzystywane są coraz efektywniejsze suwnice bra-

mowe, wyposażone w automatyczne kontenerowe ramy chwytne, które zdolne są sprawnie i szybko dokonywać przeładunku kontenerów z terminalowego środka przewozowego na składowisko i odwrotnie. Do podstawowych urządzeń tego typu zalicza się placowe suwnice bramowe natorowe, zwane też szynowymi (rys. 3.7) lub placowe suwnice samojezdne, przemieszczające się na kołach ogumionych (rys. 3.8). Ich podstawowe parametry techniczno-eksploatacyjne zestawiono w tabeli 3.3.

Tabela 3.3. Dane techniczne placowych suwnic bramowych

Wybrane parametry techniczno-eksploatacyjne	Suwnica bramowa natorowa (RMG)	Suwnica bramowa na kołach ogumionych (RTG)
Wysokość podnoszenia od gruntu do spodu chwytaka (m)	9,2–26,9	12,3–21,0
Rozpiętość suwnicy (m)	20–70	20,8–26,5
Prędkość maksymalna (m/min):		
• podnoszenia z ładunkiem	28	28
• podnoszenia bez ładunku	56	56
• jazdy wózka wciągarki	70	80
• mostu suwnicy	130	130
Przyspieszenie (m/s ²):		
• wciągarki	0,15	0,15
• wózka wciągarki	0,35	0,30
• bramy suwnicy	0,20	0,20

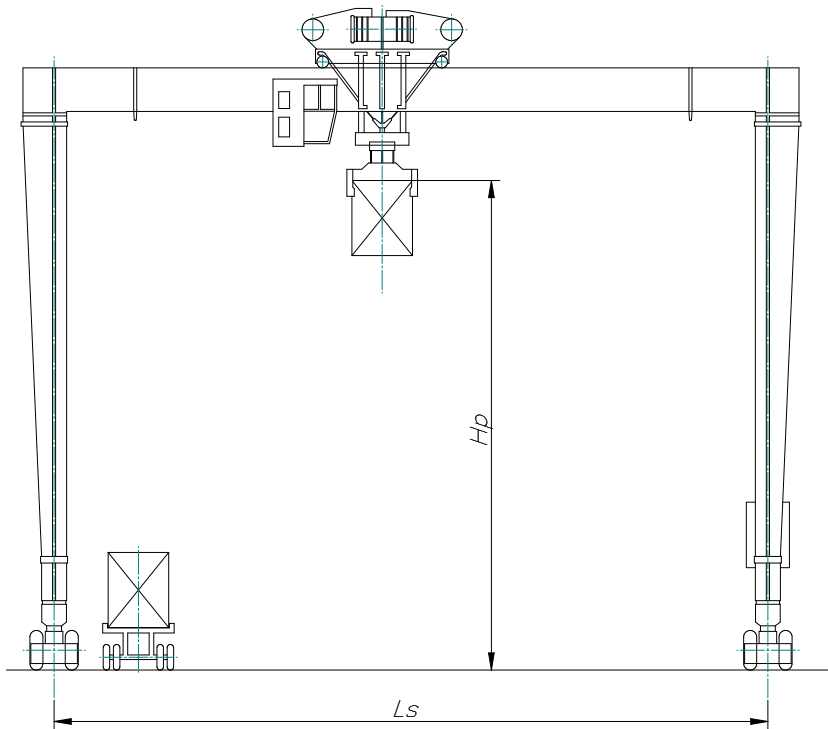
Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 3.7. Suwnica placowa RMG

Oznaczenia: Hp – wysokość podnoszenia; Ls – rozpiętość suwnicy

Źródło: opracowanie własne



Rysunek 3.8. Suwnica placowa RTG

Oznaczenia: Hp – wysokość podnoszenia; Ls – rozpiętość suwnicy

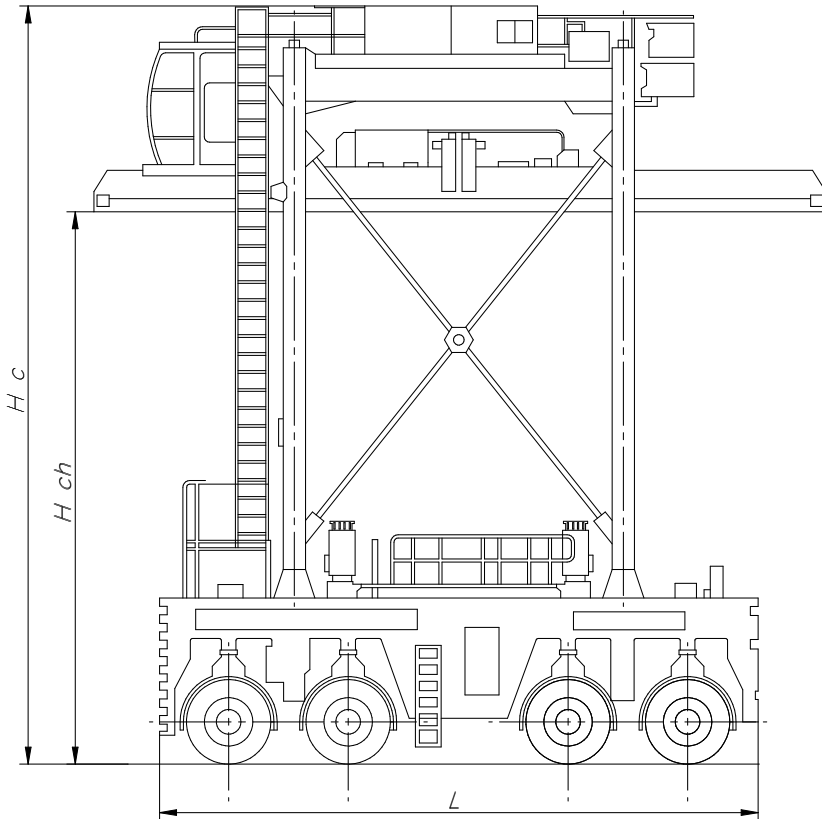
Źródło: opracowanie własne

Cykl obsługi ładunku na placu składowym wydłuża się tym bardziej, im dłuższa jest droga jaką musi przebyć suwnica z kontenerem. Gdy odległość ta jest odpowiednio duża, okazać się może, że wydajność placowej suwnicy bramowej, zbliża się do wydajności innych urządzeń samojezdnych, takich jak wozy podsiębierne czy podnośnikowe. Pamiętać jednak trzeba, że rodzaj stosowanych na składowisku urządzeń przeładunkowych zależy w dużej mierze od technologii składowania kontenerów, która może obejmować trzy systemy (Urbanyi-Popiołek, 2010, s. 34):

- układ blokowy (*gantry crane system*), polegający na składowaniu kontenerów w większej liczbie warstw i układaniu ich za pomocą suwnicy placowej;
- układ pasmowy (*straddle carrier system*), polegający na składowaniu kontenerów w dwóch lub trzech warstwach, w którym pojemniki przemieszczane są na placu za pomocą wozów podsiębiernych;

- układ skośny (*trailer storage*), polegający na składowaniu jednostek kontenerowych na podwoziach, uniemożliwiający jednak piętrzenie pojemników.

Do najczęściej wykorzystywanych na terminalach kontenerowych urządzeń manipulacyjnych, zaliczamy wspomniane już wcześniej wozy podsiębierne (rys. 3.9), wozy podnośnikowe czołowe (rys. 3.10) oraz pojazdy wysięgnikowe (rys. 3.11).

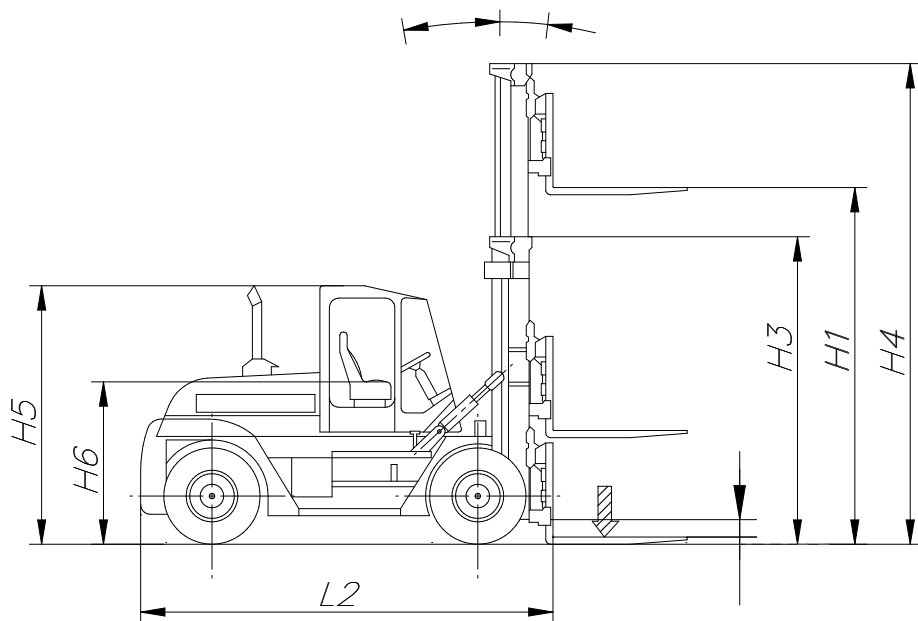


Rysunek 3.9. Wóz podsiębierny

Oznaczenia: Hc – wysokość całkowita; Hch – wysokość do spodu chwytaka; L – długość

Źródło: opracowanie własne

Wozy podsiębierne, zwane czasem samojezdnymi wozami bramowymi, to urządzenia jeżdżące na kołach ogumionych, przeznaczone do unoszenia, piętrzenia i ustawiania kontenerów na placach składowych.



Rysunek 3.10. Wóz podnośnikowy czołowy

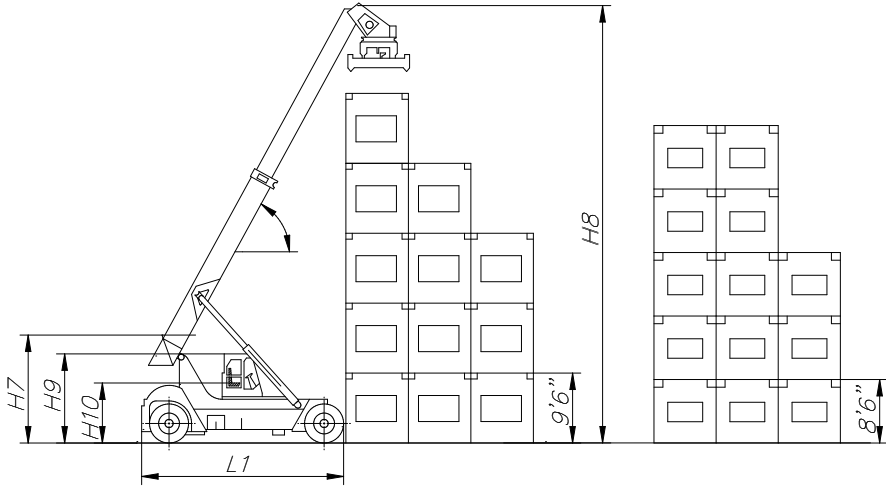
Oznaczenia: L2 – długość do widel wozu; H1 – wysokość podnoszenia; H3 – wysokość złożonego masztu; H4 – wysokość rozsuniętego masztu; H5 – wysokość całkowita wozu; H6 – wysokość wozu do siedziska operatora

Źródło: opracowanie własne

Wozy podnośnikowe czołowe, inaczej wózki widłowe, wyposażone są w jednostkę podnośnikową, składającą się z masztu i widel. W wózkach tych siedzenie kierowcy znajduje się za masztem. Mogą one podnosić, piętrzyć i przewozić kontenerowe jednostki ładunkowe.

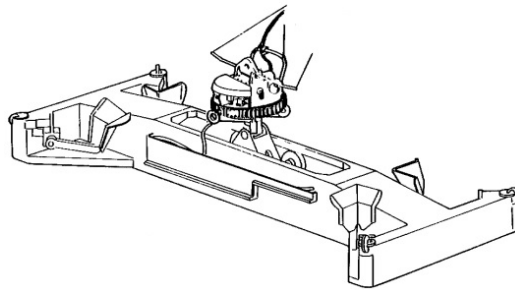
Pojazdy wysięgnikowe zaliczyć można do grupy wózków z przeciwwagą, które układają kontenery nawet do wysokości sześciu warstw. Jest to możliwe dzięki teleskopowemu ramieniu i sile udźwigu do 45 t. Z tego powodu są to urządzenia chętnie wykorzystywane na terminalach kontenerowych do piętrzenia i przeładunku pojemników intermodalnych.

Wszystkie opisane powyżej urządzenia portowe wyposażone są w kontenerowe ramy chwytne, które ułatwiają podnoszenie jednego lub dwóch kontenerów za ich znormalizowane naroża. Dzięki stałej centralnej szynie nośnej, po której poruszają się chwytaki rozsuwane na odpowiednią odległość, uniwersalne kontenerowe ramy chwytne są w stanie podejmować pojemniki o różnych długościach (rys. 3.12).

**Rysunek 3.11.** Pojazd wysięgnikowy

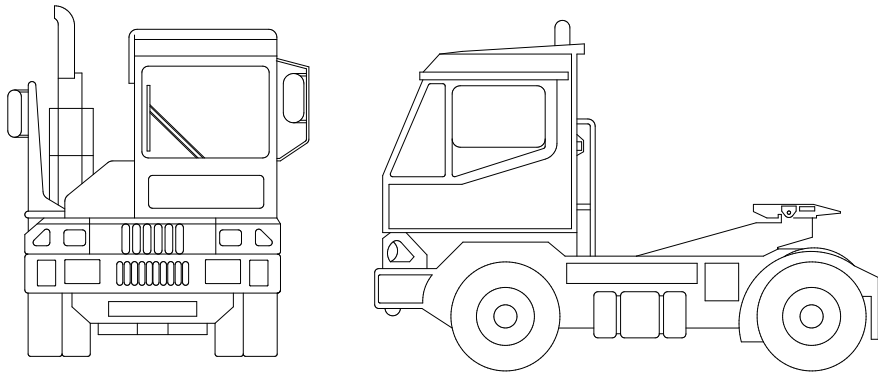
Oznaczenia: L1 – długość pojazdu bez ramienia; H7 – wysokość minimalna ramienia wysięgnika; H8 – wysokość maksymalna ramienia wysięgnika; H9 – wysokość wraz z kabiną operatora; H10 – wysokość do siedziska operatora

Źródło: opracowanie własne

**Rysunek 3.12.** Kontenerowa rama chwytna

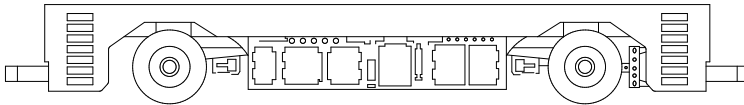
Źródło: opracowanie własne

Po morskich bazach kontenerowych poruszają się też różnego rodzaju portowe ciągniki terminalowe IMV (rys. 3.13) lub pojazdy sterowane automatycznie AGV (rys. 3.14). Są to specjalistyczne urządzenia używane zarówno do podejmowania i odbierania pojemników intermodalnych z nabrzeża podczas przeładunku statków, jak i przy przewozie kontenerów na terenie portu.



Rysunek 3.13. Ciągnik terminalowy (IMV)

Źródło: opracowanie własne



Rysunek 3.14. Pojazd sterowany automatycznie (AGV)

Źródło: opracowanie własne

Ciągnik terminalowy to traktor z siedziskiem na podnośniku pneumatycznym, wyposażony w długi pomost roboczy, który ułatwia podłączanie przewodów do naczepy. Jego konstrukcja znacznie ułatwia przeprowadzanie operacji manewrowych podczas załadunku czy rozładunku kontenerów w warunkach ograniczonej przestrzeni ponieważ jest to samochód dostosowany do prowadzenia tyłem (fotel kierowcy może obracać się nawet o 180 stopni). Z kolei automatycznie sterowane pojazdy AGV to urządzenia bezzałogowe odpowiednio dostosowane do jednoczesnego przewożenia dwóch kontenerów o długości 20 stóp lub jednego kontenera 40-stopowego. Samochody te tankowane są automatycznie. Jeśli tylko poziom paliwa spadnie poniżej ustalonego minimum, terminalowy system nakazuje pojazdowi zjechać do jednej ze zautomatyzowanych stacji benzynowych. Natomiast gdy pojazd AGV uderzy w przeszkodę, jego silnik jest

natychmiast wyłączany. Ponadto nabrzeże i plac składowy, po których poruszają się tego typu urządzenia, podzielone są na kilka podobszarów. Gdy dany pojazd AGV znajduje się na określonym obszarze, żadne inne urządzenie portowe nie może wjechać do tego sektora. Dzięki temu na terenie terminalu nie dochodzi do kolizji. Podstawowe parametry obu opisanych powyżej pojazdów przedstawiono w tabeli 3.4.

Tabela 3.4. Wybrane parametry techniczno-eksploatacyjne pojazdów terminalowych

Urządzenie	Wybrane parametry techniczno-eksploatacyjne	Dane
Ciągnik terminalowy z naczepą kontenerową	Długość (m)	18,5
	Szerokość (m)	3,0
	Wysokość (m)	1,5
	Maksymalna ładowność (t)	60
	Maksymalna prędkość jazdy (m/s)	7
Pojazd AGV	Długość (m)	14,7
	Szerokość (m)	3,1
	Wysokość (m)	1,7
	Maksymalna ładowność (t)	70
	Maksymalna prędkość jazdy (m/s)	6

Źródło: opracowanie własne.

W tabeli 3.5 zestawiono natomiast wybrane parametry techniczno-eksploatacyjne opisanych wcześniej wozów podsiębirnych, wozów podnośnikowych czołowych i pojazdów wysięgnikowych używanych do czynności manipulacyjnych na terenie większości współczesnych morskich baz kontenerowych.

Tabela 3.5. Wybrane dane techniczne urządzeń przeładunkowych pracujących na terminalu kontenerowym

Urządzenie	Wybrane parametry techniczno-eksploatacyjne	Dane
Wóz podsiębirny	Długość (m)	10,0
	Szerokość (m)	4,9
	Wysokość całkowita (m)	12,7–15,6
	Wysokość do spodu chwytaka (m)	9,2–12,0
	Wysokość piętrzenia (warstwy)	3–4
	Prędkość maksymalna:	
	• podnoszenia z ładunkiem (m/min)	18
	• podnoszenia bez ładunku (m/min)	26
	• jazdy (km/h)	30

Tabela 3.5 (cd.)

Urządzenie	Wybrane parametry techniczno-eksploatacyjne	Dane
Wóz podnośnikowy czołowy	Długość do wideł (m)	5,9–7,3
	Szerokość z przodu/tyłu (m)	2,2–2,3/3,0–2,6
	Wysokość całkowita (m)	3,3–3,7
	Wysokość do siedziska operatora (m)	2,2–2,6
	Wysokość podnoszenia (m)	4,0
	Wysokość złożonego masztu (m)	3,8–4,6
	Wysokość rozsuniętego masztu (m)	5,8–6,5
	Wysokość piętrzenia (warstwy)	2
	Prędkość maksymalna: • podnoszenia/opuszczania z ładunkiem (m/s) • podnoszenia/opuszczania bez ładunku (m/s) • jazdy (km/h)	0,45/0,40 0,50/0,40 30
Pojazd wsięgnikowy	Długość pojazdu bez ramienia (m)	6,7–8,3
	Szerokość z przodu/tyłu (m)	3,1–3,3/2,3–2,9
	Wysokość wraz z kabiną operatora (m)	3,3–3,7
	Wysokość do siedziska operatora (m)	2,2–2,5
	Wysokość min ramienia wsięgnika (m)	3,9–4,5
	Wysokość max ramienia wsięgnika (m)	18,2–18,6
	Wysokość piętrzenia (warstwy)	3–6
	Prędkość maksymalna: • podnoszenia/opuszczania z ładunkiem (m/s) • podnoszenia/opuszczania bez ładunku (m/s) • jazdy (km/h)	0,40/0,45 0,55/0,45 30

Źródło: opracowanie własne.

3.2.3. Logistyczny model morskiego terminalu kontenerowego

Celem podsumowania wcześniejszych rozważań, w niniejszym podrozdziale zaprezentowano model morskiego terminalu kontenerowego (MTK)¹², zbudowany w oparciu o aparat pojęciowy analizy systemowej z wykorzystaniem podstaw logiki, topologii i algebry. Opisany model składa się z jakościowego modelu identyfikacyjnego (MI_{MTK}), będącego sformalizowanym opisem badanego syste-

12 Prezentowany model opracowano na podstawie: Ficoń (2010a).

mu, i ilościowego modelu decyzyjnego (MD_{MTK}), który może być podstawą optymalizacji zarządzania morskim terminalem kontenerowym (3.1):

$$MTK = MI_{MTK} \cup MD_{MTK} \quad (3.1)$$

Etap modelowania identyfikacyjnego umożliwia określenie zasadniczych związków między zbiorem decydentów (zarządców terminalu), a zbiorem obiektów, względem których decyzje mają być podejmowane. Z kolei etap modelowania decyzyjnego powinien dostarczyć naukowych narzędzi pomocnych w procesie optymalnego sterowania badanym systemem. W przypadku morskiego terminalu kontenerowego zasadniczym kryterium optymalizacji będzie maksymalizacja ekonomicznego wskaźnika zysku, możliwa do osiągnięcia poprzez minimalizację kosztów własnych prowadzonej działalności gospodarczej oraz maksymalizację dochodów ze sprzedaży usług portowych¹³.

3.2.3.1. Model identyfikacyjny morskiego terminalu kontenerowego

Najogólniej model identyfikacyjny morskiego terminalu kontenerowego zapisać można jako (3.2–3.27):

$$MI_{MTK} = \langle \alpha, C, F, S, Z \rangle \quad (3.2),$$

gdzie:

- α – misja terminalu;
- C – charakterystyka terminalu;
- F – zbiór podstawowych funkcji terminalu;
- S – struktura organizacyjna terminalu;
- Z – zbiór stosowanych na terminalu systemów zarządzania.

Morski terminal kontenerowy najnowszej generacji za misję stawia sobie osiągnięcie wysokiego stopnia automatyzacji i bezpieczeństwa realizowanych procesów przeładunkowo-składowych, które powinny być przeprowadzane przy użyciu technologii przyjaznych środowisku. Jednocześnie celem morskich terminali kontenerowych jest utrzymanie wysokiej jakości świadczonych usług oraz jak najlepsze zaspokajanie potrzeb i oczekiwań klientów. Stąd misję morskiego terminalu kontenerowego (α) można rozpatrywać w aspekcie jego możliwości i funkcji gospodarczo-ekonomicznych, realizowanych na rynkach żeglugowych w odniesieniu do potrzeb gospodarki w określonym przedziale czasowym T . W takiej

13 Innymi przesłankami efektywnego zarządzania morskim terminalem kontenerowym mogą być: podwyższenie wartości dodanej tworzonej przez usługi logistyczne; jak najlepsze zaspokojenie zapotrzebowania klientów na usługi portowe; powiększanie wartości użytkowej (użyteczności) dostarczanych dóbr (Tubielewicz, Forkiewicz, 2011, s. 7).

sytuacji misja jest podzbiorem zbioru trójek uporządkowanych, w których pierwsza współrzędna jest elementem zbioru potrzeb, druga – możliwości, zaś trzecia – zbioru decyzji i efektów, cały zaś zbiór trójek (tj. iloczyn kartezjański ww. zbiorów) jest odwzorowywany (za pomocą operatora uwzględniającego czynnik czasu) w zbiór możliwych wartości wskaźnika jakości oceny:

$$\alpha \subseteq P_G \times M_{MTK} \times Z_{MTK} \xrightarrow{T} Q_{MTK} \quad (3.3),$$

gdzie:

- P_G – potrzeby gospodarki w zakresie morskiego transportu kontenerowego;
- M_{MTK} – możliwości obsługowe morskiego terminalu kontenerowego;
- Z_{MTK} – decyzje i efekty działań organów zarządzania terminalem;
- Q_{MTK} – wskaźnik jakości oceny działalności gospodarczo-ekonomicznej terminalu.

Na cechy charakterystyczne morskiego terminalu kontenerowego (C) składają się przede wszystkim:

$$C = \{C_i\}, \quad i \in \overline{0,8} \quad (3.4),$$

gdzie:

- C_0 – nazwa terminalu;
- C_1 – położenie geograficzne i lokalizacja terminalu;
- C_2 – warunki nawigacyjne i bezpieczeństwo żeglugowe;
- C_3 – przynależność do lądowych lub morskich korytarzy transportowych;
- C_4 – znaczenie terminalu na międzynarodowych rynkach żeglugowych;
- C_5 – wyposażenie terminalu;
- C_6 – wielkość obrotów ładunkowych;
- C_7 – zakres i rodzaj świadczonych usług;
- C_8 – model i styl zarządzania terminalem.

Z kolei zbiór podstawowych funkcji realizowanych przez morski terminal kontenerowy (F) podzielić można na cztery główne kategorie:

$$F = \{F_i\}, \quad i \in \overline{1,4} \quad (3.5),$$

gdzie:

- F_1 – funkcja żeglugowo-nawigacyjna;
- F_2 – funkcja gospodarczo-ekonomiczna;
- F_3 – funkcja społeczno-przestrzenna;
- F_4 – funkcja administracyjno-polityczna.

Wymienione powyżej funkcje podlegać mogą dalszym podziałom. Przykładowo, biorąc pod uwagę samą funkcję gospodarczo-ekonomiczną (F_2), wyróżnić możemy kolejne trzy podkategorie:

$$F_2 = \{F_{2i}\}, \quad i \in \overline{1,3} \quad (3.6),$$

gdzie:

- F_{21} – operacje logistyczne;
- F_{22} – czynności handlowo-finansowe;
- F_{23} – żeglugowe usługi portowe.

Zgodnie z informacjami zamieszczonymi w podrozdziale 3.1.1, każdą z powyższych podkategorii można rozpisać następująco:

$$F_{21} = \{F_{21i}\}, \quad i \in \overline{1,5} \quad (3.7),$$

gdzie:

- F_{211} – transportowanie ładunków;
- F_{212} – dokonywanie operacji załadunkowo-wyładunkowych;
- F_{213} – inne świadczenia na rzecz ładunku, np. składowanie, magazynowanie, spedycja;
- F_{214} – sztauerka i trzymowanie ładunków w kontenerach;
- F_{215} – sztauerka i trzymowanie ładunków na środkach transportowych.

$$F_{22} = \{F_{22i}\}, \quad i \in \overline{1,4} \quad (3.8),$$

gdzie:

- F_{221} – procedury i odprawy celne towarów;
- F_{222} – czynności ubezpieczeniowe;
- F_{223} – opłaty portowe;
- F_{224} – inspekcje sanitarno-epidemiczne.

$$F_{23} = \{F_{23i}\}, \quad i \in \overline{1,4} \quad (3.9),$$

gdzie:

- F_{231} – zaopatrywanie statków w paliwo, żywność i osprzęt;
- F_{232} – świadczenie usług pilotażu, holowania i cumowania statków;
- F_{233} – usługi techniczno-remontowe i stoczniowe;
- F_{234} – bunkrowanie statku i zaopatrywanie załogi.

Rozpatrując zaś funkcję społeczno-przestrzenną (F_3), wymienić możemy następujące podkategorie:

$$F_3 = \{F_{3i}\}, \quad i \in \overline{1,3} \quad (3.10),$$

gdzie:

- F_{31} – funkcja miastotwórcza;
- F_{32} – funkcja regionotwórcza;
- F_{33} – funkcja regionalna¹⁴.

W strukturze organizacyjno-funkcjonalnej terminalu morskiego wyróżniamy dwa zasadnicze zbiory elementów (por. podrozdział 3.1.1):

$$S = \{S_A, S_T\} \quad (3.11),$$

gdzie:

- S_A – akwatorium portowe;
- S_T – terytorium portowe.

W skład akwatorium portowego (S_A) wchodzi m.in.:

$$S_A = \{S_{Ai}\}, \quad i \in \overline{1,7} \quad (3.12),$$

gdzie:

- S_{A1} – morskie kanały;
- S_{A2} – kotwiczowiska morskie;
- S_{A3} – reda;
- S_{A4} – awanport;
- S_{A5} – kanały portowe;
- S_{A6} – baseny portowe;
- S_{A7} – obrotnice statkowe.

Terytorium portowe (S_T) dzieli się natomiast na trzy zasadnicze części:

$$S_T = \{S_{TP}, S_{TS}, S_{TZ}\} \quad (3.13),$$

gdzie:

- S_{TP} – infrastruktura portowa;
- S_{TS} – suprastruktura portowa;
- S_{TZ} – lądowe zaplecze portu.

¹⁴ Terminal kontenerowy jako morski węzeł transportowy może przyczyniać się do rozwoju miast oraz ich bliższego i dalszego otoczenia (Miklińska, 2011, s. 1919).

W skład infrastruktury portowej (S_{TI}) wchodzi przede wszystkim:

$$S_{TI} = \{S_{TI_i}\}, \quad i \in \overline{1,3} \quad (3.14),$$

gdzie:

- S_{TI1} – budowle i obiekty hydrotechniczne;
- S_{TI2} – stałe lądowe budowle portowe;
- S_{TI3} – sieci transportowe i instalacje techniczne.

Wśród budowli i obiektów hydrotechnicznych (S_{TI1}) wyróżniamy w szczególności:

$$S_{TI1} = \{S_{TI1_i}\}, \quad i \in \overline{1,4} \quad (3.15),$$

gdzie:

- S_{TI11} – nabrzeża przeładunkowe;
- S_{TI12} – pirsy, mola i dalby;
- S_{TI13} – falochrony;
- S_{TI14} – śluzy portowe.

Na grupę stałych budowli i obiektów lądowych (S_{TI2}) składają się:

$$S_{TI2} = \{S_{TI2_i}\}, \quad i \in \overline{1,4} \quad (3.16),$$

gdzie:

- S_{TI21} – magazyny i hangary lądowe;
- S_{TI22} – place składowe;
- S_{TI23} – obiekty administracyjno-usługowe;
- S_{TI24} – warsztaty i serwisy techniczne.

W grupie sieci transportowych i instalacji technicznych (S_{TI3}) wyszczególnić należy natomiast:

$$S_{TI3} = \{S_{TI3_i}\}, \quad i \in \overline{1,7} \quad (3.17),$$

gdzie:

- S_{TI31} – systemy transportu kolejowego;
- S_{TI32} – systemy transportu samochodowego;
- S_{TI33} – systemy transportu śródlądowego;
- S_{TI34} – systemy instalacyjne i informacyjne;
- S_{TI35} – sieć gazowa;
- S_{TI36} – sieci energetyczne i telekomunikacyjne;
- S_{TI37} – sieci wodno-kanalizacyjne.

Na suprastrukturę portową (S_{TS}) składają się trzy podstawowe grupy urządzeń i obiektów (zob. podrozdział 3.2.2):

$$S_{TS} = \{S_{TSi}\}, \quad i \in \overline{1,3} \quad (3.18),$$

gdzie:

S_{TS1} – urządzenia i sprzęt przeładunkowy;

S_{TS2} – obiekty składowe i towarzyszące;

S_{TS3} – tabor pływający.

Do prac manipulacyjnych dokonywanych na terenie morskiego terminalu kontenerowego wykorzystywane są najczęściej:

$$S_{TS1} = \{S_{TS1i}\}, \quad i \in \overline{1,2} \quad (3.19),$$

gdzie:

S_{TS11} – urządzenia przeładunku pionowego;

S_{TS12} – urządzenia przeładunku poziomego.

Urządzenia przeładunku pionowego (S_{TS11}) wykorzystywane na morskich terminalach kontenerowych to przede wszystkim:

$$S_{TS11} = \{S_{TS11i}\}, \quad i \in \overline{1,5} \quad (3.20),$$

gdzie:

S_{TS111} – dźwigi;

S_{TS112} – żurawie stacjonarne i pływające;

S_{TS113} – suwnice;

S_{TS114} – wozy podsiębierne;

S_{TS115} – pojazdy wysięgnikowe.

Natomiast podstawowe urządzenia przeładunku poziomego (S_{TS12}) to:

$$S_{TS12} = \{S_{TS12i}\}, \quad i \in \overline{1,4} \quad (3.21),$$

gdzie:

S_{TS121} – wozy podnośnikowe czołowe;

S_{TS122} – wywrotnice wagonów;

S_{TS123} – ciągniki terminalowe IMV;

S_{TS124} – pojazdy sterowane automatycznie AGV.

Z kolei do terminalowych obiektów składowych i towarzyszących (S_{TS2}) zaliczyć można:

$$S_{TS2} = \{S_{TS2i}\}, \quad i \in \overline{1,4} \quad (3.22),$$

gdzie:

- S_{TS21} – magazyny kryte;
- S_{TS22} – place składowe i manewrowe;
- S_{TS23} – budynki biurowe i socjalne;
- S_{TS24} – zaplecza warsztatowe oraz zaopatrzeniowe.

Tabor pływający (S_{TS3}) to przede wszystkim:

$$S_{TS3} = \{S_{TS3i}\}, \quad i \in \overline{1,2} \quad (3.23),$$

gdzie:

- S_{TS31} – tabor produkcyjny;
- S_{TS32} – jednostki pomocnicze.

Tabor produkcyjny (S_{TS31}) składa się m.in. z takich jednostek pływających jak:

$$S_{TS31} = \{S_{TS31i}\}, \quad i \in \overline{1,5} \quad (3.24),$$

gdzie:

- S_{TS311} – pilotówki, motorówki;
- S_{TS312} – holowniki, pchacze;
- S_{TS313} – barki portowe, lichtugi;
- S_{TS314} – magazyny i żurawie pływające;
- S_{TS315} – bunkierki.

Do podstawowych jednostek pomocniczych (S_{TS32}) zaliczyć można zaś:

$$S_{TS32} = \{S_{TS32i}\}, \quad i \in \overline{1,3} \quad (3.25),$$

gdzie:

- S_{TS321} – statki ratownicze, kutry pożarnicze;
- S_{TS322} – pogłębiarki, szalandy;
- S_{TS323} – łapaczki oleju, śmieciarki.

Na bliskie zaplecze morskiego terminalu kontenerowego (S_{TZ}) składają się z kolei:

$$S_{TZ} = \{S_{TZi}\}, \quad i \in \overline{1,5} \quad (3.26),$$

gdzie:

- S_{TZ1} – kolejowe stacje rozdzielcze i torowiska;
- S_{TZ2} – parkingi i stacje paliw dla transportu samochodowego;
- S_{TZ3} – transformatory i energetyczne systemy rozdzielcze;
- S_{TZ4} – obiekty administracyjne odpraw portowych;
- S_{TZ5} – terminalowe węzły ciepłownicze, wodociągowe i kanalizacyjne.

Wreszcie w portach morskich, w tym morskich terminalach kontenerowych, stosowane są różne systemy zarządzania (Z), z których najogólniej wymienić można¹⁵:

$$Z = \{Z_A, Z_P, Z_O, Z_B\} \quad (3.27),$$

gdzie:

- Z_A – zarządzanie administracyjne;
- Z_I – zarządzanie infrastrukturą i suprastrukturą;
- Z_O – zarządzanie operacyjne;
- Z_B – zarządzanie bezpieczeństwem¹⁶.

3.2.3.2. Model decyzyjny morskiego terminalu kontenerowego

Podstawowymi argumentami prezentowanego w niniejszym podrozdziale modelu decyzyjnego morskiego terminalu kontenerowego (MD_{MTK}) będą (3.28–3.47):

15 Ze względu na tematykę pracy w analizowanym kryterium przedstawione zostaną tylko podstawowe systemy zarządzania portem morskim. Więcej informacji na ten temat zob. Grzelakowski, Matczak (2006, s. 109–181).

16 Zarządzanie administracyjne wpływa na szczebel zarządzania oraz zakres kompetencji i odpowiedzialności poszczególnych decydentów. Zarządzanie infrastrukturą i suprastrukturą portową dotyczy bieżących decyzji o charakterze techniczno-eksploatacyjnym. Zarządzanie operacyjne wiąże się z podejmowaniem bieżących decyzji menedżerskich w zakresie świadczenia usług portowo-towarowych oraz realizacji transakcji handlowo-finansowych. Zarządzanie bezpieczeństwem odnosi się natomiast m.in. do bezpieczeństwa: a) ruchu i postoju statków w porcie; b) obrotów portowo-towarowych; c) transakcji handlowo-finansowych; d) sanitarno-epidemiologicznego; e) usług portowych; f) personelu portowego i załóg okrętowych; g) mieszkańców aglomeracji portowej; h) naturalnego środowiska morskiego (Ficoń, 2010a, s. 13).

$$MD_{MTK} = \langle Q, Y, \$, \Psi, \Xi \rangle \quad (3.28),$$

gdzie:

- Q – obroty towarowe terminalu;
- Y – standardy zarządzania morskim terminalem kontenerowym;
- $\$$ – wynik ekonomiczny z działalności gospodarczej;
- Ψ – poziom spełnienia wymagań konkurencji międzynarodowej;
- Ξ – standardy światowej konkurencji na rynkach żeglugowych.

Model decyzyjny zapiszemy jako cybernetyczny model funkcjonowania morskiego terminalu kontenerowego, który składa się z następujących elementów: zbiór wejść – procesy transformacji – zbiór wyjść – sprzężenia zwrotne:

$$Q : X \times T \times D(V) \rightarrow Y \quad (3.29),$$

gdzie:

- X – strumień sygnałów wejściowych;
- Y – strumień sygnałów wyjściowych;
- V – sygnał dynamicznej korekty z pętli sprzężenia zwrotnego;
- D – strumień decyzji sterowniczych.

W kolejnych etapach budowy modelu decyzyjnego rozważane będą tylko materialne strumienie sygnałów wejścia (X) i wyjścia (Y), obrazujące produkcję terminalową (P), która utożsamiana może być z obsługą takich procesów logistycznych, jak:

$$P = \{P_T, P_P, P_M, P_H, P_F, P_D\} \quad (3.30),$$

gdzie:

- P_T – procesy transportowe;
- P_P – procesy przeładunkowe;
- P_M – procesy magazynowe;
- P_H – procesy obsługi handlowej ładunków;
- P_F – procesy pakowania i formowania jednostek ładunkowych;
- P_D – procesy dostaw i dystrybucji w logistycznych kanałach dystrybucji.

Fizyczny przepływ ładunków w morskim terminalu kontenerowym rozpatrywany może być w strukturze logistycznych łańcuchów dostaw zarówno w relacji lądowo-morskiej (P_{LM}), jak i morsko-lądowej (P_{ML}):

$$P_{LM} = \langle P_{LM0} \prec P_{LM1} \prec P_{LM2} \prec P_{LM3} \prec P_{LM4} \prec P_{LM5} \prec P_{LM6} \prec P_{LM7} \rangle \quad (3.31),$$

gdzie:

- P_{LM0} – awizowanie przesyłki do dyspozytora portu;
- P_{LM1} – pakowanie towaru i formowanie ładunku;
- P_{LM2} – załadunek na lądowy środek transportu;
- P_{LM3} – przewóz lądowym środkiem transportu;
- P_{LM4} – rozładunek w porcie z lądowego środka transportu;
- P_{LM5} – składowanie na terenie terminalu;
- P_{LM6} – transport wewnętrznymi środkami transportu;
- P_{LM7} – załadunek na statek.

$$P_{ML} = \langle P_{ML0} \prec P_{ML1} \prec P_{ML2} \prec P_{ML3} \prec P_{ML4} \prec P_{ML5} \prec P_{ML6} \rangle \quad (3.32),$$

gdzie:

- P_{ML0} – zgłoszenie wejścia statku do kapitanatu portu;
- P_{ML1} – rozładunek ze statku;
- P_{ML2} – przewóz za pomocą środków transportu wewnętrznego;
- P_{ML3} – składowanie na terenie terminalu;
- P_{ML4} – załadunek na lądowy środek transportu;
- P_{ML5} – przewóz lądowym środkiem transportu;
- P_{ML6} – rozładunek u odbiorcy końcowego.

Głównym kryterium racjonalnego zarządzania morskim terminalem kontenerowym jest jak największe wykorzystanie jego potencjału operacyjnego w celu maksymalizacji wyniku ekonomicznego z prowadzonej działalności gospodarczej:

$$\$_ = f(Q, Y) \rightarrow \max \quad (3.33),$$

Jednocześnie pamiętać należy, że wtedy powinien być spełniony warunek konieczny, mówiący o tym, iż świadczone przez terminal usługi muszą realizować minimum wymagań międzynarodowej konkurencji na rynkach żeglugowych:

$$\Psi \geq \Xi_{\min} \in \Xi \quad (3.34),$$

gdzie:

- Ξ_{\min} – minimalne standardy światowej konkurencji na rynkach żeglugowych.

Zatem problem decyzyjny optymalnego zarządzania morskim terminalem kontenerowym zapisać można jako:

$$\$ = f(Q^{\text{opt}}, Y^{\text{opt}}) \rightarrow \max || \Psi \geq \Xi_{\min} \quad (3.35),$$

gdzie:

$Q^{\text{opt}}(T) \in Q$ – optymalna wielkość przeładunków portowych w okresie T ;

$Y^{\text{opt}}(T) \in Y$ – optymalna strategia zarządzania morskim terminalem kontenerowym w okresie T .

Na wielkość obrotów towarowych morskiego terminalu kontenerowego w określonym przedziale czasowym T decydujący wpływ ma potencjał przeładunkowy terminalu, rzeczywista podaż (popyt) usług portowych i rynkowa efektywność marketingu tych usług:

$$Q^{\text{opt}}(T) = f(\Pi, Pp/Pd, M) \quad (3.36),$$

gdzie:

Π – potencjał przeładunkowy terminalu w okresie T ;

Pp/Pd – popyt/podaż usług portowych w okresie T ;

M – rynkowa efektywność marketingu usług portowych w okresie T .

Na potencjał przeładunkowy morskiego terminalu kontenerowego (Π) wpływa poziom rozwoju jego infrastruktury i suprastruktury oraz nowoczesność i stopień automatyzacji stosowanych na jego terenie technologii przeładunkowych, transportowych i składowych:

$$\Pi = f(I_T, S_T, TL_T) \quad (3.37),$$

gdzie:

I_T – poziom rozwoju infrastruktury terminalu;

S_T – poziom rozwoju suprastruktury terminalu;

TL_T – nowoczesność i stopień automatyzacji stosowanych na terminalu technologii logistycznych.

Wielkość popytu i podaży na rynku usług portowych (Pp/Pd) zależy od potrzeb przewozowych klientów z jednej strony i możliwości transportowych potencjalnych załadowców z drugiej, na co istotny wpływ ma bieżąca koniunktura na światowych rynkach żeglugowych:

$$Pp/Pd = f(X, Y, K) \quad (3.38),$$

gdzie:

X – strumień popytu na przewóz ładunków drogą morską;

Y – strumień podaży ładunków do przewozu drogą morską;

K – koniunktura na międzynarodowych rynkach żeglugowych.

Popyt na usługi morskiego terminalu kontenerowego zgłaszają odbiorcy (przeładowcy), których ładunki trafiły do danego portu, skąd będą one wysyłane różnymi środkami transportowymi do odbiorców końcowych:

$$X = \{X_i\}, \quad i \in \overline{1,4} \quad (3.39),$$

gdzie:

- X_1 – odbiorcy ładunków przewożonych transportem morskim;
- X_2 – odbiorcy ładunków przewożonych transportem śródlądowym;
- X_3 – odbiorcy ładunków przewożonych transportem kolejowym;
- X_4 – odbiorcy ładunków przewożonych transportem samochodowym.

Podaż na przewozy ładunków drogą morską wynika z zapotrzebowania transportowego nadawców (załadowców) i innych klientów morskich terminali kontenerowych:

$$Y = \{Y_i\}, \quad i \in \overline{1,4} \quad (3.40),$$

gdzie:

- Y_1 – załadowcy ładunków wykorzystujący transport morski;
- Y_2 – załadowcy ładunków wykorzystujący transport śródlądowy;
- Y_3 – załadowcy ładunków wykorzystujący transport kolejowy;
- Y_4 – załadowcy ładunków wykorzystujący transport samochodowy.

Z kolei optymalną strategię zarządzania morskim terminalem kontenerowym w okresie T sprowadzić można do zadania optymalizacji poszczególnych strategii w czterech podstawowych obszarach zarządzania:

$$Y^{\text{opt}}(T) = \{Z_A^{\text{opt}}, Z_I^{\text{opt}}, Z_O^{\text{opt}}, Z_B^{\text{opt}}\} \quad (3.41),$$

gdzie:

- Z_A^{opt} – optymalna strategia dla zarządzania administracyjnego;
- Z_I^{opt} – optymalna strategia dla zarządzania infrastrukturą i suprastrukturą;
- Z_O^{opt} – optymalna strategia dla zarządzania operacyjnego;
- Z_B^{opt} – optymalna strategia dla zarządzania bezpieczeństwem.

Optymalna strategia zarządzania zakłada, iż morski terminal kontenerowy dążyć powinien do maksymalizacji zysku końcowego z prowadzonej przez siebie działalności gospodarczej w okresie T , przy jednoczesnej minimalizacji kosztów własnych prowadzenia tej działalności w tym okresie, co można zapisać jako:

$$Z_k(T) = D(T) - K_w(T) \quad (3.42),$$

gdzie:

$Z_k(T)$ – zysk końcowy terminalu w okresie T ;

$D(T)$ – dochód z rynkowej sprzedaży usług portowych w okresie T ;

$K_w(T)$ – koszty własne z prowadzonej działalności gospodarczej w okresie T .

Aby osiągnąć możliwie najwyższy zysk z prowadzonej przez morski terminal kontenerowy działalności gospodarczej, należy zrealizować cele cząstkowe, których realizację opisać można przy pomocy szczegółowych harmonogramów:

$$\mathbb{H}(n) = \langle H_n, H_n^T(t_0, T), H_n^Z, H_n^S \rangle, \quad n \in \overline{1, N} \quad (3.43),$$

gdzie:

$\mathbb{H}(n)$ – harmonogram realizacji n -tego zadania;

H_n – identyfikator n -tego zadania;

$H_n^T(t_0, T)$ – parametry czasowe n -tego zadania;

H_n^Z – dodatkowe zasoby i nakłady niezbędne do realizacji n -tego zadania;

H_n^S – koszty realizacji n -tego zadania.

Z punktu widzenia prowadzonej przez morski terminal kontenerowy działalności operacyjnej, szczególnie interesujące wydają się harmonogramy rozładunku statku wpływającego do portu $\mathbb{H}(RS)$ lub załadunku statku znajdującego się już w danym porcie $\mathbb{H}(ZS)$, które najogólniej można zapisać jako:

$$\mathbb{H}(RS) = \langle H_{RSi} \rangle, \quad i \in \overline{1, 9} \quad (3.44),$$

gdzie:

H_{RS1} – harmonogram pilotowania, holowania i cumowania statku przy nabrzeżu;

H_{RS2} – harmonogram portowych odpraw statku, towaru i załogi;

H_{RS3} – harmonogram przygotowania nabrzeża portowego do rozładunku;

H_{RS4} – harmonogram podstawiania lądowych środków transportowych;

H_{RS5} – harmonogram rozładunku statku przy nabrzeżu portowym;

H_{RS6} – harmonogram przewozu kontenerów z nabrzeża na plac składowy¹⁷;

H_{RS7} – harmonogram przeholowania statku do innego nabrzeża;

H_{RS8} – harmonogram bunkrowania, zaopatrywania i obsługi podróźnej statku;

H_{RS9} – harmonogram wyprowadzania statku z portu.

17 W przypadku ładunków transportowanych w kontenerach drogą morską, stosuje się prawie wyłącznie przeładunek pośredni, tj. z wykorzystaniem placu składowego.

$$\mathbb{H}(ZS) = \langle H_{ZSi} \rangle, \quad i \in \overline{1,6} \quad (3.45),$$

gdzie:

- H_{ZS1} – harmonogram cumowania statku przy nabrzeżu;
- H_{ZS2} – harmonogram przygotowania nabrzeża portowego do załadunku;
- H_{ZS3} – harmonogram przewozu kontenerów z placu składowego na nabrzeże;
- H_{ZS4} – harmonogram załadunku statku przy nabrzeżu portowym;
- H_{ZS5} – harmonogram portowych odpraw statku, towaru i załogi;
- H_{ZS6} – harmonogram wyprowadzania statku z portu.

Równie szczegółowo rozpisać można harmonogramy wyładunku $\mathbb{H}(RK)$ i załadunku $\mathbb{H}(ZK)$ jednostek intermodalnych na terminalowej stacji kolejowej (Marek, 2015c, s. 573–574):

$$\mathbb{H}(RK) = \langle H_{RKi} \rangle, \quad i \in \overline{1,10} \quad (3.46),$$

gdzie:

- H_{RK1} – harmonogram ustalania kolejki i kolejności obsługi pociągów;
- H_{RK2} – harmonogram przygotowania terminalowej stacji kolejowej do rozładunku;
- H_{RK3} – harmonogram sprawdzania zgodności dokumentacji;
- H_{RK4} – harmonogram kolejności wtaczania i wytaczania wagonów;
- H_{RK5} – harmonogram sprawdzania zgodności kontenerów z systemem TOS;
- H_{RK6} – harmonogram rozładunku wagonów;
- H_{RK7} – harmonogram podstawienia lądowych środków transportowych;
- H_{RK8} – harmonogram przewozu kontenerów na plac składowy;
- H_{RK9} – harmonogram rozładunku kontenerów na placu składowym;
- H_{RK10} – harmonogram wytoczenia pociągu z terminalu.

$$\mathbb{H}(ZK) = \langle H_{ZKi} \rangle, \quad i \in \overline{1,9} \quad (3.47),$$

gdzie:

- H_{ZK1} – harmonogram ustalania kolejki i kolejności obsługi pociągów;
- H_{ZK2} – harmonogram przygotowania terminalowej stacji kolejowej do załadunku;
- H_{ZK3} – harmonogram sprawdzania zgodności dokumentacji;
- H_{ZK4} – harmonogram kolejności wtaczania i wytaczania wagonów;
- H_{ZK5} – harmonogram sprawdzania wagonów;
- H_{ZK6} – harmonogram przewozu kontenerów ze składowiska na terminalową stację kolejową;
- H_{ZK7} – harmonogram sprawdzania zgodności kontenerów z systemem TOS;
- H_{ZK8} – harmonogram załadunku wagonów;
- H_{ZK9} – harmonogram wytoczenia pociągu z terminalu.

Opisane w powyższych podrozdziałach informacje na temat jakościowego modelu identyfikacyjnego (MI_{MTR}), jak i ilościowego modelu decyzyjnego (MD_{MTR}) wykorzystano w rozdziale czwartym do szczegółowego opisu funkcjonowania morskiego terminalu kontenerowego, a następnie budowy modelu masowej obsługi dla przykładowej morskiej bazy przeładunkowo-składowej kontenerów.

Rozdział 4

Morski terminal kontenerowy jako system masowej obsługi

W niniejszym rozdziale zaprezentowano dotychczasowy stan badań na temat morskich terminali kontenerowych i stosowanych na nich rozwiązań techniczno-organizacyjnych, a następnie, na podstawie zebranych w rozdziale drugim oraz trzecim informacji, szczegółowo opisano funkcjonowanie morskiej bazy przeładunkowo-składowej kontenerów. Na zakończenie, zadanie przeładunku statku przedstawiono jako problem kombinatoryczny o charakterze kolejkowym.

4.1. Dotychczasowy stan badań

W ostatnim czasie wielu badaczy interesowało się tematyką morskich przewoźników kontenerowych. Część z nich koncentrowała się na zagadnieniu konteneryzacji przede wszystkim z teoretycznego punktu widzenia (Dragović i in., 2017; Elentably, 2016; Expósito-Izquierdo, 2017; Gulić i in., 2018; Hendi i in., 2017; Mili, Sadraoui, 2015). Przykładowo, Vis i de Koster (2003) opisali główne procesy logistyczne zachodzące na terenie terminali kontenerowych¹, a Steenken i in. (2004) omówili metody, które mogą być stosowane do optymalizacji operacji portowych². Z kolei inna grupa badaczy wykorzystywała w swoich badaniach optymalizacyjne metody ilościowe, ale jedynie do zbadania jednego, konkretnego zagadnienia (Hottung, Tierney, 2016; Mishra i in., 2017). Istnieje kilka obszarów logistycznych kluczowych dla funkcjonowania morskich terminali kontenerowych, z których najważniejsze to zagadnienie przydziału nabrzeży do obsługi statków (Imai i in., 2001; 2008) oraz suwnic STS, RTG i pojazdów terminalowych

1 Zob. także: Carlo i in. (2014); Chmurawa (1996); Guenther, Kim (2006); Kim, Guenther (2007); Murty i in. (2005); Vis (2006).

2 Zob. również: Chadwin i in. (1990); Rashidi, Tsang (2013); Vacca i in. (2007, 2010).

do przeładunku kontenerów tak na nabrzeżu, jak i placu składowym³. Daganzo (1989), Peterkofsky i Daganzo (1990), Moccia i in. (2006) oraz Sammarra i in. (2007) zajmowali się harmonogramowaniem prac portowych urządzeń przeładunkowych⁴. Lim (1998) badał i omówił głównie problematykę lokalizacji nabrzeży portowych. Natomiast Kim i Kim (1998, 1999), Kozan i Preston (1999), Kim i in. (2000) oraz Forster i Bortfeldt (2012) opisywali w swoich pracach zagadnienie lokalizacji kontenerów na placu składowym.

Niektórzy autorzy rozpatrywali kilka problemów lub metod badawczych jednocześnie (Dhingra i in., 2018; Ku, Arthanari, 2016). Legato i Mazza (2001), Park i Kim (2003), Meisel i Bierwirth (2006), Giallombardo i in. (2010) oraz Zhang i in. (2016) połączyli w swoich badaniach zagadnienia związane zarówno z problematyką pracy nabrzeży portowych, jak i harmonogramowaniem prac portowych urządzeń przeładunkowych⁵. Z kolei Goodchild i Daganzo (2007) oraz Canonaco i in. (2008) zajmowali się wpływem jaki wywiera na efektywność załadunku i rozładunku statków różnie zaprogramowana praca suwnic nabrzeżowych. Wreszcie Chen i in. (2007) zbadali problem magazynowania i składowania kontenerów na terenie terminalu portowego⁶, a Evers i Koppers (1996), Kim i Bae (1999) oraz Vis i in. (2001) omówili zagadnienie przydziału pojazdów AGV do pracy na terminalu kontenerowym.

Tylko w nielicznych pracach badano terminal kontenerowy jako odrębny, wieloelementowy i złożony system (Beskovnik, Twrdy, 2009; Gambardella i in., 1998; Wong i in., 1983; Yun, Choi, 1999). Badania tego typu przeprowadzili m.in. Kozan (1997), Said i El-Horbaty (2015), Maione i Ottomanelli (2005) czy Froyland i in. (2008). Ponadto jak dotąd wciąż niewielu autorów badających porty morskie interesowało się wykorzystaniem metod ilościowych w planowaniu taktycznym (Moorthy, Teo, 2006; Cordeau i in., 2007). Stosunkowo niedawno zainteresowano się też problematyką pustych kontenerów (Kuźmicz, Pesch, 2017; Razouk, Benadada, 2017; Xie i in., 2017; Zheng i in., 2016), natężeniem ruchu kontenerów (Lau, Lee, 2007; Han i in., 2008) czy też relokacją kontenerów (Ting, Wu, 2017; Tricoire i in., 2017; Zehendner i in., 2017).

W Polsce nieliczni badacze, m.in. Andrzejewski i Fechner (2014), Iwanina-Szopińska i Mitkow (2016), Kocielski (2016), Marek (2015c), Matczak (2015) i Skiba (2017) opisywali funkcjonowanie morskich terminali kontenerowych z teoretycznego punktu widzenia. Jednocześnie tylko kilku polskich badaczy (Bartosiewicz, 2013a, 2015a, 2015c; Deja i in., 2017; Wilczyński, 2006; Zając, 2012) podjęło próbę zbadania praktycznych aspektów związanych z funk-

3 Zob. też: Dai i in. (2008); Iwan (2005).

4 Por. m.in.: Aravindan, Thiruvencatasamy (2016); Chen i in. (2003); Kim (1997); Lajjam i in. (2014); Nam, Ha (2001); Wang, Zhu (2014).

