

GRULKOWSKI Sławomir, ZARICZNY Jerzy

KRYTERIA DOBORU PARAMETRÓW PROJEKTOWYCH WYBRANYCH ELEMENTÓW TERMINALI INTERMODALNYCH

Streszczenie

W artykule przedstawiono wymagania techniczne konieczne do uwzględnienia przy planowaniu i projektowaniu tak wieloaspektowej inwestycji jaką jest terminal intermodalny. Istotnym problemem jest połączenie – na stosunkowo niewielkim obszarze – infrastruktury kolejowej i drogowej, ze szczególnym uwzględnieniem rozmiarów i specyfiki pojazdów wykorzystywanych w procesach transportowych i przeładunkowych. Oparto się na doświadczeniach inwestycji polskich i zagranicznych.

WSTĘP

Podstawowymi kryteriami charakteryzującymi obiekty multimodalne pod względem handlowym to czas obsługi i jakość organizacji pracy (w tym: łatwość identyfikacji towaru). Nie można zapewnić zadowalających efektów tych dwóch parametrów bez przemyślanego i dobrze zaplanowanego procesu projektowego inwestycji, a przede wszystkim bez uwzględnienia całej wielokierunkowej technologii pracy takiego terminala. Zawsze przy planowaniu, czy też projektowaniu budowlanym należy kierować się pewną perspektywą wieloletnią, która umożliwi rozwój i rozbudowę przedsięwzięcia po pewnym czasie od zakończenia budowy. Z takiego punktu widzenia istotne jest więc projektowanie poszczególnych elementów technicznych terminala (np. układ torów kolejowych, drogowy układ wewnętrzny i zewnętrzny) według kryteriów, które pozwolą na wzajemne funkcjonowanie najróżniejszych elementów logistyki takiego terminala.

W każdym procesie, a szczególnie w inwestycjach wielokierunkowych i obszarowych najistotniejsze są tzw. punkty krytyczne, które będą decydowały o poprawności funkcjonowania całego systemu w ramach terminala. Te elementy krytyczne to głównie parametry techniczne podstawowych urządzeń i systemów występujących na jego obszarze.

1. WYMAGANIA I ZASADY FUNKCJONOWANIA TERMINALI

Bezwzględnie podstawowe wyposażenie centrów logistycznych stanowią: place składowe i magazyny. Umożliwiają one m. in. składowanie i kompletowanie ładunków. Istnieją dwa determinanty wielkości tych elementów:

- prognozowane potrzeby lokalne, regionalne i ponadregionalne w zakresie przemieszczania się ładunków na obszarze terminala i ich składowania;
- możliwości pozyskania terenów, spełniających wymogi ilościowe i jakościowe co do lokalizacji terminala.

W centrum logistycznym świadczone, są także usługi towarzyszące takie jak np. obsługa pojazdów oraz stacja paliw. Kolejnym elementem jest kolejowy terminal kontenerowy umożliwiający przeładunek towarów między pociągami, a także między koleją, a transportem drogowym. Zaznaczyć należy, że występowanie kolejowego terminala kontenerowego uzależnione jest od położenia w pobliżu linii kolejowej, najlepiej bezpośrednio przy niej. Występują centra logistyczne zarówno posiadające terminal, a nawet kilka, jaki i takie, które tego typu obiektu nie posiadają. Podobnie wygląda sytuacja w przypadku pozostałych elementów centrum, których kształt i wielkość zależy jest od potrzeb i możliwości usytuowania w danym miejscu.