5 Zob. także: Grubisić, Maglić (2018); Mazouz i in. (2017); Yang i in. (2018); Zukhruf i in. (2017).

6 Pracę suwnic placowych omówili w swoich artykułach m.in. Kim, Kim (1997, 1999a, 1999b).

cjonowaniem morskich kontenerowych baz przeładunkowo-składowych. Co więcej, nie ma w chwili obecnej na polskim rynku wydawniczym monografii poświęconej w całości morskim przewozom kontenerowym i optymalizacji procesów zachodzących na terenie morskich baz przeładunkowo-składowych kontenerów. Konstrukcja samych pojemników intermodalnych, budowa używanych do ich przewozu statków oraz sztautowanie ładunków na tychże statkach omówione są w wydanej w 1997 r. przez Wydawnictwo Trademar książce *Kontenery w transporcie morskim* (Grzybowski i in., 1997), zaś kierunki zmian przestrzennych, zachodzących w morskich terminalach kontenerowych opisano w wydanej w 2016 r. przez Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej książce pt. *Przestrzenne aspekty kształtowania i rozwoju morskich terminali kontenerowych* (Krośnicka, 2016).

4.2. Teoria masowej obsługi

Teoria kolejek jest dziedziną nauki, opartą na rachunku prawdopodobieństwa i statystyce matematycznej, zajmującą się budową modeli matematycznych, które mogą być wykorzystywane w racjonalnym zarządzaniu dowolnymi systemami działania, zwanymi systemami masowej obsługi. Celem nadrzędnym tego typu analizy jest ustalenie takiej organizacji systemu obsługi, aby czas oczekiwania w kolejce był jak najmniejszy. Celem pośrednim jest zaś opracowanie metod, które służą do wyznaczenia wartości wskaźników charakteryzujących proces obsługi, a pozwalających dokonać oceny jakości systemu kolejkowego, jak również wyboru jego optymalnej organizacji i struktury.

Jednostki przybywające do systemu nazywamy zgłoszeniami. Obsługa jest spełnieniem określonej potrzeby zgłoszonej do systemu, natomiast środki, które umożliwiają realizację zgłoszeń, to tzw. kanały obsługi. W systemach obsługi mamy ponadto do czynienia ze strumieniem zdarzeń, strumieniem wejściowym oraz wyjściowym. Pierwszy to ciąg zdarzeń losowych, związanych z procesem przybywania zgłoszeń do systemu bądź też z samym procesem obsługi. Strumień wejściowy jest ciągiem zgłoszeń pojawiającym się na wejściu systemu, zaś wyjściowy – strumieniem zgłoszeń uzyskanym na wyjściu. Ten ostatni może zawierać zgłoszenia obsłużone bądź te, które zaniechały zrealizowania obsługi w systemie. Podstawowym elementem teorii masowej obsługi jest też kolejka, powstająca w wyniku niemożności natychmiastowej obsługi napływających do systemu zgłoszeń (Kisielewski, Sobota, 2016, s. 600–601).

Nasylenie systemu kolejkowego można opisać za pomocą podstawowych charakterystyk: strumienia zgłoszeń, strumienia procesu obsługi oraz regulaminu

kolejki. Regulamin obsługi kolejki określa kolejność realizacji zgłoszeń oczekujących w poczekalni. Podstawowe możliwe dyscypliny oczekiwania w kolejce to:

- FIFO (*First In, First Out*) – zgłoszenia, które oczekują najdłużej w kolejce kierowane są w pierwszej kolejności do obsługi;
- LIFO (*Last In, First Out*) – zgłoszenia, które wpłynęły do systemu jako ostatnie, zostają obsłużone w pierwszej kolejności;
- RSS (*Random Selection of Service*) – zgłoszenia obsługiwane są losowo, przy czym wybór każdego ze zgłoszeń jest tak samo prawdopodobny.

Warto jednak zauważyć, że w praktyce występują również przypadki, w których zgłoszenie z różnych powodów opuszcza kolejkę lub w których zgłoszenia z kolejki mogą mieć priorytet obsługi. W systemie kolejkowym czasy przybycia zgłoszeń oraz czasy obsługi są najczęściej zmiennymi losowymi, dla których podaje się rozkład zmiennej losowej. Dlatego w systemach masowej obsługi formułuje się różne wielkości określające system obsługi. Najważniejsze z nich to typ rozkładu wejściowego strumienia zgłoszeń, typ rozkładu czasów obsługi, liczba kanałów obsługi, dyscyplina kolejki itp. Najczęściej w celu oznaczenia systemu kolejkowego i modelu matematycznego, który mu odpowiada, wykorzystuje się kod, w którym zawarte są informacje przynależności systemu do odpowiedniej grupy. Do klasyfikacji systemów masowej obsługi zastosować można notację Kendall'a lub notację Lee (4.1), w której system jest scharakteryzowany za pomocą uporządkowanej piątki pól (Filipowicz, 1996):

$$X / Y / m / d / l \quad (4.1),$$

gdzie:

- X – rozkład wejściowego strumienia zgłoszeń;
- Y – rozkład czasu obsługi zgłoszeń;
- m – liczba stanowisk obsługi;
- d – kod przyjętej dyscypliny kolejki;
- l – rozmiar systemu.

Rozkłady zmiennych losowych oznacza się wtedy następującymi symbolami:

- D – strumień zdeterminowany lub regularny;
- M – rozkład wykładniczy czasów obsługi lub odstępów czasu między sąsiednimi zgłoszeniami (rozkład Poissona czasów przybyć);
- E_k – rozkład Erlanga k -tego rzędu;
- H_r – rozkład hiperwykładniczy rzędu r ;
- C_k – rozkład Coxa rzędu k ;
- GI – strumień ogólnego typu, dowolny i niezależny;
- G – strumień o dowolnym rozkładzie czasów obsługi.

Najprostszym systemem obsługi jest taki, w którym występuje tylko jedno stanowisko obsługi. W praktyce rozważa się jednak bardziej złożone systemy,

składające się z połączonych szeregowo i równolegle systemów jednostanowiskowych. Mając podane parametry wejściowe i parametry obsługi oraz reżim kolejki, można skorzystać ze wzorów podanych w literaturze poświęconej teorii kolejek lub badaniom operacyjnym. W tym miejscu warto jedynie nadmienić, iż w dalszej części pracy, w proponowanym modelu masowej obsługi liczba zgłoszeń napływających do systemu obsługi w ustalonej jednostce czasu (λ) nazywana będzie stopą zgłoszeń, a odstęp czasu pomiędzy kolejnymi zgłoszeniami ($1/\lambda$) określany będzie jako intensywność zgłoszeń. Podobnie stopą obsługi określana będzie liczba zgłoszeń obsługiwanych w ustalonej jednostce czasu (μ), a intensywnością obsługi ($1/\mu$) – czas obsługi zgłoszenia przez jeden z m równoległych kanałów obsługi⁷.

4.3. Analiza sieciowa – metoda PERT

W szeroko pojętej działalności gospodarczej realizacja określonych projektów opiera się bardzo często na tzw. planowaniu wieloczynnościowych przedsięwzięć, rozumianych jako uporządkowane i zorganizowane ludzkie działanie, którego celem jest wykonanie ustalonego zadania (Sikora, 2008, s. 157). Tak zdefiniowane przedsięwzięcie posiada swój początek i koniec oraz realizowane jest w określonym czasie poprzez wykonanie kilku czynności o skończonej liczbie (Miszczyńska, Miszczyński, 1997, s. 112). Ogół działań, które związane są z analizowaniem i harmonogramowaniem nazywamy planowaniem sieciowym, a metody wykorzystywane do ich realizacji – metodami sieciowymi. W metodach tych graficznym odzwierciedleniem sieci czynności jest graf o odpowiedniej strukturze, gdzie łukom przypisane są czynności, a węzłom zdarzenia (AOA, *Activities On Arcs*) (Trzaskalik, 1998, s. 83).

Zdarzenia to wynik realizacji czynności poprzednich, które stanowią punkt wyjścia dla pozostałych czynności, przy czym zdarzenie, które nie jest poprzedzone żadną czynnością nazywane jest początkowym, a takie, w którym nie rozpoczyna się żadna czynność – końcowym. Mówi się, iż zdarzenie zaszło, jeśli zakończone zostały wszystkie czynności, dla których zdarzenie to jest zdarzeniem końcowym. Czynności natomiast są działaniami nastawionymi na osiągnięcie określonego celu i odbywającymi się w określonym czasie. Każdej czynności przyporządkowany jest czas trwania, rozumiany jako nakład czasu niezbędny do jej realizacji. Jeśli w sieci pojawiają się czynności, które są konieczne dla jej zaistnienia, ale nie wiążą się z realizacją konkretnego działania (zerowy czas trwania

7 Więcej na ten temat zob. m.in. Kozubski (1999).

czynności), nazywane są one czynnościami pozornymi. O zakończeniu całego przedsięwzięcia mówi się zaś w momencie zakończenia trwania wszystkich czynności, szczególnie tych wchodzących w skład ścieżek łączących początek sieci z jej końcem (Abramow i in., 1967, s. 48).

Jednocześnie przy budowie sieci przedsięwzięć pamiętać należy, że sieć jest acyklicznym, antysymetrycznym grafem skierowanym, składającym się z połączeń o określonej orientacji. Sieć taka może zawierać tylko jedno zdarzenie początkowe i jedno końcowe, podczas gdy wszystkie pozostałe zdarzenia stanowią początek dla czynności następujących i są końcem dla czynności wcześniejszych. Do zdarzenia, które rozpoczyna czynność mogą być przyłączone tylko czynności poprzedzające je bezpośrednio, zaś od tego samego węzła może wychodzić kilka czynności, pod warunkiem, iż czynność początkowa jest czynnością poprzedzającą dla wszystkich czynności, które wychodzą z tego węzła. Tak skonstruowany graf powinien łączyć wszystkie węzły i łuki (Brzęczek i in., 2010, s. 73).

Elementy analiz sieciowych wykorzystać można do określenia optymalnego czasu dla czynności przeładunkowych, zachodzących na terenie morskich terminali kontenerowych. Głównym celem jest w tym przypadku zbudowanie programu obsługi statku w porcie tak, aby zakończyła się ona w możliwie najkrótszym czasie. Jednocześnie, w wyniku przeprowadzonej analizy, wskazać dodatkowo można tzw. wąskie gardła, tj. te elementy przedsięwzięcia, na które należy zwrócić szczególną uwagę, aby możliwym było zrealizowanie harmonogramu w wyznaczonym czasie. Wąskie gardła przedsięwzięcia wyznaczane są wtedy na podstawie ścieżki krytycznej – łączącej początek i koniec sieci – której czas przejścia (suma czasów wykonania wszystkich czynności wchodzących w jej skład) jest najdłuższy. W przypadku, gdy nastąpi przekroczenie czasu realizacji czynności krytycznej ponad założony czas jej trwania, termin realizacji całego przedsięwzięcia ulegnie wydłużeniu.

Ponieważ czasy trwania czynności zachodzących na terenie morskich terminali kontenerowych nie są z góry określone i stałe (są zmienną losową), w dalszej części pracy w badaniu wykorzystano metodę PERT (*Program Evaluation and Review Technique*), która daje możliwość zarządzania projektem w warunkach niepewności. W metodzie tej zakłada się, że czasy trwania czynności są zmiennymi losowymi o rozkładzie beta, co w praktyce oznacza, że czas trwania przedsięwzięcia ma rozkład asymptotycznie normalny z wartością oczekiwaną (m_{ij}), równą wartości oczekiwanej najwcześniejszego terminu, oraz wariancją (S_{ij}^2), która jest równa sumie wariancji czasów trwania czynności ze zbioru czynności krytycznych. W tym przypadku znane są tylko, dokonane na podstawie doświadczeń lub opinii ekspertów, oszacowania trzech czasów dla poszczególnych czynności (optymistycznego, przewidywanego, pesymistycznego), na podstawie których wyznaczane są dopiero estymatory wartości oczekiwanej (m_{ij}) oraz wariancji (S_{ij}^2) czasu trwania czynności (4.2) (Idźkiewicz, 1967, s. 75, 125):

$$m_{ij} = \frac{t_{ij}^o + t_{ij}^d + t_{ij}^p}{6} \quad (4.2)$$

$$S_{ij}^2 = \left(\frac{t_{ij}^p - t_{ij}^o}{6} \right)^2 \quad (4.3),$$

gdzie:

- t_{ij}^o – optymistyczny czas trwania czynności;
- t_{ij}^d – najbardziej prawdopodobny czas trwania czynności;
- t_{ij}^p – pesymistyczny czas trwania czynności.

Jednocześnie pamiętać należy, że najbardziej prawdopodobny czas realizacji czynności nie powinien być mniejszy niż czas optymistyczny, ani większy niż pesymistyczny czas realizacji czynności wchodzących w skład sieci, co zapisać można w postaci poniższej nierówności (4.4):

$$t_{ij}^o < t_{ij}^d < t_{ij}^p \quad (4.4)$$

Prawdopodobieństwo wykonania przedsięwzięcia na poziomie wartości oczekiwanej w rozkładzie normalnym wynosi 50%. Prawdopodobieństwo dotrzymania dowolnego terminu dyrektywnego (TD) wyznacza się natomiast, wykorzystując tablice dystrybuanty rozkładu normalnego dla zmiennej losowej $U:N(0;1)$ ze wzoru (4.5):

$$P\{t_n < TD\} = F(TD) = \Phi\left(\frac{TD - m_{ij}}{S_{ij}}\right) \quad (4.5)$$

Termin dyrektywny należy ustalać tak, aby szansa jego dotrzymania mieściła się w granicach 30–60%, tj. $0,3 \leq P\{t_{ij} < TD\} \leq 0,6$. Jeżeli szansa dotrzymania terminu dyrektywnego jest mniejsza niż 30% harmonogram nazywa się harmonogramem ryzykanta, zaś jeżeli jest ona większa niż 60%, harmonogram nazywa się harmonogramem asekuranta.

Na zakończenie niniejszych rozważań warto wspomnieć, że zapasy czasu w metodzie PERT również są zmiennymi losowymi⁸. Ponadto w sieci może wystąpić kilka ścieżek o ujemnych „zapasach” całkowitych czasu, zwanych ścieżkami

8 W podrozdziale zaprezentowano tylko te elementy analizy sieciowej PERT, które wykorzystane zostały w proponowanym w dalszej części pracy modelu. Więcej na temat wyznaczania harmonogramu całego projektu czy też wyliczania różnych terminów dla poszczególnych zdarzeń zob.: Fusek i in. (1967); Kerzner (2003); Pietras, Szmit (2003); Punmia, Khandelwal (2006); Trocki i in. (2003); Trzaskalik (2005); Woźniak (2010).

ograniczającymi. W takiej sytuacji ścieżkę krytyczną wyznaczy ta z nich, która ma największy ujemny „zapas” wyliczony ze wzoru (4.6):

$$ZCC_{ij} = t_{j1} - t_{i0} - t_{ij} \quad (4.6),$$

gdzie:

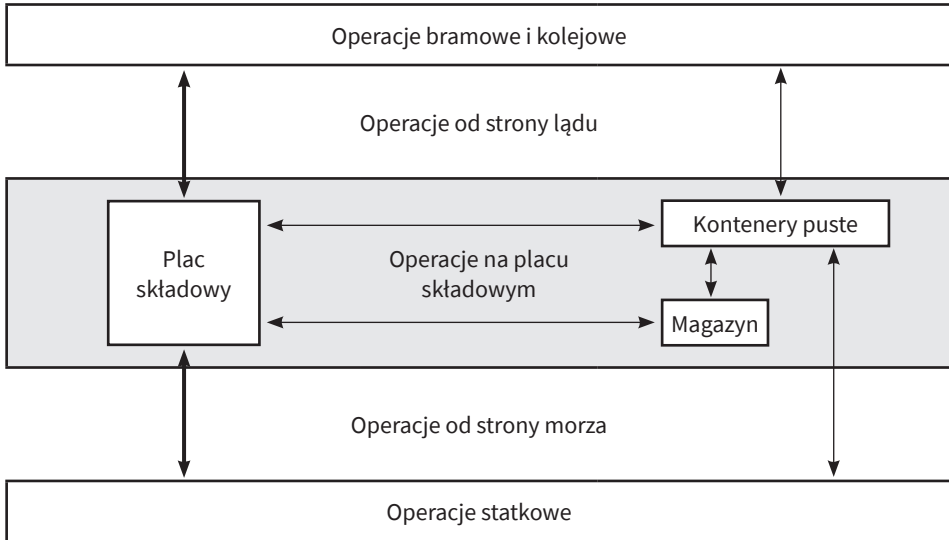
- t_{i0} – najwcześniejszy możliwy termin rozpoczęcia czynności;
- t_{j1} – najpóźniejszy możliwy termin zakończenia czynności;
- t_{ij} – czas trwania czynności.

4.4. Szczegółowy opis funkcjonowania morskiego terminalu kontenerowego

Według *Słownika terminologii logistycznej* (2006), terminal kontenerowy jest to wydzielony teren, wyposażony w budowle otwarte wraz z odpowiednią infrastrukturą, przystosowany do przeładunku, manipulacji i składowania kontenerów, zależnie od spełnianej funkcji. Zgodnie z inną definicją, terminal kontenerowy jest to przestrzeń wraz z technologicznym wyposażeniem, w której realizowany jest proces przeładunkowy. Przestrzeń ta obejmuje drogi dojazdowe, bramy i tereny dla pojazdów drogowych, stanowiska postojowe dla statków przy nabrzeżach, urządzenia do przeładunku kontenerów, sprzęt do przemieszczania kontenerów wewnątrz terminalu kontenerowego, place przeładunkowo-składowe, kolejowe stanowisko przeładunkowe, magazyny zbiorczo-rozdzielcze, centrum dyspozycyjno-kontrolne, stanowisko do mycia i czyszczenia kontenerów oraz warsztat naprawczy, obiekty administracyjne i parkingi (Józwiak, Fidos, 2015, s. 3884).

Nabrzeża służą do postoju i obsługi statków od strony lądu. Składowanie kontenerów odbywa się w stosach na placach składowych, podzielonych na sektory dla kontenerów z ładunkami neutralnymi, kontenerów chłodniczych oraz kontenerów z ładunkami niebezpiecznymi. Kontenery przewożone transportem samochodowym przyjmowane i wydawane są przez bramę, która połączona jest systemem dróg wewnętrznych z nabrzeżem, placem składowym i stanowiskiem kolejowym, składającym się z określonej liczby torów oraz wagi do ważenia wagonów z kontenerami. Magazyny kryte mają natomiast za zadanie przechowywać ewentualną drobnicę w przypadku, gdy towary te będą skonteneryzowane dopiero na terenie terminalu. Z kolei w centrum dyspozycyjnym swoją siedzibę mają służby odpowiedzialne za zarządzanie terminalem oraz przedsiębiorstwa współpracujące z bazą w zakresie obsługi kontenerów (Urbanyi, 2010, s. 2–3). Podstawowe rodzaje operacji zachodzących na terenie morskich terminali kontenero-

wych przedstawiono na rysunku 4.1. Przykładowo, na operacje statkowe składają się trzy podstawowe problemy optymalizacyjne: przydział nabrzeży do obsługi statków (*Berth Allocation and Scheduling Problem*), przydział suwnic nabrzeżowych do przeładunku statków (*Quay Crane Assignment Problem*) oraz planowanie harmonogramu pracy suwnic STS (*Quay Crane Scheduling Problem*).



Rysunek 4.1. Operacje zachodzące na terenie morskich terminali kontenerowych

Źródło: opracowanie własne na podstawie Steenken i in. (2004, s. 6)

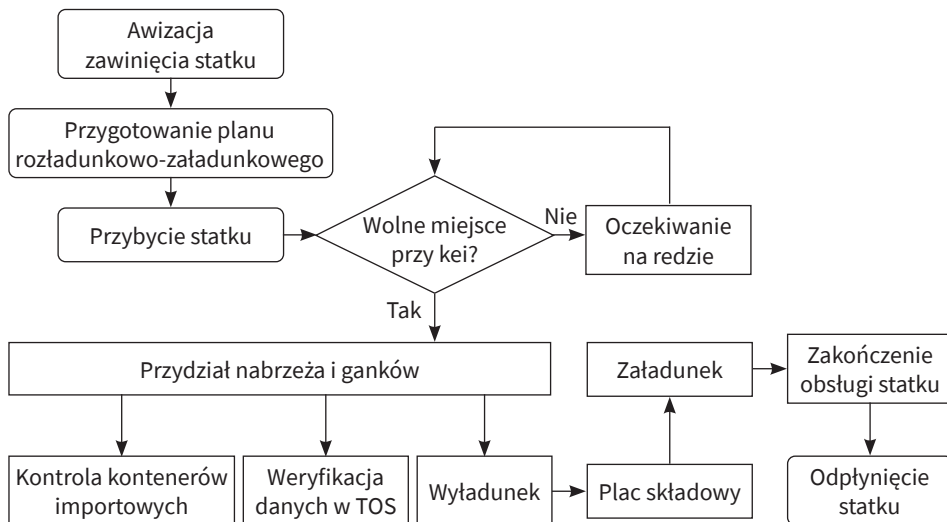
Ponieważ istotą działania każdego morskiego terminalu kontenerowego jest przede wszystkim zarządzanie strumieniem przepływu ładunków, zapewnienie przemieszczania kontenerów do właściwych pól na składowisku oraz optymalizacja użycia posiadanych środków transportu, w kolejnych podrozdziałach szczegółowo opisano poszczególne etapy przeładunku kontenerów w morskim terminalu kontenerowym, w podziale na operacje zachodzące na placu składowym oraz od strony morza i lądu⁹. Jednocześnie przebieg opisywanych operacji przedstawiono dla interesującego nas, a konstruowanego w dalszej części pracy,

9 Przedstawione w kolejnych podrozdziałach operacje opisane zostały na podstawie informacji uzyskanych od pracowników BCT Gdynia oraz DCT Gdańsk, jak i z różnego rodzaju regulaminów zamieszczonych na stronach internetowych obu wspomnianych terminali – źródła znajdują się w bibliografii dołączonej do niniejszej pracy. Jednocześnie ze względu na specyfikę modelu, który przedstawiono w dalszej części pracy, nie będą tu bliżej opisywane takie sektory morskich terminali intermodalnych, jak depoty kontenerowe czy też magazyny wykorzystywane do formowania i rozformowywania jednostek kontenerowych.

modelu systemu operacyjnego, opierającego się na działaniu suwnic placowych RTG, w którym suwnice nabrzeżowe składają kontenery na ciągnikach terminalowych IMV, transportujących je dalej na plac składowy, gdzie umiejscawiane są one przez suwnicę RTG w odpowiednich blokach składowych (patrz podrozdział 3.2.1 oraz rys. 3.1).

4.4.1. Przebieg i organizacja operacji statkowych

Podstawowymi urządzeniami przeładunkowymi na nabrzeżu są suwnice STS oraz żurawie kontenerowe, odpowiadające za rozładunek i załadunek statków. Zanim jednak kontenery zostaną złożone na pokład statku lub z niego podjęte, w ustalonym przez terminal czasie linia żegluga/agent przekazuje terminalowi plan zawinięć (wstępne informacje związane z zawinięciem statku i jego ładunkiem). Jednocześnie najdalej na dzień przed przybyciem statku do portu, zleceniodawca potwierdza awizację zawinięcia statku i zamieszcza w systemie operacyjnym terminalu informacje zawierające m.in.: nazwę statku, numer podróży, porty załadunku i wyładunku, numer kontenera, jego typ, rozmiar, wagę i miejsce przeznaczenia, numery plomb oraz nazwę spedycji/przewoźnika lądowego. Na tej podstawie planiści sporządzają plan rozładunkowo-załadunkowy tak, aby zapewnić stabilność statku podczas przeładunku oraz zminimalizować czas postoju jednostki w porcie. Wszystkie dokumenty (lista za/wyładunkowa, manifest, sztauplan) wymagane do przeprowadzenia operacji statkowych muszą być dostarczone nie później niż na 12 godzin przed rozpoczęciem tych operacji. Miejsca do obsługi statków oraz statkowy zespół roboczy (ganek) przydzielane są według zasady „pierwszy przybył, pierwszy obsługiwany” lub zgodnie z potrzebami operacyjnymi terminalu w oparciu o dostępność miejsca przy kei, przy czym w przypadku opóźnionego wejścia statku do portu to zleceniodawca ponosi wszelkie koszty wyczekiwania na obsługę. Przeładunek kontenerów odbywa się po pozytywnej weryfikacji danych znajdujących się w systemie TOS oraz sprawdzeniu stanu technicznego (w tym plomb celnych) poszczególnych jednostek intermodalnych. Kontenery wyładowywane ze statku podlegają ponadto kontroli pod kątem ich przeznaczenia (kontenery eksportowe podlegają kontroli w trakcie przyjmowania na terminal drogą lądową). Przybliżony czas zakończenia obsługi statku dostarczany jest Kapitanowi Statku lub Agentowi podczas wizyty planera na pokładzie statku przed rozpoczęciem operacji przeładunkowych. W przypadku rozładunku, suwnice STS podejmują kontener ze statku, a następnie przenoszą go na czekający na nabrzeżu ciągnik terminalowy z naczepą kontenerową (IMV), który poruszając się specjalnie wydzielonymi torami jazdy, przewozi go najkrótszą drogą na plac składowy. Poszczególne etapy operacji statkowych przedstawiono na rysunku (rys. 4.2).



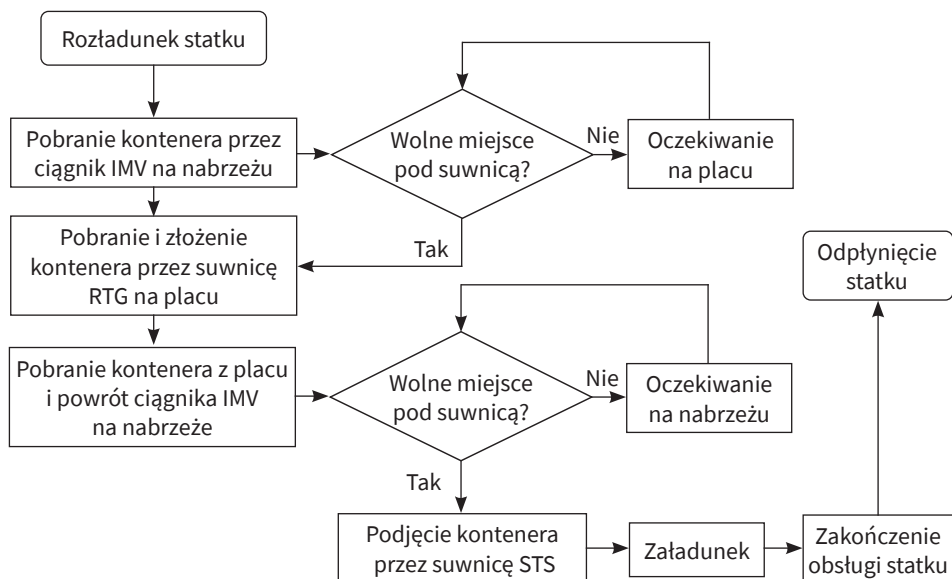
Rysunek 4.2. Poszczególne etapy operacji statkowych

Źródło: opracowanie własne

4.4.2. Przebieg i organizacja operacji na placu składowym

Place składowe są jednym z najważniejszych elementów infrastruktury każdego terminalu kontenerowego, gdyż to właśnie na ich terenie odbywa się składowanie pojemników w stosy. Podzielone są one na sektory dla kontenerów o różnym przeznaczeniu (ładunki neutralne, kontenery chłodnicze, wymagające podłączenia do gniazd z lądowym źródłem zasilania, ładunki niebezpieczne, próżne jednostki ładunkowe). Do każdego placu doprowadzone są drogi dojazdowe dla lądowych środków transportu (ciągniki IMV, pojazdy zewnętrzne), w tym urządzeń przeładunkowych (m.in. suwnice placowe, układarki do pustych kontenerów, wozy wysięgnikowe i podsiębierne) (Salomon, 2013a, s. 71). Suwnice nabrzeżowe i placowe poruszają się z pierwszeństwem przejazdu po wyznaczonych dla nich ścieżkach, przy czym na szczycie bloków składowych kontenerów, podczas wyjazdu z sektora, suwnice placowe RTG ograniczają prędkość. Z kolei wozy podsiębierne, wozy czołowo-widłowe i inne pojazdy terminalowe mają pierwszeństwo przejazdu w miejscu wykonywania prac manipulacyjno-transportowych. W trakcie prowadzenia prac przeładunkowo-manipulacyjnych, trasy przejazdu sprzętu technologicznego wyznaczane są według potrzeby, przez osobę z nadzoru operacyjnego, zgodnie z zasadą ruchu okrężnego jednokierunkowego. Kierunek jazdy na drogach komunikacyjnych

placu składowego kontenerów i drogach manipulacyjnych w sektorach wynika natomiast z aktualnej technologii prac przeładunkowo-składowych. Prędkość jazdy dla sprzętu zmechanizowanego ogranicza się do technologicznej prędkości bezpiecznej. Poszczególne etapy operacji przeprowadzanych na nabrzeżu i placu składowym przedstawia rysunek 4.3. Na schemacie przedstawiono sytuację, w której następuje jednoczesny wyładunek i załadunek kontenerów z/na statek. Często jednak operacje te przeprowadzane są oddzielnie, a załadunek pojemników intermodalnych odbywa się po ukończonym uprzednio procesie wyładunku kontenerów.



Rysunek 4.3. Poszczególne etapy operacji przeładunkowych na nabrzeżu i placu składowym

Źródło: opracowanie własne

4.4.2.1. Podstawowe systemy organizacji prac przeładunkowo-składowych

Chociaż funkcjonowanie morskich terminali kontenerowych jest podobne na całym świecie, warto w tym miejscu podkreślić, że poza stosowanym na dużych terminalach systemem operacyjnym, opierającym się na działaniu suwnic placowych RTG, istnieją też inne systemy pracy, wykorzystywane w praktyce do przeładunku i składowania jednostek intermodalnych (tab. 4.1).

Tabela 4.1. Wady i zalety podstawowych systemów organizacji prac przeładunkowo-składowych w morskich terminalach kontenerowych

System operacyjny	Zalety	Wady
RTG + ciągniki terminalowe	<ul style="list-style-type: none"> wysoka gęstość składowania relatywnie wysoka elastyczność operowania suwnic RTG na placu składowym 	<ul style="list-style-type: none"> podwójne operacje terminalowe (konieczność podjęcia, a następnie złożenia kontenera w bloku składowym) mieszany ruch ciągników terminalowych, wynikający z przeprowadzanych w tym samym czasie operacji wyładunkowych i załadunkowych
Reachstacker + ciągniki terminalowe	<ul style="list-style-type: none"> niskie koszty kapitału na inwestycje sprzętowe i eksploatację 	<ul style="list-style-type: none"> koszty operacyjne odpowiednio większe w krajach o wysokich kosztach siły roboczej – ze względu na dużą liczbę pojazdów i niski poziom automatyzacji
Wozy podsiębierne	<ul style="list-style-type: none"> możliwość wykonywania transportu poziomego i pionowego wysoka produktywność suwnic nabrzeżowych duża liczba równoczesnych ruchów kontenerów niewielki wpływ awarii jednego wozu podsiębiernego na całkowity proces obsługi niższe koszty pracy w porównaniu do systemów z wykorzystaniem ciągników terminalowych – ze względu na znacznie mniejszą liczbę stosowanych pojazdów 	<ul style="list-style-type: none"> wysokie koszty inwestycyjne oraz kapitałowe w sprzęt przeładunkowy oraz jego późniejszą eksploatację stosunkowo wysokie koszty pracy w porównaniu do systemów półautomatycznych duże natężenie ruchu placowego stosunkowo niska wysokość piętrzenia
RMG + ciągniki terminalowe	<ul style="list-style-type: none"> trwałość i solidność systemu umiarkowane koszty konserwacji i napraw stosunkowo niskie koszty utrzymania 	<ul style="list-style-type: none"> wysokie koszty inwestycyjne i kapitałowe (zakup suwnicy oraz instalacja torów kolejowych na placu składowym) znaczne zakłócenia w pracy terminalu w przypadku awarii suwnicy bardzo mała elastyczność zmian układu i organizacji placu
RMG + pojazdy AGV	<ul style="list-style-type: none"> bardzo niskie koszty pracy ze względu na wysoki poziom zautomatyzowania znaczna wydajność transportu poziomego 	<ul style="list-style-type: none"> bardzo wysokie koszty inwestycyjne i kapitałowe szttywność systemu, który praktycznie uniemożliwia wprowadzanie jakichkolwiek zmian

Źródło: opracowanie własne na podstawie Salomon (2013a, s. 74–76).

Jednym z nich jest system stosowany na terminalach wielofunkcyjnych lub małych i średnich terminalach intermodalnych, wykorzystujący do przeładunku na placu składowym wozy wysięgnikowe (reachstackery). W systemie tym suwnica nabrzeżowa ustawia kontenery na ciągnikach terminalowych, które transportują je na plac składowy, gdzie podejmowane są one przez reachstackery wyposażone w kontenerowe ramy chwytne, umożliwiające podnoszenie kontenerów.

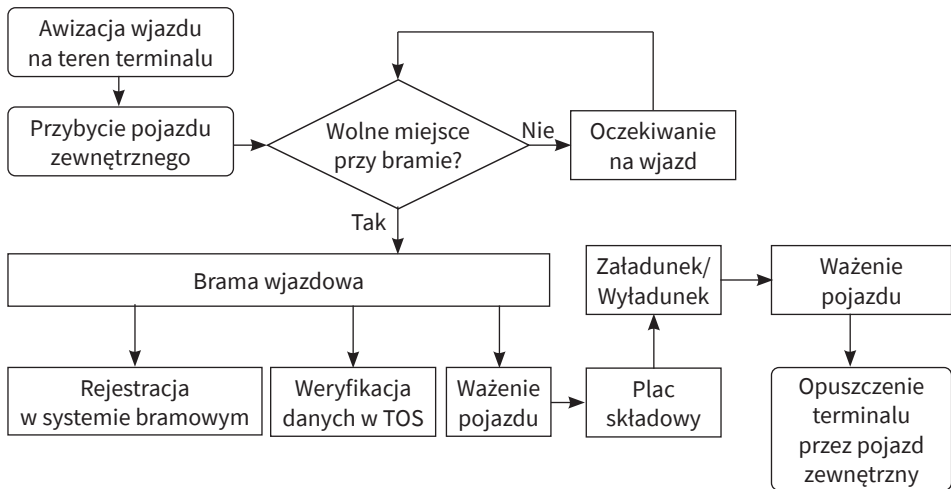
Innym modelem operacyjnym, często stosowanym na średnich i dużych terminalach kontenerowych, jest system oparty na działaniu wozów podsiębiernych, które mogą wykonywać wszelkie operacje przeładunkowe, w tym: transport, składowanie i obsługę środków transportu zapleczewego. W systemie tym suwnice STS odstawiają kontenery na nabrzeże, z którego wozy podsiębierne transportują je na składowiska. Na niektórych terminalach system ten jest wspierany przez sprzęt do składowania pustych kontenerów oraz suwnice bramowe do obsługi wagonów kolejowych.

Istnieje też model operacyjny oparty na działaniu suwnic bramowych natorowych RMG, wspieranych bądź przez ciągniki terminalowe (kontenery są składowane równolegle do nabrzeża), bądź automatyczne ciągniki terminalowe AGV (kontenery są składowane prostopadle do nabrzeża). Pierwszy podsystem spełnia podobne funkcje i zadania, co system z suwnicami placowymi RTG, przy czym w tym przypadku istnieje możliwość składowania pojemników na osiem warstw wysokości i 12 warstw szerokości. W skład drugiego podsystemu wchodzi z kolei pojazdy AGV, które służą do transportu poziomego kontenerów. W systemie tym stanowiska dla samochodów ciężarowych znajdują się na końcach bloków składowych, a przeładunek kontenerów odbywa się przede wszystkim z wykorzystaniem suwnic placowych RMG.

4.4.3. Przebieg i organizacja operacji bramowych

Przydzielając kontenery pod załadunek na zewnętrzny pojazd samochodowy lub przyjmując pojemniki intermodalne dostarczane na plac składowy transportem samochodowym, terminal współpracuje z armatorem, który udostępnia swoje kontenery na potrzeby klientów linii żeglugowej. W takim przypadku spedytor wykonuje wcześniejszą awizację planowanego wjazdu na teren terminalu, a przewoźnik drogowy, realizujący zlecenie wydania kontenera ze składowiska lub przyjęcia pojemnika intermodalnego na teren morskiego terminalu, przekazuje do systemu TOS numer kontenera, dane kierowcy oraz pojazdu, który został podstawiony na terminal. Pracownik terminalu otrzymuje tę informację bądź osobiście od kierowcy, bądź z systemu bramowego, w którym przewoźnik rejestruje się wjeżdżając na terminal. Informacje te są następnie weryfikowane, w celu potwierdzenia zgodności danych rzeczywistych z uprzednio zgłoszoną do systemu awizacją. Jednocześnie przed przekroczeniem bramy wjazdowej weryfikowana

jest waga podstawianego pod załadunek pojazdu, a w przypadku podejrzenia rozbieżności między danymi towaru zadeklarowanymi przez zleceniodawcę/gestora a rzeczywistymi parametrami wagowymi ładunku, przed opuszczeniem terminalu pojazd może być ponownie skierowany na wagę. Na terenie terminalu ruch pojazdów samochodowych odbywa się po wyznaczonych, wewnętrznych drogach komunikacyjnych, zgodnie ze wskazanym przez znaki poziome i pionowe kierunkiem, przy czym niezwiązany z procesem przeładunkowym przejazd przez drogi technologiczne placów składowych kontenerów i placów manipulacyjnych jest zabroniony. Jednocześnie na terenie terminalu obowiązuje bezwzględny nakaz zatrzymania pojazdu przy każdym wyjeździe z bloków placowych. Po opuszczeniu terminalu przez pojazd zewnętrzny, armator, spedytor i przewoźnik otrzymują raporty przyjęcia (*gate in*) lub wydania (*gate out*) wcześniej awizowanego kontenera. Raporty te zawierają numer kontenera oraz datę i godzinę jego wydania lub złożenia. Dodatkowo, w przekazywanym spedytorowi i przewoźnikowi raporcie potwierdzone zostają dane kierowcy oraz pojazdu, którym przyjechał na terminal, jak też ewentualne uwagi odnośnie do stanu technicznego kontenera. W przypadku wydania lub przyjęcia kontenera ładownego, przekazywane są również dane dotyczące załadowanego towaru oraz numery plomb¹⁰. Wszystkie opisane w niniejszym podpunkcie operacje przedstawiono na rysunku (rys. 4.4).



Rysunek 4.4. Poszczególne etapy operacji bramowych

Źródło: opracowanie własne

¹⁰ W tym miejscu warto zauważyć, że zgodnie z przepisami prawa, zanim kontener importowy będzie mógł opuścić terminal transportem drogowym lub kolejowym, muszą zostać dopełnione wszelkie procedury celne, w tym zniesione wszystkie stopki (celne, terminalowe, weterynaryjne itp.).

4.4.4. Przebieg i organizacja operacji kolejowych

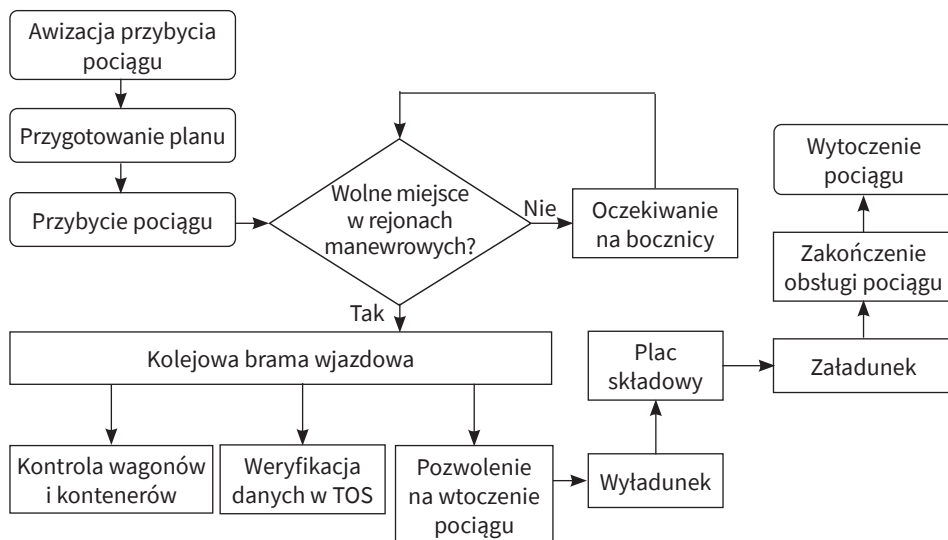
Kontenery transportowane z lub na teren morskiego terminalu kontenerowego kolejną muszą być każdorazowo przeładowane na kolejowym punkcie załadunkowym, znajdującym się na terenie terminalu. Zanim to jednak nastąpi, operator kolejowy najpierw z tygodniowym wyprzedzeniem informuje o przyjeździe pociągu do terminalu kontenerowego (czas przybycia pociągu, liczba wagonów, przewożony towar), a następnie dzień przed przybyciem przekazuje dane o liczbie wagonów i kontenerów oraz przewożonym towarze. Na tej podstawie rezerwuje się dla składu odpowiednią liczbę slotów (okien obsługi, czy też okienek czasowych operacji kolejowych, w trakcie których świadczone są usługi), a następnie planuje kolejność wtaczania i wytaczania wagonów oraz obsługę samych kontenerów. Co istotne, zamknięcie listy ładunkowej następuje na osiem godzin przed rozpoczęciem operacji manipulacyjnych, przy czym operator kolejowy zobowiązany jest do dostarczenia terminalowi wszystkich wymaganych dokumentów nie później niż na 12 godzin przed rozpoczęciem obsługi wagonów.

W przypadku wyładunku jednostek intermodalnych, pracownicy terminalu kontenerowego sprawdzają, czy wagony oczekujące na bocznicę kolejowej spełniają wszystkie wymagania, a po wtoczeniu wagonów na terminal kontenerowy, ekspedytor dokonuje sprawdzenia kontenerów za pomocą ręcznego terminalu danych (w bardziej zaawansowanych systemach dane te rejestrowane są automatycznie przez system w momencie przejazdu pociągu przez kolejową bramę wjazdową). Po zakończeniu sprawdzenia zgodności z systemem TOS, kontenery zostają zaplanowane do wyładunku na plac składowy, a następnie rozpoczynają się operacje przeładunkowe. Z kolei w przypadku załadunku jednostek intermodalnych, w pierwszej kolejności operator pociągu dostarcza zespołowi planowania operacji kolejowych terminalu wstępny plan załadunku pociągu oraz określa wymogi sztautowania i mocowania. Po zatwierdzeniu ostatecznego planu załadunku, terminal wysyła zlecenie pozwolenia na wytoczenie pociągu, a wszystkie kontenery znajdujące się na liście załadunkowej, zostają zwolnione do załadunku w systemie operacyjnym terminalu.

Gdy pociąg przejedzie przez kolejową bramę wjazdową i znajduje się już na terenie terminalu, przeładunkiem kontenerów zajmują się ganki kolejowe, składające się z pracowników i sprzętu niezbędnego do obsługi jednostek intermodalnych (tj. suwnic bramowych natorowych RMG, suwnic placowych RTG, ciągników terminalowych IMV). Ganki kolejowe pracują w uprzednio wyznaczonych rejonach manewrowych, które zazwyczaj obejmują grupę torów postojowych (układanie dróg przebiegu, sprawdzanie stanu zajętości torów, wykonywanie operacji związanych z torem rozrządu¹¹) i grupę torów zdawczo-odbiorczych (przeładunek

11 Tor rozrządu jest torem, na którym rozstawia się wagony odpowiednio do kierunku lub punktu dalszego przeznaczenia, zestawienia i grupowania pociągów. Może on być również

kontenerów). Ze względów bezpieczeństwa w każdym z rejonów w tym samym czasie pracę może wykonywać tylko jedna lokomotywa, dopiero gdy zakończy ona operacje manewrowe, mogą zostać wznowione czynności ładunkowe. Informacja o przewidywanym czasie zakończenia obsługi pociągu przekazywana jest operatorowi pociągu po rozpoczęciu operacji przeładunkowych. Natomiast już po wyjeździe pociągu z terminalu, wszystkie raporty dotyczące wyładunku i załadunku danego składu, udostępniane są w systemie TOS. Przebieg operacji kolejowych przedstawiono schematycznie na rysunku (rys. 4.5).



Rysunek 4.5. Poszczególne etapy operacji kolejowych

Źródło: opracowanie własne

4.5. Zadanie przeładunku jako problem kombinatoryczny o charakterze kolejkowym

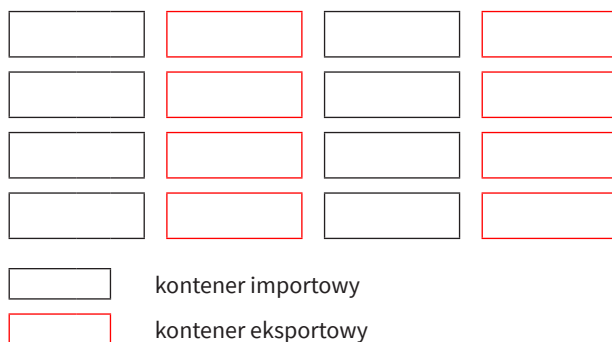
Terminal kontenerowy to złożony system logistyczny, w którym realizowany jest przepływ ładunków, obejmujący strefy: załadunku kontenerami środków transportu zewnętrznego, wyładunku kontenerów ze środków transportu zewnętrznego, przemieszczania ładunków własnymi środkami transportu oraz strefę

wykorzystywany jako tor wyciągowy, czyli tor potrzebny do przestawiania wagonów z jednego toru na inny tor równoległy (Marek, 2015c, s. 572).

buforową, odgrywającą rolę składowiska/magazynu. Morskie terminale kontenerowe są zatem typowym przykładem problemu optymalizacji złożonego procesu przeładunkowego (Szpytko, Hyla, 2010, s. 1293). Ponieważ koszty postoju statków w porcie są bardzo wysokie, ważne jest, aby czynności przeładunkowe trwały jak najkrócej. Osiągnięcie jak najwyższej efektywności w przeładunku określonej jednostki, uwarunkowane jest przede wszystkim czasem wyładunku i załadunku statku przez suwnice nabrzeżowe, wydajnością urządzeń dowożących kontenery pod burtę statku oraz sprawnością obsługi kontenerów przez suwnice placowe. Z tego powodu w dalszej części pracy przedstawiono tylko te założenia, które potrzebne są do oszacowania czasów realizacji procesów zachodzących podczas przeładunku kontenerów na nabrzeżu i placu składowym. Na tej podstawie, w kolejnym kroku zadanie przeładunku przedstawiono na wybranym przykładzie jako problem kombinatoryczny o charakterze kolejkowym. Zaprezentowano wariant, w którym najpierw następuje rozładunek kontenerów ze statku, a dopiero po zakończeniu tego procesu realizowany jest załadunek jednostek intermodalnych.

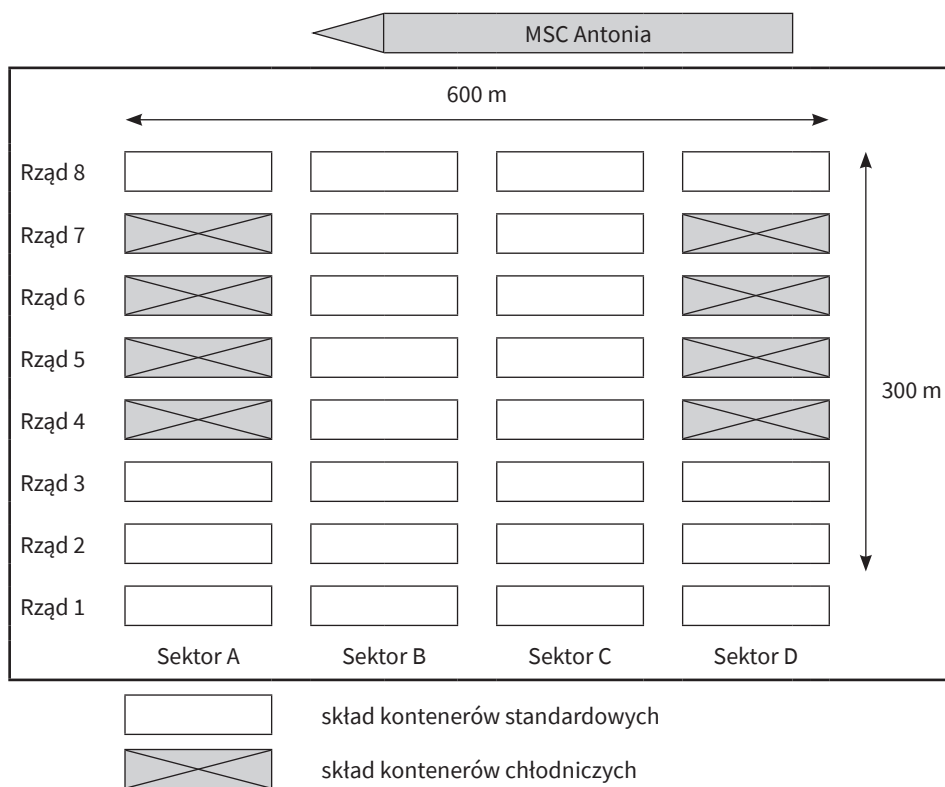
4.5.1. Założenia modelu

W prezentowanym poniżej przykładzie rozpatrywano, opisany szczegółowo w podrozdziale 4.2, systemem operacyjny, opierający się na działaniu pracujących na nabrzeżu suwnic STS oraz ciągników terminalowych IMV, które transportują kontenery na składający się z 32 sektorów plac składowy (rys. 4.7). Suwnice placowe RTG składają kontenery równoległe do nabrzeża w blokach składowych o szerokości do 7, długości do 22 i wysokości od 1 do 5 warstw kontenerów 20-stopowych. Jednocześnie założono, że podjeżdżając pod suwnicę RTG, ciągnik terminalowy zawsze zatrzymuje się z lewej strony danego pola składowego, a na placu kontenery importowe i eksportowe rozmieszczane są w zaprezentowanym na rysunku 4.6 układzie kolumnowym.



Rysunek 4.6. Układ kolumnowy kontenerów na placu składowym

Źródło: opracowanie własne

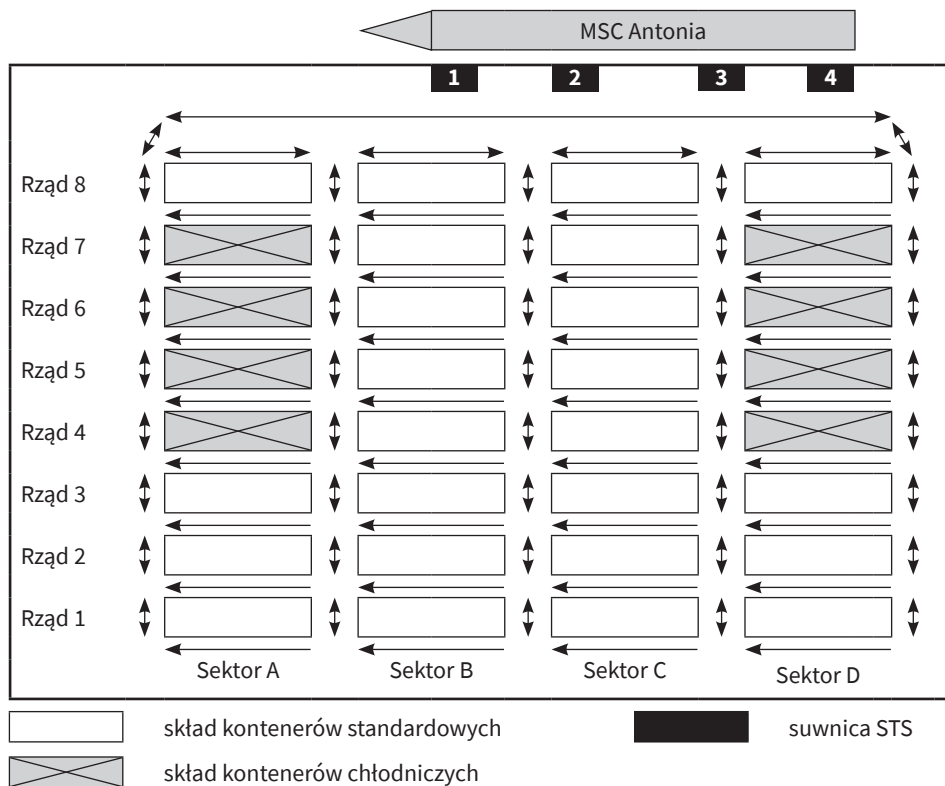


Rysunek 4.7. Plan modelowego placu składowego

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów DCT Gdańsk

Rozładowywane kontenery można postawić tylko na wolnym miejscu na placu. Pamiętać jednocześnie należy, że na terenie placu składowego ustalony jest kierunek ruchu, a w miejscach, gdzie przecinają się pasy ruchu, na ziemi wyrysowane są znaki ustęp pierwszeństwa. Założono, że na terenie terminalu pojazdy operacyjne mogą poruszać się z dopuszczalną prędkością maksymalną 30 km/h, przy czym zgodnie z dokumentacją techniczną, przy skrętach taki ciągnik powinien jechać co najwyżej z połową maksymalnej prędkości fabrycznej. Co istotne, przyjęto, iż pojazdy odjeżdżające z nabrzeża z pól oznaczonych numerami 3 oraz 4, obsługują pola składowe od 1 do 4, zaś samochody startujące z nabrzeża spod suwnic STS numer 1 i 2, przewożą kontenery do rzędów od 5 do 8. W każdym przypadku pojazdy po dostarczeniu kontenera na odpowiednie pole na placu składowym wracają na nabrzeże nie głównym korytarzem zewnętrznym, a najbliższym możliwym korytarzem dwukierunkowym (rys. 4.8). Jeśli zaistnieje taka konieczność, pierwszy wolny samochód obsługuje

najbliższy rząd placu składowego, który sąsiaduje z rzędem odgórnie mu przydzielonym. Warto wreszcie zauważyć, że miejsca, w których zatrzymują się kierowcy ciągników pod suwnicami nabrzeżowymi STS, są z góry ustalone przez system operacyjny terminalu¹².



Rysunek 4.8. Kierunek jazdy na nabrzeżu i placu składowym

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów DCT Gdańsk

W dalszej części pracy opisano przypadek przeładunku kontenerów z jednostki MSC Antonia, zacumowanej do kei lewą burtą. Załóżmy, że na obszarze prezentowanego powyżej terminalu morskiego, przeładowanych zostało 2402 kontenerów o łącznej pojemności 3736 TEU (tab. 4.3), ustawionych na statku po 24 kontenery 40-stopowe wzdłuż, 17 kontenerów wszerz oraz do sześciu kontenerów wwyż. Do przeładunku przydzielone zostały cztery ganki, składające się z jednej

¹² Więcej na temat wyboru najlepszego wariantu przewozu kontenerów z nabrzeża na plac składowy zob. Bartosiewicz (2015a).

suwnicy nabrzeżowej STS, trzech suwnic placowych RTG, pięciu ciągników terminalowych IMV oraz pracowników niezbędnych do realizacji dokonywanych na nabrzeżu i placu składowym operacji. Wszystkie kontenery przeznaczone do przeładunku, umieszczane były na pokładzie statku (żaden z kontenerów nie znajdował się w luku ładunkowym).

Tabela 4.2. Dane wykorzystane do obliczenia czasu trwania poszczególnych operacji przeładunkowych

Jednostka/kontener	Parametry	Wymiary
Kontenerowiec MSC Antonia	Długość (m)	304
	Szerokość (m)	40
	Pojemność w kontenerach (TEU)	6 969
Kontener 20' (40')	Długość (m)	5,898 (12,032)
	Szerokość (m)	2,352
	Wysokość (m)	2,393

Źródło: opracowanie własne.

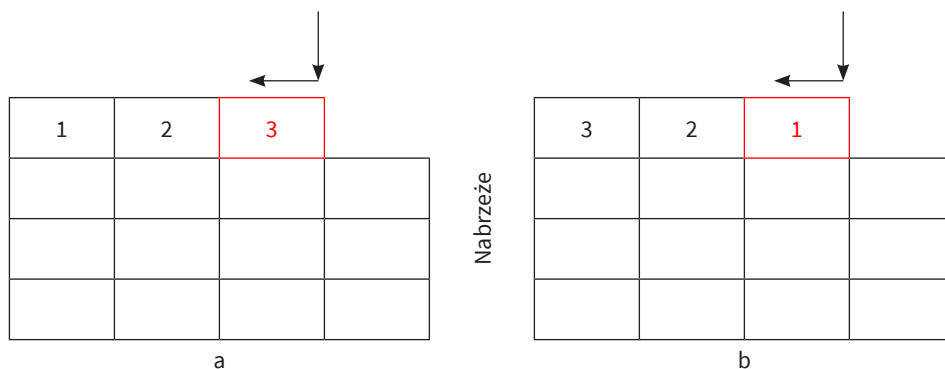
Tabela 4.3. Dane odnośnie do ilości i rodzaju przeładowywanych kontenerów

	20'	40'	20'	40'	Łącznie
	pełny	pełny	pusty	pusty	
Wyładunek	583	508	10	300	1 401
Załadunek	175	506	300	20	1 001
Łącznie	758	1 014	310	320	2 402

Źródło: opracowanie własne.

W tym miejscu warto zauważyć, że rozładunek statku jest znacznie mniej skomplikowany niż operacje załadunkowe, przy czym w rozpatrywanym przypadku założono, że rozładunek kontenerów zaczyna się od strony lądu (tj. lewej burty statku), a kończy na burcie usytuowanej od strony morza. Proces załadunku przebiega natomiast w odwrotnej kolejności, co przedstawiono na rysunku 4.9. Ponadto kontenery rozładowywane są przez suwnice nabrzeżowe, a następnie transportowane przez pojazdy IMV do losowo wybranych sektorów placu składowego – w podziale na kontenery importowe, tranzytowe i puste. Przy rozładunku wszystkie kontenery traktowane są podobnie, niezależnie od swojej wagi, czy zawartości, i mogą być układane na placu składowym w dowolny sposób, przy zachowaniu jedynie podstawowych zasad bezpieczeństwa (m.in. zakaz piętrzenia innych kontenerów z kontenerami typu zbiornikowego; oddzielne składowanie

kontenerów niebezpiecznych w sektorach i miejscach z łatwym dostępem do urządzeń transportowych/gaśniczych, gdzie możliwa jest ich stała obserwacja; składowanie kontenerów chłodniczych w specjalnie wydzielonych sektorach placu składowego, zaopatrzonych w gniazda elektryczne) (Grobelny, 2016, s. 39–41). Kolejność ładowania kontenerów jest już jednak istotna w przypadku ich załadunku na pokład statku (patrz rozdz. 2.3.2).



Rysunek 4.9. Kolejność załadunku (a) i wyładunku (b) kontenerów ze statku

Źródło: opracowanie własne

W tabeli 4.4 przedstawiono podstawowe dane techniczne urządzeń przeładunkowych, pracujących na analizowanym terminalu, które wykorzystano następnie do oszacowania czasu trwania poszczególnych operacji przeładunkowych.

Tabela 4.4. Dane techniczne urządzeń przeładunkowych pracujących na morskim terminalu kontenerowym

Urządzenie/plac	Parametry	Wartości
Suwnica nabrzeżowa (STS)	Długość jazdy wózka wciągarki (m)	100
	Wysokość podnoszenia od nabrzeża (gruntu) do spodu chwytaka wciągarki (m)	~35
	Rozpiętość suwnicy (m)	30
	Maksymalna prędkość wciągarki (m/min):	
	• z obciążeniem	60
	• bez obciążenia	150
	Maksymalna prędkość wózka wciągarki (m/min)	210
	Maksymalna prędkość mostu suwnicy (m/min)	45
	Przyspieszenie dla wciągarki (m/s ²)	0,75
Przyspieszenie dla wózka wciągarki (m/s ²)	1	
Przyspieszenie dla mostu suwnicy (m/s ²)	~0,15	

Urządzenie/plac	Parametry	Wartości
Ciągnik terminalowy z naczepą kontenerową	Długość (m)	18,5
	Szerokość (m)	3,0
	Wysokość (m)	1,5
	Maksymalna ładowność (t)	60
	Maksymalna prędkość jazdy (m/s)	7
Suwnica bramowa na kołach ogumionych (RTG)	Długość toru jazdy suwnicy (m)	135
	Wysokość podnoszenia od gruntu do spodu chwybaka (m)	15
	Rozpiętość suwnicy (m)	20
	Maksymalna prędkość wciągarki (m/min):	
	• z obciążeniem	28
	• bez obciążenia	56
	Maksymalna prędkość wózka wciągarki (m/min)	70
	Maksymalna prędkość bramy suwnicy (m/min)	130
Przyspieszenie dla wciągarki (m/s ²)	0,15	
Przyspieszenie dla wózka wciągarki (m/s ²)	0,40	
Przyspieszenie dla bramy suwnicy (m/s ²)	0,20	
Plac składowy	Długość (m)	600
	Szerokość (m)	150
	Wysokość (m)	12

Źródło: opracowanie własne.

Biorąc pod uwagę powyższe informacje, w modelu założono także m.in., że:

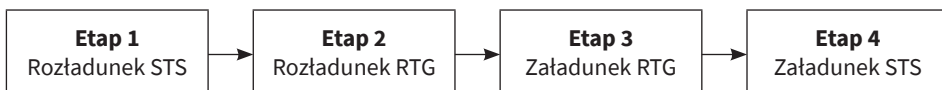
- znany jest plan rozładunkowo-załadunkowy statku, uwzględniający kolejność w jakiej kontenery będą przeładowywane i przewożone na i z placu składowego;
- znana jest lokalizacja, w której statek zacumowany zostanie na nabrzeżu;
- raz zacumowany przy kei statek pozostaje na nabrzeżu aż do ukończenia wszystkich operacji statkowych;
- suwnice nabrzeżowe pracują jednocześnie, ze zbliżoną wydajnością;
- kontenery mają standardową wysokość, a suwnice przystosowane są do przeładunku zarówno 20-, jak i 40-stopowych pojemników intermodalnych;
- kontenery 20-stopowe przenoszone są przez suwnice nabrzeżowe i placowe pojedynczo;
- suwnice nabrzeżowe i placowe nie wykonują nieefektywnych ruchów (tzw. rehandles);
- podczas rozładunku statku ciągnik IMV przewozi kontener z nabrzeża na plac składowy i wraca pod suwnicę STS bez ładunku, aby pobrać kolejny pojemnik intermodalny;
- podczas załadunku statku ciągnik IMV przewozi kontener z placu składowego na nabrzeże i wraca pod suwnicę RTG bez ładunku, aby pobrać kolejny pojemnik intermodalny;
- w czasie przeładunku statku na terenie terminalu nie zachodzą żadne operacje bramowe czy kolejowe;

- w czasie przeładunku statku nie dochodzi do nieprzewidzianych zdarzeń, jak opóźnienie wpłynięcia statku do portu, awaria urządzeń przeładunkowych lub części systemu.

4.5.2. Budowa modelu

Jak zauważono już wcześniej (podrozdział 4.2), teoria masowej obsługi, zwana także teorią kolejek, zajmuje się budową modeli matematycznych, które można wykorzystać w racjonalnym zarządzaniu dowolnymi systemami działania. W systemie masowej obsługi mamy do czynienia z napływającymi w miarę upływu czasu zgłoszeniami oraz zgłoszeniami, które opuszczają system, z kolejką obiektów oczekujących na obsługę oraz ze stanowiskami obsługi.

Na rysunku (rys. 4.10) schematycznie zaprezentowano ogólną koncepcję modelu masowej obsługi, na który składa się kilka wzajemnie powiązanych etapów obsługi.



Rysunek 4.10. Proponowany model masowej obsługi

Źródło: opracowanie własne

Po zacumowaniu statku przy nabrzeżu, suwnice kontenerowe rozpoczynają rozładunek statku zgodnie z regulaminem kolejki LIFO (etap 1). Na tym etapie rozładowane kontenery traktowane są jak zlecenia napływające do systemu, obsługiwanego przez m kanałów obsługi (suwnic STS). Suwnice nabrzeżowe ładują pobrane ze statku kontenery na ciągniki terminalowe, które przewożą je najkrótszą drogą na plac składowy. Na składowisku (etap 2) ciągniki IMV są obsługiwane przez suwnice placowe RTG (kanały obsługi). W tym przypadku pojazdy z kontenerami trafiają na plac składowy zgodnie z regulaminem kolejki FIFO, a stopa zgłoszeń napływających do systemu zależy od stopy zgłoszeń poprzedniego etapu. W kolejnym etapie (etap 3) ciągniki IMV pobierają kontenery z placu składowego i przewożą je na nabrzeże. Kontenery traktowane są tutaj jako pojedyncze zlecenia, które obsługiwane są przez kanały obsługi, jakimi są suwnice placowe. Suwnice placowe pobierają kontenery z bloków składowych zgodnie z regulaminem kolejki LIFO. W ostatnim etapie (etap 4) rozpatrywanego modelu ciągniki terminalowe (zlecenia) przewożą kontenery na nabrzeże, gdzie podejmowane są one przez

m kanałów obsługi (suwnic STS). W tym przypadku obowiązuje regulamin kolejki FIFO, a stopa zgłoszeń zależy od przepustowości etapu 3. Po zakończonym załadunku, statek opuszcza port.

W proponowanym modelu przyjęto, że na każdym z rozpatrywanych etapów strumień wejściowy zgłoszeń oraz czasy obsługi jednego zgłoszenia podlegają rozkładowi wykładniczemu (Poissona). Jednocześnie przyjęć można, że w kanale obsługi każde z urządzeń biorące udział w pracach manipulacyjnych, posiada swój własny rozkład losowy pracy Weibulla, opisujący prawdopodobieństwo wystąpienia awarii w czasie pracy tych urządzeń. Założyć można ponadto, że na każdym z analizowanych etapów kolejka ma teoretycznie nieograniczoną długość, a zgłoszenia nie rezygnują z czekania na obsługę przez system (Miszczyńska, Miszczyński, 1997, s. 160–161; Wilczyński, 2006, s. 129).

W omawianym modelu nie jest brany pod uwagę czas potrzebny na zacumowanie i odcumowanie jednostki w porcie, dlatego na całkowity czas przeładunku statku w morskim terminalu kontenerowym składają się w tym przypadku następujące czasy:

- rozpoczęcia pracy przez suwnicę nabrzeżową;
- przeładunku kontenera przez suwnicę STS ze statku na pojazd IMV;
- transportu ładunku z nabrzeża na plac składowy;
- przeładunku kontenera przez suwnicę RTG z pojazdu IMV na plac składowy;
- przejazdu pustego pojazdu terminalowego na nabrzeże;
- przeładunku kontenera przez suwnicę RTG z placu składowego na pojazd IMV;
- transportu ładunku z placu składowego na nabrzeże;
- przeładunku kontenera przez suwnicę STS z pojazdu IMV na statek;
- zakończenia pracy przez suwnicę nabrzeżową.

W modelu założono ponadto, że czasy rozładunku (T_1) i załadunku (T_6) kontenerów na nabrzeżu są wyliczane w podobny sposób, jako suma następujących składowych (4.7):

$$T_1 = T_6 = t_Z^L + t_P^L + t_O^W + t_O^L + t_P^W + t_O^C \quad (4.7),$$

gdzie:

- t_Z^L – czas potrzebny na zaczepienie ładunku;
- t_P^L – czas podniesienia ładunku;
- t_O^W – czas jazdy wózka wciągarki i opuszczania ładunku;
- t_O^L – czas potrzebny na odczepienie ładunku;
- t_P^W – czas podnoszenia chwytaka i jazdy wózka wciągarki;
- t_O^C – czas opuszczania chwytaka.

Analogicznie wyznaczono sumaryczne czasy rozładunku (T_3) i załadunku (T_4) kontenerów na placu składowym (4.8):

$$T_3 = T_4 = t_z^i + t_p^i + t_b^j + t_j^w + t_o^i + t_p^c + t_j^{bw} + t_o^c \quad (4.8),$$

gdzie:

- t_z^i – czas potrzebny na zaczepienie ładunku;
- t_p^i – czas podniesienia ładunku;
- t_b^j – czas jazdy bramy suwnicy;
- t_j^w – czas jazdy wózka wciągarki;
- t_o^i – czas opuszczania i odczepiania ładunku;
- t_p^c – czas potrzebny na podniesienie chwytaka;
- t_j^{bw} – czas jazdy bramy suwnicy i wózka wciągarki;
- t_o^c – czas potrzebny na opuszczenie chwytaka.

W kolejnych akapitach szczegółowo rozpisano wzory, za pomocą których obliczono czasy potrzebne do określenia całkowitego czasu rozładunku kontenera z pokładu statku na nabrzeże (4.9–4.37), przewozu kontenera z nabrzeża na plac składowy (4.75–4.76) i rozładunku kontenera z pojazdu terminalowego przez suwnice placową (4.38–4.74)¹³.

Czasy potrzebne na zaczepienie ($t_z^i = 3$ s) i odczepienie ładunku ($t_o^i = 10$ s) zostały przyjęte odgórnie, przy czym w drugim przypadku wzięto również pod uwagę czas potrzebny na odstawienie kontenera na czekający na nabrzeżu pojazd terminalowy. Pozostałe czasy wyliczono natomiast z zaprezentowanych poniżej wzorów, przyjmując że:

$$H_p = H_s + k \cdot h_k + h_z \quad (4.9),$$

gdzie:

- H_p – wysokość podnoszenia kontenera do spodu trawersu suwnicy nabrzeżowej;
- H_s – znana wysokość statku nad linią wody ($H_s = 12,5$ m);
- k – liczba kontenerów w warstwach/rzędach na pokładzie statku;
- h_k – znana wysokość kontenera ($h_k = 2,393$ m);
- h_z – przyjęty zapas bezpieczeństwa do wykonywania manewrów nad ostatnią warstwą kontenerów ($h_z = 3$ m).

Czas podniesienia ładunku wyliczony został w oparciu o następujące wzory:

$$t_p^i = t(f_1)_p^i + t(f_2)_p^i \quad (4.10),$$

gdzie:

- $t(f_1)_p^i$ – czas podnoszenia ładunku w ruchu przyspieszonym;
- $t(f_2)_p^i$ – czas podnoszenia ładunku w ruchu ze stałą prędkością.

13 Przy przyjmowaniu założeń potrzebnych w kolejnych obliczeniach, wykorzystano wiedzę własną oraz informacje zawarte w tabeli 4.4 i książce *Dźwignice* (Piątkiewicz, Sobolski, 1977).

W fazie pierwszej (f_1) kontener podnoszony jest na wysokość $h(f_1)_p^L$, a w fazie drugiej (f_2) na wysokość $h(f_2)_p^L$, przy czym:

$$h_p^L = h_z = h(f_1)_p^L + h(f_2)_p^L \quad (4.11)$$

$$h(f_1)_p^L = \frac{a_p^L \cdot t(f_1)_p^{L^2}}{2} \quad (4.12)$$

$$a_p^L = \frac{v_{pl}}{t(f_1)_p^L} \quad (4.13)$$

$$h(f_2)_p^L = h_p^L - h(f_1)_p^L \quad (4.14)$$

$$t(f_2)_p^L = \frac{h(f_2)_p^L}{v_{pl}} \quad (4.15),$$

gdzie:

h_p^L – przyjęta wysokość całkowita podnoszenia ładunku ($h_z = 3$ m);

a_p^L – znane przyspieszenie wciągarki z ładunkiem ($a_p^L = 0,75$ m/s²);

v_{pl} – znana maksymalna prędkość ustalona podnoszenia ładunku ($v_{pl} = 1$ m/s).

Z kolei na całkowity czas jazdy wózka wciągarki i opuszczania ładunku (t_0^W) składają się dwa czasy cząstkowe: czas jazdy wózka wciągarki (t_j^W) oraz czas opuszczania ładunku (bez jazdy wózka wciągarki) (t_o^L). W tym przypadku obliczenia wykonano zatem w dwóch krokach. Najpierw wyliczono czas jazdy wózka wciągarki, przyjmując następujące założenia:

$$t_j^W = t(f_1)_j^W + t(f_2)_j^W + t(f_3)_j^W \quad (4.16),$$

gdzie:

$t(f_1)_j^W$ – czas jazdy wózka wciągarki w ruchu przyspieszonym;

$t(f_2)_j^W$ – czas jazdy wózka wciągarki w ruchu ze stałą prędkością;

$t(f_3)_j^W$ – czas hamowania wózka wciągarki.

W fazie pierwszej (f_1) wózek wciągarki przejeżdża drogę $s(f_1)_j^W$, w fazie drugiej (f_2) drogę $s(f_2)_j^W$, a w fazie trzeciej (f_3) drogę $s(f_3)_j^W = s(f_1)_j^W$, przy czym:

$$s(f_1)_j^W = \frac{a_j^W \cdot t(f_1)_j^{W^2}}{2} \quad (4.17)$$

$$t(f_1)_j^W = t(f_3)_j^W = \frac{v_{jW}}{a_j^W} \quad (4.18)$$

$$s(f_2)_j^W = s_j^W - s(f_1)_j^W - s(f_3)_j^W \quad (4.19),$$

gdzie:

$$s_j^W = L + K \cdot b_k \quad (4.20)$$

$$t(f_2)_j^W = \frac{s(f_2)_j^W}{v_{jW}} \quad (4.21),$$

gdzie:

a_j^W – znane przyspieszenie dla wózka wciągarki ($a_j^W = 1 \text{ m/s}^2$);

v_{jW} – znana maksymalna prędkość ustalona jazdy wózka wciągarki ($v_{jW} = 3,5 \text{ m/s}$);

s_j^W – całkowita droga jazdy wózka wciągarki z ładunkiem;

L – założona odległość do pierwszego kontenera w rzędzie ($L = 15 \text{ m}$);

b_k – znana szerokość kontenera ($b_k = 2,352 \text{ m}$).

Opuszczanie ładunku rozpoczyna się po zakończeniu jazdy wózka wciągarki. Na całkowity czas opuszczania ładunku składają się trzy czasy cząstkowe:

$$t_o^L = t(f_1)_o^L + t(f_2)_o^L + t(f_3)_o^L \quad (4.22),$$

gdzie:

$t(f_1)_o^L$ – wyliczony czas opuszczania ładunku w ruchu przyspieszonym ($t(f_1)_o^L = t(f_2)_p^L$);

$t(f_2)_o^L$ – czas opuszczania ładunku w ruchu ze stałą prędkością;

$t(f_3)_o^L$ – czas opuszczania ładunku w ruchu ze zmniejszoną stałą prędkością opuszczania.

Opuszczanie ładunku trwa do momentu, aż ładunek znajdzie się na czekającym na nabrzeżu pojeździe terminalowym. Chwytnak suwnicy od gruntu znajduje się wtedy na wysokości:

$$h_g^L = h_{IMV} + h_k \quad (4.23),$$

gdzie:

h_{IMV} – znana wysokość naczepy pojazdu terminalowego ($h_{IMV} = 1,5 \text{ m}$).

Ponieważ założona wysokość opuszczania ładunku ($h_o^L = H_p - h_{IMV}$) to:

$$h_o^L = h(f_{1o}^L) + h(f_{2o}^L) + h(f_{3o}^L) \quad (4.24),$$

gdzie:

$h(f_{1o}^L)$ – wysokość opuszczania ładunku w ruchu przyspieszonym;

$h(f_{2o}^L)$ – wysokość opuszczania ładunku w ruchu ustalonym;

$h(f_{3o}^L)$ – przyjęta wysokość opuszczania ładunku w ruchu ze zmniejszoną stałą prędkością opuszczania ($h(f_{3o}^L) = 3$ m);

w kolejnych krokach skorzystać można z następujących wzorów:

$$h(f_{1o}^L) = \frac{a_o^L \cdot t(f_{1o}^L)^2}{2} \quad (4.25)$$

$$h(f_{2o}^L) = H_p - h_{IMV} - h(f_{1o}^L) - h(f_{3o}^L) \quad (4.26)$$

$$t(f_{2o}^L) = \frac{h(f_{2o}^L)}{v_{oL}} \quad (4.27)$$

$$t(f_{3o}^L) = \frac{h(f_{3o}^L)}{v_{HoL}} \quad (4.28),$$

gdzie:

a_o^L – znane przyspieszenie podczas opuszczania ładunku ($a_o^L = 0,75$ m/s²);

v_{oL} – znana prędkość ustalona opuszczania ładunku ($v_{oL} = 1$ m/s);

v_{HoL} – przyjęta zmniejszona prędkość opuszczania ładunku ($v_{HoL} = 0,25$ m/s).

Przy wyznaczaniu czasu podnoszenia chwytaka oraz jazdy wózka wciągarki (t_p^W) obliczenia wykonano w dwóch etapach. Najpierw wyznaczono czas podnoszenia chwytaka (t_p^c), a następnie wyznaczono czas jazdy wózka wciągarki (t_{jp}^W). Czas podniesienia pustego chwytaka wyliczony został w oparciu o następujące wzory:

$$t_p^c = t(f_{1p}^c) + t(f_{2p}^c) \quad (4.29),$$

gdzie:

$t(f_{1p}^c)$ – czas podnoszenia pustego chwytaka w ruchu przyspieszonym;

$t(f_{2p}^c)$ – czas podnoszenia pustego chwytaka w ruchu ze stałą prędkością.

W fazie pierwszej (f_1) pusty chwytak podnoszony jest na wysokość $h(f_{1p}^c)$, a w fazie drugiej (f_2) na wysokość $h(f_{2p}^c)$, przy czym:

$$h(f_{1p}^c) = \frac{a_p^c \cdot t(f_{1p}^c)^2}{2} \quad (4.30)$$

$$t(f_1)_p^c = \frac{v_{pP}}{a_p^c} \quad (4.31)$$

$$h(f_2)_p^c = H_p - h_{IMV} - h(f_1)_p^c \quad (4.32)$$

$$t(f_2)_p^c = \frac{h(f_2)_p^c}{v_{pP}} \quad (4.33),$$

gdzie:

a_p^c – znane przyspieszenie nieobciążonej wciągarki ($a_p^c = 0,75 \text{ m/s}^2$);

v_{pP} – znana prędkość maksymalna podnoszenia pustego chwytaka ($v_{pP} = 2,5 \text{ m/s}$).

Z kolei czas jazdy wózka wciągarki z pustym chwytakiem (t_{jp}^m) wyliczany jest z wykorzystaniem wzorów użytych do obliczenia czasu jazdy wózka wciągarki z ładunkiem (4.16–4.21), przy czym w tym przypadku wózek wciągarki ustawi się w pozycji umożliwiającej podjęcie kontenera z kolejnego rzędu lub warstwy na pokładzie statku.

Wreszcie cykl pracy suwnicy kończy się na opuszczeniu pustego chwytaka z założonej wysokości bezpiecznej $h_z = 3 \text{ m}$ na podejmowany kontener. Ponownie odbywa się to w dwóch fazach, tj. w ruchu przyspieszonym $t(f_1)_O^C$ oraz w fazie ruchu ze zmniejszoną stałą prędkością opuszczania $t(f_2)_O^C$, wyznaczonych zgodnie ze wzorami:

$$t(f_2)_O^C = \frac{h(f_2)_O^C}{v_{oP}} \quad (4.34),$$

przy czym:

$$h(f_2)_O^C = h_z - h(f_1)_O^C \quad (4.35)$$

$$h(f_1)_O^C = \frac{a_O^C \cdot t(f_1)_O^C^2}{2} \quad (4.36)$$

$$t(f_1)_O^C = \frac{v_{oP}}{a_O^C} \quad (4.37),$$

gdzie:

v_{oP} – założona zmniejszona prędkość opuszczania pustego chwytaka ($v_{oP} = 0,25 \text{ m/s}$);

a_O^C – znane przyspieszenie nieobciążonej wciągarki ($a_O^C = 0,75 \text{ m/s}^2$).

Analogicznie wyznaczone zostały czasy przeładunku na placu składowym. Założony czas potrzebny na zaczepienie ładunku to w tym przypadku $t_z^l = 3 \text{ s}$, podczas gdy czas podniesienia ładunku (t_p^l) jest sumą dwóch składowych:

$$t_p^i = t(f_1)_p^i + t(f_2)_p^i \quad (4.38),$$

gdzie:

$t(f_1)_p^i$ – czas podnoszenia ładunku w ruchu przyspieszonym;

$t(f_2)_p^i$ – czas podnoszenia ładunku w ruchu ze stałą prędkością.

W fazie pierwszej kontener podnoszony jest na wysokość $h(f_1)_p^i$, a w fazie drugiej na wysokość $h(f_2)_p^i$, przy czym chwytak zawsze podnoszony jest na wysokość całkowitą $h_p^i = 15$ m:

$$h_p^i = h(f_1)_p^i + h(f_2)_p^i \quad (4.39)$$

$$h(f_1)_p^i = \frac{a_p^i \cdot t(f_1)_p^i{}^2}{2} \quad (4.40)$$

$$t(f_1)_p^i = \frac{v_{pi}}{a_p^i} \quad (4.41)$$

$$h(f_2)_p^i = h_p^i - h_{IMV} - h_k - h(f_1)_p^i \quad (4.42)$$

$$t(f_2)_p^i = \frac{h(f_2)_p^i}{v_{pi}} \quad (4.43),$$

gdzie:

a_p^i – znane przyspieszenie wciągarki z ładunkiem ($a_p^i = 0,15$ m/s²);

v_{pi} – znana prędkość przyspieszona podnoszenia ładunku ($v_{pi} = 0,47$ m/s).

Na całkowity czas jazdy bramy suwnicy składają się trzy czasy cząstkowe:

$$t_j^b = t(f_1)_j^b + t(f_2)_j^b + t(f_3)_j^b \quad (4.44),$$

gdzie:

$t(f_1)_j^b$ – czas jazdy bramy suwnicy w ruchu przyspieszonym;

$t(f_2)_j^b$ – czas jazdy bramy suwnicy w ruchu ze stałą prędkością;

$t(f_3)_j^b$ – czas jazdy bramy suwnicy w ruchu ze zmniejszoną stałą prędkością.

Suwnica placowa pokonuje w tym czasie drogę całkowitą s_j^b , jest ona uzależniona od miejsca, w którym kontener ma zostać odstawiony na placu składowym:

$$s_j^b = k \cdot l_k \quad (4.45),$$

gdzie:

l_k – znana długość kontenera ($l_k = 5,898$ m lub $l_k = 12,032$ m).

Na drogę tę składają się trzy odległości:

$$s_j^b = s(f_1)_j^b + s(f_2)_j^b + s(f_3)_j^b \quad (4.46),$$

gdzie:

$s(f_1)_j^b$ – droga jazdy bramy suwnicy w ruchu przyspieszonym;

$s(f_2)_j^b$ – droga jazdy bramy suwnicy w ruchu ustalonym;

$s(f_3)_j^b$ – założona droga jazdy bramy suwnicy w ruchu ze zmniejszoną stałą prędkością ($s(f_3)_j^b = 2$ m).

Wyznaczyć je można na podstawie następujących wzorów:

$$s(f_1)_j^b = \frac{a_j^b \cdot t(f_1)_j^{b^2}}{2} \quad (4.47)$$

$$s(f_2)_j^b = s_j^b - s(f_1)_j^b - s(f_3)_j^b \quad (4.48)$$

$$t(f_2)_j^b = \frac{s(f_2)_j^b}{v_{jb}} \quad (4.49)$$

$$t(f_3)_j^b = \frac{s(f_3)_j^b}{v_{Hjb}} \quad (4.50),$$

gdzie:

a_j^b – znane przyspieszenie bramy suwnicy ($a_j^b = 0,2$ m/s²);

v_{jb} – znana prędkość ustalona jazdy bramy suwnicy ($v_{jb} = 2,17$ m/s);

v_{Hjb} – przyjęta zmniejszona prędkość jazdy bramy suwnicy ($v_{Hjb} = 1,08$ m/s).

Również całkowity czas jazdy wózka wciągarki (t_j^w) jest sumą trzech składowych, przy czym w tym przypadku posłużono się następującymi formułami:

$$t_j^w = t(f_1)_j^w + t(f_2)_j^w + t(f_3)_j^w \quad (4.51),$$

gdzie:

$t(f_1)_j^w$ – czas jazdy wózka wciągarki w ruchu przyspieszonym;

$t(f_2)_j^w$ – czas jazdy wózka wciągarki w ruchu ze stałą prędkością;

$t(f_3)_j^w$ – czas jazdy wózka wciągarki ze stałą zmniejszoną prędkością.

W fazie pierwszej wózek wciągarki przejeżdża drogę $s(f_1)_j^w$, w fazie drugiej drogę $s(f_2)_j^w$, a w fazie trzeciej założoną drogę $s(f_3)_j^w = 1$ m, przy czym:

$$s(f_1)_j^w = \frac{a_j^w \cdot t(f_1)_j^{w^2}}{2} \quad (4.52)$$

$$t(f_1)_j^w = \frac{v_{jw}^w}{a_j^w} \quad (4.53)$$

$$t(f_3)_j^w = \frac{s(f_3)_j^w}{v_{Hjw}^w} \quad (4.54)$$

$$s(f_2)_j^w = s_j^w - s(f_1)_j^w - s(f_3)_j^w \quad (4.55),$$

gdzie:

$$s_j^w = k \cdot b_k \quad (4.56)$$

$$t(f_2)_j^w = \frac{s(f_2)_j^w}{v_{jw}^w} \quad (4.57),$$

gdzie:

- a_j^w – znane przyspieszenie dla wózka wciągarki ($a_j^w = 0,4$ m/s²);
- v_{jw}^w – znana prędkość ustalona jazdy wózka wciągarki ($v_{jw}^w = 1,17$ m/s);
- v_{Hjw}^w – znana prędkość hamowania wózka wciągarki ($v_{Hjw}^w = 0,58$ m/s);
- s_j^w – całkowita droga jazdy wózka wciągarki z ładunkiem;
- b_k – znana szerokość kontenera ($b_k = 2,352$ m).

Na czas opuszczania i odczepiania ładunku (t_o^i) składa się czas opuszczania ładunku (t_o^i) oraz założony czas odczepiania ładunku ($t_o^i = 5$ s). Opuszczanie ładunku rozpoczyna się po zakończeniu jazdy wózka wciągarki. Na całkowity czas opuszczania ładunku składają się następujące czasy:

$$t_o^i = t(f_1)_o^i + t(f_2)_o^i + t(f_3)_o^i \quad (4.58),$$

gdzie:

- $t(f_1)_o^i$ – wyliczony czas opuszczania ładunku w ruchu przyspieszonym ($t(f_1)_o^i = t(f_1)_p^i$);
- $t(f_2)_o^i$ – czas opuszczania ładunku w ruchu ze stałą prędkością;
- $t(f_3)_o^i$ – czas opuszczania ładunku w ruchu ze zmniejszoną stałą prędkością opuszczania.

W tym przypadku wysokość opuszczania ($h_o^i = h_p^i - (k + 1) \cdot h_k$) ładunku to:

$$h_o^i = h(f_1)_o^i + h(f_2)_o^i + h(f_3)_o^i \quad (4.59),$$

gdzie:

$h(f_1)_o^i$ – wysokość opuszczania ładunku w ruchu przyspieszonym;

$h(f_2)_o^i$ – wysokość opuszczania ładunku w ruchu ustalonym;

$h(f_3)_o^i$ – przyjęta wysokość opuszczania ładunku w ruchu ze zmniejszoną stałą prędkością opuszczania ($h(f_3)_o^i = 1$ m).

Biorąc pod uwagę powyższe założenia, w kolejnych krokach skorzystano z następujących wzorów:

$$h(f_1)_o^i = \frac{a_o^i \cdot t(f_1)_o^i{}^2}{2} \quad (4.60)$$

$$t(f_1)_o^i = \frac{v_{oi}}{a_o^i} \quad (4.61)$$

$$h(f_2)_o^i = h_o^i - h(f_1)_o^i - h(f_3)_o^i \quad (4.62)$$

$$t(f_2)_o^i = \frac{h(f_2)_o^i}{v_{oi}} \quad (4.63)$$

$$t(f_3)_o^i = \frac{h(f_3)_o^i}{v_{Hoi}} \quad (4.64),$$

gdzie:

a_o^i – znane przyspieszenie podczas opuszczania ładunku ($a_o^i = 0,15$ m/s²);

v_{oi} – znana prędkość ustalona opuszczania ładunku ($v_{oi} = 0,47$ m/s);

v_{Hoi} – przyjęta zmniejszona prędkość opuszczania ładunku ($v_{Hoi} = 0,08$ m/s).

Z kolei czas podniesienia pustego chwytaka na wysokość $h_p^c = h_o^i$ to:

$$t_p^c = t(f_1)_p^c + t(f_2)_p^c \quad (4.65),$$

gdzie:

$t(f_1)_p^c$ – czas podnoszenia pustego chwytaka w ruchu przyspieszonym;

$t(f_2)_p^c$ – czas podnoszenia pustego chwytaka w ruchu ze stałą prędkością.

W fazie pierwszej pusty chwytak podnoszony jest na wysokość $h(f_1)_p^c$, a w fazie drugiej na wysokość $h(f_2)_p^c$, przy czym:

$$h(f_1)_p^c = \frac{a_p^c \cdot t(f_1)_p^c{}^2}{2} \quad (4.66)$$

$$t(f_1)_p^c = \frac{v_{pP}}{a_p^c} \quad (4.67)$$

$$h(f_2)_p^c = h_p^i - h(f_1)_p^c \quad (4.68)$$

$$t(f_2)_p^c = \frac{h(f_2)_p^c}{v_{pP}} \quad (4.69),$$

gdzie:

a_p^c – znane przyspieszenie nieobciążonej wciągarki ($a_p^c = 0,15 \text{ m/s}^2$);

v_{pP} – znana prędkość podnoszenia pustego chwybaka ($v_{pP} = 0,93 \text{ m/s}$).

Wyznaczając czas jazdy bramy suwnicy i wózka wciągarki (t_j^{bw}) kierowano się zasadą, że poza przypadkiem kiedy most suwnicy pozostaje nieruchomy, czas jazdy bramy jest większy od czasu jazdy wózka wciągarki. Stąd na całkowity czas operacji wpływ ma całkowity czas jazdy mostu suwnicy. W przypadku, gdy suwnica pozostaje nieruchomo (czas jazdy bramy suwnicy jest zerowy) na całkowity czas operacji wpływa tylko czas jazdy wózka wciągarki. Ponieważ prędkość jazdy bramy suwnicy i wózka wciągarki jest niezależna od obciążenia, na tym etapie do obliczeń wykorzystać można wzory zastosowane uprzednio do wyznaczenia czasu jazdy bramy suwnicy (t_j^b) (4.44) oraz czasu jazdy wózka wciągarki (t_j^w) z łądunkiem (4.51).

Cykl pracy suwnicy kończy się na opuszczeniu pustego chwybaka z wysokości $h_p^i = 15 \text{ m}$ na podejmowany kontener. Odbywa się to w trzech fazach, tj. w ruchu przyspieszonym $t(f_1)_o^c$, w ruchu ustalonym $t(f_2)_o^c$ oraz w fazie ruchu ze zmniejszoną stałą prędkością opuszczania $t(f_3)_o^c$:

$$t(f_1)_o^c = \frac{v_{oP}}{a_o^c} \quad (4.70)$$

$$h(f_1)_o^c = \frac{a_o^c \cdot t(f_1)_o^c{}^2}{2} \quad (4.71)$$

$$t(f_2)_o^c = \frac{h(f_2)_o^c}{v_{oP}} \quad (4.72),$$

przy czym:

$$h(f_2)_o^c = h_p^i - h_k - h_{IMV} - h(f_1)_o^c - h(f_3)_o^c \quad (4.73)$$

$$t(f_3)_o^c = \frac{h(f_3)_o^c}{v_{HoP}} \quad (4.74),$$

gdzie:

- v_{oP} – znana prędkość opuszczania pustego chwytaka ($v_{oP} = 0,93$ m/s);
- a_o^c – znane przyspieszenie nieobciążonej wciągarki ($a_o^c = 0,15$ m/s²);
- $h(f_3)_o^c$ – założona wysokość opuszczania chwytaka ze zmniejszoną prędkością ($h(f_3)_o^c = 1$ m);
- v_{HoP} – założona zmniejszona prędkość opuszczania pustego chwytaka ($v_{HoP} = 0,17$ m/s).

Wreszcie, biorąc pod uwagę opisany uprzednio sposób poruszania się pojazdów terminalowych na placu składowym i nabrzeżu, obliczono czas jazdy ciągnika terminalowego IMV (t_{jIMV}) w oparciu o następujący wzór:

$$t_{jIMV} = s_{jIMV} \cdot v_{jIMV} \quad (4.75),$$

gdzie:

- s_{jIMV} – przebyta przez pojazd terminalowy droga;
- v_{jIMV} – znana prędkość jazdy pojazdu IMV ($v_{jIMV} = 7$ m/s).

W tym przypadku droga przebyta przez pojazd terminalowy wyznaczona została zgodnie ze wzorem:

$$s_{jIMV} = k_{Sn} \cdot l_S + s_n + k_{Rp} \cdot b_R + k_{Sp} \cdot l_S \quad (4.76),$$

gdzie:

- k_{Sn} – liczba sektorów placowych mijanych wzdłuż nabrzeża;
- l_S – założona długość sektora placowego ($l_S = 150$ m);
- s_n – założona odległość w linii prostej z nabrzeża na plac składowy ($s_n = 20$ m);
- k_{Rp} – liczba rzędów placowych mijanych na placu składowym;
- b_R – założona szerokość rzędu placowego ($b_R = 18$ m);
- k_{Sp} – liczba sektorów placowych mijanych na placu składowym.

4.5.3. Otrzymane rezultaty

Na podstawie zaprezentowanych w podrozdziale 4.5.2 wzorów i założeń, w kolejnym kroku wyznaczono czasy dla poszczególnych operacji, składających się na rozładunek, a następnie załadunek jednego kontenera na rozpatrywanym terminalu. W tym przypadku posłużono się rozkładem trójkątnym z parametrami (t_o, t_d, t_p). Oznacza to, że założono tu, iż czas realizacji każdego z analizowanych etapów zajmie najpraw-

dopodobniej t_d sekund, ale nie więcej niż t_p , ani nie mniej niż t_o sekund. Otrzymane wyniki przedstawione zostały w tabelach 4.5–4.6. Następnie na ich podstawie oraz opisanej w podrozdziale 4.3 metody PERT, oszacowano czasy trwania poszczególnych czynności przeładunkowych na opisywanym terminalu (tab. 4.7–4.8).

Tabela 4.5. Czas najkrótszy (t_o), najbardziej prawdopodobny (t_d) oraz najdłuższy (t_p) (w sekundach) dla poszczególnych operacji składających się na rozładunek jednego kontenera na terminalu

Urządzenie	Operacja	t_o	t_d	t_p
Suwnica nabrzeżowa (STS)	Zaczipienie ładunku	3	3	3
	Podniesienie ładunku*	4	4	4
	Jazda wózka i opuszczanie ładunku	34	48	60
	Odczipienie ładunku	10	10	10
	Podnoszenie chwytaka i jazda wózka	16	25	33
	Opuszczanie chwytaka*	12	12	12
Ciągnik terminalowy z naczepą kontenerową	Przejazd na plac składowy	37	74	131
Suwnica bramowa na kołach ogumionych (RTG)	Zaczipienie ładunku	3	3	3
	Podniesienie ładunku**	26	26	26
	Jazda bramy suwnicy	0	36	66
	Jazda wózka wciągarki	5	14	20
	Opuszczenie i odczipienie ładunku	28	38	49
	Podniesienie chwytaka	7	12	17
	Jazda bramy suwnicy i wózka wciągarki	5	36	66
	Opuszczenie chwytaka**	20	20	20

* Wszystkie kontenery rozładowywane są z pokładu statku, zatem ładunek zawsze jest podnoszony, a pusty chwytak opuszczany na 3 m.

** Suwnica bramowa podnosi każdy ładunek na wysokość 15 m, z tej wysokości opuszczany jest też pusty chwytak.

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 4.6. Czas najkrótszy (t_o), najbardziej prawdopodobny (t_d) oraz najdłuższy (t_p) (w sekundach) dla poszczególnych operacji składających się na załadunek jednego kontenera na terminalu

Urządzenie	Operacja	t_o	t_d	t_p
Suwnica nabrzeżowa (STS)	Zaczipienie ładunku	3	3	3
	Podniesienie ładunku	17	25	32
	Jazda wózka i opuszczanie ładunku	15	20	25
	Odczipienie ładunku	5	5	5
	Podnoszenie chwytaka i jazda wózka	12	18	23
	Opuszczanie chwytaka	12	15	18
Ciągnik terminalowy z naczepą kontenerową	Przejazd na plac składowy	37	74	131

Tabela 4.6 (cd..)

Urządzenie	Operacja	t_o	t_d	t_p
Suwnica bramowa na kołach ogumionych (RTG)	Zaczipienie ładunku	3	3	3
	Podniesienie ładunku	8	19	29
	Jazda bramy suwnicy	0	36	66
	Jazda wózka wciągarki	5	14	20
	Opuszczenie i odzipienie ładunku*	46	46	46
	Podniesienie chwytaka*	15	15	15
	Jazda bramy suwnicy i wózka wciągarki	5	36	66
	Opuszczenie chwytaka	12	17	22

* Suwnica bramowa opuszcza każdy ładunek z wysokości 15 m, na tę wysokość podnoszony jest też następnie pusty chwytak.

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 4.7. Czasy trwania (w sekundach) poszczególnych czynności rozładunkowych dla jednego kontenera obsługiwane na analizowanym terminalu

Urządzenie	Operacja	Czas
Suwnica nabrzeżowa (STS)	Przeniesienie kontenera ze statku na ciągnik terminalowy	101,5 ± 5,18
Ciągnik terminalowy z naczepą kontenerową	Przejazd na plac składowy	77,33 ± 12,60
Suwnica bramowa na kołach ogumionych (RTG)	Przeniesienie kontenera z ciągnika terminalowego na plac składowy	183,5 ± 15,67

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 4.8. Czasy trwania (w sekundach) poszczególnych czynności załadunkowych dla jednego kontenera obsługiwane na analizowanym terminalu

Urządzenie	Operacja	Czas
Suwnica nabrzeżowa (STS)	Przeniesienie kontenera z ciągnika terminalowego na statek	85,67 ± 3,66
Ciągnik terminalowy z naczepą kontenerową	Przejazd na nabrzeże	77,33 ± 12,60
Suwnica bramowa na kołach ogumionych (RTG)	Przeniesienie kontenera z placu składowego na ciągnik terminalowy	184,2 ± 15,67

Źródło: opracowanie własne.

Średni czas pracy suwnicy nabrzeżowej podczas rozładunku jednego kontenera ze statku wynosi ok. 102 sekundy, a podczas załadunku – ok. 86 sekund. Niewielkie odchylenia od tego czasu wynikać mogą m.in. z położenia suwnicy

względem pozycji kontenera na statku. Z kolei przewiezienie kontenera środkiem transportu wewnętrznego, najkrótszą drogą przez terminal na plac składowy lub z placu składowego na nabrzeże, wynosi niecałe 78 sekund. Odchylenia od czasu przeciętnego, które mogą pojawić się na tym etapie, to zmiana drogi lub niespodziewane wystąpienie przeszkody na trasie przejazdu. Wreszcie przeniesienie przez suwnicę placową kontenera z placu składowego na pojazd transportu wewnętrznego zajmuje w analizowanym przypadku średnio 183,5 sekundy, podczas gdy czas pracy suwnicy od momentu zablokowania naroży zaczepowych kontenera przez ramię suwnicy do chwili ustawienia kontenera na odpowiednim polu placowym i zwolnienia ramy suwnicy wynosi ok. 184 sekundy. Możliwe zaburzenie losowe średniego czasu obsługi tego etapu związane jest przede wszystkim z odległością do miejsca, z którego podejmowany jest kontener.

Z wcześniejszych obliczeń wiadomo, że pracująca suwnica nabrzeżowa przenosi kontener ze statku na czekający na nabrzeżu pojazd transportu wewnętrznego w średnim czasie 102 sekund, oznacza to, że przeciętny czas obsługi kontenera przez jedną z czterech suwnic STS wynosi 1,7 minuty. Przyjąć można zatem, że przeciętna liczba zgłoszeń napływających do systemu w ciągu minuty (przy założeniu równoległej pracy wszystkich czterech suwnic nabrzeżowych) to dwa kontenery (zob. tab. 4.9).

Tabela 4.9. Podstawowe charakterystyki modelu masowej obsługi dla etapu I: rozładunek STS

Miara	Miano	Wynik
Stopa zgłoszeń (λ)	kontenery/min	2,00
Intensywność zgłoszeń ($1/\lambda$)	min	0,50
Stopa obsługi (μ)	kontenery/min	0,59
Intensywność obsługi ($1/\mu$)	min	1,70
Intensywność ruchu/stała Erlanga (ρ)	%	85,00
Oczekiwana liczba zgłoszeń w systemie (N)	kontenery	7,31
Oczekiwana długość kolejki (Q)	kontenery	3,91
Oczekiwany czas pobytu w systemie (R)	min	3,65
Oczekiwany czas pobytu w kolejce (W)	min	1,95
Prawdopodobieństwo oczekiwania w kolejce (P)	-	0,69

Źródło: opracowanie własne.

W czasie pracy suwnicy nabrzeżowej odstęp czasu pomiędzy kolejnymi zgłoszeniami wynosi 30 sekund. Przy takiej organizacji pracy suwnice STS wykorzystane

są w 85%, oczekiwana liczba kontenerów w systemie wynosi osiem sztuk, zaś spodziewana liczba zgłoszeń w kolejce to cztery kontenery. Spodziewany czas rozładunku kontenera wynosi w tym przypadku niecałe cztery minuty, przy czym kontener czeka na obsługę ok. dwóch minut.

Na nabrzeżu równoległe do suwnic STS pracują pojazdy transportu wewnętrznego, które przewożą rozładowywane przez suwnice nabrzeżowe kontenery na plac składowy. Jeżeli z poprzedniego etapu (etap I) wiadomo, że co minutę pojawiają się dwa kontenery do obsłużenia przez pojazdy podstawione pod jedną z czterech suwnic STS, a przewiezienie kontenera przez jeden pojazd terminalowy na plac składowy zajmuje niecałe 75 sekund, charakterystyki modelu będą takie, jak podane w tabeli 4.10.

Tabela 4.10. Podstawowe charakterystyki modelu masowej obsługi dla etapu I': pojazd IMV (rozładunek)

Miara	Miano	Wynik
Stopa zgłoszeń (λ)	kontenery/min	2,00
Intensywność zgłoszeń ($1/\lambda$)	min	0,50
Stopa obsługi (μ)	kontenery/min	0,80
Intensywność obsługi ($1/\mu$)	min	1,25
Intensywność ruchu/stała Erlanga (ρ)	%	12,50
Oczekiwana liczba zgłoszeń w systemie (N)	kontenery	2,50
Oczekiwana długość kolejki (Q)	kontenery	0,00
Oczekiwany czas pobytu w systemie (R)	min	1,25
Oczekiwany czas pobytu w kolejce (W)	min	0,00
Prawdopodobieństwo oczekiwania w kolejce (P)	-	0,00

Źródło: opracowanie własne.

W etapie I', obejmującym przewóz kontenerów przez pojazdy terminalowe z nabrzeża na plac składowy, ciągniki terminalowe z naczepami kontenerowymi wykorzystane są w zaledwie 12,5%, oczekiwana liczba kontenerów do przewiezienia na plac składowy wynosi dwie sztuki, zaś w kolejce nie ma kontenerów oczekujących na obsługę. Na tym etapie spodziewany czas pobytu kontenera w systemie wynosi 75 sekund, co ponownie oznacza, że kontener nie oczekuje w kolejce na obsługę.

W czasie, kiedy suwnice nabrzeżowe rozładują kontenery ze statku na pojazdy transportu wewnętrznego, wcześniej dostarczone przez te pojazdy kontenery ustawiane są na placu składowym przez suwnice placowe. Na podstawie wcze-

śniejszych wyników założyć można, że na plac składowy co minutę dostarczane są dwa nowe kontenery. Ponieważ przeniesienie kontenera z pojazdu terminalowego na plac składowy zajmuje suwnicy placowej przeciętnie 183,5 sekundy, przyjęć należy, że średni czas obsługi kontenera przez jeden kanał obsługi wynosi 3,06 minuty (tab. 4.11).

Tabela 4.11. Podstawowe charakterystyki modelu masowej obsługi dla etapu II: rozładunek RTG

Miara	Miano	Wynik
Stopa zgłoszeń (λ)	kontenery/min	2,00
Intensywność zgłoszeń ($1/\lambda$)	min	0,50
Stopa obsługi (μ)	kontenery/min	0,33
Intensywność obsługi ($1/\mu$)	min	3,06
Intensywność ruchu/stała Erlanga (ρ)	%	51,67
Oczekiwana liczba zgłoszeń w systemie (N)	kontenery	6,23
Oczekiwana długość kolejki (Q)	kontenery	0,03
Oczekiwany czas pobytu w systemie (R)	min	3,12
Oczekiwany czas pobytu w kolejce (W)	min	0,02
Prawdopodobieństwo oczekiwania w kolejce (P)	–	0,03

Źródło: opracowanie własne.

Okazuje się, że stopień wykorzystania suwnic placowych w etapie II to ok. 52%. Prawdopodobieństwo czekania przez kontener na obsługę wynosi zaledwie 0,03, przy czym spodziewany czas pobytu w kolejce to 1,2 sekundy. Oznacza to, że przewożony na plac składowy kontener nie musi właściwie oczekiwać na obsługę, a jego łączny czas pobytu w systemie zamyka się w czasie 187 sekund.

Etap III w analizowanym modelu obejmuje załadunek kontenera na pojazd terminalowy oczekujący na placu składowym. Wtedy przeciętny czas obsługi kontenera przez jedną z dwunastu suwnic placowych RTG wynosi 3,07 minuty. Przyjąć można zatem, że przeciętna liczba zgłoszeń napływających do systemu w ciągu minuty (przy założeniu równoległej pracy wszystkich suwnic placowych) to trzy kontenery. Jak się okazuje, w porównaniu z etapem II zwiększa się stopień wykorzystania suwnic placowych (77,5%) i prawdopodobieństwo oczekiwania w kolejce (0,31). Spodziewana liczba kontenerów na placu składowym wynosi w tym przypadku 11 kontenerów, a oczekiwany czas pobytu w kolejce to niecałe 22 sekundy (tab. 4.12).

Tabela 4.12. Podstawowe charakterystyki modelu masowej obsługi dla etapu III: załadunek RTG

Miara	Miano	Wynik
Stopa zgłoszeń (λ)	kontenery/min	3,00
Intensywność zgłoszeń ($1/\lambda$)	min	0,33
Stopa obsługi (μ)	kontenery/min	0,33
Intensywność obsługi ($1/\mu$)	min	3,07
Intensywność ruchu/stała Erlanga (ρ)	%	77,50
Oczekiwana liczba zgłoszeń w systemie (N)	kontenery	10,38
Oczekiwana długość kolejki (Q)	kontenery	1,08
Oczekiwany czas pobytu w systemie (R)	min	3,46
Oczekiwany czas pobytu w kolejce (W)	min	0,36
Prawdopodobieństwo oczekiwania w kolejce (P)	-	0,31

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku załadunku kontenerów na pojazdy terminalowe czekające na placu składowym, stopa zgłoszeń zależy od przepustowości etapu III. W tej sytuacji przyjętą należy zatem, że w ciągu minuty do systemu napływają trzy kontenery. W porównaniu z etapem I nie zmienia to jednak znacząco wyników dla podstawowych charakterystyk badanego systemu (tab. 4.13).

Tabela 4.13. Podstawowe charakterystyki modelu masowej obsługi dla etapu III': pojazd IMV (załadunek)

Miara	Miano	Wynik
Stopa zgłoszeń (λ)	kontenery/min	3,00
Intensywność zgłoszeń ($1/\lambda$)	min	0,33
Stopa obsługi (μ)	kontenery/min	0,80
Intensywność obsługi ($1/\mu$)	min	1,25
Intensywność ruchu/stała Erlanga (ρ)	%	18,75
Oczekiwana liczba zgłoszeń w systemie (N)	kontenery	3,75
Oczekiwana długość kolejki (Q)	kontenery	0,00
Oczekiwany czas pobytu w systemie (R)	min	1,25
Oczekiwany czas pobytu w kolejce (W)	min	0,00
Prawdopodobieństwo oczekiwania w kolejce (P)	-	0,00

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku załadunku kontenerów na statek przeciętna liczba zgłoszeń napływających do systemu w ciągu minuty nie może być większa niż dwa kontenery, gdyż średni czas obsługi kontenera przez jeden kanał obsługi wynosi 1,43 minuty (tab. 4.14).

Tabela 4.14. Podstawowe charakterystyki modelu masowej obsługi dla etapu IV: załadunek STS

Miara	Miano	Wynik
Stopa zgłoszeń (λ)	kontenery/min	2,00
Intensywność zgłoszeń ($1/\lambda$)	min	0,50
Stopa obsługi (μ)	kontenery/min	0,69
Intensywność obsługi ($1/\mu$)	min	1,43
Intensywność ruchu/stała Erlanga (ρ)	%	71,50
Oczekiwana liczba zgłoszeń w systemie (N)	kontenery	3,99
Oczekiwana długość kolejki (Q)	kontenery	1,13
Oczekiwany czas pobytu w systemie (R)	min	1,99
Oczekiwany czas pobytu w kolejce (W)	min	0,57
Prawdopodobieństwo oczekiwania w kolejce (P)	-	0,45

Źródło: opracowanie własne.

W czasie załadunku stopień wykorzystania suwnic nabrzeżowych jest mniejszy (71,5%) niż przy rozładunku, podczas gdy oczekiwana liczba zgłoszeń w systemie to cztery kontenery, a spodziewana długość kolejki to dwa kontenery. Prawdopodobieństwo oczekiwania w kolejce jest stosunkowo niskie (0,45), gdyż oczekiwany czas pobytu w kolejce wynosi niecałą minutę, a całkowity spodziewany czas pobytu w systemie to zaledwie dwie minuty.

Jak zauważono powyżej, w ostatnim etapie omawianego modelu (etap IV: załadunek STS) system obsłużyć może w ciągu minuty dwa kontenery, podczas gdy na etapie poprzedzającym (etap III: pojazd IMV – załadunek) z placu składowego w ciągu minuty odjechać mogą na nabrzeże trzy kontenery. Biorąc nawet pod uwagę, że na trasie przejazdu z placu składowego na nabrzeże wystąpić mogą odchylenia czasowe, związane z położeniem pobieranego przez suwnicę placową pojemnika, istnieje duże prawdopodobieństwo, iż nabrzeże stanie się wąskim gardłem opisywanego procesu. W tym celu do analizowanego modelu wprowadzono założenie, dzięki któremu pojazdy terminalowe mogą zatrzymać się na nabrzeżu na jednym z czterech torów podjazdowych, znajdujących się pod suwnicami STS.

W praktyce oznacza to, że podczas przeładunku kontenerów na nabrzeżu całkowity czas jazdy wózka wciągarki i opuszczania ładunku (t_o^w) będzie inny dla każdej z suwnic nabrzeżowych. Wynika to z faktu, iż zmianie ulegnie czas jazdy wózka wciągarki (t_j^w), który uzależniony jest od założonej odległości do pierwszego kontenera w rzędzie (L). W pierwotnym wariancie przyjęto, iż pojazd terminalowy zatrzymuje się na nabrzeżu na torze, który zlokalizowany jest możliwie najbliżej burty statku (L = 15 m). W kolejnych wariantach, przyjmując zatem należy, iż odległość ta zwiększy się odpowiednio do 18, 21 i 24 m. W tabelach 4.15–4.16 pokazano jak wpłynie to na czasy poszczególnych operacji oraz na szacowany czas rozładunku, a następnie załadunku jednego kontenera przez każdą z suwnic STS.

Tabela 4.15. Czas najkrótszy (t_o), najbardziej prawdopodobny (t_d) oraz najdłuższy (t_p) (w sekundach) dla poszczególnych wariantów jazdy wózka i opuszczania ładunku w trakcie rozładunku jednego kontenera na analizowanym terminalu

Wariant	Operacja	t_o	t_d	t_p
L = 18	Jazda wózka i opuszczanie ładunku	35	49	61
L = 21		36	49	62
L = 24		37	50	63
L = 18	Podnoszenie chwytaka i jazda wózka	17	26	34
L = 21		18	27	35
L = 24		19	28	36

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 4.16. Czas najkrótszy (t_o), najbardziej prawdopodobny (t_d) oraz najdłuższy (t_p) (w sekundach) dla poszczególnych wariantów jazdy wózka i opuszczania ładunku, podnoszenia chwytaka oraz jazdy wózka w trakcie załadunku jednego kontenera na analizowanym terminalu

Wariant	Operacja	t_o	t_d	t_p
L = 18	Jazda wózka i opuszczanie ładunku	16	21	26
L = 21		16	22	27
L = 24		17	23	28
L = 18	Podnoszenie chwytaka i jazda wózka	13	18	24
L = 21		14	19	25
L = 24		15	20	26

Źródło: opracowanie własne.