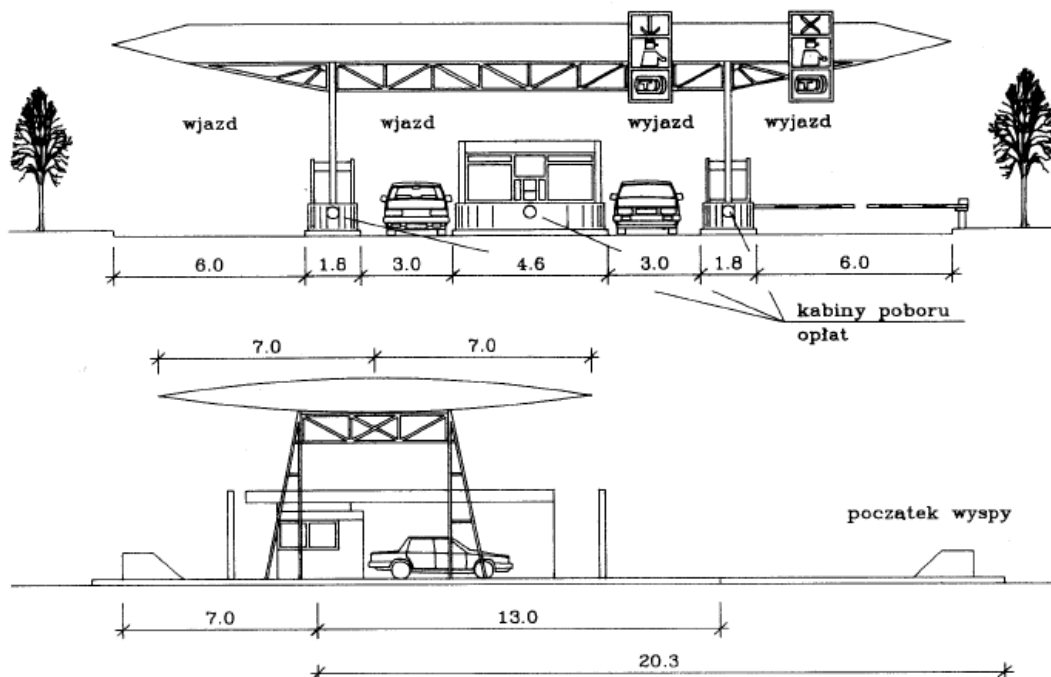
1.1. Parametry wybranych elementów terminali

Wielkość centrum logistycznego uzależniona jest w głównej mierze od podstawowych wymiarów technicznych układu kolejowego i drogowego oraz wszelkich urządzeń działających na obszarze tych dwóch układów.

Brama

Brama centrum logistycznego jest jednym z najważniejszych jego elementów. Jej parametry takie jak ilość punktów obsługi, a także dopuszczalna skrajnia pojazdu, znacząco wpływają na funkcjonowanie całego obiektu. To tu odbywa się kontrola pojazdów przed wpuszczeniem ich na teren centrum.

Przy projektowaniu bramy można posłużyć się wymaganiami dotyczącymi projektowania stacji poboru opłat na autostradach, uwzględniając różnice pomiędzy tymi obiektami. Ze względu na wymaganą tu niewielką prędkość pojazdu oraz automatyzm identyfikacji wjeżdżających pojazdów należy stosować minimalne wymiary skrajni dla ciągników siodłowych z naczepami o szerokości 3,00 m.



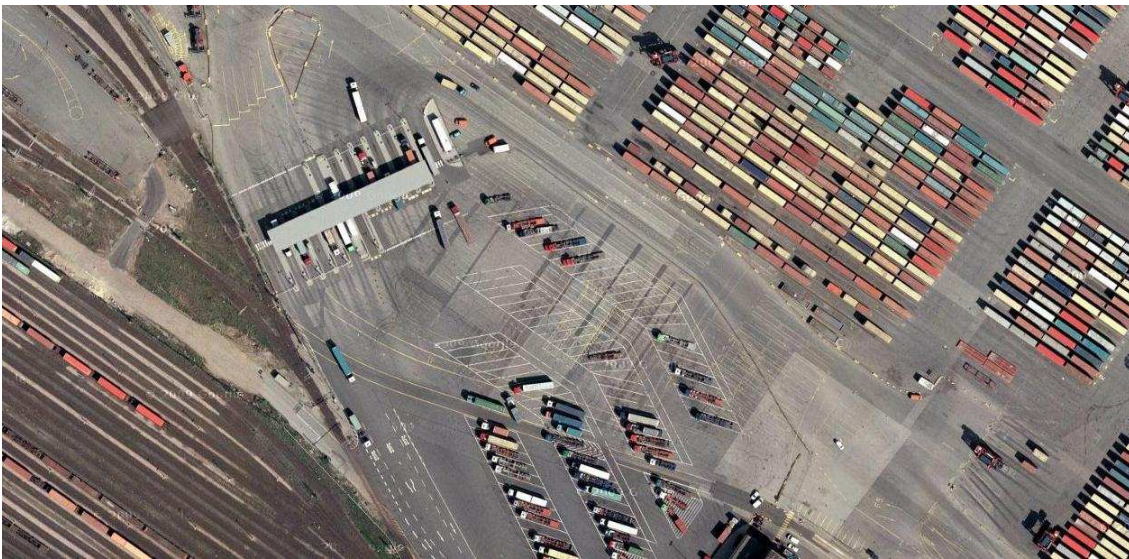
Rys. 1. Schemat stacji poboru opłat na autostradzie

Źródło: [7]

Brama powinna być wyposażona w pasy wjazdu i wyjazdu (zaleca się by część wyjazdowa była izolowana od części wjazdowej), kabiny kontrolerów, zadaszenie, a także

pasów dla pojazdów z ładunkiem ponadnormatywnym. Ilość pasów ruchu określa się metodami deterministycznymi, na podstawie wielkości centrum logistycznego i planowanej liczby obsługiwanych ładunków. Występowanie pozostałych elementów także zależne jest od rozmiarów obiektu, w niewielkich centrach logistycznych, czy też terminalach kontenerowych często na bramę składają się wyłącznie szlabany. Przed bramami terminali kontenerowych powinny znajdować się parkingi dla kierowców czekających na wjazd lub załatwiających formalności związane z wjazdem.