Z informacji zawartych w tabelach 4.15–4.16 wynika, że zmiana ustawienia pojazdu terminalowego na nabrzeżu tylko nieznacznie wpłynie na czasy jazdy wózka i opuszczania ładunku oraz podnoszenia chwytaka i jazdy wózka zarówno w rozładunku, jak i załadunku jednego kontenera na statek. Z tego też powodu

tylko nieznacznie będzie się różnił szacunkowy czas pracy suwnic STS w każdym z omawianych wariantów (tab. 4.17–4.18).

Tabela 4.17. Czas (w sekundach) przenoszenia kontenera ze statku na ciągnik terminalowy dla poszczególnych wariantów jazdy wózka i opuszczania ładunku

Wariant	Operacja	Czas
L = 18	Przeniesienie kontenera ze statku na ciągnik terminalowy	103,5 ±5,18
L = 21		104,8 ±5,18
L = 24		106,8 ±5,18

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 4.18. Czas (w sekundach) przenoszenia kontenera z ciągnika terminalowego na statek dla poszczególnych wariantów jazdy wózka i opuszczania ładunku, podnoszenia chwytaka oraz jazdy wózka

Wariant	Operacja	Czas
L = 18	Przeniesienie kontenera z ciągnika terminalowego na statek	87,00 ±3,66
L = 21		88,83 ±3,74
L = 24		90,83 ±3,74

Źródło: opracowanie własne.

Z przedstawionych powyżej szacunków wynika, że w zależności od pozycji pojazdu terminalowego na nabrzeżu na analizowanym terminalu, suwnice STS mogą rozładować w ciągu godziny 35, 34, 34 i 33 kontenery (± 1 kontener), odpowiednio. Jednocześnie te same suwnice mogą załadować w ciągu godziny 42, 41, 40 i 39 kontenerów (± 1 kontener). Oznacza to, że przykładowo pierwsza z czterech suwnic nabrzeżowych rozładowałaby rząd 102 kontenerów (17 kontenerów wszerz i sześć kontenerów wwyż) w 2 godziny i 55 minuty, pozostałe dwie w 3 godziny, a czwarta w 3 godziny i 6 minut (tab. 4.19). Analogicznie, załadunek 85 kontenerów każdej z omawianych suwnic zająłby odpowiednio: 2 godziny 1 minutę, 2 godziny 4 minuty, 2 godziny 8 minut i 2 godziny 11 minut (tab. 4.20). Po tym czasie wszystkie suwnice nabrzeżowe automatycznie przesuną się o trzy metry w bok, aby móc rozładować kolejny rząd kontenerów. Łączny czas przejazdu mostów suwnic, w trakcie operacji rozładunkowej/załadunkowej jednego rzędu kontenerów, wyniesie trzy minuty.

W modelu przyjęto ponadto, że rozładowywane z jednostki MSC Antonia kontenery znajdują się w *bayach* nr 3–22 (w pierwszych dwóch i w ostatnich dwóch *bayach* nie ma kontenerów, które byłyby rozładowywane na terenie analizowanego terminalu), a to z kolei oznacza, że w czasie rozładunku suwnice STS będą musiały pięciokrotnie zmienić swoje ustawienie na nabrzeżu. Z kolei ze względu

na mniejszą liczbę załadowywanych kontenerów (1001 sztuk), założono, że przed rozpoczęciem operacji załadunkowych suwnice nabrzeżowe przesuną się o dwa rzędy w bok, załadowując kontenery do *bayów* nr 5–20. Oznacza to, że w czasie załadunku będą one zmieniały swoje położenie czterokrotnie.

Ponieważ zgodnie z przyjętymi wcześniej założeniami suwnice STS pracują na nabrzeżu równolegle, ale każda z suwnic przeładowuje jeden kontener w różnym czasie, w praktyce w prezentowanym modelu wielokanałowym, całkowity czas przeładunku statku równy jest najdłuższemu czasowi obsługi przez jedną z czterech suwnic STS przypisanych do zadania, co zapisać można jako (4.77):

$$T_s = \max \{ \sum T_s^1, \sum T_s^2, \sum T_s^3, \sum T_s^4 \} \quad (4.77),$$

gdzie:

T_s^i – całkowity czas pracy suwnicy nabrzeżowej nr i , $i = 1, 2, 3, 4$.

Na podstawie powyższych ustaleń, w tabelach 4.19–4.20 zaprezentowano całkowite czasy rozładunku i załadunku poszczególnych rzędów/warstw kontenerów przeładowywanych z jednostki MSC Antonia.

Tabela 4.19. Czas (w godzinach) rozładunku kontenerów z jednostki MSC Antonia

Suwnica	Liczba kontenerów (wszerz x wwyż)	Czas rozładunku
STS 1 (L = 15)		2,91
STS 2 (L = 18)	102	3,00
STS 3 (L = 21)	(17 x 6)	3,00
STS 4 (L = 24)		3,09
STS 1–4	przesunięcie mostu suwnicy	0,06
STS 1 (L = 15)		2,43
STS 2 (L = 18)	85	2,50
STS 3 (L = 21)	(17 x 5)	2,50
STS 4 (L = 24)		2,58
STS 1–4	przesunięcie mostu suwnicy	0,06
STS 1 (L = 15)		1,94
STS 2 (L = 18)	68	2,00
STS 3 (L = 21)	(17 x 4)	2,00
STS 4 (L = 24)		2,06
STS 1–4	przesunięcie mostu suwnicy	0,06
STS 1 (L = 15)		1,46
STS 2 (L = 18)	51	1,50
STS 3 (L = 21)	(17 x 3)	1,50
STS 4 (L = 24)		1,55

Suwnica	Liczba kontenerów (wszerz x wwyż)	Czas rozładunku
STS 1-4	przesunięcie mostu suwnicy	0,06
STS 1 (L = 15)	34 (17 x 2)	0,97
STS 2 (L = 18)		1,00
STS 3 (L = 21)		1,00
STS 4 (L = 24)		1,03
STS 1-4	przesunięcie mostu suwnicy	0,06
STS 2 (L = 18)	17 (17 x 1)	0,50
STS 3 (L = 21)		0,50
STS 1 (L = 15)	4	0,11
STS 4 (L = 24)	3	0,09
Razem	1 401	11,11

Źródło: opracowanie własne.

Całkowity czas rozładunku kontenerów znajdujących się na pokładzie jednostki MSC Antonia wyniósłby 11 godzin 7 minut (± 2 godziny), zaś załadunek 1001 kontenerów zająłby 6 godzin 46 minut (± 1 godzina). Oznacza to, że przy przyjętej organizacji pracy, sprzyjających warunkach atmosferycznych i braku nieprzewidzianych awarii technicznych statek przeładowany zostałby w czasie całkowitym 17 godzin 53 minuty (± 3 godziny), a każda suwnica STS wykonałaby przeciętnie 38 ruchów na godzinę (± 1 ruch). Do całkowitego czasu przeładunku należy dodać jeszcze łączny czas przerw, które następują po ok. ośmiogodzinnym czasie pracy każdej z suwnic, a potrzebne są na zmianę pracowników przydzielonych do poszczególnych ganków. Założono, iż całkowity czas wspomnianych przerw to ok. godzina. Wtedy suma czasu pracy wszystkich suwnic, liczona od pierwszego do ostatniego ruchu chwytaka, wyniesie 66 godzin 29 minut¹⁴.

14 W rzeczywistości przeładunek 2402 kontenerów z pokładu statku MSC Antonia zajął na terminalu BCT Gdynia 75 godzin 48 minut, czyli o ok. dziewięć godzin dłużej niż w opisywanym w niniejszym podrozdziale modelu. Różnica ta wynika przede wszystkim z faktu, iż suwnice nabrzeżowe nie pracowały równolegle. Przykładowo, przez pierwszych siedem godzin do przeładunku kontenerów w Gdyni użyto tylko dwóch suwnic, a czwarta suwnica brała udział w przeładunku tylko przez 1 godzinę 45 minut. Ponadto część kontenerów znajdowała się pod pokładem statku, co wydłużyło czas przeładunku. Wreszcie rzeczywisty czas obsługi statku na nabrzeżu jest z reguły dłuższy ze względu na konieczność wykonywania przez operatorów suwnic tzw. ruchów nieefektywnych (rehandles), które w opisywanym modelu nie były brane pod uwagę.

Tabela 4.20. Czas (w godzinach) załadunku kontenerów na jednostkę MSC Antonia

Suwnica	Liczba kontenerów (wszerz x wwyż)	Czas załadunku
STS 1 (L = 15)	85 (17 x 5)	2,02
STS 2 (L = 18)		2,07
STS 3 (L = 21)		2,13
STS 4 (L = 24)		2,18
STS 1-4	przesunięcie mostu suwnicy	0,06
STS 1 (L = 15)	68 (17 x 4)	1,62
STS 2 (L = 18)		1,66
STS 3 (L = 21)		1,70
STS 4 (L = 24)		1,74
STS 1-4	przesunięcie mostu suwnicy	0,06
STS 1 (L = 15)	51 (17 x 3)	1,21
STS 2 (L = 18)		1,24
STS 3 (L = 21)		1,28
STS 4 (L = 24)		1,31
STS 1-4	przesunięcie mostu suwnicy	0,06
STS 1 (L = 15)	34 (17 x 2)	0,81
STS 2 (L = 18)		0,83
STS 3 (L = 21)		0,85
STS 4 (L = 24)		0,87
STS 1-4	przesunięcie mostu suwnicy	0,06
STS 2 (L = 18)	17 (17 x 1)	0,41
STS 3 (L = 21)		0,43
STS 1 (L = 15)	8	0,19
STS 4 (L = 24)	7	0,18
Razem	1 001	6,77

Źródło: opracowanie własne.

Rozdział 5

Nadbałtyckie terminale kontenerowe i ich konkurencyjność

Sektor morski jest jednym z głównych wyznaczników kształtowania polityki rozwojowej tak całych krajów, jak i poszczególnych regionów, których gospodarka związana jest z branżą morską. Gospodarka morska według prawa morskiego ujmowana jest jako działalność podejmowana w środowisku morskim¹. Do jej podstawowych dziedzin zalicza się przede wszystkim działalność gospodarczą, obejmującą żeglugę morską i śródlądową oraz związane z nią usługi². Ponieważ położenie Polski nad Bałtykiem sprzyja rozwojowi gospodarki morskiej, w rozdziale piątym opisano działające w 2019 r. w Regionie Morza Bałtyckiego (RMB) morskie terminale kontenerowe, a następnie oceniono ich konkurencyjność na tle pozostałych nadbałtyckich kontenerowych baz przeładunkowo-składowych. Analizę konkurencyjności przeprowadzono przy pomocy takich narzędzi badawczych jak mapy grup strategicznych czy też metody wielokryterialne AHP oraz PROMETHEE II.

5.1. Dotychczasowy stan wiedzy

Konkurencyjność portów morskich pozostaje w kręgu zainteresowań zarówno zagranicznych, jak i polskich badaczy tematu. Zagadnieniu poświęcono wiele artykułów naukowych, dysertacji czy monografii. Przykładowo, w książce pod redakcją Huybrechtsa (2002) przeanalizowano podstawowe czynniki wpływające

1 Za środowisko morskie uznaje się wody morskie, wody połączone z morzem, przestrzeń powietrzną nad morzem i terenami zaliczanymi do akwenów morskich, dno morskie oraz wnętrze ziemi pod dnem morskim, pas nadbrzeżny, w tym m.in. porty i przystanie morskie, stocznie, infrastrukturę hydrotechniczną oraz infrastrukturę zapewniającą bezpieczeństwo wybrzeża (Gospodarka morska, 2019).

2 Więcej na ten temat zob. Pac (2017, s. 13–14).

na konkurencyjność portów morskich, a w pracy zredagowanej przez Bruyere'a (2014) położono nacisk na zbadanie stopnia konkurencyjności portów Meksyku i Kanady w stosunku do portów zachodniego wybrzeża Stanów Zjednoczonych. Szeroko rozumianą konkurencyjność portów morskich poruszali też w swoich pracach Haezendonck i Notteboom (2002) oraz Notteboom i Yap (2012). Problem z teoretycznego punktu widzenia rozważali z kolei m.in. Dąbrowski (2010), Christowa (2011) oraz Ignasiak-Szulc i in. (2018) czy Tubielewicz (2009). Część autorów wykorzystywała do badania konkurencyjności morskich baz przeładunkowo-składowych metody wielokryterialne, w tym DEA (Baran, Górecka, 2015; Cruz, Ferreira, 2016) i AHP (Cruz i in., 2013). Z kolei Elsayeh i in. (2011) wyliczyli indeks Herfindahla-Hirschmana i analizowali wpływ europejskich hubów na strukturę śródziemnomorskiego rynku morskich przewozów kontenerowych, podczas gdy Abbes (2015) zbadał konkurencyjność portów Afryki Północnozachodniej z wykorzystaniem analizy głównych składowych, a Dang i Yeo (2017) użyli macierzy BCG do zbadania pozycji konkurencyjnej największych portów Południowowschodniej Azji. Stosunkowo niedawno do badań nad konkurencyjnością portów morskich włączono takie zagadnienia jak wpływ zastosowania paliwa niskosiarkowego w transporcie morskim (Vaferi i in., 2017), efektywność proekologicznych rozwiązań stosowanych w portach morskich najnowszej generacji (Vaio, Varriale, 2018) czy też wpływ suchych portów na efektywność węzłów morskich (Jeevan i in., 2019). Jednocześnie tylko nieliczni autorzy zajmowali się zagadnieniem konkurencyjności polskich portów morskich w RMB³ (Bernacki, 2004; Christowa-Dobrowolska, 2007; Klimek, 2006; Kotowska, 2017; Matczak, 2016; Miler i in., 2014; Salomon, 2010; Wagner, 2014), wobec czego uzasadnionym wydaje się uzupełnienie istniejącej luki badawczej w tym zakresie.

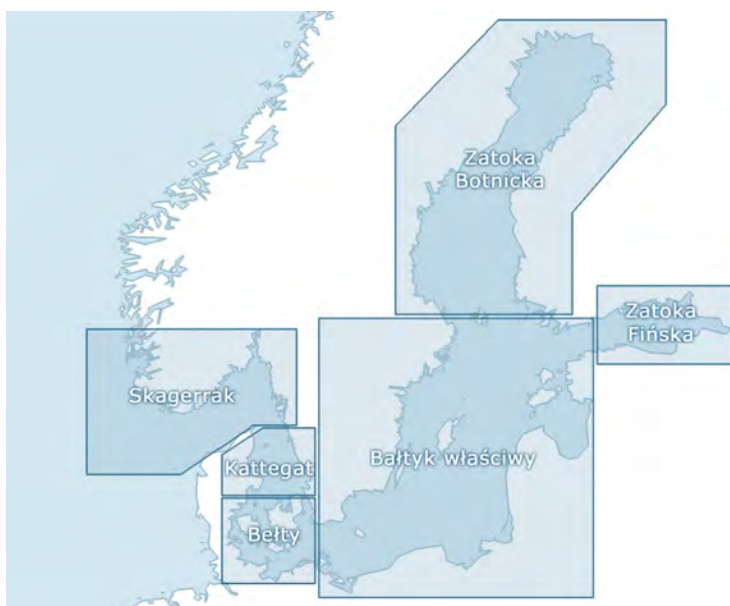
5.2. Przegląd i charakterystyka nadbałtyckich terminali kontenerowych

Morze Bałtyckie (Bałtyk) jest to morze śródlądowe leżące w północnej części Europy, łączące się bezpośrednio z Morzem Północnym poprzez system płytkich cieśnin duńskich, zwanych wewnętrznymi (Sund, Mały Bełt i Wielki Bełt), oraz cieśnin zewnętrznych – Kattegat oraz Skagerrak. Jest ono akwenem niewielkim (wraz z Kattegatem jego powierzchnia wynosi ok. 415 tys. km²), płyt-

3 Ocena konkurencyjności polskich portów morskich przedstawiona została również przez Ministerstwo Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej w *Programie rozwoju portów polskich do roku 2020* (MGMiŻŚ, 2017).

kim (średnia głębokość to 52 m) i półslonym (zasolenie waha się tu od 2‰ do 12‰). Nad jego brzegami leży dziewięć państw, z czego osiem należy do UE. Są to Dania, Estonia, Finlandia, Litwa, Łotwa, Niemcy, Polska, Rosja i Szwecja. Do Morza Bałtyckiego wpływa ok. 250 rzek, z których największe to: Wisła, Odra, Newa, Kemi, Niemen, Lule, Gota, Ångerman i Dźwina (Håkanson, 1991, s. 5–7; Szeliga, 1975, s. 3–7).

Morze Bałtyckie podzielono umownie na kilka regionów: Kattegat, Sund i Morze Beltów, Bałtyk Właściwy, Zatoka Ryska, Zatoka Fińska, Morze Botnickie i Zatoka Botnicka oraz mniejszą liczbę obszarów: Skagerrak, Kattegat, Morze Beltów, Bałtyk Właściwy, Zatoka Botnicka i Zatoka Fińska (rys. 5.1). Za zachodnią granicę Bałtyku Właściwego przyjmuje się cieśninę Sund i próg podwodny ciągnący się na głębokości 18–20 m od przylądka Gedser (wyspa Falster) do przylądka Darsser Ort (Darss). Na zachód od tej linii znajduje się akwen Bałtyku Zachodniego, który obejmuje m.in. część wód cieśnin duńskich (oprócz Małego i Wielkiego Beltu), a także Alsenbelt, Fehmarnbelt, Langelandsbælt. Od północy i wschodu granicę Bałtyku Właściwego wyznaczają zatoki Botnicka i Fińska (Majewski, 1989, s. 167–168).



Rysunek 5.1. Poszczególne obszary Morza Bałtyckiego

Źródło: Kubryk (2018)

W zamieszczonym w dalszej części niniejszego podrozdziału zestawieniu morskich terminali kontenerowych uwzględniono te z nich, które zaliczają się do

akwenu Morza Bałtyckiego z racji swojego położenia⁴ (tab. 5.1). W proponowanym spisie nie znalazły się wobec tego bazy, które nie leżą nad Bałtykiem, a jedynie korzystają z biegnących przez jego wody szlaków handlowych⁵. Położenie geograficzne tak wybranych węzłów kontenerowych przedstawiono następnie na rysunkach 5.2–5.8.



Rysunek 5.2. Terminale kontenerowe w Danii

Źródło: opracowanie własne

⁴ Aktualną na 2019 r. listę nadbałtyckich terminali kontenerowych sporządzono na podstawie informacji umieszczonych przez *European Transport Maps* na stronie internetowej www.europeantransportmaps.com. Ze strony tej skorzystano również przy wyznaczaniu liczby połączeń żeglugowych dla poszczególnych terminali.

⁵ Mowa tu m.in. o Norwegii, której ciągi transportowe dla większości ładunków przebiegają przez Danię i Szwecję, włączając się tym samym w system transportowy Bałtyku (Czermański, 2012, s. 15).



Rysunek 5.3. Terminale kontenerowe w Finlandii

Źródło: opracowanie własne



Rysunek 5.4. Terminale kontenerowe na Litwie, Łotwie i Estonii

Źródło: opracowanie własne

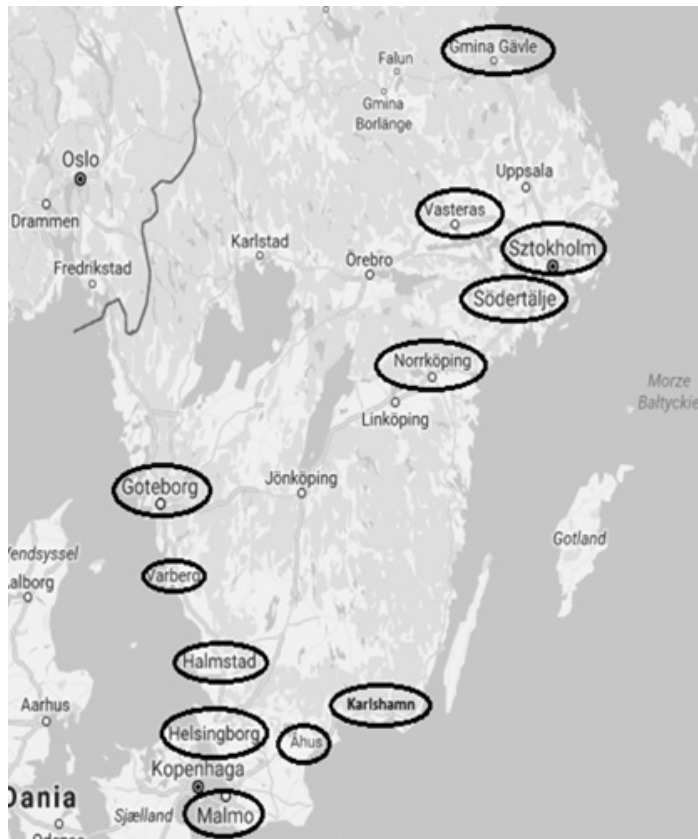


Rysunek 5.5. Terminale kontenerowe w Polsce, Niemczech oraz Rosji

Źródło: opracowanie własne



Rysunek 5.6. Terminale kontenerowe w Rosji
Źródło: opracowanie własne



Rysunek 5.7. Terminale kontenerowe na południu Szwecji
Źródło: opracowanie własne



Rysunek 5.8. Terminale kontenerowe na północy Szwecji

Źródło: opracowanie własne

Tabela 5.1. Nadbałtyckie terminale kontenerowe (stan na 2019 r.)

Kraj	Miejscowość	Nazwa terminalu (skrót)
Dania	Aalborg	Aalborg Container Terminal (ACT)
	Aarhus	APM Terminals – Cargo Service (APM-T-CS)
	Fredericia	Fredericia Container Terminal (FCT Fredericia)
	Kalundborg	Kalundborg Container Terminal (Kalundborg CT)
	Kopenhaga	Copenhagen Container Terminal (CCT)
	Skagen	Skagen Container Terminal (SCT)

Kraj	Miejscowość	Nazwa terminalu (skrót)
Estonia	Tallin (Maardu)	Muuga Container Terminal (MCT)
Finlandia	Kotka	Kotka (Mussalo CT)
	Hanko	Hangö Stevedoring (Hangö Stevedoring)
	Helsinki	Vuosaari (Multi-Link Terminals) Vuosaari (Steveco)
	Kemi	Ajos (Ajos)
	Kokkola	All Weather Terminal (AWT)
	Oulu	Oritkari (Oritkari)
	Pori	Hacklin Terminal (Hacklin)
	Rauma	Euroports Finland (Euroports Finland)
Tornio	Röyttä (Röyttä)	
Litwa	Kłajpeda	Klaipeda Container Terminal (KCT Klaipeda) Klaipedos Smelte (Smelte)
Łotwa	Ryga	Baltic Container Terminal Riga (BCT Riga) Riga Container Terminal (RCT Riga) Riga Universal Terminal (RUT)
Niemcy	Lubeka	CTL Cargo-Terminal Lehmann (CTL) Lübecker Hafen-Gesellschaft Skandinavienkai (LHG Skandinavienkai) Lübecker Hafen-Gesellschaft Nordlandkai (LHG Nordlandkai) Lübecker Hafen-Gesellschaft Schlutup (LHG Schlutup) Lübecker Hafen-Gesellschaft Seelandkai (LHG Seelandkai)
Polska	Świnoujście	OT Port Świnoujście (OT Port)
	Gdańsk	Deepwater Container Terminal Gdańsk (DCT Gdańsk) Gdańsk Container Terminal (GTK)
	Gdynia	Baltic Container Terminal Gdynia (BCT Gdynia) Gdynia Container Terminal (GCT Gdynia)
	Szczecin	DB Port Szczecin (DB Port)
Rosja	Bałtyjsk/ Kaliningrad	Baltiysk Container Terminal (BCT Baltiysk) Kaliningrad Sea Commercial Port (KSCP)
	Petersburg	Bronka Container Terminal (Bronka CT) Container Terminal Saint-Petersburg (CTSP) First Container Terminal (FCT) Moby Dick (MD) Neva-Metal Terminal (NMT) Petrolsport (PLP) Rusmarine Forwarding Terminal (RFT)
	Ust Ługa	Ust-Luga Container Terminal (ULCT)

Tabela 5.1 (cd.)

Kraj	Miejscowość	Nazwa terminalu (skrót)
Szwecja	Åhus	Åhus Container Terminal (ÅCT)
	Gävle	Gävle Container Terminal (GCT Gävle)
	Göteborg	APM Terminals Gothenburg (APMT)
	Halland	Halmstadt (Halmstadt)
	Helsingborg	Västhavnen Container Terminal (Västhavnen)
	Karlshamn	Karlshamn Container Terminal (Karlshamn CT)
	Norrköping	Pampus Container Terminal (Pampus)
	Piteå	Haraholmen (Haraholmen)
	Södertälje	Sydhamnen (Sydhamnen)
	Sztokholm	Container Terminal Frihamnen (CTF)
	Sundsvall	SCA Logistics (SCA Logistics Sundsvall)
	Umeå	SCA Logistics (SCA Logistics Umeå)
	Varberg	Varberg Container Terminal (VCT)

Źródło: opracowanie własne.

W dalszej części pracy dokonano przeglądu powyżej wymienionych nadbałtyckich terminali kontenerowych, a następnie porównano ich silne oraz słabe strony i zbadano konkurencyjność dla $k = 7$ kryteriów⁶ przy wykorzystaniu map grup strategicznych oraz metody wielokryterialnej AHP (*Analytic Hierarchy Process*) i PROMETHEE II (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*). W tym celu, dla terminali występujących na terenie poszczególnych państw, w kolejnych tabelach podano informacje na temat długości nabrzeża (K1), liczby suwnic placowych RTG (K2) oraz nabrzeżowych STS (K3), liczby połączeń żeglugowych⁷ bliskiego zasięgu (K4), maksymalnej

6 W analizie zrezygnowano z tych kryteriów, dla których nie udało się znaleźć rzetelnych i porównywalnych danych w ramach wszystkich analizowanych w badaniu terminali. Do pominiętych kategorii zaliczyć można m.in. liczbę przystani, liczbę połączeń oceanicznych, liczbę przyłączy dla kontenerów chłodniczych, długość torów na bocznicę kolejowej (tylko część obiektów podaje informacje na ten temat) czy też wielkość placu składowego oraz magazynu (w niektórych przypadkach podawana jest powierzchnia całkowita, w innych – eksploatacyjna). Szczególnie trudno pozyskuje się informacje na temat parametrów techniczno-eksploatacyjnych dla terminali skandynawskich, których operatorzy znacznie większy nacisk kładą na aspekty proekologiczne swojej działalności.

7 Mowa tu o żegludze regularnej (liniowej), której cechą charakterystyczną jest utrzymywanie stałych połączeń między określonymi portami zawinięć, obsługiwanych zgodnie z określonym rozkładem odejść (*sailing list*) (Urbanyi-Popiołek, 2013b, s. 75).

(technicznej) głębokości przy nabrzeżu (K5), odległości od autostrad i dróg ekspresowych/krajowych (K6) oraz krajowej stacji kolejowej (K7)⁸.

Tabela 5.2. Nadbałtyckie terminale kontenerowe w Danii

Nazwa terminalu	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
ACT	870	0	2	4	9,4	5 600	10 300
APM-T-CS	1 300	0	8	15	14,0	4 500	6 700
FCT Fredericia	330	0	0	5	15,0	300	2 300
Kalundborg CT	250	0	2	2	11,9	500	1 500
CCT	517	0	3	5	10,0	2 800	4 500
SCT	580	0	0	1	11,0	850	950

Źródło: opracowanie własne.

Na terenie Danii usytuowanych jest sześć nadbałtyckich terminali kontenerowych (tab. 5.2), z których największy znajduje się w porcie Aarhus (APM-T-CS) – ma roczną przepustowość przekraczającą 600 tys. TEU, a najmniejszy w węźle morskim Kalundborg, gdzie rocznie przeładowywanych jest zaledwie ok. 12 tys. TEU. FCT Fredericia jest z kolei najgłębszym duńskim terminalem – z głębokością wody przy nabrzeżu sięgającą 15 m. Bazy w Aalborgu (ACT) i Kopenhadze (CCT) mogą obsługiwać odpowiednio do 100 tys. i 150 tys. kontenerów 20-stopowych rocznie. Pierwsza z nich jest bezpośrednim ogniwem na kontenerowej trasie dowozowej Rotterdam–Aalborg–Göteborg. Do drugiej kontenery przybywają przede wszystkim z Hamburga, Rotterdamu czy Bremerhaven. Żaden z duńskich terminali nie używa do przeładunku kontenerów suwnic placowych RTG.

Tabela 5.3. Nadbałtycki terminal kontenerowy w Estonii

Nazwa terminalu	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
MCT	1 094	6	3	10	14,5	1 000	16 100

Źródło: opracowanie własne.

W Estonii znajduje się tylko jeden terminal kontenerowy, MCT, który leży w największym porcie Estonii, Tallinie (tab. 5.3). Obsługuje on dziesięć stałych

8 W przeprowadzonym badaniu odległości dla kryteriów K6 i K7 oszacowano na podstawie map cyfrowych i zdjęć satelitarnych.

europjskich połączeń żeglugowych, położony jest jednak daleko od najbliższej krajowej stacji kolejowej (16,1 km).

Tabela 5.4. Nadbałtyckie terminale kontenerowe w Finlandii

Nazwa terminalu	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Mussalo CT	1 850	0	7	8	15,3	4 800	6 700
Hangö Stevedoring	245	0	0	0	14,0	850	1 000
Multi-Link Terminals/Steveco	2 500	0	10	11	13,0	600	16 500
Ajos	178	0	0	2	10,0	7 100	10 200
AWT	122	0	0	1	8,3	5 600	7 100
Oritkari	345	0	2	2	10,0	4 000	4 100
Hacklin	850	0	1	1	12,0	3 800	24 900
Euroports Finland	160	0	3	8	12,0	900	2 100
Röyttä	225	0	0	1	8,0	3 900	11 600

Źródło: opracowanie własne.

W tabeli 5.4 zamieszczono dane dla dziewięciu fińskich nadbałtyckich terminali kontenerowych, gdyż w różnego rodzaju opracowaniach oba helsińskie terminale (Multi-Link Terminals, Steveco) klasyfikowane są najczęściej jako obiekty zagregowane i dla takich podawana jest większość informacji oraz parametrów technicznych⁹. Terminale w Helsinkach oraz Mussala CT w porcie Kotka są największymi hubami kontenerowymi w Finlandii (z roczną przepustowością wynoszącą odpowiednio 1,2 mln TEU i 1,5 mln TEU). Poza powyższymi bazami oraz terminalem Euroports Finland w porcie Rauma (przepustowość 400 tys. TEU rocznie) maksymalna roczna przepustowość wyrażona w kontenerach 20-stopowych nie przekracza dla pozostałych baz 150 tys. Najmniejszym fińskim terminalem zajmującym się przeładunkiem jednostek skonteneryzowanych jest Röyttä w Tornio. W tym przypadku nie ma niestety podanej oficjalnej informacji na temat długości nabrzeża, na którym dokonywany jest przeładunek kontenerów. Długość ta została oszacowana na podstawie map cyfrowych i zdjęć satelitarnych. Przyjęto, iż wynosi ona 225 m. Najgłębszymi nabrzeżami dysponują porty w Helsinkach, Kotce oraz Pori. Z kolei AWT w Kokkoli jest jedynym nordyckim terminalem kontene-

⁹ Bazy kontenerowe w Helsinkach, podobnie jak te zlokalizowane w Kłajpedzie, Rydze, Lubece, Gdyni, Gdańsku, Kaliningradzie i Petersburgu, są przykładem terminali specjalizujących się w obsłudze tego samego rodzaju ładunków w ramach jednego portu morskiego. Tym samym silnie konkurują między sobą o statą obsługę statków przewoźnika żeglugi morskiej (Marek, 2015b, s. 57).

rowym, na którym ładunki są przeładowywane na całkowicie zadaszonym nabrzeżu. Niezależnie od wielkości terminali, w Finlandii do przeładunku kontenerów na składowiskach nie używa się suwnic placowych RTG. Biorąc wreszcie pod uwagę usytuowanie analizowanych baz, najdalej położonym od autostrad i dróg ekspresowych/krajowych fińskim terminalem jest Ajos w porcie Kemi (7,1 km), podczas gdy terminal Hacklin w porcie Tornio znajduje się w największej odległości od najbliższej krajowej stacji kolejowej (24,9 km).

Tabela 5.5. Nadbałtyckie terminale kontenerowe na Litwie

Nazwa terminalu	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
KCT Klaipeda	820	7	2	14	10,0	4 800	9 800
Smelte	1 088	7	3	5	14,0	1 100	6 800

Źródło: opracowanie własne.

Na Litwie oba terminale wyspecjalizowane w przeładunku jednostek skonteneryzowanych zlokalizowane są w Kłajpedzie (tab. 5.5), przy czym większy z nich, pod względem ilości obsługiwanych rocznie kontenerów 20-stopowych (KCT Klaipeda, ponad 370 tys. TEU w 2018 r.), jest miejscem przeładunku dla ok. 60% ładunków skonteneryzowanych przewożonych przez stolicę Litwy, ale do przeładunku kontenerów używa mniejszej ilości specjalistycznego sprzętu (dwie suwnice STS) i usytuowany jest dalej od najbliższych autostrad, dróg ekspresowych/krajowych oraz stacji kolejowej (odpowiednio 4,8 km i 9,8 km). Z kolei kłajpedzkie Smelte, dysponujące dłuższym i głębszym nabrzeżem, utrzymuje tylko pięć stałych połączeń żeglugowych bliskiego zasięgu.

Tabela 5.6. Nadbałtyckie terminale kontenerowe na Łotwie

Nazwa terminalu	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
BCT Riga	450	6	4	9	12,5	8 500	5 600
RCT Riga	195	0	2	0	10,5	8 100	3 800
RUT	418	0	0	3	12,0	14 200	16 200

Źródło: opracowanie własne.

Jak wynika z danych zawartych w tabeli 5.6, również wszystkie trzy łotewskie terminale znajdują się w jednym mieście portowym, Rydze. Dwa pierwsze są typowymi węzłami kontenerowymi, RUT jest natomiast terminalem wielofunkcyjnym. Jest on zdecydowanie najmniej korzystnie ulokowany, jeśli brać pod uwagę

odległość od najbliższych autostrad, dróg ekspresowych/krajowych i stacji kolejowej (odpowiednio 14,2 km oraz 16,2 km). Warto też zwrócić uwagę, że na jego terenie w ogóle nie są wykorzystywane suwnice do przeładunku kontenerów na nabrzeżu (typu STS) bądź placu składowym (typu RTG). Co ciekawe, roczna przepustowość wyrażona w kontenerach 20-stopowych nie przekracza 150 tys. zarówno na RCT Riga, jak i RUT, na BCT Riga wynosi natomiast ok. 450 tys. TEU.

Tabela 5.7. Nadbałtyckie terminale kontenerowe w Niemczech

Nazwa terminalu	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
CTL	300	0	0	2	9,0	500	10 400
LHG Skandinavienkai	2 065	0	0	10	9,5	1 100	4 300
LHG Nordlandkai	1 550	0	0	4	9,5	3 100	3 700
LHG Schlutup	230	0	0	1	8,5	1 400	9 500
LHG Seelandkai	400	0	2	5	9,0	500	10 000

Źródło: opracowanie własne.

Spośród pięciu terminali niemieckich (tab. 5.7) tylko jeden (LHG Seelandkai) posiada specjalistyczny sprzęt wykorzystywany do przeładunku kontenerów na nabrzeżu (dwie suwnice portowe STS). Żaden z omawianych terminali nie korzysta natomiast z suwnic placowych RTG i nie przeładowuje w ciągu roku więcej niż 150 tys. kontenerów 20-stopowych. Biorąc pod uwagę wszystkie opisywane węzły, port w Lubece utrzymuje stałe połączenia liniowe z każdym z nadbałtyckich krajów z wyjątkiem Polski. Najbardziej oddalony od autostrad, dróg ekspresowych/krajowych jest drugi co do wielkości terminal lubeckiego portu, LHG Nordlandkai (3,1 km), a od krajowej stacji kolejowej najdalej położony jest terminal CTL (10,4 km).

Tabela 5.8. Nadbałtyckie terminale kontenerowe w Polsce

Nazwa terminalu	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
OT Port	660	0	2	2	13,2	850	600
DCT Gdańsk	1 300	35	11	8	16,5	2 600	10 400
GTK	365	2	1	0	9,8	1 200	6 300
BCT Gdynia	800	20	8	9	12,7	4 100	3 100
GCT	620	14	6	15	13,5	3 300	2 700
DB Port	1 000	4	2	2	9,5	500	2 600

Źródło: opracowanie własne.

Na terenie Polski działa obecnie sześć terminali zajmujących się przeładunkiem jednostek skonteneryzowanych: po dwa w portach w Gdańsku i Gdyni oraz po jednym w Szczecinie i Świnoujściu¹⁰ (tab. 5.8). Na terenie każdego z nich do przeładunku kontenerów wykorzystywane są suwnice nabrzeżowe, a w pięciu (z wyjątkiem Świnoujścia) również placowe. Dzięki nabrzeżu o długości 16,5 m DCT Gdańsk jako pierwszy z polskich morskich węzłów transportowych przełamał monopol portów Morza Północnego na obsługę europejskich relacji oceanicznych z krajami azjatyckimi. Między innymi z tego powodu, biorąc pod uwagę rynek bałtycki, DCT jest jednym z liderów w ilości przeładowywanych TEU rocznie (w roku 2018 obroty te wyniosły ponad 1,9 mln). Z kolei roczna wielkość obrotów wyrażona w kontenerach 20-stopowych w GTK oraz terminalach w Szczecinie i Świnoujściu nie przekracza już 150 tys.¹¹ Ponadto w gdyńskim porcie działa najstarszy terminal przeładunkowy w Polsce – BCT Gdynia, oraz sąsiadujący z nim GCT, których roczne maksymalne możliwości przeładunkowe wynoszą ponad 1,8 mln TEU.

Tabela 5.9. Nadbałtyckie terminale kontenerowe w Rosji

Nazwa terminalu	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
BCT Baltijsk	205	4	0	1	9,5	13 100	3 400
KSCP	420	0	0	2	9,6	2 500	3 100
Bronka CT	1 220	8	4	8	14,4	1 500	5 500
CTSP	787	19	4	3	11,4	4 000	4 600
FCT	780	12	7	12	11,0	2 600	3 000
MD	321	5	1	2	8,9	230	10 900
NMT	738	1	1	5	11,0	2 900	3 200
PLP	2 201	20	10	13	11,0	3 700	4 000
RFT	150	0	0	3	7,4	1 000	4 100
ULCT	440	11	4	5	13,5	3 100	8 500

Źródło: opracowanie własne.

10 Początkowo porty w Szczecinie i Świnoujściu funkcjonowały pod jedną nazwą DB Port Szczecin-Świnoujście. Jednak na początku 2008 r. PTK Holding SA z Zabrzeża (później DB Schenker Rail Polska SA) i Odratrans SA z Wrocławia (później OT Logistics SA) nabyło udziały Portu Handlowego Świnoujście od Zarządu Morskich Portów Szczecin i Świnoujście SA. We wrześniu 2012 r. OT Logistics SA odkupiło udziały od DB Schenker Rail Polska SA i przejęło pakiet kontrolny portu. Firma oficjalnie zmieniła nazwę na OT Port Świnoujście Sp. z o.o. w kwietniu 2015 r. (*Historia Spółki*, 2019).

11 Co ciekawe, do 2003 r. przeładunki w Szczecinie i Gdańsku kształtowały się na podobnym poziomie (ok. 20 tys. TEU), a jeszcze w 2006 r. to Gdynia miała największy udział przeładunku kontenerów ze wszystkich portów polskich (Kotowska, Pluciński, 2010, s. 189–190).

Rosja posiada, podobnie jak Finlandia, aż 10 nadbałtyckich terminali kontenerowych, przy czym najważniejsze z nich znajdują się w Petersburgu (tab. 5.9). Roczna wielkość obrotu wyrażona w TEU przekracza 150 tys. w siedmiu rosyjskich bazach (z wyjątkiem RFT oraz terminali w Kaliningradzie i Bałtyjsku). Jak wynika z informacji zawartych w tabeli 5.9, tylko dwa rosyjskie terminale nie posiadają suwnic nabrzeżowych i placowych (KSCP, RFT). Zdecydowanie najmniej korzystną lokalizację ma terminal w Bałtyjsku (13,1 km od najbliższych autostrad i dróg ekspresowych/krajowych) oraz terminal kontenerowy Moby Dick (MD) (10,9 km od najbliższej krajowej stacji kolejowej).

Tabela 5.10. Nadbałtyckie terminale kontenerowe w Szwecji

Nazwa terminalu	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
ÅCT	400	0	0	2	7,0	1 500	15 900
GCT Gävle	328	0	2	2	10,1	8 400	7 900
APMT	1 800	0	10	10	16,0	1 900	10 300
Halmstadt	500	0	1	1	8,5	3 700	1 200
Vasthamnen	700	0	4	8	13,5	1 600	3 900
Karlshamn CT	200	0	0	1	10,5	2 300	4 900
Pampus	340	0	2	4	14,2	6 800	6 500
Haraholmen	600	0	0	0	7,5	12 400	13 500
Sydhamnen	320	0	0	2	10,0	1 200	2 500
CTF	240	0	2	3	10,4	2 400	4 800
SCA Logistics Sundsvall	800	0	1	1	12,3	2 400	6 700
SCA Logistics Umeå	185	0	2	1	11,0	900	14 000
VCT	400	0	0	1	7,5	1 700	700

Źródło: opracowanie własne.

Najwięcej terminali kontenerowych w RMB znajduje się w Szwecji (tab. 5.10), jednak biorąc pod uwagę roczną liczbę przeładowywanych na ich terenie kontenerów 20-stopowych, tylko cztery mogą być zaliczone do dużych węzłów nadbałtyckich. Największym z nich jest baza w Göteborgu (potencjał przeładunkowy terminalu to 1 mln TEU), która obsługuje aż 10 połączeń liniowych, a do przeładunku kontenerów wykorzystuje 10 suwnic nabrzeżowych STS. Podobnie jak w przypadku wszystkich pozostałych szwedzkich terminali, również na terenie APMT nie korzysta się jednak z suwnic placowych RTG. Na drugim miejscu plasują się *ex aequo* terminale w: Gävle, Helsingborgu i Norrköping (przepustowość każdego z nich to ok. 300 tys. TEU rocznie). Biorąc pod uwagę odległość od naj-

bliższych autostrad i dróg ekspresowych/krajowych, najlepsze położenie ma baza SCA Logistics w porcie Umeå (0,9 km), a najgorsze terminal kontenerowy w Piteå (Haraholmen, 12,4 km). Terminal w Åhus jest z kolei najdalej oddalony od krajowej stacji kolejowej (15,9 km). Krajowa stacja kolejowa znajduje się najbliżej węzła w Varbergu (0,7 km).

5.3. Wybrane metody analizy wielokryterialnej

Wielokryterialne podejmowanie decyzji to dziedzina badań operacyjnych, analizująca problemy decyzyjne przynajmniej jednego decydenta, który rozpatruje skończony zbiór wariantów pod kątem co najmniej dwóch kryteriów¹². Decydent dąży do pozyskania jak najdokładniejszej informacji na temat interesującego go zjawiska, poprzez opracowanie szczegółowego opisu alternatyw oraz samych kryteriów. Nie zawsze musi on szukać rozwiązania optymalnego. Decydent może bowiem zdecydować się na ustalenie podzbioru tych wariantów, które są równoważne bądź nieporównywalne, a jednak przewyższają inne obiekty z puli alternatyw. Uzupełnieniem dla wspomnianego wcześniej problemu decyzyjnego może być też problem sortowania, który polega na przydzielaniu wariantów do utworzonych wcześniej kategorii. Decydent może również zdecydować się na zbudowanie rankingu, który umożliwi mu porównanie wariantów między sobą. Aby kompleksowo ukazać różnice w poziomach satysfakcji potrzeb decydenta przez warianty względem wszystkich kryteriów, wraz z logiką agregacji należy określić pewne parametry samych kryteriów (wagi, parametry skalujące), odzwierciedlające istotność danego kryterium względem innych (Trzaskalik, 2014a, s. 240–241).

Agregacja wielokryterialna jest realizowana przy wykorzystaniu różnych metod matematycznych, które opierają się na dwóch podejściach. Pierwsze z nich – zwane klasycznym, bazuje na kryterium syntetycznym. Przypisuje ono wariantom wyrażoną za pomocą liczby pozycję, zgodnie z przyjętą wcześniej skalą ocen. Dzięki temu zabiegowi zbiór wariantów zostaje uporządkowany, a ryzyko nieporównywalności wyeliminowane. Drugie podejście – oparte na syntetycznym przewyższaniu, nie ogranicza się do analizy poziomów realizacji wariantów, ale je porównuje między sobą. Nadrzędnym celem jest tu opracowanie relacyjnego systemu preferencyjnego oraz określanie relacji zachodzących między porównywanymi obiektami na podstawie ich parametrów (Wachowicz, 2013, s. 109–112).

¹² Więcej na ten temat zob.: Ehr Gott (2005); Gelderman, Schöbel (2011); Kaliszewski (2008); Nowak (2008); Roy (1990).

Z kolei problem wielokryterialnej optymalizacji dyskretnej (WOD) polega na wskazaniu najlepszej decyzji z dyskretnego, n -elementowego zbioru. Każda decyzja jest oceniana przy pomocy K kryteriów. Metody WOD stosowane są w sytuacjach, gdy decydent określił pewien skończony lub przeliczalny zbiór wariantów (w przypadku skończonym złożony z n elementów), spośród których chce wybrać ten najlepiej odpowiadający jego preferencjom, określonym za pomocą wspomnianych wcześniej K kryteriów. Metody WOD mają szereg zalet w porównaniu z tradycyjnymi metodami podejmowania decyzji (Trzaskalik, 2008, s. 189):

- dzięki zhierarchizowaniu wariantów i kryteriów pozwalają spojrzeć na problem z szerszej perspektywy;
- umożliwiają ocenę kryteriów wymiennych, jak i niewymiennych;
- eliminują subiektywizm w podejmowaniu decyzji;
- pozwalają racjonalnie uzasadnić podjętą decyzję;
- umożliwiają przeprowadzenie analizy wrażliwości, tj. analizę wpływu zmian poszczególnych ocen cząstkowych na ostateczną decyzję.

Istnieje wiele klasyfikacji metod wielokryterialnego wspomaganie decyzji. Według jednej z nich metody te podzielić można na trzy grupy: metody wieloattributowej teorii użyteczności (np. UTA, SMART, ANP, AHP), metody oparte na relacji przewyższania (ELECTRE, PROMETHEE, ORESTE) oraz metody interaktywne (GDF, STEM, LBS). Do najpopularniejszych i najczęściej stosowanych należą: AHP oraz PROMETHEE II (Trzaskalik, 2008). Są to metody rankingowe, w których nie jest możliwe wystąpienie sytuacji nieporównywalności. W obu tych metodach mamy do czynienia z pewnym rozmyciem ocen wariantów. W PROMETHEE II realizowane jest ono przez wykorzystanie progów równoważności i preferencji, zaś w AHP częściowe rozmycie występuje dlatego, że wartości danego kryterium mogą być przyporządkowane tylko do jednej z n kategorii oceny. Analogicznie, tylko na n kategoriach da się podzielić wagi poszczególnych kryteriów (Piwowski, Ziemia, 2009, s. 138; Solecka, 2015, s. 4521). Ponieważ obie wspomniane metody wykorzystane zostały w badaniu konkurencyjności nadbałtyckich terminali kontenerowych, omówiono je szerzej w kolejnych dwóch podrozdziałach.

5.3.1. Opis i charakterystyka metody AHP

Metoda nazywana analitycznym procesem hierarchicznym AHP została opracowana przez amerykańskiego matematyka Thomasa Saaty'ego (1980). Uwzględnia ona subiektywną ocenę decydenta, który nadaje wagi poszczególnym kryteriom. Jest to niezwykle przydatne tam, gdzie większa część kryteriów ma charakter jakościowy, a głównym źródłem ocen jest doświadczenie decydenta. Metoda umożliwia dekompozycję złożonego problemu decyzyjnego i utworzenie rankingów finalnego według preferencji decydenta (kryteriów) dla skończonego

zbioru wariantów, pomagając tym samym decydentowi w znalezieniu takiego wariantu, który najlepiej odpowiada jego rozumieniu problemu (Downarowicz i in., 2000, s. 8).

Modelowanie za pomocą AHP jest przydatne szczególnie wtedy, gdy nie jest znana zależność funkcyjna między elementami problemu decyzyjnego opisanego w postaci hierarchii czynników, natomiast jest możliwy do oszacowania rezultat występowania danych własności i ich efektu praktycznego. Cel nadrzędny zdefiniowany jest jako stan docelowy, o największym stopniu ogólności, wynikający z pomyślnego rozwiązania problemu decyzyjnego. Jest on wynikiem realizacji celów głównych, przyczyniających się do realizacji celu nadrzędnego. Cele główne składają się z celów cząstkowych (pomocniczych) (Trzaskalik, 2014a, s. 242). Innymi słowy, analiza problemu decyzyjnego metodą AHP odbywa się w dwóch fazach (Saaty, 1990):

- opracowanie hierarchicznej reprezentacji problemu. Na najwyższym poziomie hierarchii znajduje się cel nadrzędny, a na poziomie najniższym – rozważane warianty decyzyjne. Poziomy pośrednie zajmują czynniki składowe problemu, jak kryteria decyzyjne lub inne czynniki wpływające na stopień realizacji celu nadrzędnego i wybór najlepszego wariantu. Liczba poziomów pośrednich zależy od złożoności problemu i przyjętego przez decydenta problemu decyzyjnego;
- wygenerowanie ocen z wzajemnego porównania kryteriów wyboru (preferencji globalnych) oraz rozważanych wariantów (preferencji lokalnych). Wymaga to dokonania przez oceniającego serii porównań parami elementów, znajdujących się na każdym z poziomów modelu hierarchicznego, związanych z elementem znajdującym się na poziomie wyższym. Istotność każdego kryterium i czynnika w modelu hierarchicznym wyznacza się przez przekształcenie ocen pozyskanych od decydenta z porównań parami.

W praktyce metodą AHP realizuje się w czterech krokach (Kozioł i in., 2011, s. 1620–1621):

1. Budowa modelu hierarchicznego. Dekompozycja problemu decyzyjnego i budowa hierarchii czynników (kryteriów), wpływających na rozwiązanie problemu.
2. Ocena przez porównania parami. Zebranie ocen porównania parami kryteriów oraz wariantów decyzyjnych przez zastosowanie względnej skali dominacji.
3. Wyznaczenie preferencji globalnych i lokalnych. Określenie wzajemnych priorytetów w odniesieniu do kryteriów i wariantów decyzyjnych.
4. Klasyfikacja wariantów decyzyjnych. Wyznaczenie uporządkowania wariantów decyzyjnych ze względu na ich udział w realizacji celu nadrzędnego.

Jedną z podstawowych zalet metody AHP jest możliwość uwzględnienia i porównania ze sobą różnych kategorii elementów (mierzalnych i niemierzalnych) w ramach jednego modelu hierarchicznego. W jednym modelu AHP łączyć też

można dwa rodzaje pomiaru: względny (relatywny) i bezwzględny (absolutny). Decyzja dotycząca użycia danego rodzaju pomiaru, zapada na etapie budowania struktury hierarchicznej. Ograniczenie obliczeń do algebry liniowej i rachunku wektorowego ułatwia implementację komputerową oraz stosowanie metody w praktyce decyzyjnej. Z kolei dekompozycja skomplikowanego problemu na elementy składowe oraz graficzne określenie zależności między nimi pozwala na uporządkowanie i usystematyzowanie problemu, jednocześnie umożliwiając lepsze zrozumienie i podjęcie racjonalnego wyboru. Porównywanie parami i jego przeprowadzanie za pomocą przyjętej skali¹³ pozwalają natomiast oceniającemu skupić się na wszystkich szczegółach związanych z porównywanymi obiektami (Prusak, Stefanów, 2014, s. 38–55).

Metoda AHP ma jednak również pewne ograniczenia. Po pierwsze, ten sam problem może posiadać różne rozwiązania końcowe ze względu na możliwość budowania różnych hierarchii. Po drugie, problem przedstawiony jako model hierarchiczny może nadmiernie upraszczać skomplikowaną rzeczywistość. Metoda AHP jest też bardzo wrażliwa na nawet najmniejsze nieścisłości i błędy powstałe na etapie porównań parami, co prowadzić może do niepoprawnych wyników. Wreszcie czas, którego eksperci potrzebują na dokonanie wszystkich porównań parami, w nawet niezbyt złożonym modelu AHP, jest często bardzo długi (Downarowicz i in., 2000, s. 13–14; Prusak, Stefanów, 2014, s. 245–249).

Obliczenia w metodzie AHP można podzielić na trzy etapy:

1. Budowa macierzy porównań parami dla n obiektów osobno w ramach każdego z kryteriów oraz dla samych kryteriów.
2. Wyznaczenie rankingów indywidualnych dla każdej z macierzy etapu 1.
3. Wyznaczenie rankingów wielokryterialnego dla n obiektów¹⁴.

W pierwszym etapie należy zbudować macierze porównań parami dla n obiektów w ramach każdego kryterium ($\mathbf{A}^{(1)}, \mathbf{A}^{(2)}, \dots, \mathbf{A}^{(k)}$) oraz macierz porównań parami dla kryteriów względem siebie ($\mathbf{A}^{(0)}$) (Adamus, Gręda, 2005, s. 14). W przypadku, gdy kryteria są cechami mierzalnymi, procedurę tworzenia macierzy porównań parami można uprościć i zautomatyzować. Zakładając, że decyzja optymalna będzie maksymalizowana, dla każdego kryterium k należy wyznaczyć rozstęp i podzielić go na przyjętą liczbę n równych przedziałów. W porównywaniu obiektu i z obiektem j w ramach kryterium k należy obliczyć różnicę $m_i^{(k)} - m_j^{(k)}$. Wartość bezwzględna takiej różnicy kwalifikuje się do jednego z n przedziałów i prowadzi do nadania porównaniu obiektu i z obiektem j jednej z rang 1, 2, ..., n . Wartość dodatnia różnicy $m_i^{(k)} - m_j^{(k)}$ pozostawia

13 Saaty – twórca metody, przyjęcie dziewięciostopniowej skali opartej na liczbach naturalnych uzasadnia przyczynami i zjawiskami psychologicznymi oraz twierdzeniem, że człowiek jest w stanie porównać ze sobą jednocześnie najwyżej 7 ± 2 obiekty. W tym miejscu warto jednak zauważyć, iż dziewięciostopniowa skala, choć rekomendowana w oryginalnym opisie metody, nie jest jedyną dopuszczalną i stosowaną w praktyce badawczej.

14 Etapy te szerzej opisał m.in. Trzaskalik (2014b).

wyznaczoną rangę bez zmian, tj. generowany element macierzy porównań parami $a_i^{(k)} = \text{ranga}$. Wartość ujemna skutkuje zmianą rangi na jej odwrotność, tj. $a_i^{(k)} = 1/\text{ranga}$. W przypadku minimalizacji postępujemy w identyczny sposób, lecz dodatkowo mnożymy oceny mierników $m_i^{(k)}$ przez (-1) . Macierz $A^{(0)}$ tworzymy tak samo jak wcześniejsze macierze, tylko w miejsce wartości mierników $m_i^{(k)}$ należy użyć wartości wag przy kryteriach ($w^{(k)}$). W porównaniach macierzy parami używa się przyjętej skali przymiotnikowej (np. dziewięciostopniowej skali Saaty'ego, tab. 5.11) przekładanej na wartości liczbowe. Skala ta informuje o tym, jak alternatywa j odnosi się do alternatywy i (Tułeczki, Król, 2007, s. 173).

Tabela 5.11. Dziewięciostopniowa skala preferencji według Saaty'ego

Ranga	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ocena werbalna (jakościowa)	równie preferowany	równie do nieznacznie	nieznacznie preferowany	nieznacznie do silnie	silnie preferowany	silnie do bardzo silnie	bardzo silnie preferowany	bardzo silnie do wyjątkowo	wyjątkowo preferowany

Źródło: opracowanie własne na podstawie Saaty (1980).

Macierze porównań parami muszą spełniać następujące warunki:

- warunek centralny:
 $a_{ij}^{(k)} = 1/a_{ji}^{(k)}$ oraz $a_{ii}^{(k)} = 1$ dla $i, j = 1, 2, \dots, m$ oraz $k = 1, 2, \dots, n$;
- warunek zgodności, odzwierciedlający spójność ocen decydenta:
 $a_{ij}^{(k)} = a_{ir}^{(k)} \cdot a_{rj}^{(k)}$ dla $i, j, r = 1, 2, \dots, m$ oraz $k = 1, 2, \dots, n$.