Przykład bramy wjazdowej stanowi kompleks bramowy w Eurogate Container Terminal w Hamburgu (Fot. 1). Wyposażony jest w 7 stanowisk wjazdowych oraz 6 wyjazdowych. Posiada także parking dla ciężarówek znajdujący się pomiędzy bramą, a budynkami biurowymi.



Fot. 1. Brama Eurogate Container Terminal w Hamburgu

Źródło: [6]

Terminal kontenerowy

Terminal kontenerowy stanowi element centrum logistycznego, umożliwiający przeładunek kontenerów pomiędzy koleją, a transportem drogowym, między koleją a placem składowym lub między układem drogowym a placem składowym. W jego skład wchodzi takie elementy, jak: układ torowy, układ drogowy oraz front ładunkowy [4].

Układem torowym nazywa się zespół torów kolejowym w obrębie frontu ładunkowego oraz tory łączące je z siecią kolejową, a także tory odstawkowe, dojazdowe i wyciągowe. Zaleca się aby tory ładunkowe były projektowane w linii prostej, zwłaszcza w przypadku obsługi przeładunku przez suwnice oraz w sąsiedztwie ramp i magazynów. Należy przewidzieć istnienie znacznych obszarów składowych dla kontenerów. Z tego względu wymagane jest zastosowanie długich prostych odcinków torów (dla pociągów co najmniej 110 osiowych, tj. 550 m+2*25m). Tak więc minimalna długość pociągu przyjmowanego na terminal, a tym samym długość użyteczna torów powinny wynosić minimum 600 m. W przypadku terminali zlokalizowanych blisko torów szlakowych linii kolejowych układ torowy w terminalu powinien mieć charakter przelotowy, stwarzający możliwość wjazdu i wyjazdu z każdej strony terminala. Przelotowość zwiększa uniwersalizm układu torowego oraz niezawodność obsługi ruchowej terminala, ale niekorzystnie odbija się na długości torów.

Wpływ na długość układu torowego ma również technologia obsługi pociągów w obrębie terminala. Trzeba zwrócić tu uwagę, że nie powinno się prowadzić prac wyładowniczo-załadowniczych na torach, nad którymi rozwieszona jest elektryczna sieć trakcyjna. Stąd

potrzeba lokalizacji dodatkowej grupy torów umożliwiającej zmianę trakcji i – ewentualnie – zmianą czoła pociągu (objazd lokomotyw). Długość takich torów powinna umożliwiać odstawienie co najmniej trzech lokomotyw i muszą być zakończone kozłem oporowym.

Łuki poziome torów w obrębie centrum logistycznego powinny być projektowane o promieniu nie mniejszym niż $R=300$ m. Jest to znaczne obostrzenie wymagań, jednak przynosi zdecydowanie lepsze warunki eksploatacyjne i utrzymaniowe przy dużym natężeniu ruchu kolejowego. W głowicach rozjazdowych należy stosować rozjazdy zwyczajne typu 300 – 1:9 i wstawki proste o długości 7 m. Mniejsze rozjazdy nie tylko powodują ograniczenia ruchowe, jak też wymagają później znacznych nakładów na wymianę elementów rozjazdowych. Znaczne korzyści „oszczędności” terenu można uzyskać stosując rozjazdy łukowe w głowicach rozjazdowych, łukując rozjazdy 300 – 1:9.

Odległość pomiędzy osiami torów w grupach ładunkowych powinna wynosić 4,50 m. Jest to o tyle istotne, że do rozładunku wykorzystuje się suwnice bramowe lub reachstackery. Taka geometria układu torowego umożliwia prowadzenie manewrów z maksymalną, dopuszczalną prędkością równą 40 km/h [1].