Proces generowania macierzy porównań parami bazuje na subiektywnych ocenach decydenta. Przy dużej liczbie wariantów bądź kryteriów nietrudno o utratę spójności ocen. Badanie spójności ocen ma na celu wyeliminowanie błędów wynikających z niekonsekwentnych opinii oraz sprawdzenie, czy zbudowany przez decydenta model jest poprawny (Solecka, 2015, s. 4524). W celu sprawdzenia poprawności ocen zawartych w macierzy porównań parami, należy wyznaczyć wartość współczynnika spójności CR:

$$CR = CI / RI \quad (5.1),$$

gdzie:

CI – indeks spójności;

RI – indeks losowy.

Według T.L. Saaty'ego wartość współczynnika spójności nie powinna przekraczać 0,1. Jeżeli wartość otrzymana z obliczeń jest większa od 0,1, to należy powtórzyć przeprowadzenie analizy ocen. Wartość współczynnika RI jest natomiast odczytywana z opracowanej przez Saaty'ego tabeli (tab. 5.12).

Tabela 5.12. Współczynniki losowe zgodności

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,4	1,45	1,49	1,51	1,54	1,56	1,57	1,58

Źródło: Saaty (1994, s. 84).

W tabeli 5.12 podane są wartości indeksu losowego RI dla problemów decyzyjnych o maksymalnej liczbie obiektów nieprzekraczającej 15. Dla obliczeń z większą liczbą wariantów należy użyć aproksymacji ciągu Saaty'ego za pomocą wielomianu trzeciego stopnia z odwrotnościami (Miszczynska, 2003, s. 127):

$$RI = 1,696994 - \frac{0,90501}{n} - \frac{13,48139}{n^2} + \frac{16,80601}{n^3} \quad (5.2)$$

Indeks spójności CI wyliczyć można z kolei z następującego wzoru:

$$CI = \frac{\lambda_{\max}^{(k)} - m}{m - 1} \quad (5.3),$$

gdzie:

$\lambda_{\max}^{(k)}$ – maksymalna wartość własna macierzy porównań $\mathbf{A}^{(k)}$.

W etapie drugim należy wyznaczyć rankingi indywidualne dla każdej z macierzy pierwszego etapu (Michalska, Pośpiech, 2011, s. 263–264):

- dla każdej kolumny macierzy \mathbf{A} wyznacza się współczynniki k_j jako sumę współczynników a_{ij} w tej kolumnie;
- elementy macierzy porównań parami są następnie normowane kolumnami poprzez podzielenie każdego współczynnika a_{ij} przez odpowiedni współczynnik k_j . Unormowaną macierz oznaczamy jako $\bar{\mathbf{A}}^{(k)} = [\bar{a}_{ij}^{(k)}]$;
- w każdym wierszu unormowanej macierzy wyznaczana jest średnia wartość $s_i^{(k)}$ dla elementów $\bar{a}_{ij}^{(k)}$.

Wielkości $s_i^{(k)}$ nazywane są indywidualnymi indeksami preferencji. Wektor kolumnowy $\mathbf{s}^{(k)}$ jest wektorem rankingu indywidualnego. Wartość indywidualnego indeksu preferencji $s_i^{(k)}$ służy do określenia pozycji i -tego wariantu decyzyjnego w rankingu indywidualnym w ramach kryterium k . Im wyższa wartość

indeksu $s_i^{(k)}$, tym wyższa pozycja obiektu i w ramach danego kryterium. Inaczej mówiąc, w ramach kryterium k warianty o wyższym indywidualnym indeksie preferencji są bardziej preferowane niż te o niższej wartości tego indeksu. Podobne postępowanie przeprowadza się w przypadku macierzy porównań parami dla samych kryteriów ($\mathbf{A}^{(0)}$). Wartość indeksu $s_i^{(0)}$ wskazuje na pozycję kryterium i w rankingu indywidualnym względem pozostałych $n-1$ kryteriów.

Trzecim etapem jest wyznaczenie rankingu wielokryterialnego n obiektów, który otrzymujemy wyliczając wektor wielokryterialnych indeksów preferencji $\mathbf{P} = [p_i]$:

$$p_i = \sum_{k=1}^K s_k^{(0)} s_i^{(k)} \quad (5.4)$$

Wartość wielokryterialnego indeksu preferencji wskazuje pozycję obiektu i w rankingu wielokryterialnym. Im wyższa wartość indeksu p_i , tym wyższa pozycja obiektu i . Innymi słowy, wariant o najwyższej wartości p_i jest wariantem najlepszym, biorąc pod uwagę kryteria postawione przez decydenta (Michalska, Pośpiech, 2011, s. 264).

5.3.2. Opis i charakterystyka metody PROMETHEE II

Metoda PROMETHEE II, podobnie jak metoda AHP, służy do dyskretnej optymalizacji wielokryterialnej¹⁵. W przeciwieństwie do AHP liczba analizowanych w niej wariantów nie musi być jednak ograniczona. Decydent nie musi dokonywać samodzielnie porównań parami poszczególnych wariantów ze względu na wszystkie kryteria, lecz może w tym celu wykorzystać odpowiednią funkcję. Oszczędza to czas spędzony na żmudnych obliczeniach, jak również pomaga uniknąć problemu niezgodności ocen. Dla każdego wariantu decyzyjnego wyróżnia się n kryteriów decyzyjnych. Dla kryteriów wyznacza się mierniki $m_i^{(k)}$, kierunki optymalizacji (minimum lub maksimum) oraz wagi w_k .

Procedurę postępowania w tej metodzie można przedstawić w pięciu etapach (Miszczyńska, 2002, s. 180–184):

1. Wyznaczenie wartości funkcji preferencji dla wszystkich par obiektów w ramach każdego z kryteriów.
2. Wyznaczenie indywidualnych indeksów preferencji dla wszystkich par obiektów w ramach każdego z kryteriów (normalizacja wartości funkcji preferencji).
3. Wyznaczenie wielokryterialnych indeksów preferencji dla wszystkich par obiektów.

15 Więcej informacji na temat metody PROMETHEE II zob.: Bahzadian i in. (2010); Brans, Mareschal (2005); Brans, Vincke (1985); Górecka (2009); Trzaskalik (2014b).

4. Wyznaczenie przepływów dominacji (wejścia, wyjścia, netto) dla każdego z obiektów.

5. Wyznaczenie rankingu obiektów na podstawie przepływów dominacji netto.

Oznaczmy przez $m_i^{(k)}$ ocenę i -tego obiektu względem k -tego kryterium. Do porównania par wariantów (i, j) w ramach kryterium k służy funkcja preferencji $r^{(k)}(i, j)$ wyliczana ze wzoru:

$$r^{(k)}(i, j) = \begin{cases} 0 & \text{gdy } m_i^{(k)} - m_j^{(k)} < 0 \\ m_i^{(k)} - m_j^{(k)} & \text{gdy } m_i^{(k)} - m_j^{(k)} \geq 0 \end{cases} \quad (5.5)$$

Kolejnym etapem jest wyznaczenie indywidualnych indeksów preferencji $H^{(k)}(i, j)$ dla każdej pary obiektów (i, j) w ramach pojedynczego kryterium k w zależności od wybranego uogólnionego kryterium, które pozwala normować relacje między poszczególnymi wariantami decyzyjnymi. Istotną kwestią jest takie dobranie kryterium uogólnionego, aby w miarę możliwości jak najwierniej reprezentowało ono rzeczywiste preferencje decydenta w ramach danego kryterium. W metodzie PROMETHEE II używa się sześciu podstawowych typów kryteriów uogólnionych (Kucharski, 2014, s. 44):

- zwykle kryterium (*usual criterion*), w którym dwa obiekty są obojętne względem siebie albo jeden dominuje nad drugim w sposób ścisły. W tym kryterium indeks preferencji przyjmuje dwie skrajne wartości 0 lub 1;
- quasi kryterium (*quasi criterion, U-shape criterion*), w którym indeks preferencji również przyjmuje wartość 0 lub 1, ale próg obojętności (indyferencji) q jest na poziomie $q > 0$. Powyżej tego progu występuje ścisła dominacja wariantu i nad wariantem j ;
- kryterium z liniową preferencją (*criterion with linear preference, V-shape criterion*), w którym wartość indywidualnego indeksu preferencji wariantu i względem wariantu j jest liniowo skorelowana z wartością funkcji preferencji $r^{(k)}(i, j)$ (wartość indeksu preferencji rośnie liniowo wraz ze wzrostem wartości funkcji preferencji) aż do momentu, w którym wartość $r^{(k)}(i, j)$ przekroczy pewien próg $p > 0$, zwany wskaźnikiem (progiem) preferencji. Poziom p jest granicą, powyżej której występuje ścisła dominacja obiektu i nad obiektem j ;
- kryterium poziomu (*level criterion*), wykorzystujące wskaźnik obojętności q oraz wskaźnik preferencji p ($q < p$). Dla wartości funkcji preferencji $r^{(k)}(i, j)$, nie przekraczającej progu q występuje obojętność względem siebie obu wariantów. Gdy wartość $r^{(k)}(i, j)$ zawiera się w przedziale (q, p) , mamy do czynienia ze słabą preferencją obiektu i nad obiektem j . Natomiast gdy $r^{(k)}(i, j)$ przekroczy próg p , występuje silna preferencja wariantu i względem wariantu j ;

- kryterium z liniową preferencją i obszarem obojętności (*criterion with linear preference and indifference area, V-shape with indifference criterion*), które jest bardzo zbliżone do kryterium poziomu, różni się natomiast tym, że gdy wartość funkcji preferencji znajduje się w przedziale $r^{(k)}(i, j) \in (q, p)$, indeksy preferencji wyliczane są liniowo względem wartości funkcji preferencji;
- kryterium Gaussa (*Gauss criterion*), bazujące na rozkładzie normalnym prawdopodobieństwa. Korzystanie z tego kryterium wymaga obliczenia wartości odchylenia standardowego s z wartości empirycznych mierników $m^{(k)}$ dla każdego z n wariantów.

Tabela 5.13. Typy uogólnionych kryteriów i odpowiadające im funkcje preferencji

Nazwa kryterium	Funkcja preferencji	Parametry
Kryterium zwykłe	$H^{(k)}(i, j) = \begin{cases} 0 & \text{gdy } r^{(k)}(i, j) = 0 \\ 1 & \text{gdy } r^{(k)}(i, j) > 0 \end{cases}$	brak
Quasi-kryterium	$H^{(k)}(i, j) = \begin{cases} 0 & \text{gdy } r^{(k)}(i, j) \leq q \\ 1 & \text{gdy } r^{(k)}(i, j) > q \end{cases}$	q
Kryterium z liniową preferencją	$H^{(k)}(i, j) = \begin{cases} 0 & \text{gdy } r^{(k)}(i, j) \leq 0 \\ \frac{r^{(k)}(i, j)}{p} & \text{gdy } 0 < r^{(k)}(i, j) \leq p \\ 1 & \text{gdy } r^{(k)}(i, j) > p \end{cases}$	p
Kryterium poziomu	$H^{(k)}(i, j) = \begin{cases} 0 & \text{gdy } r^{(k)}(i, j) \leq q \\ \frac{1}{2} & \text{gdy } q < r^{(k)}(i, j) \leq p \\ 1 & \text{gdy } r^{(k)}(i, j) > p \end{cases}$	q, p
Pseudokryterium (liniowe z obszarem obojętności)	$H^{(k)}(i, j) = \begin{cases} 0 & \text{gdy } r^{(k)}(i, j) \leq q \\ \frac{(r^{(k)}(i, j) - q)}{(p - q)} & \text{gdy } q < r^{(k)}(i, j) \leq p \\ 1 & \text{gdy } r^{(k)}(i, j) > p \end{cases}$	q, p
Kryterium gaussowskie	$H^{(k)}(i, j) = 1 - \exp\left(-\frac{(r^{(k)}(i, j))^2}{2s^2}\right)$	s

Źródło: Namieciński (2016, s. 147).

Listę uogólnionych kryteriów i sposób ich obliczenia przedstawia tabela 5.13. Kryteria od pierwszego do piątego wymagają określenia z góry, czy obiekty są obojętne względem siebie, czy też jeden dominuje nad drugim. Ewentualnie wprowadzają

pewne progi obojętności bądź preferencji, które mogą podlegać transformacji za pomocą zadanej funkcji. Progi te zostają ustalone w formie dialogu z użytkownikiem. W celu ustalenia progu równoważności udzielamy odpowiedzi na pytanie, w jakim zakresie różnic pomiędzy miernikami dla danego kryterium, różnice te nie mają dla użytkownika znaczenia. Próg preferencji ustalany jest z kolei dzięki odpowiedzi na analogiczne pytanie, przy czym w tym przypadku różnice między miernikami dla danego kryterium zaczynają mieć dla użytkownika bardzo duże znaczenie. Niewątpliwą zaletą kryterium Gaussa jest brak konieczności określania obszarów obojętności i preferencji, a także fakt, że indeksy preferencji są do siebie zbliżone w przypadku bardzo małych lub bardzo dużych wartości funkcji preferencji, a dla wartości średnich funkcji preferencji indeks preferencji zachowuje się w przybliżeniu liniowo, odwzorowując zależności dla różnych par obiektów niemal proporcjonalnie. Warto w tym miejscu zauważyć, że wartości parametrów p , q , s mogą być podane w dowolnej formie, jako liczby rzeczywiste bądź procent rozstępu wartości atrybutów dla danego kryterium. Jeżeli nie są podane, przyjmują wartości domyślne ($q = 10\%$ rozstępu, $p = 90\%$ rozstępu, $s = SD$, gdzie SD to odchylenie standardowe wartości atrybutów dla danego kryterium) (Kucharski, 2011, s. 327; Namieciński, 2015, s. 173–174).

Kolejnym krokiem w postępowaniu jest wyznaczenie wielokryterialnych indeksów preferencji dla każdej pary obiektów zgodnie ze wzorem:

$$\pi(i, j) = \frac{\sum_{k=1}^n w_k H^{(k)}(i, j)}{\sum_{k=1}^n w_k} \quad (5.6),$$

gdzie:

w_k – waga kryterium k reprezentująca jego istotność dla decydenta względem innych kryteriów.

Dzięki zastosowaniu powyższego wzoru do wyliczenia wielokryterialnego indeksu preferencji, użytkownik może podać dowolne dodatnie liczby rzeczywiste jako wagi, gdyż algorytm i tak dokona ich normalizacji.

Ostatnim krokiem jest wyliczenie przepływów dominacji dla każdej pary (i, j) :

- przepływ dominacji wyjścia (dodatni): $\varphi^+(i) = \sum_{j=1}^m \pi(i, j)$;
- przepływ dominacji wejścia (ujemny): $\varphi^-(i) = \sum_{j=1}^m \pi(j, i)$;
- przepływ dominacji netto: $\varphi(i) = \varphi^+(i) - \varphi^-(i)$.

Wartość $\varphi^+(i)$ jest oceną tego w jakim stopniu wariant i jest lepszy od pozostałych wariantów. Wartość $\varphi^-(i)$ jest oceną tego w jakim stopniu wariant i jest gorszy od pozostałych wariantów. Ostateczny ranking uzyskuje się przez uszeregowanie malejąco obiektów ze względu na wartość przepływów dominacji netto. Dodatnia wartość przepływu dominacji netto oznacza, że wariant jest w grupie wariantów dominujących, ujemna zaś przypisuje wariant do grupy wariantów zdominowanych.

5.4. Badanie konkurencyjności nadbałtyckich terminali kontenerowych

Konkurencyjność portów morskich można rozpatrywać jako „kombinację zasobów naturalnych lub zainicjowanych przez człowieka procesów, polegających na przetworzeniu zasobów w ekonomiczne efekty oraz umiędzynarodowieniu działalności gospodarczej” (Szwankowski, 2000, s. 115) lub jako „zdolność portów morskich do świadczenia takich usług, których ceny, jakość i inne walory są bardziej atrakcyjne od odpowiednich cech i usług oferowanych przez porty konkurencyjne” (Tubielewicz, 1987, s. 30). W niniejszej pracy przyjęto definicję konkurencyjności portu morskiego podaną przez Tubielewicz (2009, s. 346), według której polega ona na zdolności portów morskich do przewyższenia konkurencji w zakresie świadczonych usług.

Konkurencyjność można też określić jako miarę efektywności działania w przeszłości. Do sposobów wyznaczania konkurencyjności portów morskich, zalicza się w szczególności (Bernacki, 2003b, s. 56):

- miary fizyczne związane bezpośrednio ze skalą działalności transportowej (np. wielkość i struktura przeładunków, wielkość powierzchni składowej oraz magazynowej, długość nabrzeży przeładunkowych, liczba obsłużonych statków jak i ich tonaż);
- analizę przedpola i zaplecza portów;
- wielkość zatrudnienia, nakładów inwestycyjnych, liczbę i znaczenie podmiotów współpracujących z portem w otoczeniu.

Do najważniejszych czynników decydujących o konkurencyjności każdego portu morskiego zaliczyć można:

- położenie geograficzne;
- system połączeń transportowych z zapleczem i przedpołem;
- jakość usług portowych;
- stabilność społeczno-polityczną.

Spośród wymienionych powyżej czynników konkurencyjności, tylko położenie geograficzne nie zależy od aktywności portu, ale zdecydowanie podnosi konkurencyjność węzłów zlokalizowanych przy głównych szlakach żeglugowych, w obrębie dużych ośrodków produkcji/konsumpcji czy też w miejscach o dogodnych warunkach naturalnych. Podstawowym czynnikiem konkurencyjności portów morskich są jednak przede wszystkim połączenia transportowe z zapleczem. Port posiadający dostęp do gęstej sieci sprawnych połączeń lądowych, wygra walkę o ładunki z portem świadczącym usługi podobnej jakości, ale takich połączeń pozbawionym. Z kolei na jakość świadczonych przez port usług wpływa m.in. szybkość obsługi, niezawodność, bezpieczeństwo i dostępność oraz częstotliwość połączeń żeglugowych oferowanych przez poszczególnych przewoźników. Wreszcie stabilność społeczno-ekonomiczna jest czynnikiem szczególnie istotnym dla

statków obsługujących nowoczesne linie kontenerowe, eksploatowanych według ścisłych rozkładów rejsów i ostrych reżimów czasowych, dla których zakłócenia w pracy portu są nie do zaakceptowania (Klimek, 2006, s. 121–122).

Z kolei na konkurencyjność morskiego terminalu kontenerowego wpływ mają przede wszystkim czynniki, takie jak: infrastruktura techniczna, organizacja pracy terminalu, zastosowanie zaawansowanych technologii informatycznych, a także świadczenie kompleksowych usług logistycznych (Urbanyi-Popiołek, 2010, s. 1).

Ponieważ to infrastruktura techniczna jest podstawowym czynnikiem warunkującym możliwość funkcjonowania każdej kontenerowej bazy przeładunkowo-składowej, w opisywanej w niniejszej pracy analizie konkurencyjności nadbałtyckich terminali kontenerowych, skoncentrowano się na tych elementach terminalu, których prawidłowa budowa i rozplanowanie decydują o jego efektywności. Na potrzeby przeprowadzanego badania przyjęto, iż są to wspomniane uprzednio: długość nabrzeża, maksymalna głębokość przy nabrzeżu oraz odległość od najbliższych autostrad, dróg ekspresowych/krajowych i krajowej stacji kolejowej. Ponadto w badaniu pod uwagę wzięto czynniki suprastrukturalne (liczba pracujących na terminalu suwnic nabrzeżowych i placowych) oraz usługowe (liczba połączeń liniowych jakie dany terminal obsługuje).

W zależności od roli i wielkości terminalu, nabrzeża służące do postoju i obsługi statków od strony lądu, mogą posiadać od jednego do kilku stanowisk postojowych o różnej długości, na których mogą (choć nie muszą) pracować suwnice kontenerowe nabrzeżowe STS. Z kolei do obsługi kontenerów na placach składowych często wykorzystywane są placowe suwnice samojezdne na kołach ogumionych RTG¹⁶. Ponadto efektywność i sprawność obsługi jednostek skonteneryzowanych wymaga odpowiedniego dostępu od strony przedpola i zaplecza lądowego. O dobrej dostępności do portu od strony przedpola świadczy liczba utrzymywanych serwisów liniowych, a także odpowiednia głębokość torów podejściowych. Ponieważ bałtycki rynek kontenerowy ma charakter rynku dowozowego¹⁷ (większość połączeń kontenerowych komunikuje duże porty Morza Północnego – Hamburg, Bremerhaven, Rotterdam, Antwerpia, gdzie zawijają statki oceaniczne – z portami Bałtyku)¹⁸, w badaniu wykorzystano informacje o liczbie

16 W tym miejscu warto jeszcze raz zauważyć, że nie wszystkie morskie terminale kontenerowe korzystają z suwnic STS i RTG. W skład ich wyposażenia technicznego mogą bowiem wchodzić inne urządzenia, jak np. suwnice bramowe natorowe, wozy bramowe podsiębierne, wozy podnośnikowe boczne, wozy podnośnikowe czołowe czy też pojazdy wysięgnikowe (por. podrozdział 4.4.2.1).

17 Potwierdza to ranking 15 największych portów kontenerowych w Europie z 2018 r., w którym z portów nadbałtyckich znalazł się jedynie Gdańsk i to na ostatniej, piętnastej pozycji (Notteboom, 2019).

18 Do nielicznych wyjątków zalicza się m.in. połączenie Maersk Line, docierające statkiem oceanicznym do terminalu DCT w Gdańsku i, od niedawna, BCT w Gdyni (*Ocena oddziaływania*, 2011, s. 35).

stałych połączeń żeglugowych bliskiego zasięgu. Z kolei stworzenie odpowiedniej infrastruktury od strony lądu polega na zapewnieniu danemu terminalowi dogodnych połączeń drogowych i kolejowych z głównymi centrami gospodarczymi. Opisane kryteria wraz z ich wagą oraz kierunkiem, w którym każde z nich powinno podążać, przedstawiono w tabeli 5.14.

Tabela 5.14. Kryteria wybrane do analizy konkurencyjności wraz z ich wagami i pożądanym kierunkiem

Nazwa kryterium	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Kierunek kryterium	max	max	max	max	max	min	min
Waga kryterium	8	4	5	8	7	6	6

Źródło: opracowanie własne.

Dane dla pierwszych pięciu kryteriów zaczerpnięto bądź ze stron internetowych poszczególnych terminali, bądź różnego rodzaju opracowań zbiorczych. Jak wynika z tabeli 5.14, wszystkie te kryteria powinny być maksymalizowane. Największa waga (8) przypisana została kryteriom „długość nabrzeża” (K1) oraz „liczba połączeń żeglugowych” (K4), ponieważ parametry te znacząco wpływają na efektywność i dostępność morskich baz kontenerowych. Tylko nieco niższą wagę (7) nadano maksymalnej głębokości wody przy nabrzeżu (K5), jako iż jest to parametr determinujący wielkość statków mogących zawijać do danego portu, a przez to wpływający na możliwość utrzymywania połączeń oceanicznych. Za najmniej istotne uznano parametry „liczba STS” (K3, waga 5) oraz „liczba RTG” (K2, waga 4), gdyż niektóre terminale kontenerowe wykorzystują innego rodzaju urządzenia do przeładunku pojemników intermodalnych na nabrzeżu i placu składowym. Niemniej oba wspomniane kryteria zostały włączone do analizy, ponieważ korzystanie ze specjalistycznego sprzętu przeładunkowego znacząco poprawia efektywność baz kontenerowych. O sukcesie portu współdecyduje także dobre skomunikowanie z zapleczem, czyli dogodne połączenie z rozwiniętą infrastrukturą drogową i kolejową (Przybyłowski, 2010, s. 247; Wagner, 2014, s. 209). Odległości od autostrad i dróg ekspresowych/krajowych oraz krajowej stacji kolejowej ustalono na podstawie obliczeń własnych z wykorzystaniem programów nawigacyjnych i map cyfrowych, wytyczając je do najbliższej drogi danego rodzaju lub stacji kolejowej, na której pociąg może zmienić trasę. W obu przypadkach parametry dążą do minimum, a ich waga wynosi 6.

W tym miejscu warto raz jeszcze przypomnieć, iż w opisywanym badaniu kryteria zostały ograniczone z powodu trudności napotkanych podczas kompletowania danych. Przykładowo, część terminali nie zamieszcza na swoich stronach internetowych informacji na temat liczby posiadanych kolejowych

stanowisk przeładunkowych bądź liczby przyłączy dla kontenerów chłodniczych. W badaniu trzeba było też zrezygnować z porównania takich czynników jak wielkość placów przeładunkowo-składowych czy też magazynów zbiorczo-rozdzielczych, gdyż niektóre terminale podają całkowitą powierzchnię tego typu obiektów, a inne tylko powierzchnię operacyjną. Wreszcie ze względu na niejednorodność danych odnośnie liczby przeładowywanych rocznie kontenerów 20-stopowych, w badaniu jedynie pośrednio wykorzystano informacje na temat maksymalnej przepustowości poszczególnych baz kontenerowych. Dzięki temu wszystkie analizowane terminale podzielono na dwie bardziej jednorodne grupy. Oddzielnie przeprowadzono analizę konkurencyjności dla 25 największych nadbałtyckich węzłów kontenerowych (maksymalna możliwość przeładunkowa powyżej 150 tys. TEU rocznie) i ich 30 mniejszych odpowiedników (roczna maksymalna możliwość przeładunkowa poniżej 150 tys. TEU)¹⁹. Podział węzłów na wspomniane dwie grupy przedstawiono w tabeli 5.15, zaczynając od terminali o największych rocznych obrotach, wyrażonych w kontenerach 20-stopowych.

Spośród wszystkich, 55 analizowanych węzłów kontenerowych, 25 ma roczne maksymalne możliwości przeładunkowe wyższe niż 150 tys. TEU, podczas gdy 30 nie przekracza tej granicy. W zestawieniu największych terminali znajduje się siedem baz rosyjskich (co stanowi 70% wszystkich kontenerowych terminali nadbałtyckich w tym kraju), cztery polskie (66,7%) i cztery szwedzkie (33,3%), trzy fińskie (33,3%), dwie duńskie (28,6%), dwie litewskie (100%), dwie łotewskie (66,7%) oraz jedna estońska (100%). W grupie tej nie ma natomiast żadnego terminalu z niemieckiego portu Lubeka.

Tabela 5.15. Nadbałtyckie terminale kontenerowe w podziale na dwie grupy

Roczna maksymalna możliwość przeładunkowa w TEU	
Powyżej 150 tys.	Poniżej 150 tys.
DCT Gdańsk (PL)	BCT Baltiysk (RUS)
Mussalo CT (FIN)	ACT (DK)
FCT (RUS)	Oritkari (FIN)
Multi-Link Terminals/Steveco (FIN)	RCT (LV)
BCT Gdynia (PL)	ÅCT (DK)
Bronka CT (RUS)	Halmstadt (S)
PLP (RUS)	FCT Fredericia (DK)

19 Karwacka (2011, s. 697) przedstawia w swoim artykule podział terminali na trzy typy baz kontenerowych: peryferyjne o przeładunku rzędu kilkuset tys. TEU; duże (regionalne) o przeładunku powyżej miliona TEU; wielkie (tzw. huby kontynentalne).

Roczna maksymalna możliwość przetadunkowa w TEU	
Powyżej 150 tys.	Poniżej 150 tys.
APMT (S)	OT Port (PL)
CTSP (RUS)	GTK (PL)
APM-T-CS (DK)	CTF (S)
MCT (EE)	RFT (RUS)
GCT (PL)	SCT (DK)
Smelte (LT)	Hacklin (FIN)
NMT (RUS)	CTL (D)
KCT Klaipeda (LT)	LHG Skandinavienkai (D)
BCT Riga (LV)	LHG Nordlandkai (D)
ULCT (RUS)	LHG Schlutup (D)
Euroports Finland (FIN)	LHG Seelandkai (D)
MD (RUS)	Sydhammen (S)
GCT Gävle (S)	Ajos (FIN)
Västhammen (S)	AWT (FIN)
Pampus (S)	KSCP (RUS)
CCT (DK)	Karlshamn CT (S)
RUT (LV)	Haraholmen (S)
DB Port (PL)	SCA Logistics Umeå (S)
	VCT (S)
	SCA Logistics Sundsvall (S)
	Hangö Stevedoring (FIN)
	Röyttä (FIN)
	Kalundborg CT (DK)

Oznaczenia: D – Niemcy, DK – Dania, EE – Estonia, FIN – Finlandia, LT – Litwa, LV – Łotwa, PL – Polska, RUS – Rosja, S – Szwecja.

Źródło: opracowanie własne.

5.4.1. Ogólna analiza konkurencyjności nadbałtyckich terminali kontenerowych

Gdybyśmy wzięli pod uwagę każde kryterium z osobna (tab. 5.16), w grupie dużych terminali kontenerowych najlepsze wyniki osiąga DCT Gdańsk (w kategoriach K2, K3, K5), a najsłabsze – łotewski RUT (ze względu na kryteria K2,

K3, K6). Rosyjski Moby Dick (MD) słabo wypada ze względu na dwa kryteria (K4, K5), za to wygrywa w kategorii „odległość od autostrad i dróg ekspresowych/krajowych” (K6). Podobnie jest w przypadku fińskich terminali, które nie używają do przeładunku kontenerów suwnic placowych RTG (K2). O ile rozpatrywane łącznie dwa helsińskie terminale mają najlepsze wyniki pod względem kryterium długość nabrzeża (K1), to najgorsze osiągnęły dla odległości od krajowej stacji kolejowej (K7). Odwrotnie Euroports Finland – węzeł ten najlepiej wypadł ze względu na siódme kryterium, a najslabiej na pierwsze. Z kolei najwięcej połączeń żeglugowych bliskiego zasięgu obsługują duński APM-T-CS oraz polski GCT, a najmniej – oprócz wspomnianego już Moby Dick, DB Port oraz GCT Gävle.

Tabela 5.16. Maksima i minima dla poszczególnych $k = 7$ kryteriów (grupa dużych terminali)

Nazwa kryterium	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Max	2 500	35	11	15	16,5	14 200	16 500
Min	160	0	0	2	8,9	230	2 100

Źródło: opracowanie własne.

Zanim przystąpiono do analizy wielokryterialnej, dla lepszego rozpoznania konkurencji na rynku nadbałtyckich terminali kontenerowych wyznaczono mapy grup strategicznych dla dziewięciu nieskorelowanych par kryteriów²⁰ (wartość bezwzględna współczynnika korelacji liniowej Pearsona $|r| < 0,2$) (tab. 5.17).

Tabela 5.17. Współczynniki korelacji dla $k = 7$ kryteriów (duże terminale kontenerowe)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
K1	1	-	-	-	-	-	-
K2	0,13	1	-	-	-	-	-
K3	0,74	0,47	1	-	-	-	-
K4	0,45	0,19	0,61	1	-	-	-
K5	0,38	0,17	0,52	0,30	1	-	-
K6	-0,30	-0,12	-0,26	-0,16	-0,06	1	-
K7	0,27	-0,14	0,02	-0,04	0,23	0,20	1

Źródło: opracowanie własne.

²⁰ Więcej na temat tworzenia map grup strategicznych zob. Mruk (2003, s. 247–258).

Tabela 5.18. Absolutne udziały rynkowe w grupie dużych terminali kontenerowych

Terminal	Absolutne udziały rynkowe
DCT Gdańsk (PL)	16,19
Mussalo CT (FIN)	8,10
FCT (RUS)	6,75
Multi-Link Terminals/Steveco (FIN)	6,48
BCT Gdynia (PL)	6,48
Bronka CT (RUS)	5,40
PLP (RUS)	5,40
APMT (S)	5,40
CTSP (RUS)	4,05
APM-T-CS (DK)	3,78
MCT (EE)	3,78
GCT (PL)	3,43
Smelte (LT)	3,24
NMT (RUS)	2,70
KCT Klaipeda (LT)	2,43
BCT Riga (LV)	2,43
ULCT (RUS)	2,38
Euroports Finland (FIN)	2,16
MD (RUS)	2,16
GCT Gävle (S)	1,62
Västhallen (S)	1,62
Pampus (S)	1,62
CCT (DK)	0,81
RUT (LV)	0,81
DB Port (PL)	0,81

Źródło: opracowanie własne.

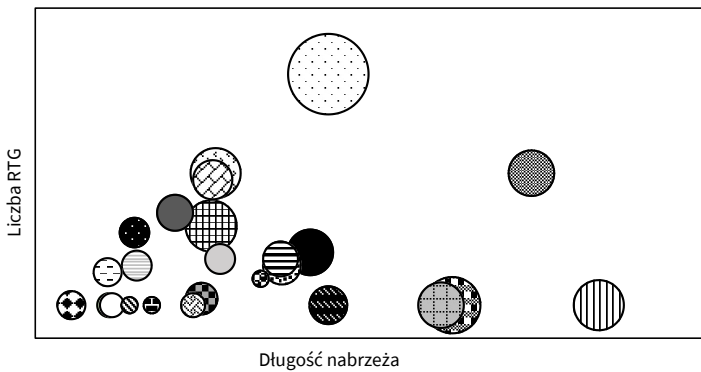
Zgodnie z oczekiwaniami, dość silna zależność liniowa ($|r| > 0,7$) występuje jedynie między długością nabrzeża (K1), a liczbą pracujących na nim suwnic nabrzeżowych STS (K3), podczas gdy większość kryteriów jest ze sobą skorelowana słabo lub wcale. Na podstawie powyższych wyników, na kolejnych wykresach (wyk. 5.1–5.9) wyznaczono skalę pomiaru, a następnie oceniono każdy terminal kontenerowy według wybranej pary kryteriów. Uzyskane wyniki naniesiono w formie punktów na wykres, przy czym wielkość każdego z punktów zależna była od wielkości

wskaźnika rynkowych udziałów absolutnych²¹ dla poszczególnych baz przeładunkowych (tab. 5.18). Na zakończenie tak przeprowadzonej analizy, wyznaczono obszar korzyści strategicznych. W przypadku rozpatrywanych par kryteriów przyjęto, iż najkorzystniej jest, gdy kryteria od pierwszego do piątego są maksymalizowane, a kryteria szóste i siódme dążą do minimum. W tabeli (tab. 5.19) zamieszczono opis oznaczeń użytych do wyznaczenia map grup strategicznych.

Tabela 5.19. Legenda oznaczeń dla map grup strategicznych

DCT Gdańsk	Bronka CT	MCT	BCT Riga	Vasthamnen
Mussalo CT	PLP	GCT	ULCT	Pampus
FCT	APMT	Smelte	Euroports Finland	CCT
Vuossari	CTSP	NMT	Moby Dick	RUT
BCT Gdynia	APM-T-CS	KCT Klaipeda	GCT Gavle	DB Port

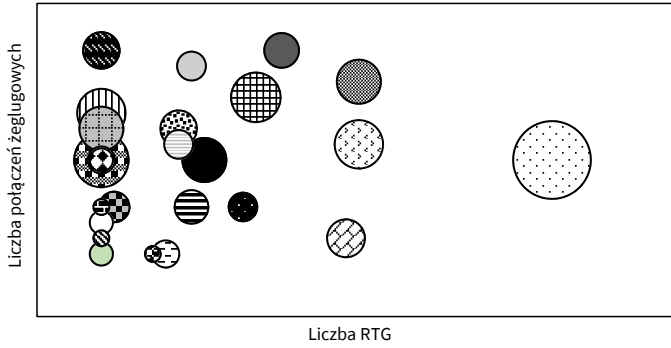
Źródło: opracowanie własne.



Wykres 5.1. Mapa grup strategicznych – długość nabrzeża vs. liczba RTG

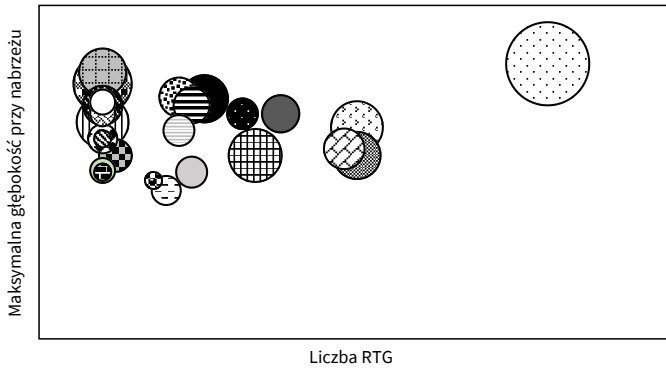
Źródło: opracowanie własne

²¹ Absolutne udziały rynkowe wyliczone zostały na podstawie danych o maksymalnych rocznych możliwościach przeładunkowych (TEU) poszczególnych terminali.



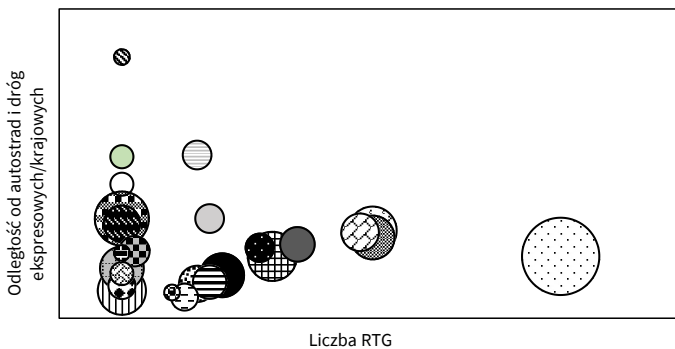
Wykres 5.2. Mapa grup strategicznych – liczba RTG vs. liczba połączeń żeglugowych bliskiego zasięgu

Źródło: opracowanie własne



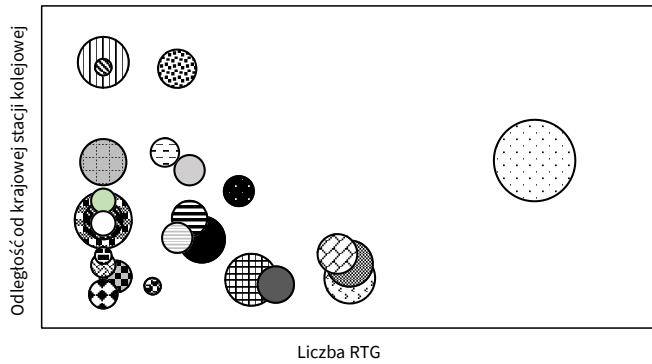
Wykres 5.3. Mapa grup strategicznych – liczba RTG vs. maksymalna głębokość przy nabrzeżu

Źródło: opracowanie własne



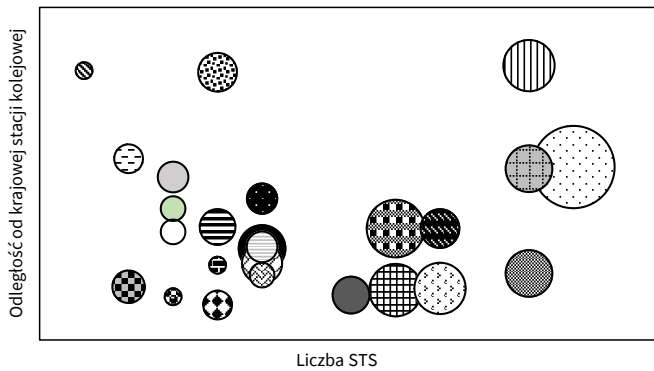
Wykres 5.4. Mapa grup strategicznych – liczba RTG vs. odległość od autostrad i dróg ekspresowych/krajowych

Źródło: opracowanie własne



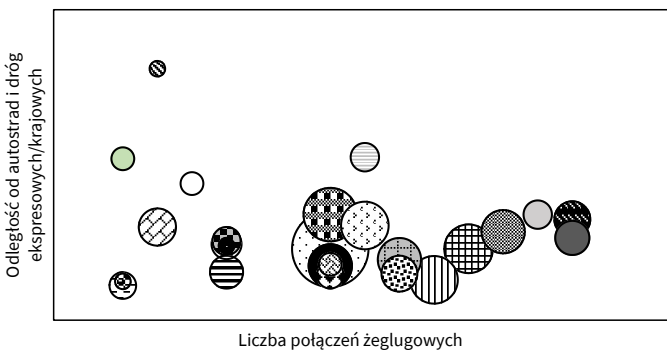
Wykres 5.5. Mapa grup strategicznych – liczba RTG vs. odległość od krajowej stacji kolejowej

Źródło: opracowanie własne



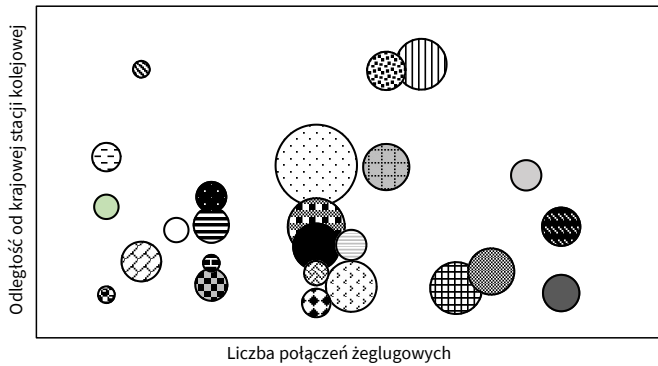
Wykres 5.6. Mapa grup strategicznych – liczba STS vs. odległość od krajowej stacji kolejowej

Źródło: opracowanie własne



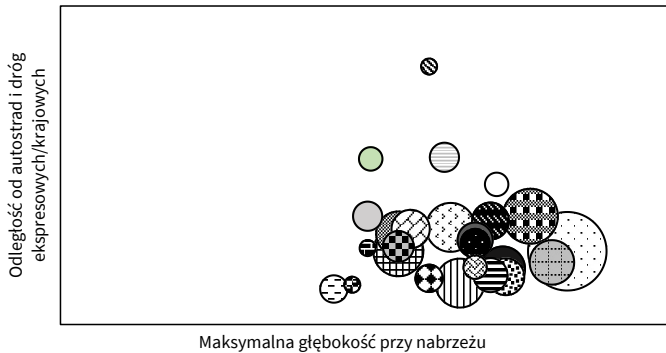
Wykres 5.7. Mapa grup strategicznych – liczba połączeń żeglugowych bliskiego zasięgu vs. odległość od autostrad oraz dróg ekspresowych/krajowych

Źródło: opracowanie własne



Wykres 5.8. Mapa grup strategicznych – liczba połączeń żeglugowych bliskiego zasięgu vs. odległość od krajowej stacji kolejowej

Źródło: opracowanie własne



Wykres 5.9. Mapa grup strategicznych – maksymalna głębokość przy nabrzeżu vs. odległość od autostrad i dróg ekspresowych/krajowych

Źródło: opracowanie własne

Najkorzystniejszą sytuację pod względem wybranych par kryteriów ma DCT Gdańsk, który posiada największy udział w rynku i w pięciu analizowanych przypadkach (wyk. 5.1–5.5) znajduje się w obszarze korzyści strategicznych. Stąd wniosek, iż terminal ten powinien też zająć wysoką pozycję w ostatecznych rankingach wielokryterialnych. Najgroźniejszymi jego konkurentami są BCT Gdynia oraz petersburskie PLP i CTSP, które mają jednak znacznie niższe udziały rynkowe. W ostatnim z prezentowanych wariantów (wyk. 5.9) przyjęć można, że poza obszarem korzyści strategicznych znajduje się zaledwie pięć baz przeładunkowych (BCT Riga, MD, GCT Gävle, RUT oraz DB Port). W trzech pozostałych wariantach nie można z kolei w ogóle wyznaczyć obszaru przewagi strategicznej. W dwóch przypadkach wynika

to ze zbyt dużego rozproszenia punktów odwzorowujących położenie konkurencyjne terminali na sporządzonych mapach (wyk. 5.6 oraz wyk. 5.8), a w jednym – ze zbyt dużej koncentracji punktów wokół zbliżonych do siebie wartości dla rozpatrywanej pary kryteriów (wyk. 5.7). Biorąc pod uwagę wszystkie analizowane pary kryteriów, najsłabiej w całym zestawieniu ponownie wypadł ryski RUT (tab. 5.16). Jednocześnie w grupie dużych nadbałtyckich terminali istnieje realne zagrożenie walką konkurencyjną, rozprzestrzeniającą się na cały sektor, zwłaszcza, że rozpatrywane morskie kontenerowe bazy przeładunkowe kierują swoją ofertę do tej samej grupy odbiorców (tj. największych armatorów kontenerowych świata).

Z kolei analizując osobno każde z siedmiu wybranych do badania kryteriów w grupie małych nadbałtyckich baz kontenerowych, najlepiej wypadają w niej terminale w Fredericii (K5, K6), Lubece (LHG Skandinavienkai – K1, K4) oraz Świnoujściu (K3, K7). Ponadto OT Port jest obok ACT, Oritkari, RCT, CTF, LHG Seelandkai, SCA Logistics Umeå oraz Kalundborg CT jedną z ośmiu nadbałtyckich baz kontenerowych, które obsługują dwa liniowe połączenia żeglugi bliskiego zasięgu. Tylko dwa, z wszystkich 30 analizowanych terminali, używają do przeładunku suwnic placowych RTG (BCT Bałtyck, GTK), a aż 18 baz nie posiada w ogóle suwnic nabrzeżowych STS. Ponadto cztery terminale nie obsługują żadnych stałych połączeń liniowych (RCT, GTK²², Haraholmen, Hangö Stevedoring). Najsłabiej ze względu na pierwsze kryterium (długość nabrzeża) wypada fiński AWT, a ze względu na piąte (maksymalna głębokość przy nabrzeżu) – baza w Åhus. Wreszcie najdalej oddalonymi od dróg i kolei nadbałtyckimi małymi bazami przeładunkowymi są BCT Bałtyck i Hacklin (tab. 5.20).

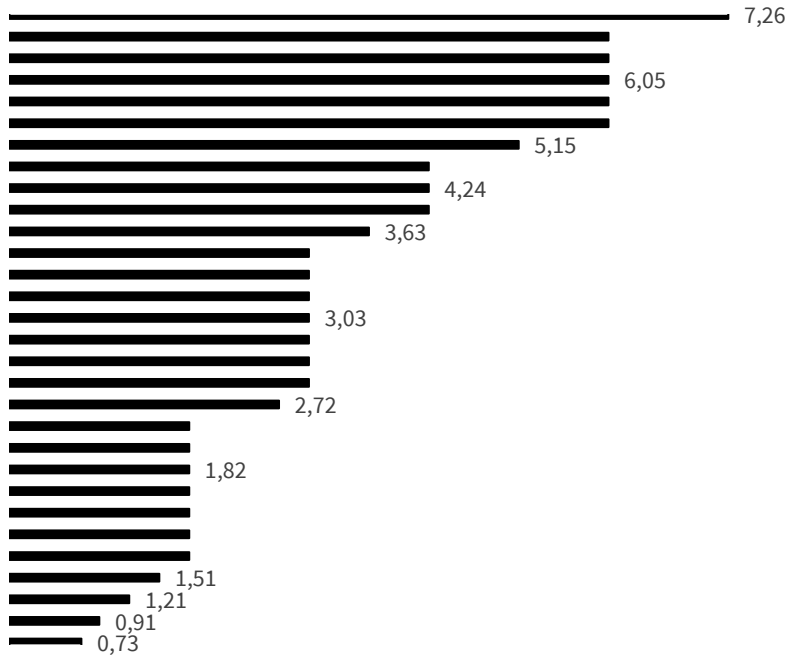
Tabela 5.20. Maksima i minima dla poszczególnych $k = 7$ kryteriów (grupa małych terminali)

Nazwa kryterium	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Max	2 065	4	2	10	15,0	13 100	24 900
Min	122	0	0	0	7,0	300	600

Źródło: opracowanie własne.

W grupie 30 małych morskich terminali kontenerowych Morza Bałtyckiego absolutne udziały rynkowe największego gracza (BCT Bałtyck) nie przekraczają 8% (wyk. 5.10).

²² W momencie przeprowadzania badania, tj. w 2019 r., nie udało się niestety dotrzeć do wiarygodnych źródeł opisujących bieżącą sytuację GTK. W artykule Krakowskiej-Mehring (2016) pojawia się wzmianka o planowanych na terenie GTK inwestycjach, podczas gdy w Krajowym Rejestrze Sądowym na dzień 13 marca 2019 r. widnieje informacja o likwidacji spółki Gdański Terminal Kontenerowy SA (KRS, 2019). Być może dlatego nie utrzymuje on obecnie żadnego stałego połączenia żeglugowego.



Wykres 5.10. Absolutne udziały rynkowe w grupie małych nadbałtyckich terminali kontenerowych

Źródło: opracowanie własne

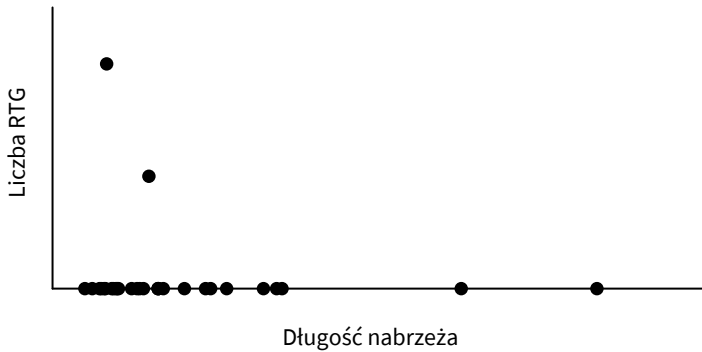
Ponieważ w przypadku małych terminali różnice w absolutnych udziałach rynkowych są znikome, w kolejnym kroku zamiast map grup strategicznych przedstawiono wykresy punktowe (wyk. 5.11–5.25) dla piętnastu par nieskorelowanych kryteriów ($|r| < 0,2$) (tab. 5.21).

Tabela 5.21. Współczynniki korelacji dla $k = 7$ kryteriów (małe terminale kontenerowe)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
K1	1	-	-	-	-	-	-
K2	-0,13	1	-	-	-	-	-
K3	-0,06	-0,10	1	-	-	-	-
K4	0,66	-0,17	0,01	1	-	-	-
K5	0,03	-0,05	0,27	0,03	1	-	-
K6	-0,08	0,47	-0,07	-0,29	-0,28	1	-
K7	0,02	-0,10	0,04	-0,10	-0,23	0,18	1

Źródło: opracowanie własne.

W analizowanym przypadku brak jakiegokolwiek silnej korelacji ($|r| > 0,7$) pomiędzy badanymi zmiennymi. Umiarkowana zależność zachodzi jedynie pomiędzy długością nabrzeża (K1), a ilością obsługiwanych połączeń liniowych bliskiego zasięgu (K4).



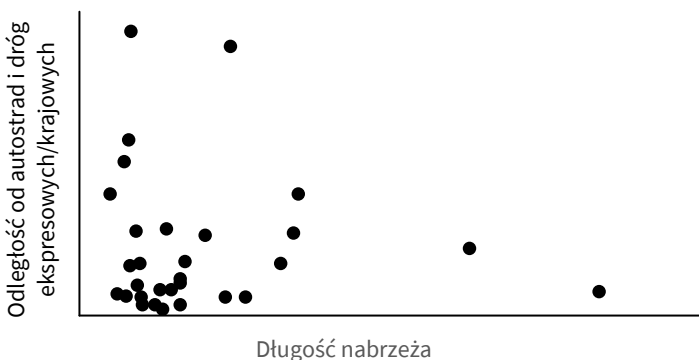
Niezależnie od długości nabrzeża, ponad połowa (60%) małych terminali nie wykorzystuje do pracy na nabrzeżu suwnic STS, korzystając w zamian m.in. z nabrzeżowych żurawi kontenerowych czy też żurawi samobieżnych (wyk. 5.12).



Wykres 5.13. Wykres punktowy – długość nabrzeża vs. maksymalna głębokość przy nabrzeżu

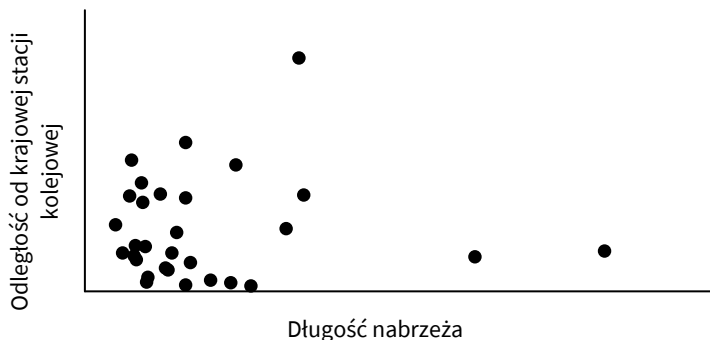
Źródło: opracowanie własne

Małe nadbałtyckie bazy przeładunkowe mają zbliżoną długość i głębokość nabrzeża wykorzystywanego do przeładunku kontenerów. Przewagę konkurencyjną w rozpatrywanym wariantach mają dwa terminale lubeckie (LHG Skandinavienkai oraz LHG Norlandkai), które dysponują zdecydowanie dłuższym nabrzeżem (wyk. 5.13).



Wykres 5.14. Wykres punktowy – długość nabrzeża vs. odległość od autostrad oraz dróg ekspresowych/krajowych

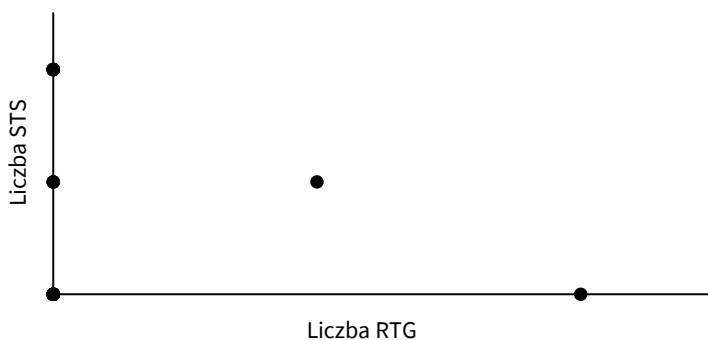
Źródło: opracowanie własne



Wykres 5.15. Wykres punktowy – długość nabrzeża vs. odległość od krajowej stacji kolejowej

Źródło: opracowanie własne

Na wykresach 5.14 i 5.15 widoczny jest brak korelacji pomiędzy badanymi kryteriami (K1 i K6 oraz K1 i K7). Duże rozproszenie punktów oznacza, że w analizowanej grupie występują bazy przeładunkowe o zbliżonej długości nabrzeża, ale znacząco różnej odległości od najbliższych krajowych dróg i stacji kolejowych.

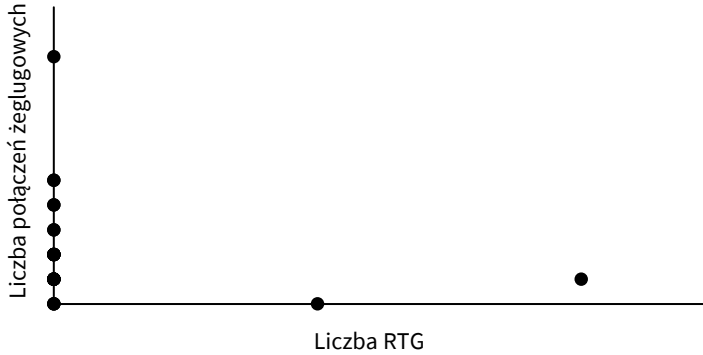


Wykres 5.16. Wykres punktowy – liczba RTG vs. liczba STS

Źródło: opracowanie własne

Biorąc pod uwagę parę kryteriów liczba RTG vs. liczba STS, nadbałtyckie małe terminale kontenerowe podzielić można na pięć grup: z czterema suwnicami placowymi, ale bez suwnic STS (BCT Bałtyck), z dwiema suwnicami RTG i jedną STS (GTK), bez suwnic placowych, ale z dwiema suwnicami nabrze-

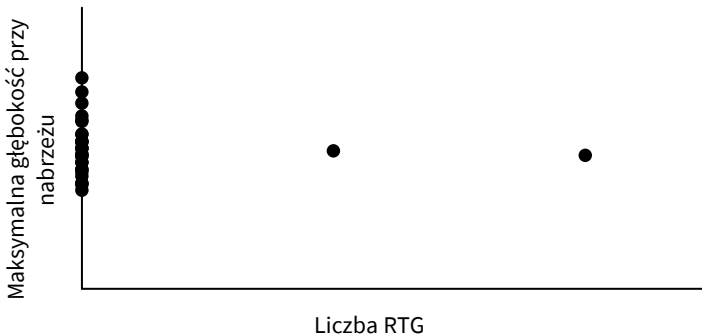
żowymi (osiem terminali), bez suwnic RTG, ale z jedną suwnicą STS (Halmstadt, Hacklin, SCA Logistics Sundsvall) oraz bez suwnic placowych, jak i nabrzeżowych (60% terminali) (wyk. 5.16).



Wykres 5.17. Wykres punktowy – liczba RTG vs. liczba połączeń żeglugowych bliskiego zasięgu

Źródło: opracowanie własne

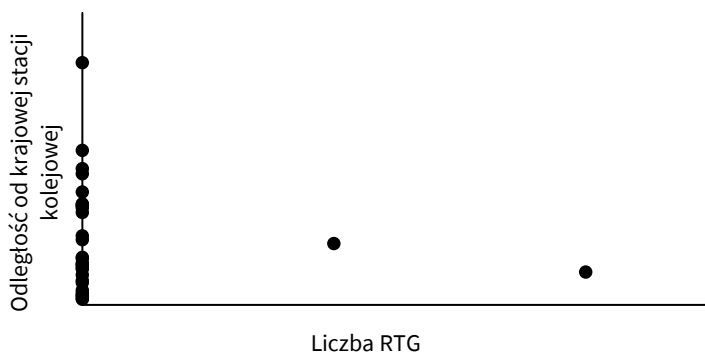
Rodzaj sprzętu wykorzystywanego do operacji placowych nie wpływa na liczbę obsługiwanych przez analizowane terminale połączeń żeglugi bliskiego zasięgu (wyk. 5.17). Prawie 37% omawianych węzłów utrzymuje tylko jedno stałe połączenie liniowe, a ok. 27% – dwa. Cztery nadbałtyckie bazy kontenerowe w ogóle nie obsługują stałych połączeń liniowych z innymi portami. Trzy z nich nie wykorzystują też suwnic RTG do operacji placowych.

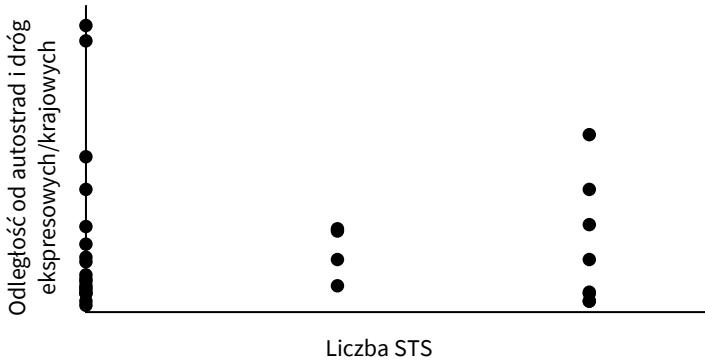


Wykres 5.18. Wykres punktowy – liczba RTG vs. maksymalna głębokość przy nabrzeżu

Źródło: opracowanie własne

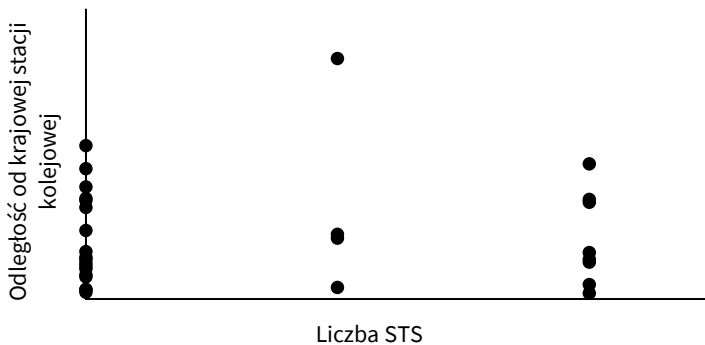
Na wykresie 5.18 widać, że jedyne dwa terminale korzystające z suwnic placowych (BCT Baltiysk, GTK) mają zbliżoną głębokość nabrzeża (odpowiednio 9,5 m oraz 9,8 m). Rozstęp dla głębokości nabrzeża w przypadku pozostałych 28 terminali wynosi z kolei 8 m, a średnia głębokość wody przy nabrzeżu w całej analizowanej grupie to niecałe 10 m.





Wykres 5.21. Wykres punktowy – liczba STS vs. odległość od autostrad oraz dróg ekspresowych/krajowych

Źródło: opracowanie własne



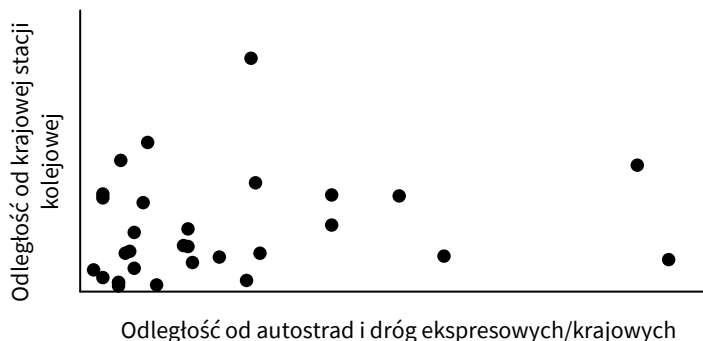
Wykres 5.22. Wykres punktowy – liczba STS vs. odległość od krajowej stacji kolejowej

Źródło: opracowanie własne

Współczynnik korelacji liniowej Pearsona dla liczby STS oraz liczby połączeń żeglugi bliskiego zasięgu wynosi 0,01 (tab. 5.21), co oznacza brak związku liniowego pomiędzy badanymi zmiennymi. Podobnie jest w pozostałych dwóch przypadkach. Nie zauważono zależności liniowej pomiędzy liczbą suwnic nabrzeżowych, a odległością od najbliższych dróg i autostrad ($r = -0,07$) czy stacji kolejowych ($r = 0,04$). Na wykresach 5.20–5.22 łatwo zauważyć, że biorąc pod uwagę współrzędną x , punkty odpowiadające badanym terminalom mogą przyjmować tylko trzy wartości (0, 1 lub 2 – liczba STS).



lubeckiego terminalu jest w analizowanym przypadku FCT Fredericia, który obsługuje pięć połączeń żeglugowych bliskiego zasięgu i położony jest stosunkowo blisko krajowej stacji kolejowej (2,3 km).



Wykres 5.25. Wykres punktowy – odległość od autostrad i dróg ekspresowych/krajowych vs. odległość od krajowej stacji kolejowej

Źródło: opracowanie własne

Biorąc wreszcie pod uwagę odległość od autostrad i dróg ekspresowych/krajowych oraz najbliższej krajowej stacji kolejowej (wyk. 5.25), w prezentowanej grupie małych terminali Morza Bałtyckiego najgorzej wypada Haraholmen (odpowiednio 12,4 km oraz 13,5 km), a najlepiej OT Port (odpowiednio 0,85 km oraz 0,6 km). Jednocześnie ponad 56% analizowanych terminali jest położona w odległości nie większej niż 4 km od najbliższych dróg i 7 km od stacji kolejowych.

5.4.2. Analiza wielokryterialna – metoda AHP

W pierwszej kolejności metodę AHP wykorzystano do analizy konkurencyjności baz kontenerowych, dla których roczna przepustowość przekracza 150 tys. TEU. W rozważanym problemie struktura zawierała cel (wskazanie najlepszego spośród 25 terminali), siedem mierników/kryteriów (K_n) oraz 25 alternatyw (TK_n). W zaproponowanym schemacie wielokryterialnym rolę alternatyw pełniły poszczególne terminale (TK_n , gdzie $n = 1, 2, \dots, 25$), rolę mierników spełniały zaś parametry wpływające na efektywność działania kontenerowych węzłów morskich, omówione szczegółowo w podrozdziale 5.4. Zgodnie z wcześniejszymi ustaleniami, dla części z wybranych do badania miar pożądane było poszukiwanie alternatyw o wartości największej miernika (kryteria od K1 do K5), dla innych zaś o wartości najmniejszej (K6, K7). Z kolei dzięki wagom przedstawionym uprzednio w tabeli 5.14, możliwa była dywersyfikacja ważności poszczególnych kryteriów.

W tabeli 5.22 przedstawiono indywidualne indeksy preferencji dla poszczególnych kryteriów oraz współczynnik spójności CR dla każdej macierzy porównań parami. Ponieważ w żadnym z analizowanych przypadków współczynnik ten nie przekracza wartości 0,1, a kolejność terminali dla indywidualnych indeksów preferencji nie odbiega znacząco od danych rzeczywistych, uzyskane wyniki uznać można za poprawne. W omawianej tabeli kolorem czerwonym wyróżnieni są liderzy w każdej z siedmiu kategorii, tj. zaznaczone są dla poszczególnych alternatyw te indeksy, które przyjmują wartości najlepsze. Kolorem zielonym wyróżnione są natomiast najgorsze wartości indeksów dla każdego kryterium z osobna, wskazując tym samym na terminale plasujące się na ostatniej pozycji w każdej z analizowanych kategorii.

Na podstawie wyników uzyskanych w pierwszej części badania, w tabeli 5.23 zamieszczono syntetyczny ranking dla analizowanych terminali kontenerowych, który porównano następnie z innym, przykładowym rankingiem AHP dla drugiego zestawu wag (tab. 5.25). Na koniec omówiono ostateczne wyniki. Wreszcie całość postępowania powtórzono dla 30 terminali kontenerowych (TK_n , gdzie $n = 1, 2, \dots, 30$), których roczne maksymalne możliwości przeładunkowe nie przekraczają 150 tys. kontenerów 20-stopowych. Podobnie jak miało to miejsce w części badania poświęconej terminalom dużym, również dla małych nadbałtyckich terminali kontenerowych odpowiednie wyniki przedstawiono w kolejnych tabelach (tab. 5.26–5.28).

Tabela 5.22. Indywidualne indeksy preferencji i współczynniki spójności dla $k = 7$ kryteriów i $n = 25$ TK

TK _n	Nazwa terminalu	Indywidualne indeksy preferencji						
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
TK1	DCT Gdańsk (PL)	0,048	0,200	0,121	0,093	0,126	0,044	0,015
TK2	Mussalo CT (FIN)	0,088	0,016	0,054	0,071	0,082	0,026	0,033
TK3	FCT (RUS)	0,025	0,049	0,054	0,023	0,016	0,044	0,069
TK4	Multi-Link Terminals/ Steveco (FIN)	0,163	0,016	0,106	0,041	0,037	0,066	0,006
TK5	BCT Gdynia (PL)	0,026	0,089	0,064	0,038	0,032	0,031	0,069
TK6	Bronka CT (RUS)	0,045	0,032	0,023	0,057	0,059	0,054	0,042
TK7	PLP (RUS)	0,126	0,089	0,106	0,023	0,016	0,032	0,058
TK8	APMT (S)	0,086	0,016	0,106	0,084	0,107	0,052	0,015
TK9	CTSP (RUS)	0,025	0,086	0,023	0,026	0,019	0,031	0,053
TK10	APM-T-CS (DK)	0,048	0,016	0,064	0,049	0,054	0,028	0,033
TK11	MCT (EE)	0,040	0,030	0,019	0,057	0,064	0,062	0,007
TK12	GCT (PL)	0,019	0,059	0,044	0,045	0,045	0,035	0,075
TK13	Smelte (LT)	0,039	0,031	0,019	0,049	0,054	0,059	0,031

TK _n	Nazwa terminalu	Indywidualne indeksy preferencji						
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
TK14	NMT (RUS)	0,023	0,017	0,011	0,023	0,016	0,039	0,066
TK15	KCT Klaipeda (LT)	0,027	0,031	0,015	0,018	0,011	0,026	0,017
TK16	BCT Riga (LV)	0,016	0,030	0,023	0,034	0,028	0,012	0,041
TK17	ULCT (RUS)	0,015	0,045	0,023	0,045	0,045	0,037	0,022
TK18	Euroports Finland (FIN)	0,012	0,016	0,019	0,031	0,025	0,062	0,081
TK19	MD (RUS)	0,013	0,028	0,011	0,014	0,008	0,068	0,014
TK20	GCT Gävle (S)	0,014	0,016	0,015	0,018	0,012	0,012	0,026
TK21	Västhallen (S)	0,021	0,016	0,023	0,045	0,045	0,052	0,058
TK22	Pampus (S)	0,014	0,016	0,015	0,051	0,055	0,015	0,033
TK23	CCT (DK)	0,018	0,016	0,019	0,018	0,011	0,040	0,053
TK24	RUT (LV)	0,015	0,016	0,009	0,031	0,025	0,006	0,007
TK25	DB Port (PL)	0,032	0,021	0,015	0,017	0,010	0,068	0,075
Min		0,012	0,016	0,009	0,014	0,008	0,006	0,006
Max		0,163	0,200	0,121	0,093	0,126	0,068	0,081
Współczynnik spójności CR		0,012	0,008	0,013	0,02	0,014	0,013	0,015

Źródło: opracowanie własne.

Największy udziałowiec w rynku, DCT Gdańsk, posiada przewagę konkurencyjną w czterech z siedmiu kategorii (K2 – liczba RTG, K3 – liczba STS, K4 – liczba połączeń żeglugowych i K5 – maksymalna głębokość przy nabrzeżu). Pod względem pozostałych trzech kryteriów najlepiej wypadają natomiast oba terminale w Helsinkach (K1 – długość nabrzeża), rosyjski Moby Dick (K6 – odległość od autostrad i dróg ekspresowych/krajowych) oraz fiński Euroports Finland (K7 – odległość od krajowej stacji kolejowej). Jednocześnie Euroports Finland ma najkrótsze nabrzeże i, podobnie jak terminale helsińskie oraz osiem innych węzłów, nie korzysta przy przeładunku kontenerów z suwnic placowych RTG. Baza w Helsinkach jest dodatkowo najbardziej oddalona od najbliższej krajowej stacji kolejowej. Z kolei Moby Dick najgorzej wypada ze względu na kryteria K4 oraz K5. Najsłabiej w analizowanej grupie prezentuje się ryski RUT, który osiąga najgorsze wyniki ze względu na kryteria K2, K3, K6. Spodziewać się należy wobec tego, iż baza ta będzie zajmować jedno z ostatnich miejsc w prezentowanym w tabeli 5.23 rankingu finalnym. Analogicznie, wysoką pozycję we wspomnianym zestawieniu zająć powinien DCT Gdańsk, który zaznaczył swoją przewagę konkurencyjną w większości z rozpatrywanych w badaniu kryteriów. Potwierdzają to wnioski wyciągnięte uprzednio z ogólnej analizy konkurencyjności (por. tab. 5.16).

Tabela 5.23. Ranking wielokryterialny AHP dla $n = 25$ TK

Nazwa terminalu	Indeks wielokryterialny	Nazwa terminalu	Indeks wielokryterialny
BCT Riga (LV)	0,0798	RUT (LV)	0,0323
GCT (PL)	0,0798	DB Port (PL)	0,0297
DCT Gdańsk (PL)	0,0776	MCT (EE)	0,0295
APM-T-CS (DK)	0,0699	CTSP (RUS)	0,0289
KCT Klaipeda (LT)	0,0623	ULCT (RUS)	0,0282
NMT (RUS)	0,0502	Västhämnens CT (S)	0,0259
MD (RUS)	0,0472	CCT (DK)	0,0257
Euroports Finland (FIN)	0,0466	PLP (RUS)	0,0214
GCT Gävle (S)	0,0446	Pampus (FIN)	0,0205
Mussalo CT (FIN)	0,0387	APMT (S)	0,0199
BCT Gdynia (PL)	0,0374	FCT (RUS)	0,0174
Smelte (LT)	0,0372	Multi-Link Terminals/ Steveco (FIN)	0,0157
Bronka CT (RUS)	0,0335	-	-

Źródło: opracowanie własne.

Zgodnie z wcześniejszymi przewidywaniami, w prezentowanym w powyższej tabeli rankingu wielokryterialnym DCT Gdańsk zajmuje dość wysoką, trzecią pozycję. Dwa pierwsze miejsca należą natomiast do łotewskiego BCT Riga oraz polskiego GCT. Zaskakująco nisko w rankingu finalnym plasują się jednak nadbałtyccy liderzy w rocznych przeładunkach kontenerów 20-stopowych. Szwedzki APMT, rosyjski FCT oraz fińskie Multi-Link Terminals/Steveco, które w rankingu maksymalnych rocznych możliwości przeładunkowych wyrażonych w TEU znajdują się odpowiednio na 8, 3 i 4 pozycji, w omawianym zestawieniu zajmują trzy ostatnie lokaty. W tabeli 5.24 przedstawiono wobec tego ranking wielokryterialny dla drugiego zestawu wag ($w_1 = 6$, $w_2 = 5$, $w_3 = 7$, $w_4 = 8$, $w_5 = 9$, $w_6 = 4$ oraz $w_7 = 4$) w ramach tych samych siedmiu kryteriów, aby sprawdzić jaki wpływ na uzyskane wyniki może mieć dobór wag²³.

23 Gdyby wszystkie kryteria były jednakowo ważne, w pierwszej czwórce dużych baz nadbałtyckich znalazłyby się DCT Gdańsk, APMT, PLP i bazy w Helsinkach, a rosyjski FCT uplasowałby się na 11 pozycji. W pracy podany został jednak tylko jeden wybrany przykład rankingu wielokryterialnego dla innego zestawu wag, gdyż analiza wrażliwości nie jest głównym celem przeprowadzanego badania.

Tabela 5.24. Ranking wielokryterialny AHP dla $n = 25$ TK i II zestawu wag

Nazwa terminalu	Indeks wielokryterialny	Nazwa terminalu	Indeks wielokryterialny
DCT Gdańsk (PL)	0,1074	ULCT (RUS)	0,0377
APMT (S)	0,0900	FCT (RUS)	0,0285
Mussalo CT (FIN)	0,0691	BCT Riga (LV)	0,0277
Multi-Link Terminals/ Steveco (FIN)	0,0593	Euroports Finland (FIN)	0,0268
APM-T-CS (DK)	0,0504	CTSP (RUS)	0,0267
Bronka CT (RUS)	0,0496	RUT (LV)	0,0215
MCT (EE)	0,0495	NMT (RUS)	0,0200
PLP (RUS)	0,0472	DB Port (PL)	0,0187
Smelte (LT)	0,0444	CCT (DK)	0,0170
GCT (PL)	0,0435	KCT Klaipeda (LT)	0,0164
BCT Gdynia (PL)	0,0418	GCT Gävle (S)	0,0147
Pampus (S)	0,0400	MD (RUS)	0,0137
Västhallen CT (S)	0,0384	-	-

Źródło: opracowanie własne.

Gdyby najwyższą wagę przypisać kryteriom piątemu ($w_5 = 9$), czwartemu ($w_4 = 8$) i trzeciemu ($w_3 = 7$), a najniższą szóstemu i siódmemu ($w_6 = 4$ oraz $w_7 = 4$), inaczej wyglądałby układ sił na analizowanym rynku nadbałtyckich przewozów kontenerowych. W pierwszej czwórce najlepszych terminali kontenerowych Morza Bałtyckiego znalazłyby się wtedy, zgodnie z wcześniejszymi oczekiwaniami, DCT Gdańsk, APMT, Mussalo CT oraz bazy w Helsinkach. Wciąż zaskakująco słabo wypadaliby jednak rosyjski FCT, a wcześniejsi liderzy, BCT Riga oraz GCT, spadliby na odpowiednio 10 i 17 pozycję, co jednak w dużo lepszym stopniu odzwierciedla ich siłę konkurencyjną, ocenioną na podstawie wcześniej wyliczonych udziałów rynkowych (por. tab. 5.18). To z kolei oznacza, że maksymalne roczne możliwości przeładunkowe wyrażone w kontenerach 20-stopowych, jak i dalszy rozwój największych nadbałtyckich portów w dużym stopniu zależą od maksymalnej głębokości przy nabrzeżu, ilości stałych połączeń żeglugowych i liczby suwnic nabrzeżowych STS. Natomiast dużo mniejszy wpływ na konkurencyjność morskich baz kontenerowych zdaje się mieć ich położenie względem najbliższych dróg i stacji kolejowych (tab. 5.25).

Analiza wielokryterialna AHP powtórzona następnie została dla 30 nadbałtyckich terminali kontenerowych, których roczna przepustowość nie przekracza

150 tys. TEU. Podobnie jak poprzednio, rolę mierników w badaniu spełniało siedem parametrów wpływających na efektywność działania kontenerowych węzłów morskich. W tabeli 5.26 przedstawiono indywidualne indeksy preferencji dla $TK = 30$ terminali oraz $k = 7$ kategorii. W prezentowanym zestawieniu kolorem czerwonym wyróżniono osiągnięte przez indeksy preferencji wartości najlepsze, a zielonym – najgorsze.

Tabela 5.25. Porównanie dwóch zestawów wag wykorzystanych w analizie wielokryterialnej AHP

Nazwa kryterium	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Kierunek kryterium	max	max	max	max	max	min	min
Waga kryterium (I)	8	4	5	8	7	6	6
Waga kryterium (II)	6	5	7	8	9	4	4

Źródło: opracowanie własne.

Małe terminale kontenerowe Morza Bałtyckiego mają zbliżone wartości indeksów preferencji w kryteriach drugim (liczba RTG) i trzecim (liczba STS), a to oznacza, że oba kryteria w bardzo małym stopniu wpływają na zróżnicowanie pozycji konkurencyjnej analizowanych baz przeładunkowych. W pozostałych kategoriach najlepsze wyniki uzyskały: niemiecki LHG Skandinavienkai (K1, K4), duński FCT Fredericia (K5, K6) oraz szwedzka baza SCA Logistics Sundsvall (K7). Najkrótsze nabrzeże (K1) ma fiński AWT, a najpłytsze – szwedzki terminal w porcie Åhus. Rosyjski BCT Baltiysk jest najdalej położony od najbliższych autostrad i dróg ekspresowych/krajowych (K6), zaś lubecki LHG Seelandkai jest najbardziej oddalony od krajowej stacji kolejowej (K7). Ze względu na czwarte kryterium najgorzej wypadają te cztery terminale, które nie utrzymują żadnych stałych połączeń żeglugowych (por. tab. 5.20).

Tabela 5.26. Indywidualne indeksy preferencji i współczynniki spójności dla $k = 7$ kryteriów i $n = 30$ TK

TK _n	Nazwa terminalu	Indywidualne indeksy preferencji						
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
TK1	BCT Baltiysk (RUS)	0,019	0,222	0,009	0,020	0,022	0,005	0,021
TK2	ACT (DK)	0,054	0,024	0,088	0,055	0,020	0,014	0,009
TK3	Oritkari (FIN)	0,020	0,024	0,088	0,025	0,025	0,022	0,036

TK _n	Nazwa terminalu	Indywidualne indeksy preferencji						
		K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
TK4	RCT (LV)	0,019	0,024	0,088	0,016	0,033	0,009	0,061
TK5	ÅCT (S)	0,023	0,024	0,009	0,025	0,008	0,043	0,058
TK6	Halmstadt (S)	0,030	0,024	0,035	0,020	0,014	0,024	0,048
TK7	FCT Fredericia (DK)	0,020	0,024	0,009	0,074	0,134	0,052	0,031
TK8	OT Port (PL)	0,039	0,024	0,088	0,025	0,083	0,044	0,009
TK9	GTK (PL)	0,022	0,116	0,035	0,016	0,023	0,043	0,032
TK10	CTF (S)	0,019	0,024	0,088	0,037	0,029	0,036	0,035
TK11	RFT (RUS)	0,017	0,024	0,009	0,037	0,009	0,043	0,049
TK12	SCT (DK)	0,032	0,024	0,009	0,020	0,039	0,044	0,062
TK13	Hacklin (FIN)	0,052	0,024	0,035	0,020	0,058	0,024	0,049
TK14	CTL (D)	0,019	0,024	0,009	0,025	0,017	0,052	0,039
TK15	LHG Skandinavienkai (D)	0,179	0,024	0,009	0,183	0,022	0,043	0,008
TK16	LHG Nordlandkai (D)	0,118	0,024	0,009	0,055	0,022	0,027	0,065
TK17	LHG Schlutup (D)	0,019	0,024	0,009	0,020	0,014	0,043	0,035
TK18	LHG Seelandkai (D)	0,023	0,024	0,088	0,074	0,017	0,052	0,006
TK19	Sydhamnen (S)	0,020	0,024	0,009	0,025	0,025	0,043	0,036
TK20	Ajos (FIN)	0,019	0,024	0,009	0,025	0,025	0,011	0,030
TK21	AWT (FIN)	0,017	0,024	0,009	0,020	0,013	0,014	0,013
TK22	KSCP (RUS)	0,023	0,024	0,009	0,025	0,023	0,031	0,029
TK23	Karlshamn CT (S)	0,019	0,024	0,009	0,020	0,033	0,037	0,017
TK24	Haraholmen (S)	0,033	0,024	0,009	0,016	0,010	0,005	0,027
TK25	SCA Logistics Umeå (S)	0,019	0,024	0,088	0,020	0,039	0,044	0,036
TK26	VCT (S)	0,023	0,024	0,009	0,020	0,010	0,042	0,016
TK27	SCA Logistics Sundsvall (S)	0,048	0,024	0,035	0,020	0,061	0,036	0,068
TK28	Hangö Stevedoring (FIN)	0,019	0,024	0,009	0,016	0,104	0,044	0,024
TK29	Röyttä (FIN)	0,019	0,024	0,009	0,020	0,011	0,024	0,039
TK30	Kalundborg CT (DK)	0,019	0,024	0,088	0,025	0,052	0,052	0,014
Min		0,017	0,024	0,009	0,016	0,008	0,005	0,006
Max		0,179	0,222	0,088	0,183	0,134	0,052	0,068
Współczynnik spójności CR		0,009	0,001	0,015	0,011	0,014	0,011	0,011

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 5.27. Ranking wielokryterialny AHP dla $n = 30$ TK

Nazwa terminalu	Indeks wielokryterialny	Nazwa terminalu	Indeks wielokryterialny
LHG Skandinavienkai (D)	0,1214	RCT (LV)	0,0257
LHG Nordlandkai (D)	0,0655	Halmstadt (S)	0,0254
FCT Fredericia (DK)	0,0576	GTK (PL)	0,0253
ACT (DK)	0,0430	Sydhamnen (S)	0,0249
LHG Seelandkai (D)	0,0413	ÅCT (S)	0,0248
OT Port (PL)	0,0410	CTL (D)	0,0244
SCA Logistics Sundsvall (S)	0,0409	KSCP (RUS)	0,0242
Hacklin (FIN)	0,0394	BCT Baltiysk (RUS)	0,0231
Hangö Stevedoring (FIN)	0,0335	Karlshamn CT (S)	0,0225
SCT (DK)	0,0318	Ajos (FIN)	0,0217
CTF (S)	0,0315	LHG Schlutup (D)	0,0215
Kalundborg CT (DK)	0,0309	VCT (S)	0,0203
SCA Logistics Umeå (S)	0,0288	Haraholmen (S)	0,0202
Oritkari (FIN)	0,0266	Röyttä (FIN)	0,0198
RFT (RUS)	0,0264	AWT (FIN)	0,0166

Źródło: opracowanie własne.

Zdecydowanym liderem w rankingu prezentowanym w tabeli 5.27 jest niemiecki LHG Skandinavienkai. Przyczyn tak wyraźnej dominacji lubeckiego terminalu należy upatrywać w jego dobrych wynikach dla kryteriów z najwyższymi wagami (K1 oraz K4). Dwa kolejne węzły, tj. LHG Nordlandkai oraz FCT Fredericia, zawdzięczają z kolei swoją wysoką pozycję w rankingu końcowym stosunkowo wysokim miejscom w rankingach indywidualnych dla wszystkich siedmiu kryteriów. Na końcu rankingu uplasowały się te bazy, które słabo wypadają we wszystkich analizowanych rankingach indywidualnych. Ponieważ w kryteriach K2 i K3 (liczba suwnic RTG oraz STS) większość terminali uzyskuje podobne wartości indywidualnych indeksów preferencji, poza pierwszą dwunastką analizowanych węzłów trudno mówić o jakiegokolwiek przewadze konkurencyjnej nad pozostałymi uczestnikami nadbałtyckiego rynku. Na uwagę zasługuje wreszcie fakt, że wśród dziesięciu najlepszych małych nadbałtyckich terminali kontenerowych znajdują się trzy terminale niemieckie (LHG Skandinavienkai, LHG Norlandkai, LHG Seelandkai) i duńskie (w Federicii, Aalborgu i Skagen), dwa fińskie (Hacklin, Hangö Stevedoring), jeden szwedzki (SCA Logistics Sundsvall) i jeden polski (OT Port). Dla porównania w tabe-

li 5.28 przedstawiono ranking wielokryterialny dla innego zestawu wag ($w_1 = 6$, $w_2 = 5$, $w_3 = 7$, $w_4 = 8$, $w_5 = 9$, $w_6 = 4$ oraz $w_7 = 4$)²⁴.

Tabela 5.28. Ranking wielokryterialny AHP dla $n = 30$ TK i II zestawu wag

Nazwa terminalu	Indeks wielokryterialny	Nazwa terminalu	Indeks wielokryterialny
FCT Fredericia (DK)	0,0779	BCT Baltiysk (RUS)	0,0294
LHG Skandinavienkai (D)	0,0753	GTK (PL)	0,0289
OT Port (PL)	0,0583	Karlshamn CT (S)	0,0240
Hangö Stevedoring (FIN)	0,0513	Sydhamnen (S)	0,0230
Kalundborg CT (DK)	0,0447	Halmstadt (S)	0,0222
LHG Seelandkai (D)	0,0434	KSCP (RUS)	0,0219
SCA Logistics Sundsvall (S)	0,0433	Ajos (FIN)	0,0217
ACT (DK)	0,0418	CTL (D)	0,0201
Hacklin (FIN)	0,0416	RFT (RUS)	0,0199
SCA Logistics Umeå (S)	0,0392	LHG Schlutup (D)	0,0174
LHG Nordlandkai (D)	0,0390	ÅCT (S)	0,0171
CTF (S)	0,0390	Röyttä (FIN)	0,0157
RCT (LV)	0,0353	VCT (S)	0,0153
Oritkari (FIN)	0,0342	AWT (FIN)	0,0150
SCT (DK)	0,0295	Haraholmen (S)	0,0144

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku małych kontenerowych baz przeładunkowo-składowych zmiana wag dla poszczególnych kryteriów nieznacznie tylko wpływa na postać końcową rankingów wielokryterialnych. Na uwagę zasługuje spadek LHG Norlandkai z wysokiej drugiej pozycji w wariantach I na dość odległą 11 lokatę w wariantach II. W obu analizowanych przypadkach najgorzej wypadają dwa terminale szwedzkie (Haraholmen, VCT) i fińskie (AWT, Röyttä). W obu zestawieniach słabo prezentują się ponadto liderzy rynkowi pod względem posiadanych udziałów, jak rosyjski BCT Baltiysk, fińskie Oritkari czy szwedzkie ÅCT. Wydaje się zatem, że

24 Jeśli wszystkim siedmiu kryteriom przypiszemy te same wagi, wyniki zaprezentowane w tabeli 5.27 ulegną tylko nieznacznym zmianom. Lepiej wypadną wtedy dwa terminale, które najlepsze wyniki osiągnęły ze względu na kryterium drugie (liczba RTG) – BCT Baltiysk (awans z 23 miejsca na 4 pozycję) oraz GTK (awans o 11 pozycji – z 18 na 7 miejsce).

w przypadku małych terminali kontenerowych Morza Bałtyckiego brak jest liderów rynkowych, którzy mieliby znaczącą przewagę konkurencyjną w analizowanym sektorze.

5.4.3. Analiza wielokryterialna – metoda PROMETHEE II

W kolejnym kroku przeprowadzono analizę wielokryterialną PROMETHEE II. Jak wspomniano już wcześniej, metoda ta udostępnia sześć modeli wyznaczania wskaźników zgodności (por. tab. 5.13). Typ kryterium uogólnionego oraz wartości odpowiednich progów preferencji i obojętności dobrano w opisywanym badaniu zgodnie z kształtowaniem się ocen dla danego kryterium. W trzech przypadkach (kryteria K2, K3, K4) najlepszym modelem wyznaczania wskaźników zgodności okazał się model z liniową preferencją, a w pozostałych czterech (K1, K5, K6 oraz K7) – model z liniową preferencją i obszarem obojętności. Oba modele zapewniają liniowy wzrost miar ocen pomiędzy ustalonymi progami. Drugi z nich wykorzystany został tam, gdzie przy porównaniu dwóch alternatyw względem wybranego kryterium mała różnica pomiędzy wartościami nie miała znaczenia dla decydenta (uznana została za znikomą). Przyjęte typy kryteriów uogólnionych oraz wartości parametrów p i q charakteryzuje tabela 5.29.

Tabela 5.29. Kryteria uogólnione oraz wartości parametrów p i q przyjęte w metodzie PROMETHEE II ($n = 25$ TK)

Nazwa kryterium	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Kryterium uogólnione	LPO	LP	LP	LP	LPO	LPO	LPO
Wartość p	1 213,10	17,78	6,39	8,06	4,07	6 305,82	8 593,07
Wartość q	542,05	–	–	–	1,65	3 059,56	3 811,73

Objaśnienia: LP – kryterium z liniową preferencją; LPO – kryterium z liniową preferencją i obszarem obojętności.

Źródło: opracowanie własne.

Tak jak w przypadku metody AHP, w pierwszej kolejności dokonano analizy tych baz kontenerowych, dla których roczna przepustowość przekracza 150 tys. TEU. W tabeli 5.30 przedstawiono przepływy dominacji wejścia, wyjścia i netto dla każdej pary analizowanych obiektów ($n = 25$). Wspomniana tabela jest jednocześnie rankingiem finalnym, gdyż terminale uszeregowane zostały w niej względem malejących wartości przepływów netto (φ).

Wartość φ^+ określa w jakim stopniu rozpatrywany wariant jest lepszy od wszystkich pozostałych, natomiast wartość φ^- jest oceną tego w jakim stopniu jest

on gorszy od reszty wariantów. Ostateczny ranking powstał przez uszeregowanie malejąco terminali ze względu na wartość przepływów dominacji netto. W grupie baz dominujących (dodatnia wartość ϕ) znalazło się 11 z 25 rozpatrywanych obiektów, zaś pozostałe 56% terminali przypisać należy do grupy obiektów zdominowanych (ujemna wartość ϕ). Najlepiej w omawianym zestawieniu wypadły PLP, DCT Gdańsk, APMT oraz APM-T-CS. Zdecydowanie najgorsze wyniki uzyskał natomiast łotewski RUT. Ponadto z wyjątkiem gdyńskiego GCT, w pierwszej dziesiątce omawianego rankingu znajduje się (w nieco zmienionej kolejności) dziesięć, największych pod względem maksymalnych rocznych możliwości przeładunkowych w TEU, terminali Morza Bałtyckiego. W tej sytuacji zaskakująco niską pozycję (miejsce 17) zajął dziewiąty pod względem wielkości udziałów rynkowych rosyjski CTSP.

Tabela 5.30. Tabela przepływów PROMETHEE II dla $n = 25$ TK

Nazwa terminalu	ϕ	ϕ^+	ϕ^-	Nazwa terminalu	ϕ	ϕ^+	ϕ^-
PLP (RUS)	0,3979	0,4570	0,0591	KCT Klaipeda (LT)	-0,0481	0,1657	0,2138
DCT Gdańsk (PL)	0,3068	0,3949	0,0881	ULCT (RUS)	-0,0511	0,1274	0,1785
APMT (S)	0,2941	0,3871	0,0930	Euroports Finland (FIN)	-0,0666	0,1316	0,1982
APM-T-CS (DK)	0,2519	0,3149	0,0630	CTSP (RUS)	-0,0786	0,1251	0,2037
GCT (PL)	0,2496	0,3142	0,0646	BCT Riga (LV)	-0,0939	0,1281	0,2220
Multi-Link Terminals/ Stevedco (FIN)	0,2184	0,3880	0,1696	NMT (RUS)	-0,1727	0,0693	0,2420
Mussalo CT (FIN)	0,2166	0,3099	0,0933	Pampus (S)	-0,1862	0,0862	0,2724
BCT Gdynia (PL)	0,1749	0,2541	0,0792	CCT (DK)	-0,1964	0,0647	0,2611
FCT (RUS)	0,1419	0,2466	0,1047	DB Port (PL)	-0,2074	0,0925	0,2999
Bronka CT (RUS)	0,1124	0,2072	0,0948	MD (RUS)	-0,3513	0,0515	0,4028
Västhämn CT (S)	0,0118	0,1459	0,1341	GCT Gävle (S)	-0,3976	0,0240	0,4216
Smelte (LT)	-0,0062	0,1445	0,1507	RUT (LV)	-0,5106	0,0117	0,5223
MCT (EE)	-0,0095	0,1940	0,2035	-	-	-	-

Źródło: opracowanie własne.

Następnie całość postępowania powtórzono dla 30 terminali kontenerowych (TK_n , gdzie $n = 1, 2, \dots, 30$), których roczna przepustowość nie przekracza 150 tys. kontenerów 20-stopowych. W tabeli 5.31 przedstawiono przyjęte w tym przypadku typy kryteriów uogólnionych oraz wartości parametrów p i q , a w tabeli 5.32 zestawiono wyniki końcowe.

Tabela 5.31. Kryteria uogólnione oraz wartości parametrów p i q przyjęte w metodzie PROMETHEE II ($n = 30$ TK)

Nazwa kryterium	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Kryterium uogólnione	LPO	LP	LP	LP	LPO	LPO	LPO
Wartość p	842,85	1,46	1,78	4,05	3,86	6 595,44	11 095,92
Wartość q	454,78	–	–	–	1,68	3 325,67	5 143,16

Objaśnienia: LP – kryterium z liniową preferencją; LPO – kryterium z liniową preferencją i obszarem obojętności.

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 5.32. Tabela przepływów PROMETHEE II dla $n = 30$ TK

Nazwa terminalu	ϕ	ϕ^+	ϕ^-	Nazwa terminalu	ϕ	ϕ^+	ϕ^-
LHG Skandinavienkai (D)	0,3379	0,4048	0,0670	Halmstadt (S)	-0,0224	0,0977	0,1200
FCT Fredericia (DK)	0,2736	0,3393	0,0657	KSCP (RUS)	-0,0257	0,0777	0,1033
OT Port (PL)	0,2417	0,2856	0,0440	RFT (RUS)	-0,0432	0,1085	0,1517
LHG Nordlandkai (D)	0,2373	0,3146	0,0773	Hacklin (FIN)	-0,0558	0,1637	0,2196
Kalundborg CT (DK)	0,1754	0,2303	0,0548	Karlshamn CT (S)	-0,0672	0,0581	0,1253
LHG Seelandkai (D)	0,1690	0,2511	0,0820	RCT (LV)	-0,0868	0,1282	0,2150
ACT (DK)	0,1419	0,2517	0,1099	CTL (D)	-0,0883	0,0595	0,1478
CTF (S)	0,1412	0,1963	0,0551	VCT (S)	-0,1003	0,0668	0,1671
Oritkari (FIN)	0,0887	0,1533	0,0646	BCT Baltiysk (RUS)	-0,1291	0,1279	0,2570
Hangö Stevedoring (FIN)	0,0433	0,1892	0,1458	LHG Schlutup (D)	-0,1381	0,0319	0,1700
GCT (PL)	0,0329	0,1705	0,1377	Ajos (FIN)	-0,1582	0,0519	0,2101
SCA Logistics Sundsvall (S)	0,0277	0,1348	0,1071	AWT (FIN)	-0,1661	0,0256	0,1916
Sydhammen (S)	-0,0101	0,0924	0,1025	Röyttä (FIN)	-0,1882	0,0216	0,2097
SCT (DK)	-0,0133	0,1001	0,1134	ÅCT (S)	-0,2040	0,0521	0,2561
SCA Logistics Umeå (S)	-0,0175	0,1451	0,1626	Haraholmen (S)	-0,3963	0,0051	0,4014

Źródło: opracowanie własne.

Z przeprowadzonej analizy wielokryterialnej przy wykorzystaniu metody PROMETHEE II wynika, że spośród 30 terminali kontenerowych o rocznych prze-

ładunkach nie przekraczających 150 tys. TEU, 40% terminali znalazło się w grupie obiektów dominujących (dodatnia wartość ϕ), a 18 terminali w grupie zdominowanej (ujemna wartość ϕ). Najwyższą pozycję w rankingu końcowym zajął lubecki terminal LHG Skandinavienkai, najniższą natomiast szwedzki port w Haraholmen.

Na zakończenie, podobnie jak w przypadku analizy wielokryterialnej AHP, sprawdzono, jak na uzyskane wyniki wpływa dobór wag. W tym celu powtórzono badanie dla $w_1 = 6$, $w_2 = 5$, $w_3 = 7$, $w_4 = 8$, $w_5 = 9$, $w_6 = 4$ oraz $w_7 = 4$, a uzyskane wyniki przedstawiono w tabelach 5.33–5.34.

Tabela 5.33. Tabela przepływów PROMETHEE II dla $n = 25$ TK i II zestawu wag

Nazwa terminalu	ϕ	ϕ^+	ϕ^-	Nazwa terminalu	ϕ	ϕ^+	ϕ^-
DCT Gdańsk (PL)	0,4055	0,4788	0,0733	ULCT (RUS)	-0,0370	0,1461	0,1831
PLP (RUS)	0,3924	0,4681	0,0757	BCT Riga (LV)	-0,0701	0,1372	0,2073
APMT (S)	0,3315	0,4214	0,0899	KCT Klaipeda (LT)	-0,0751	0,1691	0,2442
APM-T-CS (DK)	0,2737	0,3441	0,0704	CTSP (RUS)	-0,0861	0,1394	0,2255
GCT (PL)	0,2735	0,3417	0,0682	Euroports Finland (FIN)	-0,1015	0,1156	0,2171
Multi-Link Terminals/Steveco (FIN)	0,2409	0,3876	0,1467	Pampus (S)	-0,1805	0,0966	0,2771
Mussalo CT (FIN)	0,2195	0,3231	0,1036	NMT (RUS)	-0,2331	0,0544	0,2875
BCT Gdynia (PL)	0,2123	0,2931	0,0808	CCT (DK)	-0,2495	0,0547	0,3042
FCT (RUS)	0,1430	0,2646	0,1217	DB Port (PL)	-0,2820	0,0715	0,3535
Bronka CT (RUS)	0,1087	0,2184	0,1097	MD (RUS)	-0,4002	0,0427	0,4430
MCT (EE)	0,0234	0,2098	0,1864	GCT Gävle (S)	-0,4170	0,0186	0,4356
VCT (S)	-0,0033	0,1488	0,1521	RUT (LV)	-0,4708	0,0146	0,4854
Smelte (LT)	-0,0181	0,1514	0,1695	-	-	-	-

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 5.34. Tabela przepływów PROMETHEE II dla $n = 30$ TK i II zestawu wag

Nazwa terminalu	ϕ	ϕ^+	ϕ^-	Nazwa terminalu	ϕ	ϕ^+	ϕ^-
OT Port (PL)	0,2901	0,3335	0,0435	Halmstadt (S)	-0,0391	0,1001	0,1392
FCT Fredericia (DK)	0,2882	0,3687	0,0805	SCT (DK)	-0,0428	0,0901	0,1329
LHG Skandinavienkai (D)	0,2639	0,3562	0,0923	Sydhamnen (S)	-0,0434	0,0798	0,1232
Kalundborg CT (DK)	0,2110	0,2652	0,0542	KSCP (RUS)	-0,0594	0,0667	0,1260
LHG Seelandkai (D)	0,1992	0,2802	0,0810	BCT Baltijsk (RUS)	-0,0892	0,1467	0,2359

Tabela 5.34 (cd.)

Nazwa terminalu	ϕ	ϕ^+	ϕ^-	Nazwa terminalu	ϕ	ϕ^+	ϕ^-
ACT (DK)	0,1767	0,2745	0,0978	Karlshamn CT (S)	-0,0893	0,0543	0,1436
CTF (S)	0,1712	0,2281	0,0570	RFT (RUS)	-0,0895	0,0962	0,1856
LHG Nordlandkai (D)	0,1647	0,2674	0,1026	CTL (D)	-0,1099	0,0511	0,1610
Oritkari (FIN)	0,1134	0,1822	0,0687	Ajos (FIN)	-0,1451	0,0521	0,1972
GTK (PL)	0,0545	0,2052	0,1507	VCT (S)	-0,1558	0,0477	0,2034
Hangö Stevedoring (FIN)	0,0479	0,2094	0,1614	LHG Schlutup (D)	-0,1653	0,0239	0,1892
SCA Logistics Umeå (S)	0,0428	0,1816	0,1388	AWT (FIN)	-0,1874	0,0196	0,2070
SCA Logistics Sundsvall (S)	0,0195	0,1432	0,1237	Röyttä (FIN)	-0,2066	0,0168	0,2234
Hacklin (FIN)	0,0022	0,1883	0,1861	ÅCT (S)	-0,2229	0,0455	0,2685
RCT (LV)	-0,0277	0,1608	0,1886	Haraholmen (S)	-0,3719	0,0035	0,3754

Źródło: opracowanie własne.

W prezentowanym w tabeli 5.33 zestawieniu w pierwszej dziesiątce największych terminali kontenerowych Morza Bałtyckiego nastąpiły tylko nieznaczne przesunięcia. Rosyjski PLP spadł na drugą pozycję, a DCT Gdańsk objął pierwsze miejsce w rankingu. Ponadto szwedzki VCT awansował w miejsce estońskiego MCT do grupy obiektów dominujących (dodatnia wartość przepływu dominacji netto). Jednocześnie, niezależnie od doboru wag, w badaniu najsłabiej wypadły terminale Moby Dick, GCT Gävle oraz RUT, które w obu omawianych rankingach zajęły odpowiednio 23, 24 oraz 25 lokatę. Warto w tym miejscu zauważyć, iż zgodnie z wcześniejszymi przewidywaniami, w omawianym zestawieniu pierwsze i ostatnie miejsce należy do terminali z odpowiednio najlepszymi (DCT Gdańsk) i najgorszymi (RUT) wynikami dla poszczególnych kryteriów (por. tab. 5.16 oraz tab. 5.22).

W obu porównywanych wariantach (tab. 5.32, tab. 5.34) w pierwszej dziesiątce małych nadbałtyckich terminali kontenerowych znajdują się te same bazy przeładunkowe z Polski (dwa terminale), Danii (trzy węzły), Niemiec (trzy bazy), Szwecji i Finlandii (po jednym terminalu w każdym przypadku). Jednak w drugim zestawieniu pierwsze miejsce zajął OT Port, a LHG Skandinavienkai i LHG Norlandkai spadły na 3 i 8 pozycję. Ponadto w drugim wariantcie do grupy obiektów dominujących dołączyły dwa skandynawskie terminale – SCA Logistics Umeå oraz Hacklin, a w obu omawianych rankingach słabo wypadł największy udziałowiec w rynku (BCT Baltiysk). Jednocześnie cztery skandynawskie terminale (AWT, Röyttä, ÅCT, Haraholmen) zajęły w analizowanym przypadku ostatnie lokaty.

5.4.4. Wnioski końcowe

Na zakończenie przeprowadzonych badań porównano wszystkie ostateczne rankingi wielokryterialne AHP i PROMETHEE II, tak dla $n = 25$ terminali kontenerowych (tab. 5.35), jak i $n = 30$ kontenerowych baz przeładunkowo-składowych (tab. 5.36). W kolejnym kroku uzyskane wyniki skonfrontowano z aktualnym rankingiem największych kontenerowych portów Morza Bałtyckiego. Dzięki temu możliwa była odpowiedź na pytanie, czy terminale z najwyższą roczną wielkością obrotów w TEU i największą maksymalną przepustowością mierzoną w rocznych przeładunkach kontenerów 20-stopowych są jednocześnie węzłami z największą przewagą konkurencyjną w regionie nadbałtyckim²⁵.

Tabela 5.35. Porównanie rankingów finalnych (AHP i PROMETHEE II) $n = 25$ TK

TK _n	Nazwa terminalu	Miejsce w rankingu			
		AHP	PROMETHEE II	AHP (II)	PROMETHEE II (II)
TK1	DCT Gdańsk (PL)	3	2	1	1
TK2	Mussalo CT (FIN)	10	7	3	7
TK3	FCT (RUS)	24	9	15	9
TK4	Multi-Link Terminals/ Steveco (FIN)	25	6	4	6
TK5	BCT Gdynia (PL)	11	8	11	8
TK6	Bronka CT (RUS)	13	10	6	10
TK7	PLP (RUS)	21	1	8	2
TK8	APMT (S)	23	3	2	3
TK9	CTSP (RUS)	17	17	18	17
TK10	APM-T-CS (DK)	4	4	5	4
TK11	MCT (EE)	16	13	7	11
TK12	GCT (PL)	2	5	10	5
TK13	Smelte (LT)	12	12	9	13
TK14	NMT (RUS)	6	19	20	20
TK15	KCT Klaipeda (LT)	5	14	23	16
TK16	BCT Riga (LV)	1	18	16	15
TK17	ULCT (RUS)	18	15	14	14
TK18	Euroports Finland (FIN)	8	16	17	18

²⁵ Szerzej na temat rozwoju przewozów kontenerowych w RMB zob.: Daniiloudi-Zielińska i in. (2016); Klas, Rompa (2016).

Tabela 5.35 (cd.)

TK _n	Nazwa terminalu	Miejsce w rankingu			
		AHP	PROMETHEE II	AHP (II)	PROMETHEE II (II)
TK19	MD (RUS)	7	23	25	23
TK20	GCT Gävle (S)	9	24	24	24
TK21	Västhämn (S)	19	11	12	12
TK22	Pampus (S)	22	20	13	19
TK23	CCT (DK)	20	21	22	21
TK24	RUT (LV)	14	25	19	25
TK25	DB Port (PL)	15	22	21	22

Źródło: opracowanie własne.

Ponieważ niezależnie od doboru wag dla poszczególnych kryteriów oba analizowane rankingi finalne PROMETHEE II różnią się tylko nieznacznie (największą różnicę trzech pozycji odnotowano jedynie dla łotewskiego BCT Riga), wnioski końcowe wyciągnięto w oparciu o te dwa zestawienia²⁶.

Wyniki przeprowadzonej analizy konkurencyjności nadbałtyckich terminali kontenerowych odzwierciedlają zachodzące na tym rynku zależności. W prezentowanych w tabeli 5.35 rankingach wielokryterialnych polski DCT Gdańsk i rosyjski PLP zajmują dwie pierwsze lokaty. W pierwszej dziesiątce znajdują się ponadto dwa terminale operatora APM Terminals (szwedzki i duński) oraz po dwa terminale polskie (GCT, BCT Gdynia)²⁷, fińskie (Multi-Link Terminals/Steveco, Mussalo CT) i rosyjskie (FCT, Bronka CT). Wśród ścisłej czołówki najlepszych i jednocześnie najbardziej konkurencyjnych terminali Morza Bałtyckiego zabrakło natomiast terminali z Łotwy, Litwy i Estonii, a w całym analizowanym zestawieniu również tych z Niemiec²⁸. Wreszcie w badaniu najslabiej wypadł rosyjski Moby Dick, szwedzki GCT Gävle oraz łotewski RUT, co potwierdza uprzednio wyciągnięte wnioski (zob. podrozdział 5.3.1).

26 Największe różnice w rankingu odnotowano w pierwszym wariantcie AHP, kiedy to sześć terminali wysoko notowanych w pozostałych trzech zestawieniach, zajęło lokaty poza pierwszą piątnastką (FCT, Multi-Link Terminals/Steveco, PLP, APMT, CTSP, MCT). Chociaż dużo mniejsze różnice w zajmowanych przez terminale pozycjach zaobserwować można już w drugim wariantcie AHP, uzyskane w badaniu wyniki wydają się potwierdzać stosunkowo dużą wrażliwość metody na nawet niewielkie zmiany w wykorzystanych do obliczeń wagach.

27 Zauważmy, że gdyby doszło do zapowiadanej jeszcze trzy lata temu fuzji gdyńskich terminali, układ sił konkurencyjnych w badanym regionie mógłby ulec znaczącym zmianom (Borkowski, 2017; Ostrowski, 2016).

28 Pamiętać należy, że w Niemczech znajdują się dwa największe porty kontenerowe świata (Hamburg oraz Brema/Bremerhaven), które zaliczane są jednak do morskich węzłów przeladunkowo-składowych Morza Północnego (WSC, 2019).

Analiza map grup strategicznych potwierdza, iż najkorzystniejszą sytuację na rynku kontenerowych przewozów w RMB ma najszybciej rozwijający się w badanym sektorze port gdański, który posiada największy udział w rynku i w pięciu analizowanych w badaniu kryteriach znajduje się w obszarze korzyści strategicznych. O przewadze konkurencyjnej tego terminalu decyduje lokalizacja gospodarca, osiągnięty potencjał przeładunkowy, możliwość obsługi statków oceanicznych oraz fakt, że Gdańsk należy do bałtyckich portów niezamarzających (Salomon, 2017, s. 101). Czynnikiem mogącym osłabić jego pozycję konkurencyjną w najbliższym czasie, jest natomiast pominięcie Gdańska w zaktualizowanych w 2016 r. planach pracy dla korytarzy sieci bazowej TEN-T²⁹ Morze Północne – Bałtyk³⁰ oraz, w mniejszym stopniu, silna konkurencja ze strony największych terminali kontenerowych Morza Północnego (Hamburg, Bremerhaven, Rotterdam), jak również północnego wybrzeża Adriatyku (Ravenna, Wenecja, Triest, Koper i Rijeka)³¹.

Najgroźniejszymi konkurentami dla DCT jest sąsiadujący z nim BCT Gdynia oraz dwa petersburskie terminale – PLP i CTSP, które mają znacznie niższe udziały rynkowe. Ponieważ w grupie dużych nadbałtyckich terminali kontenerowych istnieje realne zagrożenie walką konkurencyjną rozprzestrzeniającą się na cały sektor, szwedzki APMT w Göteborgu może mieć problemy z odzyskaniem dotychczasowej wysokiej pozycji na rynku nadbałtyckich przewozów kontenerowych. Na jego korzyść przemawiają jednak zebrane w badaniu informacje. W porównaniu ze swoimi konkurentami węzeł ten wypada bowiem słabo tylko ze względu na dwa spośród siedmiu kryteriów: K2 (liczba RTG) i K7 (odległość od krajowej stacji kolejowej).

W grupie terminali małych zauważyć można dość duże różnice w omawianych rankingach, które wynikają przede wszystkim z małych różnic pomiędzy wartościami cech w ramach każdego z analizowanych w badaniu kryteriów (tab. 5.36). We wszystkich omawianych zestawieniach największe różnice w zajmowanych lokatach wystąpiły dla ÅCT, Halmstadt i Hackiln. Generalnie w omawianej grupie najlepiej wypadają te terminale, które osiągały też najlepsze wyniki w indywidualnych indeksach preferencji dla poszczególnych kryteriów, tj. FCT Fredericia

29 TEN-T (*Trans-European Transport Networks*) dzieli się na sieć kompleksową i bazową. Pierwsza zawiera wszystkie istniejące, modernizowane i planowane elementy sieci TEN-T. Druga składa się z tych elementów sieci kompleksowej, które mają znaczenie strategiczne dla realizacji celów funkcjonowania TEN-T (Bartosiewicz, Sztetlik, 2019, s. 53).

30 W korytarzu Morze Północne–Bałtyk leży 12 bazowych portów morskich, łączących porty Morza Bałtyckiego w Helsinkach (FI), Tallinnie (EE), Rydze, Ventspils (LV) i Kłajpedzie (LT) z portami Morza Północnego w Hamburgu, Bremie i Wilhelmshaven (DE), Amsterdamie, Rotterdamie, Moerdijk (NL) i Antwerpii (BE). Początek i koniec korytarza tworzą: port w Helsinkach na wschodzie, port w Antwerpii i porty w Amsterdamie oraz Rotterdamie na zachodzie (KE, 2016, s. 18).

31 Zagrożeniem może być m.in. rozwój korytarza Bałtyk–Adriatyk w ramach transeuropejskiej bazowej sieci transportowej TEN-T (Raben, 2016, s. 181).

(K5, K6), LHG Skandinavienkai (K1, K4) oraz OT Port (K3, K7). We wszystkich rankingach najgorzej prezentują się natomiast Haraholmen, Røytta i AWT.

Biorąc pod uwagę sumaryczne wyniki wielokryterialne, w grupie terminali małych w pierwszej trójce znalazły się: duński terminal w Fredericii, niemiecki LHG Skandinavienkai oraz polski OT Port w Świnoujściu. Wysoka pozycja tego ostatniego po raz kolejny potwierdza, że polskie morskie węzły transportowe mają znaczącą przewagę konkurencyjną w przewozach kontenerowych na Morzu Bałtyckim. Przewaga ta może się jeszcze zwiększyć, jeśli w Świnoujściu powstanie głębokowodny terminal kontenerowy³², zlokalizowany na wschód od gazoportu w porcie zewnętrznym³³. Szacuje się, że w skali roku do planowanego węzła może zawiązać nawet 150 największych kontenerowców świata i ok. 250 mniejszych jednostek, a jego zdolność przeładunkowa wyniesie 1,5 mln TEU³⁴. Na chwilę obecną nie wiadomo jednak, jak wypadną konsultacje społeczne w tej sprawie i czy wstępnie planowana na lata 2025–2027 inwestycja za dwa miliardy złotych dojdzie w ogóle do skutku (Koncepcja terminalu, 2018).

Tabela 5.36. Porównanie rankingów finalnych (AHP i PROMETHEE II) $n = 30$ TK

TK _n	Nazwa terminalu	Miejsce w rankingu			
		AHP	PROMETHEE II	AHP (II)	PROMETHEE II (II)
TK1	BCT Bałtyisk (RUS)	23	24	16	20
TK2	ACT (DK)	4	7	8	6
TK3	Oritkari (FIN)	14	9	14	9
TK4	RCT (LV)	16	21	13	15
TK5	ÅCT (S)	20	29	26	16
TK6	Halmstadt (S)	17	16	20	29

32 Opinie co do celowości budowy w Świnoujściu głębokowodnego terminalu kontenerowego są podzielone. Zwolennikami planowanej inwestycji jest większość naukowców środowiska szczecińskiego. Jednak prof. Wł. Rydzkowski z Uniwersytetu Gdańskiego nie widzi już potrzeby budowania za publiczne pieniądze konkurencji dla Gdańska, który aspiruje do roli bałtyckiego hubu (Stefaniak, 2019).

33 Przeszkodą w planowanej inwestycji jest m.in. gazociąg Nord Stream, który uniemożliwia na chwilę obecną nawigację jednostkom o zanurzeniu powyżej 13,5 m, a poprowadzony jest dokładnie w poprzek północnego toru podejściowego do Świnoujścia (Majczyk, 2017).

34 W odpowiedzi na rosnące zapotrzebowanie rynku na towary z Dalekiego Wschodu, do portów zawiązają coraz większe statki. To może z kolei wymusić inwestycje infrastrukturalne na terenie małych i średnich terminali, które nie są w chwili obecnej w stanie obsługiwać największych kontenerowców świata. Brak takich inwestycji skutkować może w niedalekiej przyszłości dalszą koncentracją obrotów ładunkami skonteneryzowanymi na terenie największych portów Bałtyku (Liuhto, 2016).

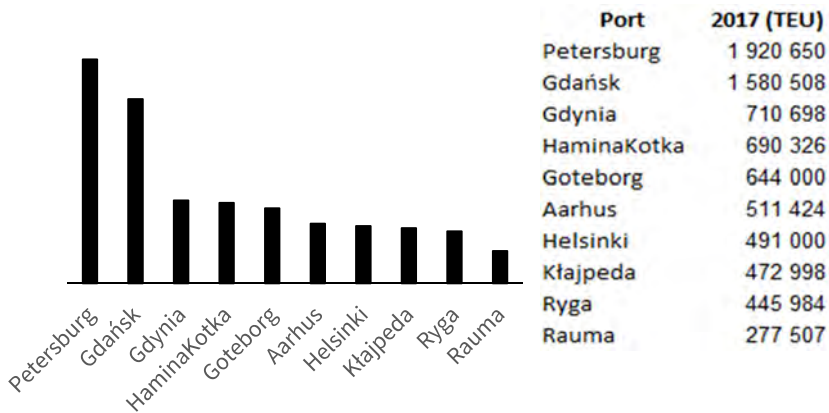
TK _n	Nazwa terminalu	Miejsce w rankingu			
		AHP	PROMETHEE II	AHP (II)	PROMETHEE II (II)
TK7	FCT Fredericia (DK)	3	2	1	2
TK8	OT Port (PL)	6	3	3	1
TK9	GTK (PL)	18	11	17	10
TK10	CTF (S)	11	8	12	7
TK11	RFT (RUS)	15	18	24	22
TK12	SCT (DK)	10	14	15	17
TK13	Hacklin (FIN)	8	19	9	14
TK14	CTL (D)	21	22	23	23
TK15	LHG Skandinavienkai (D)	1	1	2	3
TK16	LHG Nordlandkai (D)	2	4	11	8
TK17	LHG Schlutup (D)	26	25	25	26
TK18	LHG Seelandkai (D)	5	6	6	5
TK19	Sydhamnen (S)	19	13	19	18
TK20	Ajos (FIN)	25	26	22	24
TK21	AWT (FIN)	30	27	29	27
TK22	KSCP (RUS)	22	17	21	19
TK23	Karlshamn CT (S)	24	20	18	21
TK24	Haraholmen (S)	28	30	30	30
TK25	SCA Logistics Umeå (S)	13	15	10	12
TK26	VCT (S)	27	23	28	25
TK27	SCA Logistics Sundsvall (S)	7	12	7	13
TK28	Hangö Stevedoring (FIN)	9	10	4	11
TK29	Röyttä (FIN)	29	28	27	28
TK30	Kalundborg CT (DK)	12	5	5	4

Źródło: opracowanie własne.

W końcowych rankingach wielokryterialnych dla małych terminali Bałtyku słabo wypadły terminale skandynawskie (tab. 5.36). Warto jednak zauważyć, że bazy szwedzkie i fińskie mogą w najbliższej przyszłości zbudować swoją przewagę konkurencyjną dążąc, zgodnie z misją morskich terminali najnowszej generacji, do osiągnięcia rangi tzw. zielonych portów (*green ports*). Potwierdzają to, podejmowane już dziś przez Skandynawów, działania na rzecz redukcji emisji CO₂,

korzystania z alternatywnych źródeł energii i technologii przyjaznych środowisku czy też stosowania systemów eliminujących zjawisko kongestii (Bergqvist, Monios, 2019, s. 55–57; Czermański, 2017, s. 51; Marzantowicz, Dembińska, 2018, s. 122).

Wreszcie, zebrane dane oraz uzyskane w omawianej grupie wyniki badań potwierdzają spostrzeżenie, iż najlepszym wyborem dla małych i średnich terminali kontenerowych oraz terminali wielofunkcyjnych jest system operacyjny opierający się na pracy wozów wysięgnikowych, podsiębiernych oraz podnośników widłowych w połączeniu z ciągnikami terminalowymi (Salomon, 2013a, s. 74).



Wykres 5.26. Dziesięć największych nadbałtyckich portów kontenerowych w 2017 r. (TEU)

Źródło: opracowanie własne

Biorąc pod uwagę tylko liczbę przeladowywanych rocznie kontenerów 20-stopowych, w 2017 r. największym portem kontenerowym w RMB był jeszcze Petersburg z ok. 25% udziałem w rynku (wyk. 5.26). W stosunku do lat ubiegłych zmniejszyła się jednak jego przewaga nad Gdańskiem (ok. 20% udziałów), Gdynią (ok. 9% udziałów), HaminąKotką (również ok. 9% udziałów) i Göteborgiem (ok. 8% udziałów). Analizując wyniki, osiągnięte w 2017 r. przez poszczególne terminale, stwierdzić należy, że najgroźniejszym konkurentem dla rosyjskiego portu w Petersburgu był Gdańsk³⁵, który w stosunku do 2016 r. zanotował największy wzrost w liczbie przeladowywanych kontenerów 20-stopowych (zmiana rok do roku wyniosła w tym przypadku +21,6%). Tempo wzrostu pozostałych baz prze-

³⁵ W sytuacji chwilowego lub stałego wyłączenia z rynku GTK (zob. przypis 22) pojęcia Port Gdańsk i DCT Gdańsk są zasadniczo tożsame.

ładunkowych w regionie nadbałtyckim było już znacznie niższe. Największe po Gdańsku wzrosty zanotowały w 2017 r. porty: Ryga (+15,6%), Aarhus (+12,4%) i Gdynia (+10,7%). Biorąc pod uwagę, iż tempo wzrostu lidera rynkowego wyniosło w omawianym okresie +10,1%, nie dziwi fakt, że już w 2018 r. Port Gdańsk stał się największym morskim węzłem kontenerowym Bałtyku³⁶. Dzięki dobrym wynikom gdańskiego terminalu, na które wpłynęła m.in. budowa nowego nabrzeża T2, Port Gdańsk jako jedyny port RMB awansował w 2018 r. do listy 100 największych portów kontenerowych świata (Nightingale, 2018, s. 12–13). Najgorzej w omawianym zestawieniu wypadł natomiast port w Göteborgu, który odnotował w 2017 r. aż 19% spadek w ilości przeładowywanych kontenerów 20-stopowych. Tak słabe wyniki szwedzkiego portu spowodowane były m.in. przedłużającym się konfliktem między związkami zawodowymi a kierownictwem APM Terminals (*Record-breaking results*, 2018, s. 2).

Jednocześnie w mocy pozostaje stwierdzenie, iż cechą charakterystyczną bałtyckiej żeglugi kontenerowej jest przewóz towarów pochodzących spoza lub kierowanych na zewnątrz regionu. Wynika to z rozwoju obrotów ładunkami przewożonymi w kontenerach w relacjach międzykontynentalnych. Rozwój ten wpływa z kolei na ukształtowanie się modelu organizacji oceanicznych serwisów liniowych, opartego na systemie *hub and spoke*, który polega na obsłudze zredukowanej liczby wielkich portów bazowych (tzw. *hubów*) i rozwoju sieci serwisów feederowych, zapewniających dowóz i odwóz kontenerów do terminali niemających oceanicznych połączeń (Urbanyi-Popiołek, 2013a, s. 215).

36 Przypomnijmy raz jeszcze, że w opublikowanym przez Szanghaj Maritime University zestawieniu 15 największych portów kontenerowych Europy, na ostatnim miejscu jako jedyny port nadbałtycki znalazł się Gdańsk.

Zakończenie

Według szacunków na świecie drogą morską przewozi się ponad 80% masy towarowej, podczas gdy środki transportu morskiego wykonują największą pracę przewozową i cechuje je najwyższa efektywność ekonomiczna wybranych wskaźników przewozowych (Ficoń, 2010b, s. 5). Transport morski jest też bezpieczny i coraz bardziej proekologiczny, zwłaszcza w ostatnich latach, kiedy w coraz większym stopniu próbuje się ograniczać zużycie paliw wysokosiarkowych. Co więcej, ze względu na rosnącą tendencję do rozwijania tych gałęzi transportu, które mają ograniczony wpływ na degradację środowiska naturalnego, w ostatnim czasie coraz większego znaczenia nabiera transport intermodalny, w tym morski transport kontenerów.

Wszystko wskazuje na to, że przewozy intermodalne nadal będą wzrastać, zwłaszcza że według prognoz do 2050 r. szacuje się ok. 80% wzrost w transporcie towarów i pasażerów w stosunku do obecnego poziomu przewozów w UE (Jacyna i in., 2017, s. 9). Co natomiast istotne z punktu widzenia interesującej nas tematyki, do 2030 r. przewiduje się w zakresie nadbałtyckiej żeglugi morskiej wzrost przewozów na poziomie 30%. Jednocześnie największy wzrost (nawet o 140% w ciągu 20 lat) szacowany jest w zakresie morskiego transportu kontenerów.

W Polsce na przestrzeni ostatnich lat zaobserwować można stały rozwój morskich przewozów intermodalnych. Jak się okazuje, w 2018 r. Port Gdańsk stał się największym morskim węzłem kontenerowym Bałtyku i jako jedyny port RMB awansował do listy 100 największych portów kontenerowych świata. Silną pozycję konkurencyjną polskiego portu w rejonie Morza Bałtyckiego potwierdza przeprowadzona analiza wielokryterialna AHP i PROMETHEE II. W opracowanych przez Autorkę w rozdziale piątym rankingach wielokryterialnych, pierwsze miejsce w grupie dużych nadbałtyckich terminali kontenerowych (roczne możliwości przeładunkowe powyżej 150 tys. TEU) zajmuje Deepwater Container Terminal (DCT Gdańsk). Swoją przewagę konkurencyjną polski węzeł zawdzięcza przede wszystkim dobrej lokalizacji gospodarczej, osiągniętemu potencjałowi przeładunkowemu oraz możliwości obsługi statków oceanicznych. Co ciekawe, wyniki badań wskazują, iż najgroźniejszymi konkurentami dla DCT są sąsiadujący

z nim Baltic Container Terminal (BCT Gdynia) oraz dwa petersburskie terminale, Petrosport (PLP) i Container Terminal Saint Petersburg (CTSP), mają one jednak znacznie niższe udziały rynkowe. Z kolei w grupie terminali małych, na wysokiej trzeciej lokacie w sumarycznym rankingu wielokryterialnym znalazł się polski OT Port w Świnoujściu, który w ciągu najbliższych 8–10 lat może swoją pozycję jeszcze poprawić, jeśli powstanie tam głębokowodny terminal kontenerowy, zlokalizowany na wschód od gazoportu w porcie zewnętrznym.

Od dawna wiadomo, że armatorzy statków i zarządcy portów borykają się z problemem rosnącej konkurencyjności, przez co terminale portowe starają się być coraz bardziej wydajne, a operacje przeładunkowe wzdłuż nabrzeża i składowanie pojemników na placach składowych bądź w magazynach wykonywane są coraz szybciej. Wynika to przede wszystkim z konieczności skracania czasu postoju statku w porcie i minimalizacji szeroko rozumianych kosztów transportowo-przeładunkowych. Ponieważ polskie morskie terminale kontenerowe zajmują obecnie kluczową pozycję w nadbałtyckiej sieci transportowej, w rozdziale trzecim opisano m.in. logistyczny model terminalu kontenerowego, który w czwartym rozdziale pracy wykorzystany został do budowy modelu masowej obsługi dla przykładowej morskiej bazy przeładunkowo-składowej kontenerów. W tym miejscu warto podkreślić, iż konstrukcja przedstawianego przykładowego modelu terminalu kontenerowego możliwa była m.in. dzięki informacjom przekazanim Autorce przez pracowników czołowych polskich baz przeładunkowo-składowych kontenerów Morza Bałtyckiego – DCT Gdańsk i BCT Gdynia. Budowa teoretycznego modelu logistycznego, a następnie przedstawienie morskiego terminalu kontenerowego jako problemu kombinatorycznego o charakterze kolejkowym są bez wątpienia doskonałym przykładem, opisującym rozwiązania logistyczne stosowane w praktyce, w ciągle zmieniającym się otoczeniu morskich węzłów transportowych.

Z kolei opisanie w trzech pierwszych rozdziałach pracy specyfiki przewozów intermodalnych oraz funkcjonujących w morskich terminalach kontenerowych rozwiązań organizacyjno-technicznych w zakresie załadunku i rozładunku morskich środków transportowych, układania tras przewozu pojazdów, planowania usytuowania i ilości portowych urządzeń przeładunkowych czy też organizacji i eksploatacji portowych placów składowych, powinno pomóc w identyfikacji dalszych, pożądanych kierunków doskonalenia stosowanych w Polsce rozwiązań w zakresie morskiego transportu kontenerowego, co w przyszłości może przełożyć się na wdrożenie konkretnych rozwiązań logistycznych, usprawniających w jeszcze większym stopniu funkcjonowanie polskich nadbałtyckich terminali kontenerowych.

Jak wynika z powyższego, w pracy udało się zrealizować opisane we wstępie cele badawcze o charakterze poznawczym (przegląd dotychczasowego stanu badań nad morskimi terminalami kontenerowymi, kompleksowe opisanie funkcjonowania morskich baz przeładunkowo-składowych kontenerów, analiza mocnych i słabych stron morskich terminali kontenerowych w Polsce na tle ich

konkurentów z RMB w aspekcie stosowanych rozwiązań organizacyjno-technologicznych) i metodycznym (praktyczne zastosowanie wybranych metod ilościowych – modele kolejkowe, mapy grup strategicznych, metody wielokryterialne AHP oraz PROMETHEE II – do optymalizacji procesów zachodzących na terenie morskich terminali kontenerowych oraz rozwiązywania rzeczywistych problemów gospodarczych). Jednocześnie przedstawiona czytelnikom książka, stanowi cenne uzupełnienie istniejącej luki badawczej, zwłaszcza że na chwilę obecną nie ma na polskim rynku wydawniczym monografii poświęconej w całości morskim przewozom kontenerowym i optymalizacji procesów zachodzących na terenie morskich baz przeładunkowo-składowych kontenerów.

Bibliografia

- A Vision of the Port of the Future, 100 Years after the Birth of the Container* (2011), „Port Technology”, nr 6, s. 6.
- Abbes S. (2015), *Seaport Competitiveness: A Comparative Empirical Analysis between North and West African Countries Using Principal Component Analysis*, „International Journal of Transport Economics”, t. 42 (3), s. 289–314.
- Abramow S.A., Mariniczew M.I., Polakow P.D. (1967), *Metody analizy sieciowej w planowaniu i zarządzaniu*, Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej, Warszawa.
- Adamus W., Gręda A. (2005), *Wspomaganie decyzji wielokryterialnych w rozwiązywaniu wybranych problemów organizacyjnych i menedżerskich*, „Badania Operacyjne i Decyzje”, nr 2, s. 5–36.
- Ahmed E. (2015), *Optimization-Based Simulation of Container Terminal Productivity using Yard Truck Double Cycling*, PhD Thesis, Concordia University, Montreal.
- Alphaliner TOP 100* (2019), <https://alphaliner.axsmarine.com/PublicTop100/> (dostęp: 11.02.2019).
- Andrzejewski L., Fechner I. (2014), *Uwarunkowania lokalizacyjne i funkcjonalne terminali kontenerowych w Polsce*, „Logistyka”, nr 1, s. 59–64.
- Aravindan S., Thiruvenkatasamy K. (2016), *An Analysis on the Modeling of Container Terminal Operations*, „Indian Journal of Science and Technology”, t. 9 (39), s. 1–6.
- Bahzadian M., Kazemzadeh R.B., Albadvi A., Aghdasi M. (2010), *PROMETHEE: A Comprehensive Literature Review on Methodologies and Applications*, „European Journal of Operational Research”, t. 200 (1), s. 198–215.
- Baltic Container Yearbook 2012/2013* (2013), „Baltic Transport Journal”, nr 3, s. 1–190.
- Baltic Container Yearbook 2017/2018* (2018), „Baltic Transport Journal”, nr 4, s. 1–184.
- Baltic Port Market in 2017* (2018), „Baltic Transport Journal”, nr 2, s. 25–35.
- Baran J., Górecka A. (2015), *Seaport Efficiency and Productivity Based on Data Envelopment Analysis and Malmquist Productivity Index*, „Logistics & Sustainable Transport”, t. 6, nr 1, s. 25–33.
- Bartczak K. (2016), *Analiza barier rozwoju transportu intermodalnego w Polsce*, „Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe”, R. 17, nr 4, s. 120–126.
- Bartosiewicz A. (2013a), *Organizacja procesów wyładawczych na terminalu Euromax w Rotterdamie*, [w:] W. Sikora (red.), *Metody i zastosowania badań operacyjnych w gospodarce, finansach i szkolnictwie wyższym*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, Poznań, s. 7–21.
- Bartosiewicz A. (2013b), *Rozwój konteneryzacji na świecie od końca XIX w. do czasów współczesnych*, „Studia z Historii Społeczno-Gospodarczej XIX i XX wieku”, t. 11, s. 117–134.

- Bartosiewicz A. (2014), *Terminal Operating Systems as a Tool to Support Entrepreneurship and Competitiveness of Sea Ports*, „Przedsiębiorczość i Zarządzanie”, t. XV, z. 10, s. 175–187.
- Bartosiewicz A. (2015a), *Planowanie tras przewozu ładunków z nabrzeża na plac składowy w morskim terminalu kontenerowym w Gdańsku*, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, nr 235, s. 18–33.
- Bartosiewicz A. (2015b), *Porozumienia integracyjne w morskiej żegludze kontenerowej. Geneza, rozwój i stan obecny w kontekście obowiązujących przepisów Unii Europejskiej*, „Studia z Historii Społeczno-Gospodarczej XIX i XX wieku”, t. 14, s. 121–131.
- Bartosiewicz A. (2015c), *Porównanie organizacji procesów rozładunkowych na DCT Gdańsk i Euro-max Rotterdam*, [w:] J.B. Gajda, R. Jadczyk (red.), *Badania Operacyjne. Przykłady zastosowań*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, s. 27–41.
- Bartosiewicz A. (2015d), *The Role of Maritime Container Terminals in the Provision of Logistics Services*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach”, nr 104, s. 17–26.
- Bartosiewicz A., Sztarlić P. (2019), *Łódź's Benefits from the One Belt One Road Initiative*, „International Journal of Logistics Research and Applications”, t. 22 (1), s. 47–63.
- BCT Gdynia (2018), *Ogólna instrukcja bezpieczeństwa i higieny pracy*, BCT, Gdynia, <http://www.bct.gdynia.pl/dla-klientow/regulaminy-i-procedury> (dostęp: 11.01.2019).
- BCT Gdynia (2019a), *Procedura przejazdu przez bramy*, BCT, Gdynia, <http://www.bct.gdynia.pl/dla-klientow/regulaminy-i-procedury> (dostęp: 11.01.2019).
- BCT Gdynia (2019b), *Regulamin zasad ruchu pojazdów samochodowych, urządzeń i sprzętu technologicznego oraz osób na terenie BCT*, BCT, Gdynia, <http://www.bct.gdynia.pl/dla-klientow/regulaminy-i-procedury> (dostęp: 11.01.2019).
- BCT Gdynia (2019c), *Standardowe warunki handlowe świadczenia usług terminalowych*, BCT, Gdynia, <http://www.bct.gdynia.pl/dla-klientow/regulaminy-i-procedury> (dostęp: 11.01.2019).
- Benbella A. (2017), *Vers une contribution dans le transport maritime de marchandises: Optimisation de placement des conteneurs dans un port maritime*, Thèse de Doctorat, Université d'Oran, Oran.
- Bernacki D. (2003a), *Wyznaczanie konkurencyjności portu morskiego wartością nowo wytworzoną w przeladunkach*, [w:] K. Chwesiuk (red.), *Konkurencyjność polskich portów morskich w świetle integracji z Unią Europejską*, Wydawnictwo Kreos, Szczecin, s. 1–10.
- Bernacki D. (2003b), *Znaczenie wartości dodanej w określaniu konkurencyjności portów morskich*, Translog, Szczecin.
- Bernacki D. (2004), *Analiza konkurencyjności portów południowego Bałtyku*, [w:] K. Chwesiuk (red.), *Zmiany w lądowo-morskich łańcuchach transportowych w rejonie basenu Morza Bałtyckiego. Szanse i zagrożenia dla polskich interesów morskich*, Wydawnictwo Kreos, Szczecin, s. 111–120.
- Bernacki D. (2012), *Port morski w systemie zarządzania łańcuchem dostaw*, „Logistyka”, nr 5, s. 290–298.
- Beskovnik B., Twrdy E. (2009), *Productivity Simulation Model for Optimization of Maritime Container Terminals*, „Transport Problems”, t. 4 (3), s. 113–122.
- Bergqvist R., Monios J. (2019), *Green Ports. Inland and Seaside Sustainable Transportation Strategies*, Elsevier, Amsterdam–Oxford–Cambridge.

- Bish E.K., Leong T.Y., Li C.L., Ng W.C., Simchi-Levi D. (2001), *Analysis of a new vehicle scheduling and location problem*, „Naval Research Logistics”, t. 48, s. 363–385.
- Borkowski M. (2017), *Mysz, która może ryknąć*, „Namiary na Morze i Handel”, nr 8, s. 1–4.
- Boroujeni S.B. (2015), *Optimization of Yard Operations in Maritime Container Terminals*, MSc Thesis, Sloan School of Management, Massachusetts.
- Bossak J.W., Bieńkowski W. (2004), *Międzynarodowa zdolność konkurencyjna kraju i przedsiębiorstw. Wyzwania dla Polski na progu XXI wieku*, Szkoła Główna Handlowa, Warszawa.
- Brans J.P., Mareschal B. (2005), *PROMETHEE Methods*, [w:] J. Figueira, S. Greco, M. Ehrgott (red.), *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, Springer, New York, s. 163–186.
- Brans J.P., Vincke Ph. (1985), *A Preference Ranking Organization Method (The PROMETHEE Method) for Multiple Criteria Decision-Making*, „Management Science”, t. 31, nr 6, s. 647–656.
- Bruce G., Raghavan S., Wasil E. (2008), *The Vehicle Routing Problem: Latest Advances and New Challenges*, Springer, Berlin.
- Bruyere A. (red.) (2014), *Containerized Cargo: Competition Among U.S., Canadian and Mexican Seaports*, Nova Science Publishers, New York.
- Bryfors U., Cederqvist H., Henriksson B., Spink A. (2006), *Cranes with Brains. Euromax – The Modern Automatic Container Terminal*, „ABB Review”, nr 3, s. 56–59.
- Brzęczek T., Gaspar-Wieloch H., Godziszewski B. (2010), *Podstawy badań operacyjnych i ekonometrii*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań.
- Brzozowski M. (2011), *Morskie przewozy kontenerowe jako generator zmian*, „Logistyka”, nr 4, s. 120–129.
- Bujak A. (2007), *Wybrane aspekty transportu intermodalnego*, „Zeszyty Naukowe. Logistyka i Transport”, t. 4, nr 1, s. 115–122.
- Burg G. van den (1968), *Containerisation. A Modern Transport System*, Hutchinson, London.
- Canonaco P., Legato P., Mazza R.M., Musmanno R. (2008), *A Queuing Network Model for the Management of Berth Crane Operations*, „Computers and Operations Research”, t. 35, s. 2432–2446.
- Carlo H.J., Vis I.F.A., Roodbergen K.J. (2014), *Storage Yard Operations in Container Terminals: Literature Overview, Trends and Research Directions*, „European Journal of Operational Research”, t. 235 (2), s. 412–430.
- Chadwin M.L., Pope J.A., Talley W.K. (1990), *Ocean Container Transportation: An Operational Perspective*, Taylor & Francis, New York.
- Charchalis A., Krefft J. (2009), *Main Dimensions Selection Methodology of the Container Vessels in the Preliminary Stage*, „Journal of KONES Powertrain and Transport”, t. 16, nr 2, s. 71–78.
- Chebli K. (2011), *Optimisation des mouvements des conteneurs dans un terminal maritime*, Mémoire de Maîtrise, Université de Montréal, Montréal.
- Chen Ch., Hsu W.J., Huang S.Y. (2003), *Simulation and Optimization of Container Yard Operations: A survey*, Post Conference Workshop „Port and Maritime R&D and Technology”, Singapore.
- Chen L., Bostel N., Dejax P., Cai J., Xi L. (2007), *A Tabu Search Algorithm for the Integrated Scheduling Problem of Container Handling Systems in a Maritime Terminal*, „European Journal of Operational Research”, t. 181, s. 40–58.

- Chiński kontenerowiec zainauguował poszerzony Kanał Panamski (2016), https://logistyka.wnp.pl/chinski-kontenerowiec-zainauguowal-poszerzony-kanal-panamski,276481_1_0_0.html (dostęp: 08.03.2019).
- Chmielewska-Przybysz M., Kaup M. (2011), *Wpływ rozwiązań logistycznych na funkcjonowanie terminali kontenerowych w polskich portach morskich*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Problemy Transportu i Logistyki”, nr 657 (15), s. 151–160.
- Chmurawa M. (1996), *Logistyczne uwarunkowania technologii przeładunku kontenerów*, „Biuletyn Maszyny Dźwigowo-Transportowe”, nr 2, s. 16–24.
- Christerson M. (2011), *Meeting the Demands of Larger Vessels with Larger and Faster Cranes*, „Port Technology International”, nr 40, s. 58–63.
- Christowa C. (2011), *Concept and Implementation Program of the National Maritime Policy with a Focus on Seaports*, „Logistics and Transport”, nr 1 (12), s. 13–21.
- Christowa C. (2012), *Port morski jako centrum logistyczne w międzynarodowych łańcuchach dostaw*, „Logistyka”, nr 4, s. 53–56.
- Christowa-Dobrowolska M. (2007), *Konkurencyjność portów morskich basenu Morza Bałtyckiego*, „Studia Akademii Morskiej w Szczecinie”, nr 48, s. 3–262.
- Chuchła Z. (2009), *Morski statek transportowy. Eksploatacja i elementy zarządzania*, Akademia Morska w Gdyni, Gdynia.
- Cobo P.T. (2016), *Optimization of Yard Operations in Container Terminals from an Energy Efficiency Approach*, PhD Thesis, Universidad Politécnica de Cataluña – Barcelona Tech, Barcelona.
- Cordeau J.F., Gaudioso M., Laporte G., Moccia L. (2007), *The Service Allocation Problem at the Gioia Tauro Maritime Terminal*, „European Journal of Operational Research”, t. 176, s. 1167–1184.
- Covic F. (2019), *Container Handling in Automated Yard Blocks: An Integrative Approach Based on Time Information*, Springer, Cham.
- Cruz M.R.P., Ferreira J.J.M. (2016), *Evaluating Iberian Seaport Competitiveness Using an Alternative DEA Approach*, „European Transport Research Review”, t. 8 (1), s. 1–9.
- Cruz M.R.P., Ferreira J.J.M., Azevedo S. (2013), *Key Factors of Seaport Competitiveness Based on the Stakeholder Perspective: An Analytic Hierarchy Process (AHP) Model*, „Maritime Economics & Logistics”, t. 15 (4), s. 416–443.
- Cudahy J.B. (2006), *The Containership Revolution: Malcom McLean's 1956 Innovation Goes Global*, „TR News”, nr 246, s. 5–9.
- Czermański E. (2012), *Charakterystyka gospodarcza regionu Morza Bałtyckiego*, „Studia i Materiały Instytutu Transportu i Handlu Morskiego”, nr 9, s. 15–30.
- Czermański E. (2017), *Baltic Shipping Development Plans in Maritime Spatial Planning Aspect*, „Studia i Materiały Instytutu Transportu i Handlu Morskiego”, nr 14, s. 48–64.
- Daganzo C.F. (1989), *The Crane Scheduling Problem*, „Transportation Research Part B: Methodological”, t. 23B, s. 159–175, [http://dx.doi.org/10.1016/0191-2615\(89\)90001-5](http://dx.doi.org/10.1016/0191-2615(89)90001-5)
- Dai J., Lin W., Moorthy R., Teo C.P. (2008), *Berth Allocation Planning Optimization in Container Terminals*, [w:] C.S. Tang, C.P. Teo, K.K. Wei (red.), *Supply Chain Analysis*, Springer, New York, s. 69–104.
- Dang V.L., Yeo G.T. (2017), *A Competitive Strategic Position Analysis of Major Container Ports in Southeast Asia*, „Asian Journal of Shipping and Logistics”, t. 33 (1), s. 19–25.

- Daniiloudi-Zielińska E., Gąsior M., Zieliński D. (2016), *Morski transport kontenerowy w regionie Morza Bałtyckiego – rozwój i wynikające z niego konsekwencje*, „Gospodarka Materiałowa i Logistyka”, nr 9, s. 207–222.
- Daszkiewicz A. (2007), *Kontenery i konteneryzacja w transporcie morskim*, „Wirtualny Leksykon Transportu i Logistyki”, nr 1, s. 1–9.
- Davidson N. (2016), *The Global Container Market Outlook: Ports and Terminals*, Drewry Maritime Research, Amsterdam.
- Dąbrowski J. (2010), *Koncepcja pomiaru konkurencyjności portów morskich*, „Contemporary Economy”, t. 1 (1), s. 57–67.
- DCT Gdańsk (2014), *Warunki współpracy*, DCT, Gdańsk, <https://dctgdansk.pl/strefa-klienta/dokumenty-do-pobrania/> (dostęp: 21.01.2019).
- DCT Gdańsk (2017a), *Procedura dotycząca weryfikowania dopuszczalnej ładowności zestawu drogowego wjeżdżającego na terminal DCT Gdańsk w celu podjęcia towaru z magazynu CFS lub w relacji bezpośredniej z kontenera na pojazd*, DCT, Gdańsk, <https://dctgdansk.pl/strefa-klienta/dokumenty-do-pobrania/> (dostęp: 21.01.2019).
- DCT Gdańsk (2017b), *Regulamin współpracy – operacje bramowe*, DCT, Gdańsk, <https://dctgdansk.pl/strefa-klienta/dokumenty-do-pobrania/> (dostęp: 21.01.2019).
- DCT Gdańsk (2017c), *Regulamin współpracy – operacje kolejowe*, DCT, Gdańsk, <https://dctgdansk.pl/strefa-klienta/dokumenty-do-pobrania/> (dostęp: 21.01.2019).
- DCT Gdańsk (2017d), *Regulamin współpracy – operacje statkowe*, DCT, Gdańsk, <https://dctgdansk.pl/strefa-klienta/dokumenty-do-pobrania/> (dostęp: 21.01.2019).
- DCT Gdańsk (2018), *Regulamin korzystania z systemu e.BRAMA*, DCT, Gdańsk, <https://dctgdansk.pl/strefa-klienta/dokumenty-do-pobrania/> (dostęp: 21.01.2019).
- Deja M., Dobrzyński M., Siemiątkowski M.S., Wiśniewska A. (2017), *Simulation Studies into Quay-side Transport and Storage Yard Operations in Container Terminals*, „Polish Maritime Research”, nr 24 (s1), s. 46–52.
- Deloitte (2007), *Porty morskie jako ogniwa międzynarodowych multimodalnych ciągów transportowych w obrocie lądowym i lądowo-morskim ze szczególnym uwzględnieniem zagadnień konkurencji międzygałęziowej oraz substytucyjności poszczególnych rodzajów transportu*, Projekt 2004/016-829.02.03 Ochrony Konkurencji, ftp://ftp.uokik.gov.pl/analizy/rezultat5_v2.pdf (dostęp: 14.05.2017).
- Dhingra V., Kumawat G.L., Roy D., Koster de R. (2018), *Solving semi-open Queuing Networks with Time-Varying Arrivals: An Application in Container Terminal Landside Operations*, „European Journal of Operational Research”, t. 267, s. 855–876.
- Dkhil H. (2015), *Optimisation des systèmes de stockage de conteneurs dans les terminaux maritimes automatisés*, Université du Havre, Havre.
- Downarowicz O., Krause J., Sikorski M., Stachowski W. (2000), *Zastosowanie metody AHP do oceny i sterowania poziomem bezpieczeństwa złożonego obiektu technicznego*, Politechnika Gdańska, Gdańsk.
- Dragović B., Tzannatos E., Park N.K. (2017), *Simulation Modelling in Ports and Container Terminals: Literature Overview and Analysis by Research Field, Application Area and Tool*, „Flexible Services and Manufacturing Journal”, t. 29 (1), s. 4–34.

- EC [European Commission] (2011), *Baltic Transport Outlook 2030. Strategic Network Analysis*, Copenhagen, <https://www.yumpu.com/en/document/read/33902416/executive-report-final-version-baltic-transport-outlook-2030> (dostęp: 22.04.2018).
- Ehrgott M. (2005), *Multicriteria Optimization*, Springer, Berlin.
- Elentably A. (2016), *Simulation of a Container Terminal and it's Reflect on Port Economy*, „TransNav the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation”, t. 10, nr 2, s. 331–337.
- Elsayeh M.M., Hubbard N.J., Tipi N.S. (2011), *An Assessment of Hub-ports Competitiveness and Its Impact on the Mediterranean Container Market Structure*, [w:] *Proceedings of the 16th Annual Logistics Research Network Conference 2011*, Transportation Research Group, Southampton, s. 1–10.
- Essery R.J., Rowland D.P., Steel W.O. (1979), *British Goods Wagons from 1887 to the Present Day*, Augustus M. Kelly Publishers, New York.
- Euromax: a New Standard in Container Handling* (2011), „Port Technology International”, nr 41, s. 61–63.
- Evers J.J.M., Koppers S.A.J. (1996), *Automated Guided Vehicle Traffic Control at a Container Terminal*, „Transportation Research Part A: Policy and Practice”, t. 30, s. 21–34.
- Expósito-Izquierdo C. (2017), *Intelligent Heuristic Techniques for the Optimization of the Transshipment and Storage Operations at Maritime Container Terminals*, „Inteligencia Artificial”, t. 20 (60), s. 20–23.
- Expósito-Izquierdo C., Melián-Batista B., Moreno-Vega J.M. (2015), *An Exact Approach for the Blocks Relocation Problem*, „Expert Systems with Applications”, t. 42, s. 6408–6422.
- Ficoń K. (2010a), *Logistyczny model morskiego portu handlowego*, „Logistyka”, nr 6, s. 1–24.
- Ficoń K. (2010b), *Logistyka morska: statki, porty, spedycja*, BEL Studio, Warszawa.
- Fijałkowski J. (2000), *Transport wewnętrzny w systemach logistycznych. Wybrane zagadnienia*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- Filina L. (2005), *Stan obecny i perspektywy rozwoju portów Ukrainy jako potencjalnych partnerów polskich portów w przewozach ładunków skonteneryzowanych*, V Międzynarodowa Konferencja Naukowa Porty Morskie 2005 „Wpływ portów morskich na funkcjonowanie i rozwój otoczenia”, Szczecin.
- Filipowicz B. (1996), *Modele stochastyczne w badaniach operacyjnych. Analiza i synteza systemów obsługi i sieci kolejkowych*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- Forster F., Bortfeldt A. (2012), *A Tree Search Procedure for the Container Relocation Problem*, „Computers & Operations Research”, t. 39, s. 299–309.
- Freight Handling. Container System Developed*, „The West Australian”, 30 July 1925, s. 4.
- Froyland G., Koch T., Megow N., Duane E., Wren H. (2008), *Optimizing the Landside Operation of a Container Terminal*, „OR Spectrum”, t. 30 (1), s. 53–75.
- Fusek A., Nowak K., Podelski H. (1967), *Analiza drogi krytycznej (CMP i PERT). Instrukcja programowania*, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- Gademann A.J., Velde van de S.L. (2000), *Positioning Automated Guided Vehicles in a Loop Layout*, „European Journal of Operational Research”, t. 127 (3), s. 565–573.
- Gadeyne B., Verhamme P. (2011), *Optimizing Maritime Container Terminal Operations*, MSc Thesis, Ghent University, Ghent.

- Galle V. (2018), *Optimization Models and Methods for Storage Yard Operations in Maritime Container Terminals*, Sloan School of Management, Massachusetts.
- Gambardella L.M., Rizzoli A., Zaffalon M. (1998), *Simulation and Planning of An Intermodal Container Terminal*, „Simulation”, t. 71, nr 2, s. 107–116.
- Gelderman J., Schöbel A. (2011), *On the Similarities of Some Multicriteria Decision Analysis Methods*, „Journal of Multicriteria Decision Analysis”, nr 18, s. 219–230.
- Gharehgozli A.H., Roy D., Koster de R. (2016), *Sea Container Terminals: New Technologies and OR Models*, „Maritime Economics & Logistics”, t. 18 (2), s. 103–140.
- Giallombardo G., Moccia L., Salani M., Vacca I. (2010), *Modeling and Solving the Tactical Berth Allocation Problem*, „Transportation Research Part B: Methodological”, t. 44, nr 2, s. 232–245.
- Gołomska E. (2007), *Podstawowe problemy logistyki globalnej, międzynarodowej, eurologistyki*, Wydawnictwo Naukowe Wyższej Szkoły Kupieckiej, Łódź.
- Goodchild A.V., Daganzo C.F. (2007), *Crane Double Cycling in Container Ports: Planning Methods and Evaluation*, „Transportation Research Part B: Methodological”, t. 41, s. 875–891.
- Gospodarka morską* (2019), <http://eregion.wzp.pl/obszary/gospodarka-morska> (dostęp: 11.03.2019).
- Górecka D. (2009), *Wielokryterialne wspomaganie wyboru projektów europejskich*, Towarzystwo Naukowe Organizacji i Kierownictwa „Dom Organizatora”, Toruń.
- Grajewski I., Wójcicki J. (1981), *Mały leksykon morski*, Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej, Warszawa.
- Grobelny P. (2016), *Bezpieczeństwo Chemiczne – przechowywanie materiałów niebezpiecznych na multimodalnych terminalach kontenerowych*, „Przegląd Komunikacyjny”, nr 3, s. 38–41.
- Grubiś N., Maglić L. (2018), *Optimization Process for Berth and Quay-Crane Assignment in Container Terminals with Separate Piers*, „Athens Journal of Technology and Engineering”, t. 5 (1), s. 53–68.
- Grzelakowski A.S. (2007), *Porty morskie jako elementy globalnych lądowo-morskich logistycznych łańcuchów dostaw*, „Logistyka”, nr 5, s. 31–36.
- Grzelakowski A.S., Matczak M. (2006), *Ekonomika i zarządzanie przedsiębiorstwem portowym. Podstawowe zagadnienia*, Wydawnictwo Akademii Morskiej w Gdyni, Gdynia.
- Grzybowski M. (2011), *Ekonomiczno-infrastrukturalne uwarunkowania rozwoju portów morskich w regionie Morza Bałtyckiego*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Problemy Transportu i Logistyki”, nr 657, s. 161–172.
- Grzybowski M. (2014), *Alianse strategiczne w transporcie morskim. Kontekst Regionu Morza Bałtyckiego*, „Logistyka”, nr 2, s. 74–79.
- Grzybowski L., Łączynski B., Narodzonek A., Puchalski J. (1997), *Kontenery w transporcie morskim*, Trademar, Gdynia.
- Guenther H., Kim K.H. (2006), *Container Terminals and Terminal Operations*, „OR Spectrum”, t. 28, s. 437–445.
- Gulić M., Maglić L., Valčić S. (2018), *Nature Inspired Metaheuristics for Optimizing Problems at a Container Terminal*, „Scientific Journal of Maritime Research”, t. 32, s. 10–20.
- GUS [Główny Urząd Statystyczny] (2018a), *Gospodarka morską w Polsce w 2017 r.*, Urząd Statystyczny w Szczecinie, Warszawa–Szczecin.

- GUS [Główny Urząd Statystyczny] (2018b), *Rocznik Statystyczny Gospodarki Morskiej*, Urząd Statystyczny w Szczecinie, Warszawa–Szczecin.
- Haezendonck E., Notteboom T. (2002), *The Competitive Position of Seaports: Introduction of the Value-added Concept*, [w:] M. Huybrechts, H. Meersman, E.V.D. Voorde, E.V. Hooydonk, A. Verbeke, W. Winkelmanns (red.), *Port Competitiveness. An Economic and Legal Analysis of the Factors Determining the Competitiveness of Seaports*, De Boeck, Antwerpen, s. 107–118.
- Hajduk J. (2010), *Bezpieczeństwo transportu kontenerów na statkach morskich*, „Logistyka”, nr 4, s. 1–8.
- Hajjem I.A. (2012), *Techniques avancées d'optimisation pour la résolution du problème de stockage de conteneurs dans un port*, Thèse de Doctorat, École Centrale de Lille, Lille.
- Han Y., Lee L.H., Chew E.P., Tan K.C. (2008), *A Yard Storage Strategy for Minimizing Traffic Congestion in a Marine Container Transshipment Hub*, „OR Spectrum”, t. 30, s. 697–720.
- Hapek R. (2016), *Oznakowanie kontenerów cystern – kombinacja liter i cyfr, czy nośnik istotnych dla przewozu towarów niebezpiecznych informacji?*, „Przegląd Komunikacyjny”, nr 3, s. 15–19.
- Håkanson L. (red.) (1991), *Charakterystyka fizycznogeograficzna zlewiska Morza Bałtyckiego*, „Środowisko Morza Bałtyckiego”, z. 1, s. 1–37.
- Hendi H., Ahmad A., Bouneffa M., Fonlupt C. (2017), *A novel approach to define and solve the Container Terminals Problems*, The Fourth International Conference on Computer Science, Computer Engineering, and Education Technologies (CSCEET2017), Beyrouth.
- Henesy L. (2006), *Multi-agent Container Terminal Management*, PhD Thesis, Blekinge Institute of Technology, Karlskrona.
- Heymann E. (2008), *Prospects for the Container Shipping Industry*, IQPC Container Terminal Business, Hamburg.
- HGC [Hougen Group of Companies] (1957), *White Pass: The Container Pioneers*, <http://www.hougroup.com/family/1950s/1950s.aspx?year50=1957> (dostęp: 23.02.2013).
- Historia Spółki OT Port Świnoujście* (2019), <http://www.otport.swinoujscie.pl/pl/historia.html> (dostęp: 12.03.2019).
- Hottung A., Tierney K. (2016), *A Biased Random-key Genetic Algorithm for the Container Pre-marshalling Problem*, „Computers & Operations Research”, t. 75, s. 83–102.
- Huigen J., Fossey B. (2013), *30 Years of Tank Containers and Swap Tanks*, http://www.itco.be/download/history_cpv.pdf (dostęp: 23.02.2013).
- Huybrechts M. (red.) (2002), *Port Competitiveness: An Economic and Legal Analysis of the Factors Determining the Competitiveness of Seaports*, De Boeck, Antwerpen.
- IAPH [International Association of Ports and Harbors] (2018), *World Port Traffic*, International Association of Ports and Harbors, Tokyo–Antwerpen.
- Idźkiewicz A.Z. (1967), *PERT. Metody analizy sieci*, Polskie Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Ignasiak-Szulc A., Juščius V., Bogatova J. (2018), *Economic Evaluation Model of Seaports' Performance Outlining Competitive Advantages and Disadvantages*, „Economics of Engineering Decisions”, t. 29, nr 5, s. 571–579.
- Imai A., Nishimura E., Papadimitriou S. (2001), *The Dynamic Berth Allocation Problem for a Container Port*, „Transportation Research Part B: Methodological”, t. 35, s. 401–417.

- Imai A., Nishimura E., Papadimitriou S. (2008), *Berthing Ships at a Multi-user Container Terminal with a Limited Quay Capacity*, „Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review”, t. 44, s. 136–151.
- IMO [International Maritime Organization] (2014), *IMO/ILO/UNECE Code of Practice for Packing of Cargo Transport Units (CTU Code)*, International Maritime Organization, London.
- ISL [Institute of Shipping Economics and Logistics] (2017), *Shipping Statistics and Market Review 2017*, t. 61, nr 7, s. 1–63.
- Iwan S. (2005), *Wspomaganie organizacji usług przeładunkowych za pomocą algorytmów genetycznych na przykładzie optymalizacji ilości nabrzeży portowych*, [w:] K. Chwesiuk (red.), *Wpływ portów morskich na funkcjonowanie i rozwój otoczenia*, Wydawnictwo Kreos, Szczecin, s. 1–12.
- Iwanina-Szopińska E. (2017), *Wpływ sztautowania ładunków w kontenerach na bezpieczeństwo transportu*, „Gospodarka Materiałowa i Logistyka”, nr 12, s. 316–332.
- Iwanina-Szopińska E., Mitkow S. (2016), *Analiza funkcjonowania i rozwoju morskich terminali kontenerowych jako elementów sieci logistycznej*, „Gospodarka Materiałowa i Logistyka”, nr 9, s. 306–325.
- Jacyna M., Pyza D., Jachimowski R. (2017), *Transport intermodalny. Projektowanie terminali przeładunkowych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Jarysz-Kamińska E. (2014), *Zagrożenia bezpieczeństwa ładunków skonteneryzowanych w wybranych ogniwach łańcucha dostaw*, „Logistyka”, nr 6, s. 742–749.
- Jeevan J., Chen S-L., Cahoon S. (2019), *The Impact of Dry Port Operations on Container Seaports Competitiveness*, „Maritime Policy and Management”, t. 46 (1), s. 4–23.
- Jeleń I., Foltyński M., Guszczak B. (2011), *Podatność towarów na przewozy kolejowe i konteneryzację a organizacja procesów transportu intermodalnego*, „Logistyka”, nr 3, s. 981–992.
- Jóźwiak Z., Fidos D. (2015), *Logistyka obsługi ładunków skonteneryzowanych w wybranych portach Regionu Morza Bałtyckiego*, „Logistyka”, nr 4, s. 3883–3890.
- Kaizer A., Ziajka E., Truszczyński M. (2016), *Ocena założeń rozwojowych trójmiejskich terminali kontenerowych*, „Inżynieria Morska i Geotechnika”, nr 3, s. 172–178.
- Kaliszewski A. (2017), *Porty piątej oraz szóstej generacji (5GP, 6GP) – ewolucja ekonomicznej i społecznej roli portów*, „Studia i Materiały Instytutu Transportu i Handlu Morskiego”, nr 14, s. 93–123.
- Kaliszewski I. (2008), *Wielokryterialne podejmowanie decyzji*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- Karwacka K. (2011), *Rozwój polskich terminali kontenerowych*, „Logistyka”, nr 5, s. 697–702.
- Katta G.M., Liu J., Wan Y.W., Linn R. (2005), *A Decision Support System for Operations in a Container Terminal*, „Decision Support Systems”, nr 39, s. 309–332.
- Kaup M., Chmielewska-Przybysz M. (2012), *Wpływ wdrażania nowoczesnych rozwiązań w terminalu kontenerowym na podwyższenie efektywności obsługi kontenerów w porcie szczecińskim*, „Logistyka”, nr 5, s. 514–519.
- KE [Komisja Europejska] (2016), *Korytarz Morze Północne–Bałtyk. Drugi Plan Pracy Koordynatora Europejskiego Catherine Trautmann*, Komisja Europejska, Bruksela.
- Kerzner H. (2003), *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*, John Wiley & Sons, Hoboken.

- Kim K.H. (1997), *Evaluation of the Number of Rehandles in Container Yard*, „Computers & Industrial Engineering”, t. 23, nr 4, s. 701–711.
- Kim K.H., Bae J.W. (1999), *A Dispatching Method for Automated Guided Vehicles to Minimize Delays of Containership Operations*, „International Journal of Management Science”, t. 5, s. 1–25.
- Kim K.H., Guenther H. (red.) (2007), *Container Terminals and Cargo Systems. Design, Operations Management and Logistics Control Issues*, Springer, Berlin–Heidelberg.
- Kim K.H., Kim H.B. (1999), *Segregating Space Allocation Models for Container Inventories in port Container Terminals*, „International Journal of Production Economics”, t. 59, s. 415–423.
- Kim K.H., Kim K.Y. (1997), *A Routing Algorithm for a Single Transfer Crane to Load Export Containers onto a Containership*, „Computers and Industrial Engineering”, t. 33, s. 673–676.
- Kim K.H., Kim K.Y. (1998), *The Optimal Determination of the Space Requirement and the Number of Transfer Cranes for Import Containers*, „Computers and Industrial Engineering”, t. 35, s. 427–430.
- Kim K.H., Kim K.Y. (1999a), *An Optimal Routing Algorithm for a Transfer Crane in Port Container Terminals*, „Transportation Science”, t. 33, s. 17–33.
- Kim K.H., Kim K.Y. (1999b), *Routing Straddle Carriers for the Loading Operation of Containers Using a Beam Search Algorithm*, „Computers and Industrial Engineering”, t. 36, s. 109–136.
- Kim K.H., Park Y.M., Ryu K-R. (2000), *Deriving Decision Rules to Locate Export Containers in Container Yards*, „European Journal of Operational Research”, t. 124, s. 89–101.
- Kisielewski P., Sobota Ł. (2016), *Zastosowanie teorii masowej obsługi do modelowania systemów transportowych*, „Autobusy”, nr 6, s. 600–604.
- Klas M., Rompa M. (2016), *Transport morski skonteneryzowany na Morzu Bałtyckim w 2015 roku*, „Gospodarka Materiałowa i Logistyka”, nr 12, s. 322–334.
- Klimek H. (2006), *Konkurencyjność polskich portów morskich na bałtyckim rynku usług portowych*, „Studia Gdańskie. Wizje i rzeczywistość”, t. 3, s. 112–138.
- Klimek H. (2018), *Ambitne plany inwestycyjne polskich portów morskich*, „Namiary na Morze i Handel”, R. 23, nr 2, s. 11–12.
- Klimek H., Dąbrowski J. (2012), *Funkcja logistyczna portów morskich*, „Logistyka”, nr 4, s. 57–58.
- Klimek H., Dąbrowski J. (2013), *Polskie porty morskie w lądowo-morskich łańcuchach transportowych*, „Logistyka”, nr 5, s. 92–97.
- Klimek H., Dąbrowski J. (2018), *Polskie porty morskie na rynku usług portowych*, „Studia i Materiały Instytutu Transportu i Handlu Morskiego”, nr 15, s. 1–16.
- Klimek H., Nowicki M. (1998), *Organizacja i eksploatacja portów morskich*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- Kocielski A. (2016), *Operating Determinants of Maintaining the Operational State of Container Terminal Equipment*, „Logistics and Transport”, nr 4 (32), s. 17–28.
- Koncepcja terminalu kontenerowego w Świnoujściu gotowa* (2018), <https://www.gospodarkamorska.pl/Porty,Transport/koncepcja-terminalu-kontenerowego-w-swinoujściu-gotowa.html> (dostęp: 13.03.2019).
- Kononow A., Pacuk M., Palmowski T. (2008), *Regiony Nadmorskie 15, Port w Rotterdamie i jego funkcje*, Wydawnictwo Bernardinum, Gdynia–Pelplin.

- Konwencja celna w sprawie kontenerów*, 2 grudnia 1972 r., Genewa (Dz.U.83.7.36), <https://www.prawo.pl/akty/dz-u-1983-7-36,16791143.html> (dostęp: 13.07.2018).
- Kotachi M.A. (2018), *Sequence-Based Simulation-Optimization Framework With Application to Port Operations at Multimodal Container Terminals*, PhD Thesis, Old Dominion University, Norfolk.
- Kotowska I. (2017), *The Issue of Evaluation of a Competitive Position of a Port Enterprise. A Case Study of Bulk Cargo-Port Szczecin*, „*Ekonomiczne Problemy Usług*”, nr 3 (128), s. 47–63.
- Kotowska I., Pluciński M. (2010), *Stan obecny i perspektywy rozwoju funkcji transportowej polskich portów morskich na tle pozostałych portów południowego Bałtyku*, „*Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Problemy Transportu i Logistyki*”, nr 565 (8), s. 185–199.
- Kozan E. (1997), *Increasing the Operational Efficiency of Container Terminals in Australia*, „*Journal of Operational Research Society*”, t. 48, nr 2, s. 151–161.
- Kozan E., Preston P. (1999), *Genetic Algorithms to Schedule Container Transfers at Multimodal Terminals*, „*International Transactions in Operations Research*”, t. 6, s. 311–329.
- Kozioł W., Piotrowski Z., Pomykała R., Machniak Ł., Baic I., Witkowska-Kita B., Lutyński A., Blaschke W. (2011), *Zastosowanie analitycznego procesu hierarchicznego (AHP) do wielokryterialnej oceny innowacyjności technologii zagospodarowania odpadów z górnictwa kamiennego*, „*Rocznik Ochrona Środowiska*”, t. 13, s. 1619–1634.
- Kozubski J. (1999), *Wprowadzenie do badań operacyjnych*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- Krakowska-Mehring W. (2016), *Jak nie DCT, to GTK. Ruch inwestycyjny w porcie Gdańsk*, <https://biznes.trojmiasto.pl/Jak-nie-DCT-to-GTK-Ruch-inwestycyjny-w-Portcie-Gdansk-n97977.html> (dostęp: 13.03.2019).
- Krasucki Z., Neider J. (1986), *Konteneryzacja w transporcie międzynarodowym*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- Krośnicka K.A. (2014), *Rozwiązanie przestrzenno-technologiczne zwiększające płynność dostaw ładunków do portowych terminali kontenerowych*, „*Logistyka*”, nr 3, s. 3317–3324.
- Krośnicka K.A. (2016), *Przestrzenne aspekty kształtowania i rozwoju morskich terminali kontenerowych*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk.
- KRS [Krajowy Rejestr Sądowy] (2019), <http://www.krs-online.com.pl> (dostęp: 13.03.2019).
- Ku D., Arthanari T.S. (2016), *Container Relocation Problem with Time Windows for Container Departure*, „*European Journal of Operational Research*”, t. 252, nr 3, s. 1031–1039.
- Kubicki J., Kuriata A. (2000), *Problemy logistyczne w modelowaniu systemów transportowych*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa.
- Kubicki J., Urbanyi-Popiołek I., Miklińska J. (2000), *Transport międzynarodowy i multimodalne systemy transportowe*, Wyższa Szkoła Morska, Gdynia.
- Kubowicz D. (2017), *Rozwój statków kontenerowych*, „*Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*”, R. 18, nr 12, s. 1535–1539.
- Kubowicz D. (2019), *Zarządzanie procesami przepływu ładunków na morskim terminalu kontenerowym z wykorzystaniem systemów informatycznych typu TOS*, „*Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*”, R. 19, nr 1–2, s. 487–492.
- Kubryk (2018), *Morze Bałtyckie. Opis akwenu*, <http://www.kubryk.pl/content/morze-baltyckie-opis-akwenu-u.html> (dostęp: 1.01.2018).

- Kucharski A. (2011), *Rangowanie za pomocą programowania wielokryteriowego jako sposób oceny konkurencyjności OFE*, „Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska Lublin – Polonia”, t. XLV, s. 323–332.
- Kucharski A. (2014), *Analysis of Selected Investment Fund Type Ranking Position – PROMETHEE Method Application*, „Przedsiębiorczość i Zarządzanie”, t. XV, s. 41–53.
- Kujawa J. (red.) (2015), *Organizacja i technika transportu morskiego*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- Kupiński J., Fabisiak J., Michalak J. (2011), *Morskie przewozy kontenerowe w Polsce i na świecie – geneza i rozwój*, „Logistyka”, nr 5, s. 780–786.
- Kurek A., Ambroziak T. (2015), *Metoda wyznaczania optymalnych planów przemieszczeń pustych kontenerów z uwzględnieniem minimalizacji ruchu próżnego taboru kolejowego w transporcie intermodalnym*, „Logistyka”, nr 4, s. 553–562.
- Kurek A., Ambroziak T. (2017), *Wybrane zagadnienia pozycjonowania pustych kontenerów przy udziale transportu kolejowego*, „Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport”, z. 117, s. 149–160.
- Kuźma L. (red.) (2003), *Ekonomika portów morskich i polityka portowa*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- Kuźma L., Szczepaniak T. (1971), *Porty morskie*, Wydawnictwo Morskie, Gdańsk.
- Kuźmicz K.A., Pesch E. (2017), *Prerequisites for the Modelling of Empty Container Supply Chains*, „Engineering Management in Production and Services”, t. 9 (3), s. 28–36.
- Kwaśniewski Z. (1989), *Umowa multimodalnego przewozu towarów w obrocie międzynarodowym*, Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń.
- Kwaśniewski S., Nowakowski T., Zając M. (2008), *Transport intermodalny w sieciach logistycznych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- Lajjam A., El merouani M., Tabaa Y., Medouri A. (2014), *A New Approach for Sequencing Loading and Unloading Operations in the Seaside Area of a Container Terminal*, „International Journal of Supply and Operations Management”, t. 1 (3), s. 328–346.
- Lau Y., Lee M. (2007), *Simulation Study of Port Container Terminal Quay Side Traffic*, [w:] J. Park, T. Kim, Y. Kim (red.), *AsiaSim 2007*, Springer, New York, s. 227–236.
- Legato P., Mazza R.M. (2001), *Berth Planning and Resources Optimization at a Container Terminal via Discrete Event Simulation*, „European Journal of Operational Research”, t. 133, nr 3, s. 537–547.
- Lenyu X., Wolski A. (2006), *Global Panamax Container Fleet*, [w:] B. Wiśniewski (red.), *Problemy eksploatacji obiektów pływających i urządzeń portowych*, Akademia Morska w Szczecinie, Szczecin, s. 170–180.
- Lewandowski K. (2015), *Alliance of Marine Container Carriers – Back to the Cartels*, „Logistics and Transport”, nr 2 (26), s. 21–32.
- Lewiński A., Sterniński R. (2017), *Czynniki determinujące znaczenie i pozycję rynkową wiodących terminali kontenerowych w Polsce w latach 2007–2016*, „Zeszyty Naukowe Małopolskiej Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Tarnowie”, t. 35, nr 3, s. 13–25.
- Lewko E. (2006), *Portowe roboty czerpalne i podwodne*, Wydawnictwo Akademii Morskiej w Gdyni, Gdynia.

- Lim A. (1998), *The Berth Planning Problem*, „Operations Research Letters”, t. 22, s. 105–110.
- Liuhto K. (red.) (2016), *Maritime Cluster in the Baltic Sea Region and beyond*, Centrum Balticum, Turku.
- Łatka U. (2003), *Technologia i towaroznawstwo*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa.
- Łączyński B. (red.) (2007), *Przewozy morskie*, Akademia Morska w Gdyni, Gdynia.
- Macharis C., Springael J., De Brucker K., Verbeke A. (2004), *PROMETHEE and AHP: The Design of Operational Synergies in Multicriteria Analysis. Strengthening PROMETHEE with Ideas of AHP*, „European Journal of Operational Research”, t. 153, s. 307–317.
- Magiera J. (1998), *Prognozowanie niezawodności w kombinowanym systemie transportowym*, Państwowa Akademia Nauk, Kraków.
- Maione G., Ottomanelli M. (2005), *A Petri Net Model for Simulation of Container Terminals Operations*, „Advanced OR and AI methods in transportation”, Poznan University of Technology, Poznań.
- Majewski A. (1989), *Podziały Morza Bałtyckiego*, „Przegląd Geofizyczny”, z. 2 (XXXIV), s. 163–168.
- Majszyk K. (2017), *Wojna o terminal kontenerowy w Świnoujściu*, <https://serwisy.gazetaprawna.pl/transport/artykuly/1027345,swinoujscie-wojna-o-terminal.html> (dostęp: 13.03.2019).
- Marek R. (2015a), *Globalne aliance strategiczne w żegludze kontenerowej*, „Studia i Materiały Instytutu Transportu i Handlu Morskiego”, nr 12, s. 11–37.
- Marek R. (2015b), *Koncentracja i centralizacja kapitału w sektorze operatorów morskich*, „Studia i Materiały Instytutu Transportu i Handlu Morskiego”, nr 12, s. 48–69.
- Marek R. (2015c), *Proces obsługi jednostek intermodalnych w terminalu kontenerowym*, „Logistyka”, nr 2, s. 567–576.
- Marek R. (2017), *Korzyści ekonomiczne eksploatacji kontenerów składanych dla uczestników kontenerowego łańcucha logistycznego*, „Studia i Materiały Instytutu Transportu i Handlu Morskiego”, nr 14, s. 32–47.
- Markusik S. (2009), *Infrastruktura logistyczna w transporcie. Tom I. Środki transportu*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- Markusik S. (2010), *Infrastruktura logistyczna w transporcie. Tom II. Infrastruktura punktowa – magazyny, centra logistyczne i dystrybucji, terminale kontenerowe*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- Marrone P. (1999), *Approcci quantitativi nella gestione ed ottimizzazione delle movimentazioni dei container*, Tesi di Laurea, Istituto Universitario Navale di Napoli, Napoli.
- Marzantowicz Ł., Dembińska I. (2018), *The Reasons for the Implementation of the Concept of Green Port in Sea Ports of China*, „Logistics and Transport”, t. 37, nr 1, s. 121–128.
- Matczak M. (2015), *Innowacyjne rozwiązania dla automatyzacji terminali kontenerowych – koncepcja RMCS*, „Studia i Materiały Instytutu Transportu i Handlu Morskiego”, nr 12, s. 72–80.
- Matczak M. (2016), *Wykorzystanie strukturalnych miar koncentracji w analizie konkurencyjności rynku morskich przewozów kontenerowych*, „Problemy Transportu i Logistyki”, nr 3 (35), s. 111–119.
- Matusiewicz M., Kowalczyk A., Waligóra Ł. (2016), *Transport morski XXI wieku*, Wydawnictwo Naukowe Sophia, Katowice.
- Mazouz A., Naji L., Lyu Y. (2017), *Container – Terminal – Gate – System Optimization*, „The Journal of Applied Business Research”, t. 33, nr 3, s. 605–614.

- Meersman H., Voorde de E. (1993), *An Economic Analysis of the Port Function within the Transport Chain. How to Deal with Uncertainty. Port-Workshop Logistics Management in Seaports*, Instytut Morski, Gdańsk.
- Meisel F. (2009), *Seaside Operations Planning in Container Terminals*, Physica-Verlag, Berlin-Heidelberg.
- Meisel F., Bierwirth C. (2006), *Integration of Berth Allocation and Crane Assignment to Improve the Resource Utilization at a Seaport Container Terminal*, „Operations Research Proceedings 2005”, Springer, Berlin.
- Mendyk E. (2002), *Ekonomia i organizacja transportu*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa.
- Meng Q., Weng J., Li S. (2017), *Impact Analysis of Mega Vessels on Container Terminal Operations*, „Transportation Research Procedia”, t. 25, s. 187–204.
- MGMiŻŚ [Ministerstwo Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej] (2017), *Program rozwoju polskich portów morskich do roku 2020 (z perspektywą do 2030 roku)*, Ministerstwo Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej, Warszawa.
- Michalska E., Pośpiech E. (2011), *Niepełna informacja liniowa w zagadnieniach wielokryterialnego wspomaganie decyzji*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej”, z. 57, s. 259–270.
- Międzynarodowa konwencja o bezpiecznych kontenerach*, 2 grudnia 1972 r., Genewa (Dz.U.84.24.118), <https://www.prawo.pl/akty/dz-u-1984-24-118,16791568.html> (dostęp: 23.07.2018).
- Miklińska J. (2011), *Rozwój logistycznej funkcji portów rzecznych – na przykładzie wybranych niemieckich centrów logistycznych*, „Logistyka”, nr 3, s. 1915–1924.
- Miler R.K., Pac B., Gronau W., Breslin J. (2014), *Feasibility Study on the Logistic Competitiveness of Commercial Seaports in Southern Baltic Sea Region*, „Economic Alternatives”, z. 4, s. 22–34.
- Milewski R. (2010), *Planowanie procesów ładunkowych uzbrojenia i sprzętu wojskowego w ruchu morskim*, „Zeszyty Naukowe, Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych”, nr 4, s. 185–199.
- Mili K., Sadraoui T. (2015), *Optimizing the Operational Process at Container Terminal*, „International Journal of Econometrics and Financial Management”, t. 3, nr 2, s. 91–98.
- Mindur L. (red.) (2004), *Współczesne technologie transportowe*, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom.
- Mindur L. (2018), *Development of maritime container transport in Southeast Asia*, „Research Journal of the University of Gdańsk. Transport, Economics and Logistics”, t. 78, s. 43–57.
- Miotke-Dzięgiel J. (1999), *Morskie przewozy kontenerowe*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- Mishra N., Roy D., Ommeren van J-K. (2017), *A Stochastic Model for Interterminal Container Transportation*, „Transportation Science”, t. 51, nr 1, s. 67–87.
- Miszczyńska D. (2002), *Wielokryteriowy ranking Otwartych Funduszy Emerytalnych*, [w:] T. Trzaskalik (red.), *Modelowanie preferencji a ryzyko '01*, Akademia Ekonomiczna w Katowicach, Katowice, s. 177–192.
- Miszczyńska D. (2003), *Wielokryteriowy ranking Otwartych Funduszy Emerytalnych metodami AHP i PROMETHEE*, „Acta Universitatis Lodziensis. Folia Oeconomica”, nr 166, s. 119–133.
- Miszczyńska D., Miszczyński M. (1997), *Wybrane metody badań operacyjnych*, Wyższa Szkoła Ekonomiczno-Humanistyczna w Skierniewicach, Skierniewice.

- Misztal K., Kuźma L., Szwankowski S. (1994), *Organizacja i eksploatacja portów morskich*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- Misztal K., Szwankowski S., Wasilewska K. (1997), *Problemy kształtowania lądowo-morskiej infrastruktury transportowej w obsłudze polskiego handlu zagranicznego i tranzytu*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- Moccia L., Cordeau J.F., Gaudioso M., Laporte G. (2006), *A Branch-and-cut Algorithm for the Quay Crane Scheduling Problem in a Container Terminal*, „*Naval Research Logistics*”, t. 53, s. 45–59.
- Molins M.R. (2015), *Optimization and Robustness in Planning and Scheduling Problems. Application to Container Terminals*, PhD Thesis, Universitat Politècnica de València, València.
- Molski R. (2003), *Kartele eksportowe w świetle prawa ochrony konkurencji*, „*Ruch Prawniczy, Ekonomiczny i Socjologiczny*”, z. 3, s. 17–39.
- Montwiłł A. (2011), *Generacje portów morskich a rozwój funkcji logistyczno-dystrybucyjnej*, „*Logistyka*”, nr 1, s. 16–19.
- Moorthy R., Teo C.P. (2006), *Berth Management in Container Terminal: The Template Design Problem*, „*OR Spectrum*”, t. 28, s. 495–518.
- Morris C.A., Hoite S. (1997), *The Future of Quayside Container Cranes*, Post Conference Workshop „*China Ports'97*”, China.
- Mruk H. (red.) (2003), *Analiza rynku*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- Murty K.G., Liu J., Wan Y., Linn R. (2005), *A Decision Support System for Operations in Container Terminal*, „*Decision Support Systems*”, t. 39, s. 309–332.
- Nam K.C., Ha W.I. (2001), *Evaluation of Handling Systems for Container Terminals*, „*Coastal and Ocean Engineering*”, t. 127, nr 3, s. 171–175.
- Namieciński P. (2015), *Analiza symulacyjna stabilności rankingów otrzymanych metodą PROMETHEE w warunkach niepewności z wykorzystaniem R*, „*Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach*”, nr 235, s. 169–181.
- Namieciński P. (2016), *Alternatywna metoda określania preferencji decydenta w zagadnieniach wielokryterialnych*, „*Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*”, nr 446, s. 144–158.
- Neider J. (1992), *Przewozy intermodalne w transporcie międzynarodowym*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- Neider J. (2008), *Polskie porty morskie*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- Neider J., Marciniak-Neider D. (1997), *Transport intermodalny*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- New Transport Method*, „*Examiner*”, 7 June 1929, s. 11.
- Nightingale L. (red.) (2018), *Lloyd's List. One Hundred Ports 2018*, Lloyd, London.
- Norma PN-EN 14182 (2005), *Opakowania – Terminologia – Terminy podstawowe i definicje*.
- Norma PN-EN ISO 445 (2013), *Palety do przemieszczania ładunków – Terminologia*.
- Norma PN-EN ISO 6346/A3 (2013), *Kontenery ładunkowe – Kodowanie, identyfikacja i znakowanie*.
- Norma PN-EN ISO 780 (2016), *Opakowania – Opakowania transportowe – Symbole graficzne stosowane na opakowaniach, przy ich przemieszczaniu i magazynowaniu*.
- Norma PN-ISO 830 (2001), *Kontenery ładunkowe – Terminologia*.
- Norma PN-ISO 668 (2018), *Kontenery ładunkowe serii 1 – Klasyfikacja, wymiary i maksymalne masy brutto*.

- Norma PN-M-78202 (1982), *Paletowe i bezpaletowe jednostki ładunkowe – Parametry podstawowe*.
- Norma PN-M-78002 (1984), *Pakietowe jednostki ładunkowe – Terminologia i parametry podstawowe*.
- Notteboom T. (2019), *Top 15 Container Ports in Europe in 2018*, <http://www.porteconomics.eu/2019/02/22/portgraphic-top15-container-ports-in-europe-in-2018/> (dostęp: 2.03.2019).
- Notteboom T., Rodrigue J. (2009), *The Future of Containerization: Perspectives from Maritime and Inland Freight Distribution*, „*Geojournal*”, t. 74, nr 1, s. 7–22.
- Notteboom T., Yap W.Y. (2012), *Port Competition and Competitiveness*, [w:] W.K. Talley, *The Blackwell Companion to Maritime Economics*, Hoboken, s. 549–570.
- Nowak M. (2008), *Interaktywne wielokryterialne wspomaganie decyzji w warunkach ryzyka. Metody i zastosowania*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice.
- Nowosielski T. (2006), *Koncentracja w żegludze liniowej*, „*Namiary na Morze i Handel*”, nr 22, s. 15–27.
- Nowosielski T. (2012a), *Determinanty rozwoju kontenerowej żeglugi morskiej*, „*Studia i Materiały Instytutu Transportu i Handlu Morskiego*”, nr 9, s. 51–72.
- Nowosielski T. (2012b), *Kierunki rozwoju rynków żeglugowych*, „*Contemporary Economy*”, t. 3 (2), s. 21–33.
- Ocena oddziaływania portów morskich w Gdańsku i Gdyni na sytuację społeczno-gospodarczą w województwie pomorskim* (2011), Actia Forum, Gdynia.
- OECD/ITF [Organization for Economic Co-operation and Development/International Transport Forum] (2018), *The Impact of Alliances in Container Shipping*, Paris.
- Ostrowski M. (2016), *Planowana fuzja terminali BCT i GCT – początek trudnej walki o kontrahenta*, <http://morzaioceany.pl/inne/archiwum/88-porty-morskie/ba%C5%82tycki-terminal-konterenowy/3367-planowana-fuzja-terminali-bct-i-gct-pocz%C4%85tek-trudnej-walki-o-kontrahenta.html> (dostęp: 12.03.2019).
- Pac B. (2017), *Koncepcja oceny strategicznego potencjału gospodarki morskiej*, „*Studia i Materiały Instytutu Transportu i Handlu Morskiego*”, nr 14, s. 13–31.
- Palmowski T. (2011), *Terminal Głębokowodny w Gdańsku*, „*Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Problemy Transportu i Logistyki*”, nr 657, s. 265–277.
- Park Y.M., Kim K.H. (2003), *A Scheduling Method for Berth and Quay Cranes*, „*OR Spectrum*”, t. 25, s. 1–23.
- Peterkofsky R.I., Daganzo C.F. (1990), *A Branch and Bound Solution Method for the Crane Scheduling Problem*, „*Transportation Research Part B: Methodological*”, t. 24B, s. 159–172.
- Pfohl H.Ch. (2011), *Systemy logistyczne*, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań.
- Piątkiewicz A., Sobolski R. (1977), *Dźwignice*, t. I, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- Pietras P., Szmit M. (2003), *Zarządzanie projektem. Wybrane metody i techniki*, Wydawnictwo Horyzont, Łódź.
- Pietrzak K. (2010), *Transport kolejowy w obsłudze polskich portów morskich*, Akademia Morska w Szczecinie, Szczecin.
- Piwowarski M., Ziemia P. (2009), *Metoda PROMETHEE II w wielokryterialnej ocenie produktów*, „*Polskie Stowarzyszenie Zarządzania Wiedzą*”, nr 18, s. 135–144.
- Płaczek E. (2006), *Logistyka międzynarodowa*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice.

- Polish Ports Handbook 2016* (2016), Wydawnictwo Link, Szczecin.
- Probst G.J.B., Rülling Ch.C. (1999), *Joint Ventures und Joint Venture-Management*, [w:] H. Schaumberg, *Internationale Joint Venture*, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, s. 5–11.
- PRS [Polski Rejestr Statków] (2012), *Przepisy budowy kontenerów*, Polski Rejestr Statków, Gdańsk, https://www.prs.pl/uploads/bko_pl.pdf (dostęp: 13.03.2018).
- PRS [Polski Rejestr Statków] (2013), *Publikacja Nr 32/P – Wymagania dotyczące rozmieszczenia i mocowania ładunków na statkach morskich – 2013*, Polski Rejestr Statków, Gdańsk, https://www.prs.pl/uploads/p32p_pl.pdf (dostęp: 11.06.2018).
- PRS [Polski Rejestr Statków] (2016), *Publikacja Nr 112/P – Kontenery morskie – 2016*, Polski Rejestr Statków, Gdańsk, https://www.prs.pl/uploads/p112p_pl.pdf (dostęp: 11.06.2018).
- Prusak A., Stefanów P. (2014), *AHP – analityczny proces hierarchiczny. Budowa i analiza modeli decyzyjnych krok po kroku*, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa.
- Przybyłowski A. (2010), *Innowacyjność portów morskich w kontekście rozwoju konteneryzacji i logistyki*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Problemy Transportu i Logistyki”, nr 600 (10), s. 241–255.
- Punmia B.C., Khandelwal K. (2006), *Project Planning and Control P.E.R.T. and C.P.M.: For Degree Classes*, Laxmi Publications, New Dehli.
- Raben D. (2016), *Rozbudowa infrastruktury polskich portów morskich jako warunek rozwoju przewozów intermodalnych w ramach korytarzy sieci bazowej TEN-T*, „Problemy Transportu i Logistyki”, nr 2 (34), s. 177–184.
- Railway Containers*, „The Sydney Morning Herald”, 2 January 1936, s. 9.
- Rashidi H., Tsang E.P.K. (2013), *Novel Constraints Satisfaction Models for Optimization Problems in Container Terminals*, „Applied Mathematical Modelling”, t. 37, s. 3601–3634.
- Razouk C., Benadada Y. (2017), *Optimization and Simulation Approach for Empty Containers Handling*, „International Journal of Advanced Computer Science and Applications”, t. 8, nr 11, s. 520–525.
- Record-breaking Results of Top 10 Baltic Container Ports in 2017* (2018), Port Monitor, Gdynia.
- Ripley D. (1993), *The Little Eaton Gangway and Derby Canal*, Oakwood Press, Usk.
- Romanow P., Stajniak M. (2018), *Czynniki rozwoju terminali kontenerowych w polskich portach morskich na tle uwarunkowań infrastrukturalnych i organizacyjnych w Polsce*, „Gospodarka Materiałowa i Logistyka”, nr 12, s. 1000–1010.
- Rowan V.S. (2012), *Essays on Terminal Optimization*, PhD Thesis, Universiteit Antwerpen, Antwerpen.
- Roy B. (1990), *Wielokryterialne podejmowanie decyzji*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- Saaty T.L. (1980), *Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process*, McGraw–Hill, New York.
- Saaty T.L. (1990), *How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process*, „European Journal of Operational Research”, nr 48, s. 9–26.
- Saaty T.L. (1994), *Fundamentals on Decision Making and Priority and Theory with the Analytical Hierarchy Process*, RWS Publications, Pittsburgh.

- Said A., El-Horbaty M. (2015), *An Optimization Methodology for Container Handling Using Genetic Algorithm*, „Procedia Computer Science”, t. 65, s. 662–671.
- Salomon A. (2003), *Spedycja w handlu morskim: procedury i dokumenty*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- Salomon A. (2010), *Konkurencyjność terminali kontenerowych zlokalizowanych w polskich portach morskich na tle otoczenia bałtyckiego*, [w:] H. Salomonowicz (red.), *Polska gospodarka morska. Restrukturyzacja. Konkurencyjność. Funkcjonowanie. Rozwój*, Wydawnictwo Kreos, Szczecin, s. 222–239.
- Salomon A. (2013a), *Organizacja i funkcjonowanie portowych terminali kontenerowych oraz perspektywy ich rozwoju*, „Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni”, nr 82, s. 70–80.
- Salomon A. (2013b), *Transport intermodalny z punktu widzenia spedycyjnego*, „Prace Wydziału Nawigacyjnego Akademii Morskiej w Gdyni”, nr 28, s. 17–28.
- Salomon A. (2017), *Potencjał portu Gdańsk na rynku usług portowych*, „Prace Wydziału Nawigacyjnego Akademii Morskiej w Gdyni”, nr 32, s. 91–105.
- Salmonowicz H. (2009), *Systemy transportowe w obsłudze obrotu portowego*, „Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport”, z. 71, s. 207–219.
- Salmonowicz H. (red.) (2012), *Transport morski w międzynarodowych procesach logistycznych*, Wydawnictwo Zapol, Szczecin.
- Sammarrà M., Cordeau J.F., Laporte G., Monaco M.F. (2007), *A Tabu Search Heuristic for the Quay Crane Scheduling Problem*, „Journal of Scheduling”, t. 10, s. 327–336.
- Satta G., Parola F. (2012), *I processi di espansione internazionale nella container port industry. Analisi delle determinanti delle scelte di ingresso*, FrancoAngeli, Milano.
- Schepler X. (2015), *Solutions globales d’optimisation robuste pour la gestion dynamique de terminaux à conteneurs*, Thèse de Doctorat, Université du Havre, Havre.
- Sezen B. (2003), *Modeling Automated Guided Vehicle Systems in Material Handling*, „Dogus Universitesi Dergisi”, t. 4, nr 2, s. 207–216.
- Sikora W. (red.) (2008), *Badania operacyjne*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- Siviero L. (2010), *Economia dei trasporti intermodali e innovazione logistica*, FrancoAngeli, Milano.
- Skiba S. (2017), *Analiza procesu obsługi intermodalnych jednostek kontenerowych w bałtyckim terminalu kontenerowym*, „Gospodarka Materiałowa i Logistyka”, nr 12, s. 1008–1024.
- Słownik terminologii logistycznej* (2006), Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań.
- Solecka K. (2015), *Porównanie metod AHP oraz Promethee na przykładzie oceny wariantów zintegrowanego systemu miejskiego transportu publicznego w Krakowie*, „Logistyka”, nr 3, s. 4521–4532.
- Sołtysiak Ł. (2007), *Od owoców po obrabiarki*, „Spedycja, Transport i Logistyka”, nr 5, s. 74–78.
- Starosta A. (2011), *Wykorzystanie sieci Bayesowskiej do doboru optymalnej jednostki w transporcie morskim*, „Logistyka”, nr 4, s. 879–886.
- Steenken D., Voss S., Stahlbock R. (2004), *Container Terminal Operation and Operations Research – A Classification and Literature Review*, „OR Spectrum”, t. 26, s. 3–49.
- Stefaniak P. (2019), *Spór o terminal kontenerowy w Świnoujściu. Będzie referendum*, https://logistyka.wnp.pl/spor-o-kontenerowy-terminal-w-swinoujsciu-bedzie-referendum,341549_1_0_1.html (dostęp: 13.03.2019).

- Stojaković M., Twrdy E. (2016), *A Decision Support Tool for Container Terminal Optimization within the Berth Subsystem*, „Transport”, t. 31, nr 1, s. 29–40.
- Szczepaniak T. (red.) (1996), *Transport międzynarodowy*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- Szeliga J. (1975), *Bałtyk*, „Poznaj Swój Kraj”, R. XVIII, nr 6 (188), s. 3–7.
- Szpytko J., Hyla P. (2010), *Model funkcjonalny terminala kontenerowego ukierunkowany na środki transportu*, „Logistyka”, nr 2, s. 1293–1302.
- Szwankowski S. (1994), *Współzależności funkcjonowania składników lądowo-morskich łańcuchów transportowych*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- Szwankowski S. (1998), *Lądowo-morskie łańcuchy transportowe*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- Szwankowski S. (2000), *Funkcjonowanie i rozwój portów morskich*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- Szwankowski S., Tubielewicz A. (1992), *Planowanie strategiczne w portach morskich*, Wydawnictwo Instytutu Morskiego, Gdańsk–Szczecin.
- Szyszka A. (2018), *Bezpośrednie kontenerowe serwisy dalekowschodnie z Gdańska szansą dla rozwoju eksportu polskich produktów spożywczych*, „Studia i Materiały Instytutu Transportu i Handlu Morskiego”, nr 15, s. 1–15.
- Tarchalski M. (1998), *Zaplecze transportowe portów morskich*, Fundacja Rozwoju Wyższej Szkoły Morskiej, Szczecin.
- Ting C.J., Wu K.C. (2017), *Optimizing Container Relocation Operations at Container Yards with Beam Search*, „Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review”, t. 103, s. 17–31.
- Tołkacz L. (2011), *Infrastruktura transportu wodnego. Tom II. Infrastruktura transportu morskiego*, Wydawnictwo Uczelniane Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Szczecin.
- Tomanek R. (2004), *Funkcjonowanie transportu*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice.
- Tomlinson J. (2009), *History and Impact of the Intermodal Shipping Container*, Pratt Institute, New York.
- Tricoire F., Scagnetti J., Beham A. (2017), *New Insights on the Block Relocation Problem*, „Computers & Operations Research”, t. 89, s. 127–139.
- Trocki M., Grucza B., Ogonek K. (red.) (2003), *Zarządzanie projektami*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- Trzaskalik T. (1998), *Modelowanie optymalizacyjne*, Wydawnictwo ABSOLWENT, Łódź.
- Trzaskalik T. (2008), *Wprowadzenie do badań operacyjnych z komputerem*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- Trzaskalik T. (2014a), *Wielokryterialne wspomaganie decyzji. Przegląd metod i zastosowań*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej”, z. 74, s. 239–263.
- Trzaskalik T. (red.) (2005), *Wybrane zagadnienia zarządzania projektami. Informatyka w badaniach operacyjnych*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice.
- Trzaskalik T. (red.) (2014b), *Wielokryterialne wspomaganie decyzji. Metody i zastosowania*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.

- Tubielewicz A. (1987), *Zdolność konkurencyjna żeglugi i portów a efektywność handlu zagranicznego*, Wydawnictwo Instytutu Morskiego, Gdańsk-Słupsk-Szczecin.
- Tubielewicz K. (2009), *Konkurencyjność portów morskich w globalnym otoczeniu*, „Ekonomiczne Problemy Usług”, nr 44, cz. 2, s. 345–354.
- Tubielewicz A., Forkiewicz M. (2011), *Porty morskie jako element infrastruktury krytycznej łańcucha dostaw*, „Logistyka”, nr 2, s. 567–578.
- Tułecki A., Król S. (2007), *Modele decyzyjne z wykorzystaniem metody Analytic Hierarchy Process (AHP) w obszarze transportu*, „Problemy Eksploatacji”, nr 2, s. 171–179.
- UNCTAD [United Nations Conference on Trade and Development] (2018), *Review of Maritime Transport 2018*, United Nations Conference on Trade and Development, New York–Geneva.
- Urbanyi I. (2010), *Determinanty logistycznej obsługi ładunków i środków transportowych na morskich terminalach kontenerowych*, „Logistyka”, nr 6, s. 1–10.
- Urbanyi-Popiołek I. (2010), *Obsługa ładunków skonteneryzowanych. Wybrane zagadnienia*, Akademia Morska w Gdyni, Gdynia.
- Urbanyi-Popiołek I. (2013a), *Żegluga bliskiego zasięgu na Morzu Bałtyckim a projekty sieci TEN-T, implikacje dla polskiego rynku żeglugi promowej*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Problemy Transportu i Logistyki”, nr 754 (21), s. 213–225.
- Urbanyi-Popiołek I. (2014), *Organizacyjne, techniczne i ekonomiczne aspekty przewozu ładunków skonteneryzowanych – wybrane zagadnienia*, „Logistyka”, nr 6, s. 1249–1245.
- Urbanyi-Popiołek I. (red.) (2013b), *Ekonomiczne i organizacyjne aspekty transportu*, Wydawnictwo Uczelniane Wyższej Szkoły Gospodarki w Bydgoszczy, Bydgoszcz.
- UTK [Urząd Transportu Kolejowego] (2013), *Bariery rozwoju rynku przewozów intermodalnych – rozwiązania i wymierne korzyści*, Przyjazny Regulator Rynku Kolejowego, Warszawa.
- Wachowicz T. (2013), *Metody wielokryterialne we wspomaganii prenegocjacyjnego przygotowania negocjatorów*, Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach, Katowice.
- Wagner N. (2014), *Syntetyczny miernik konkurencyjności portów morskich oraz infrastruktury liniowej na ich zapleczu*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Problemy Transportu i Logistyki”, nr 842 (27), s. 209–222.
- Waldmann M. (2016), *Rola depotów kontenerowych w obrocie intermodalnymi jednostkami transportowymi*, „Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe”, R. 17, nr 12, s. 1895–1901.
- Waldmann M. (2017), *Terminal kontenerowy jako uczestnik wymiany komunikatów w procesie transportu intermodalnego*, „Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe”, R. 18, nr 6, s. 1784–1790.
- Wang L., Zhu X. (2014), *Rail Mounted Gantry Crane Scheduling Optimization in Railway Container Terminal Based on Hybrid Handling Mode*, „Computational Intelligence and Neuroscience”, t. 2014, s. 1–8.
- Ward T. (2013), *Terminal Operating System Selection*, „Port Technology International”, nr 58, s. 44–52.
- Wiegman B.W., Hoest van der A., Notteboom T.E. (2008), *Port and Terminal Selection by deep-sea Container Operators*, „Maritime Policy & Management”, t. 35 (6), s. 517–534.
- Wiese J., Kliewer N., Suhl L. (2009), *A Survey of Container Terminal Characteristics*, University of Paderborn, Paderborn.

- Wilczyński P. (2006), *Zastosowanie teorii obsługi masowej w transporcie ładunków niebezpiecznych na obszarze portów morskich*, „Prace Wydziału Nawigacyjnego Akademii Morskiej w Gdyni”, nr 18, s. 123–131.
- Wiśnicki B. (2006), *Vademecum konteneryzacji. Formowanie kontenerowej jednostki ładunkowej*, Wydawnictwo Link, Szczecin.
- Won S.H., Kim K.H. (2009), *An Integrated Framework for Various Operation Plans in Container Terminals*, „Polish Maritime Research”, t. 16 (3), s. 51–61.
- Wong P.J., Grant A.R., Curley R.G. (1983), *Tandem: Marine and Container Terminal Simulation Model*, „Transportation Research Record”, t. 907, s. 2–20.
- Woźniak A. (2010), *Grafi i sieci w technikach decyzyjnych*, Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi, Polska Akademia Nauk w Krakowie, Kraków.
- Wronka J. (2013), *Nowy etap rozwoju transportu kombinowanego w Polsce?*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego”, nr 778, s. 23–53.
- WSC [World Shipping Council] (2019), *Top 50 World Container Ports*, <http://www.worldshipping.org/about-the-industry/global-trade/top-50-world-container-ports> (dostęp: 12.03.2019).
- Vacca I., Bierlaire M., Salani M. (2007), *Optimization at Container Terminals: Status, Trends and Perspectives*, Conference paper „STRC 2007”, Switzerland.
- Vacca I., Bierlaire M., Salani M. (2010), *Optimization of Operations in Container Terminals: Hierarchical vs. Integrated Approaches*, Conference paper „STRC 2010”, Switzerland.
- Vaferi M., Ghaderi H., Jeevan J. (2017), *The Impact of Low-sulphur Fuel Requirements in Shipping on Seaport Competitiveness: A Study on LNG Bunkering in Dubai, UAE and Sohar, Oman*, „Ocean Yearbook Online”, t. 31 (1), s. 502–523.
- Vaio di A., Varriale L. (2018), *Management Innovation for Environmental Sustainability in Seaports: Managerial Accounting Instruments and Training for Competitive Green Ports beyond the Regulations*, „Sustainability”, t. 10, nr 783, s. 1–35.
- Vis I.F.A. (2006), *A Comparative Analysis of Storage and Retrieval Equipment at Container Terminal*, „International Journal of Production Economics”, t. 103 (2), s. 680–693.
- Vis I.F.A., Koster de R. (2003), *Transshipment of Containers at a Container Terminal: An Overview*, „European Journal of Operational Research”, t. 147 (1), s. 1–16.
- Vis I.F.A., Koster de R., Roodbergen K.J., Peeters L.W.P. (2001), *Determination of the Number of Automated Guided Vehicles Required at a Semi-automated Container Terminal*, „Journal of the Operational Research Society”, t. 52 (4), s. 409–417.
- Xie Y., Liang X., Ma L., Yan H. (2017), *Empty Container Management and Coordination in Intermodal Transport*, „European Journal of Operational Research”, t. 257 (1), s. 223–232.
- Xin J., Negenborn R.R., Corman F., Lodewijks G. (2015), *Control of Interacting Machines in Automated Container Terminals Using a Sequential Planning Approach for Collision Avoidance*, „Transportation Research Part C: Emerging Technologies”, t. 60, s. 377–396.
- Yachba K.H., Gelareh S., Bouamrane K. (2016), *Storage Management of Hazardous Containers Using the Genetic Algorithm*, „Transport and Telecommunication Journal”, t. 17, nr 4, s. 371–383.
- Yang H., Wang L., Xu Q., Jin Z. (2018), *Collaborative Optimization of Container Allocation and Yard Crane Deployment Based on Truck Appointment System*, „Journal of Physics: Conference Series”, t. 1074, s. 1–10.

- Yeh H.Y., Yeh H.G., Choudhury P. (2007), *Loading and Unloading Containers: Examining the Efficiency of Goods Movements*, California State University, Long Beach.
- Yun W.Y., Choi Y.S. (1999), *A Simulation Model for Container-terminal Operation Analysis Using an Object-oriented Approach*, „International Journal of Production Economics”, t. 59, s. 221–230.
- Zajac M. (2012), *The Application of Simple Simulations of Loading Operations for the Chosen Container Terminal*, „Logistics and Transport”, nr 1 (14), s. 149–154.
- Zehendner E., Feillet D., Jaillet P. (2017), *An Algorithm with Performance Guarantee for the On-line Container Relocation Problem*, „European Journal of Operations Research”, t. 259 (1), s. 48–62.
- Zhang X., Zeng Q., Yang Z. (2016), *Modeling the Mixed Storage Strategy for Quay Crane Double Cycling in Container Terminals*, „Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review”, t. 94, s. 171–187.
- Zhen L., Xu Z., Wang K., Ding Y. (2016), *Multi-period Yard Template Planning in Container Terminals*, „Transportation Research Part B: Methodological”, t. 93, s. 700–719.
- Zheng J., Sun Z., Zhang F. (2016), *Measuring the Perceived Container Leasing Prices in Liner Shipping Network Design with Empty Container Repositioning*, „Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review”, t. 94, s. 123–140.
- Zukhruf F., Frazila R.B., Burhani J.T. (2017), *A Stochastic Discrete Optimization Model for Designing Container Terminal Facilities*, AIP Conference Proceedings, t. 1903 (1), s. 1–9.
- Żaboklicka J., Przybylska H. (2001), *Ekonomika portów śródlądowych. Wybrane zagadnienia*, Wyższa Szkoła Morska w Szczecinie, Szczecin.
- Żurek J. (2002), *Poprawa konkurencyjności warunkiem rozwoju sektora transportu morskiego*, „Studia Gdańskie. Wizje i Rzeczywistość”, t. 1, s. 198–204.

Strony internetowe

www.aalborghavn.dk
www.aarhushavn.dk
www.abcontainers.com.au
www.adp-as.dk/havne/fredericia
www.ahushamn.se
www.bct.lv
www.bct.gdynia.pl
www.cimc.com
www.cmpport.com
www.coscon.com
www.dctgdansk.pl
www.fct.ru
www.gavlecontainer.se
www.gct.pl
www.gtk-sa.pl
www.hacklin.fi
www.hallandshamn.se
www.haminakotka.fi
www.kemishipping.fi
www.ksport.ru
www.lhg.com
www.malarhamn.se
www.mkshipping.dk/port/tornio/
www.moby-dik.ru
www.nevametal.com

www.norrkopingshamn.se
www.ouluport.com
www.petrolesport.ru
www.piteahamn.se
www.portofgothenburg.com
www.port.helsingborg.se
www.portofhelsinki.fi
www.portofkokkola.fi
www.portofrauma.com
www.portsofstockholm.com
www.portoftallinn.com
www.port.szczecin.pl
www.port-ustluga.ru
www.rigact.lv
www.rsqu.eu
www.rusmarine.ru
www.ruterminal.lv
www.sca.com
www.smelte.lt
www.soport.se
www.terminals.lt
www.terminalsrb.ru
www.tis-gdv.de
www.ulct.ru

Spis rysunków

Rysunek 1.1.	Kontener 40'	30
Rysunek 1.2.	Kontener 20'	30
Rysunek 1.3.	Kontener 45'	31
Rysunek 1.4.	Technologia przewozu na barana	38
Rysunek 1.5.	Przewóz jednostką bimodalną	38
Rysunek 1.6.	Technologia przewozu typu ruchoma droga	39
Rysunek 2.1.	Kontener lotniczy (IATA typ 8 – AKE)	48
Rysunek 2.2.	Kontener zamknięty 20'	48
Rysunek 2.3.	Kontener zamknięty z wentylacją	48
Rysunek 2.4.	Kontener z dachem otwartym	49
Rysunek 2.5.	Kontener o podstawie płytowej	49
Rysunek 2.6.	Kontener płytowy	49
Rysunek 2.7.	Kontener izolowany	50
Rysunek 2.8.	Kontener chłodzony	50
Rysunek 2.9.	Kontener chłodniczy	50
Rysunek 2.10.	Kontener ogrzewany	51
Rysunek 2.11.	Kontener do przewozu ładunków sypkich	51
Rysunek 2.12.	Kontener zbiornikowy	51
Rysunek 2.13.	Najważniejsze elementy konstrukcyjne kontenera	52
Rysunek 2.14.	Tunel gęsia szyja	53
Rysunek 2.15.	Oznaczenie kontenera lotniczego	54
Rysunek 2.16.	Ostrzeżenie przed napięciem elektrycznym	54
Rysunek 2.17.	Wysokość kontenera przekraczająca 8'6"	54
Rysunek 2.18.	Żółto-czarne paski ostrzegawcze	54
Rysunek 2.19.	Wzór tabliczki uznania	55
Rysunek 2.20.	Przykładowe oznakowanie drzwi kontenera	56
Rysunek 2.21.	Oznakowanie kraju pochodzenia, wielkości oraz typu kontenera	57
Rysunek 2.22.	Krzyżowe ułożenie worków o różnych wymiarach	70
Rysunek 2.23.	Warstwowe ułożenie worków o podobnych wymiarach	71
Rysunek 2.24.	Kominowe rozmieszczenie ładunków	71
Rysunek 2.25.	Szeregowe rozmieszczenie ładunków	72
Rysunek 2.26.	Rozmieszczenie ładunków z przesunięciem	72

Rysunek 2.27.	Zagnieżdżone formowanie ładunków	73
Rysunek 2.28.	Ułożenie ładunku w formie walca	73
Rysunek 2.29.	Przykładowe rozmieszczenie opon	74
Rysunek 2.30.	System numerowania <i>bay</i> ów na statku	77
Rysunek 2.31.	Numeracja parzystej ilości rzędów na statku	78
Rysunek 2.32.	Numeracja nieparzystej ilości rzędów na statku	78
Rysunek 2.33.	Plan ładunkowy statku	79
Rysunek 2.34.	Przykładowe położenie kontenerów w <i>bayach</i> 53/54 i 55	79
Rysunek 3.1.	Etapy przeładunku kontenerów w morskim terminalu kontenerowym	90
Rysunek 3.2.	Suwnica nabrzeżowa STS wyposażona w jedną wciągarkę	93
Rysunek 3.3.	Suwnica nabrzeżowa STS wyposażona w dwie wciągarki	94
Rysunek 3.4.	Wybrane parametry techniczno-eksploatacyjne suwnicy nabrzeżowej STS	96
Rysunek 3.5.	Wybrane parametry techniczno-eksploatacyjne suwnicy STS z dwoma wciągarkami (wariant 1)	97
Rysunek 3.6.	Wybrane parametry techniczno-eksploatacyjne suwnicy STS z dwoma wciągarkami (wariant 2)	98
Rysunek 3.7.	Suwnica placowa RMG	99
Rysunek 3.8.	Suwnica placowa RTG	100
Rysunek 3.9.	Wóz podsiębierny	101
Rysunek 3.10.	Wóz podnośnikowy czołowy	102
Rysunek 3.11.	Pojazd wysięgnikowy	103
Rysunek 3.12.	Kontenerowa rama chwytna	103
Rysunek 3.13.	Ciągnik terminalowy (IMV)	104
Rysunek 3.14.	Pojazd sterowany automatycznie (AGV)	104
Rysunek 4.1.	Operacje zachodzące na terenie morskich terminali kontenerowych	131
Rysunek 4.2.	Poszczególne etapy operacji statkowych	133
Rysunek 4.3.	Poszczególne etapy operacji przeładunkowych na nabrzeżu i placu składowym	134
Rysunek 4.4.	Poszczególne etapy operacji bramowych	137
Rysunek 4.5.	Poszczególne etapy operacji kolejowych	139
Rysunek 4.6.	Układ kolumnowy kontenerów na placu składowym	140
Rysunek 4.7.	Plan modelowego placu składowego	141
Rysunek 4.8.	Kierunek jazdy na nabrzeżu i placu składowym	142
Rysunek 4.9.	Kolejność załadunku (a) i wyładunku (b) kontenerów ze statku	144
Rysunek 4.10.	Proponowany model masowej obsługi	146
Rysunek 5.1.	Poszczególne obszary Morza Bałtyckiego	173
Rysunek 5.2.	Terminala kontenerowe w Danii	174
Rysunek 5.3.	Terminala kontenerowe w Finlandii	175
Rysunek 5.4.	Terminala kontenerowe na Litwie, Łotwie i Estonii	176
Rysunek 5.5.	Terminala kontenerowe w Polsce, Niemczech oraz Rosji	176
Rysunek 5.6.	Terminala kontenerowe w Rosji	177
Rysunek 5.7.	Terminala kontenerowe na południu Szwecji	177
Rysunek 5.8.	Terminala kontenerowe na północy Szwecji	178

Spis tabel

Tabela 1.	Wskaźnik LSCI dla państw Regionu Morza Bałtyckiego (2018 r.)	11
Tabela 1.1.	Wymiary zewnętrzne oraz masa brutto kontenerów I serii ISO	25
Tabela 1.2.	Wymiary zewnętrzne kontenerów II serii ISO	26
Tabela 1.3.	Wymiary zewnętrzne i masa brutto kontenerów według zrewidowanej I serii ISO	28
Tabela 1.4.	Wymiary zewnętrzne i masa brutto kontenerów według zrewidowanej II serii ISO	28
Tabela 1.5.	Wymiary najczęściej wykorzystywanych typów kontenerów	29
Tabela 1.6.	Lista dziesięciu największych operatorów kontenerowych na świecie (stan na 2019 r.)	32
Tabela 1.7.	Wyróżniki systemów transportowych	35
Tabela 2.1.	Wyjaśnienie przykładowego oznakowania kontenera	56
Tabela 2.2.	Kodowanie wielkości kontenerów (dawny standard)	57
Tabela 2.3.	Kodowanie wielkości kontenerów (obecny standard)	58
Tabela 2.4.	Kodowanie typu kontenerów (dawny standard)	58
Tabela 2.5.	Kodowanie typu kontenerów (obecny standard)	60
Tabela 2.6.	Przykładowe znaki manipulacyjne	64
Tabela 2.7.	Rozwój statków kontenerowych na świecie	67
Tabela 3.1.	Parametry techniczno-eksploatacyjne suwnicy STS wyposażonej w jedną wciągarkę	95
Tabela 3.2.	Parametry techniczno-eksploatacyjne suwnicy STS wyposażonej w dwie wciągarki (wariant 1)	96
Tabela 3.3.	Dane techniczne placowych suwnic bramowych	99
Tabela 3.4.	Wybrane parametry techniczno-eksploatacyjne pojazdów terminalowych	105
Tabela 3.5.	Wybrane dane techniczne urządzeń przeładunkowych pracujących na terminalu kontenerowym	105
Tabela 4.1.	Wady i zalety podstawowych systemów organizacji prac przeładunkowo-składowych w morskich terminalach kontenerowych	135
Tabela 4.2.	Dane wykorzystane do obliczenia czasu trwania poszczególnych operacji przeładunkowych	143
Tabela 4.3.	Dane odnośnie do ilości i rodzaju przeładowywanych kontenerów	143

Tabela 4.4.	Dane techniczne urządzeń przeładunkowych pracujących na morskim terminalu kontenerowym	144
Tabela 4.5.	Czas najkrótszy (t_o), najbardziej prawdopodobny (t_d) oraz najdłuższy (t_p) (w sekundach) dla poszczególnych operacji składających się na rozładunek jednego kontenera na terminalu	159
Tabela 4.6.	Czas najkrótszy (t_o), najbardziej prawdopodobny (t_d) oraz najdłuższy (t_p) (w sekundach) dla poszczególnych operacji składających się na załadunek jednego kontenera na terminalu	159
Tabela 4.7.	Czasy trwania (w sekundach) poszczególnych czynności rozładunkowych dla jednego kontenera obsługiwanego na analizowanym terminalu	160
Tabela 4.8.	Czasy trwania (w sekundach) poszczególnych czynności załadunkowych dla jednego kontenera obsługiwanego na analizowanym terminalu	160
Tabela 4.9.	Podstawowe charakterystyki modelu masowej obsługi dla etapu I: rozładunek STS	161
Tabela 4.10.	Podstawowe charakterystyki modelu masowej obsługi dla etapu I': pojazd IMV (rozładunek)	162
Tabela 4.11.	Podstawowe charakterystyki modelu masowej obsługi dla etapu II: rozładunek RTG	163
Tabela 4.12.	Podstawowe charakterystyki modelu masowej obsługi dla etapu III: załadunek RTG	164
Tabela 4.13.	Podstawowe charakterystyki modelu masowej obsługi dla etapu III': pojazd IMV (załadunek)	164
Tabela 4.14.	Podstawowe charakterystyki modelu masowej obsługi dla etapu IV: załadunek STS	165
Tabela 4.15.	Czas najkrótszy (t_o), najbardziej prawdopodobny (t_d) oraz najdłuższy (t_p) (w sekundach) dla poszczególnych wariantów jazdy wózka i opuszczania ładunku w trakcie rozładunku jednego kontenera na analizowanym terminalu	166
Tabela 4.16.	Czas najkrótszy (t_o), najbardziej prawdopodobny (t_d) oraz najdłuższy (t_p) (w sekundach) dla poszczególnych wariantów jazdy wózka i opuszczania ładunku, podnoszenia chwytaka oraz jazdy wózka w trakcie załadunku jednego kontenera na analizowanym terminalu	166
Tabela 4.17.	Czas (w sekundach) przenoszenia kontenera ze statku na ciągnik terminalowy dla poszczególnych wariantów jazdy wózka i opuszczania ładunku	167
Tabela 4.18.	Czas (w sekundach) przenoszenia kontenera z ciągnika terminalowego na statek dla poszczególnych wariantów jazdy wózka i opuszczania ładunku, podnoszenia chwytaka oraz jazdy wózka	167
Tabela 4.19.	Czas (w godzinach) rozładunku kontenerów z jednostki MSC Antonia	168
Tabela 4.20.	Czas (w godzinach) załadunku kontenerów na jednostkę MSC Antonia	170
Tabela 5.1.	Nadbałtyckie terminale kontenerowe (stan na 2019 r.)	178
Tabela 5.2.	Nadbałtyckie terminale kontenerowe w Danii	181
Tabela 5.3.	Nadbałtycki terminal kontenerowy w Estonii	181

Tabela 5.4.	Nadbałtyckie terminale kontenerowe w Finlandii	182
Tabela 5.5.	Nadbałtyckie terminale kontenerowe na Litwie	183
Tabela 5.6.	Nadbałtyckie terminale kontenerowe na Łotwie	183
Tabela 5.7.	Nadbałtyckie terminale kontenerowe w Niemczech	184
Tabela 5.8.	Nadbałtyckie terminale kontenerowe w Polsce	184
Tabela 5.9.	Nadbałtyckie terminale kontenerowe w Rosji	185
Tabela 5.10.	Nadbałtyckie terminale kontenerowe w Szwecji	186
Tabela 5.11.	Dziesięciostopniowa skala preferencji według Saaty'ego	191
Tabela 5.12.	Współczynniki losowe zgodności	192
Tabela 5.13.	Typy uogólnionych kryteriów i odpowiadające im funkcje preferencji	195
Tabela 5.14.	Kryteria wybrane do analizy konkurencyjności wraz z ich wagami i pożądanym kierunkiem	199
Tabela 5.15.	Nadbałtyckie terminale kontenerowe w podziale na dwie grupy	200
Tabela 5.16.	Maksima i minima dla poszczególnych $k = 7$ kryteriów (grupa dużych terminali)	202
Tabela 5.17.	Współczynniki korelacji dla $k = 7$ kryteriów (duże terminale kontenerowe)	202
Tabela 5.18.	Absolutne udziały rynkowe w grupie dużych terminali kontenerowych	203
Tabela 5.19.	Legenda oznaczeń dla map grup strategicznych	204
Tabela 5.20.	Maksima i minima dla poszczególnych $k = 7$ kryteriów (grupa małych terminali)	208
Tabela 5.21.	Współczynniki korelacji dla $k = 7$ kryteriów (małe terminale kontenerowe)	209
Tabela 5.22.	Indywidualne indeksy preferencji i współczynniki spójności dla $k = 7$ kryteriów i $n = 25$ TK	218
Tabela 5.23.	Ranking wielokryterialny AHP dla $n = 25$ TK	220
Tabela 5.24.	Ranking wielokryterialny AHP dla $n = 25$ TK i II zestawu wag	221
Tabela 5.25.	Porównanie dwóch zestawów wag wykorzystanych w analizie wielokryterialnej AHP	222
Tabela 5.26.	Indywidualne indeksy preferencji i współczynniki spójności dla $k = 7$ kryteriów i $n = 30$ TK	222
Tabela 5.27.	Ranking wielokryterialny AHP dla $n = 30$ TK	224
Tabela 5.28.	Ranking wielokryterialny AHP dla $n = 30$ TK i II zestawu wag	225
Tabela 5.29.	Kryteria uogólnione oraz wartości parametrów p i q przyjęte w metodzie PROMETHEE II ($n = 25$ TK)	226
Tabela 5.30.	Tabela przepływów PROMETHEE II dla $n = 25$ TK	227
Tabela 5.31.	Kryteria uogólnione oraz wartości parametrów p i q przyjęte w metodzie PROMETHEE II ($n = 30$ TK)	228
Tabela 5.32.	Tabela przepływów PROMETHEE II dla $n = 30$ TK	228
Tabela 5.33.	Tabela przepływów PROMETHEE II dla $n = 25$ TK i II zestawu wag	229
Tabela 5.34.	Tabela przepływów PROMETHEE II dla $n = 30$ TK i II zestawu wag	229
Tabela 5.35.	Porównanie rankingów finalnych (AHP i PROMETHEE II) $n = 25$ TK	231
Tabela 5.36.	Porównanie rankingów finalnych (AHP i PROMETHEE II) $n = 30$ TK	234

Spis wykresów

Wykres 1.	Wielkość przewozów kontenerowych w transporcie morskim w latach 1995–2018 (mln TEU)	10
Wykres 2.	Przeładunki kontenerów w największych bałtyckich portach morskich w 2017 r. (tys. TEU)	12
Wykres 5.1.	Mapa grup strategicznych – długość nabrzeża vs. liczba RTG	204
Wykres 5.2.	Mapa grup strategicznych – liczba RTG vs. liczba połączeń żeglugowych bliskiego zasięgu	205
Wykres 5.3.	Mapa grup strategicznych – liczba RTG vs. maksymalna głębokość przy nabrzeżu	205
Wykres 5.4.	Mapa grup strategicznych – liczba RTG vs. odległość od autostrad i dróg ekspresowych/krajowych	205
Wykres 5.5.	Mapa grup strategicznych – liczba RTG vs. odległość od krajowej stacji kolejowej	206
Wykres 5.6.	Mapa grup strategicznych – liczba STS vs. odległość od krajowej stacji kolejowej	206
Wykres 5.7.	Mapa grup strategicznych – liczba połączeń żeglugowych bliskiego zasięgu vs. odległość od autostrad oraz dróg ekspresowych/krajowych	206
Wykres 5.8.	Mapa grup strategicznych – liczba połączeń żeglugowych bliskiego zasięgu vs. odległość od krajowej stacji kolejowej	207
Wykres 5.9.	Mapa grup strategicznych – maksymalna głębokość przy nabrzeżu vs. odległość od autostrad i dróg ekspresowych/krajowych	207
Wykres 5.10.	Absolutne udziały rynkowe w grupie małych nadbałtyckich terminali kontenerowych	209
Wykres 5.11.	Wykres punktowy – długość nabrzeża vs. liczba RTG	210
Wykres 5.12.	Wykres punktowy – długość nabrzeża vs. liczba STS	210
Wykres 5.13.	Wykres punktowy – długość nabrzeża vs. maksymalna głębokość przy nabrzeżu	211
Wykres 5.14.	Wykres punktowy – długość nabrzeża vs. odległość od autostrad oraz dróg ekspresowych/krajowych	211
Wykres 5.15.	Wykres punktowy – długość nabrzeża vs. odległość od krajowej stacji kolejowej	212

Wykres 5.16.	Wykres punktowy – liczba RTG vs. liczba STS	212
Wykres 5.17.	Wykres punktowy – liczba RTG vs. liczba połączeń żeglugowych bliskiego zasięgu	213
Wykres 5.18.	Wykres punktowy – liczba RTG vs. maksymalna głębokość przy nabrzeżu	213
Wykres 5.19.	Wykres punktowy – liczba RTG vs. odległość od krajowej stacji kolejowej	214
Wykres 5.20.	Wykres punktowy – liczba STS vs. liczba połączeń żeglugowych bliskiego zasięgu	214
Wykres 5.21.	Wykres punktowy – liczba STS vs. odległość od autostrad oraz dróg ekspresowych/krajowych	215
Wykres 5.22.	Wykres punktowy – liczba STS vs. odległość od krajowej stacji kolejowej	215
Wykres 5.23.	Wykres punktowy – liczba połączeń żeglugowych bliskiego zasięgu vs. maksymalna głębokość przy nabrzeżu	216
Wykres 5.24.	Wykres punktowy – liczba połączeń żeglugowych bliskiego zasięgu vs. odległość od krajowej stacji kolejowej	216
Wykres 5.25.	Wykres punktowy – odległość od autostrad i dróg ekspresowych/krajowych vs. odległość od krajowej stacji kolejowej	217
Wykres 5.26.	Dziesięć największych nadbałtyckich portów kontenerowych w 2017 r. (TEU)	236