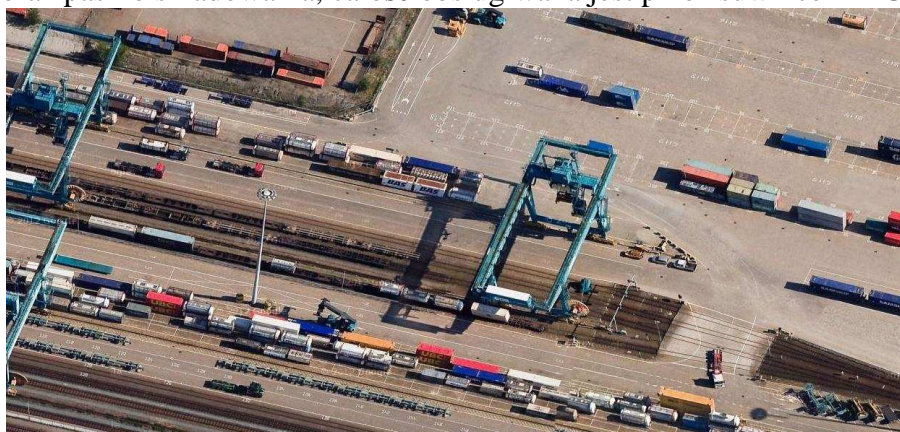
W skład układu drogowego wchodzi drogi łączące obiekt z siecią dróg publicznych i pasma jezdne oraz manipulacyjne. Ustalając szerokość drogi ładunkowej, wchodzącej w skład pasma manipulacyjnego, należy wziąć pod uwagę: pasy ruchu, maszty oświetleniowe, przestrzeń niezbędną do pracy maszyn ładunkowych z uwzględnieniem luzu manipulacyjnego (min. 30 cm) oraz technologie przeładunku związaną ze sposobem ustawienia pojazdu (wzdłuż, lub w poprzek drogi ładunkowej) [2]. Wartości minimalne szerokości dróg wewnętrznych przedstawia tabela 1 (wartość „a” oznacza szerokości pojazdu lub maszyny z ładunkiem).

Tab. 1. Minimalne szerokości dróg wewnętrznych w terminalu kontenerowym

Struktura rodzajowa ruchu	Minimalna szerokość [cm]	
	ruch jednokierunkowy	ruch dwukierunkowy
Pojazdy i maszyny ładunkowe	$a + 120$	$2a + 150$
Pojazdy, maszyny ładunkowe, ruch pieszy lub rowerowy	$a + 200$	$2a + 230$

Źródło: opracowanie własne na podstawie [2]

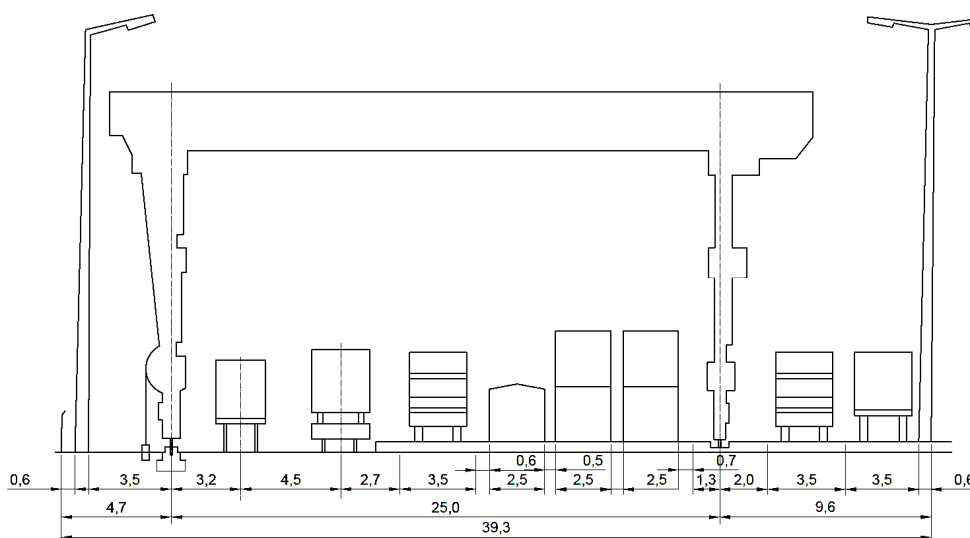
Front ładunkowy można podzielić na cztery obszary: torowy, drogowy, manipulacyjny oraz składowania. W praktyce jednak trudno określić wyraźną granicę pomiędzy tymi obszarami. Przykład frontu ładunkowego w Ect BV Home Terminal w Rotterdamie przedstawia poniższa fotografia (Fot. 2). W jego skład wchodzi cztery tory ładunkowe, trzy pasy ruchu oraz pasmo składowania, całość obsługiwana jest przez suwnice RMG.



Fot. 2. Front ładunkowy w Ect BV Home Terminal w Rotterdamie

Źródło: [6]

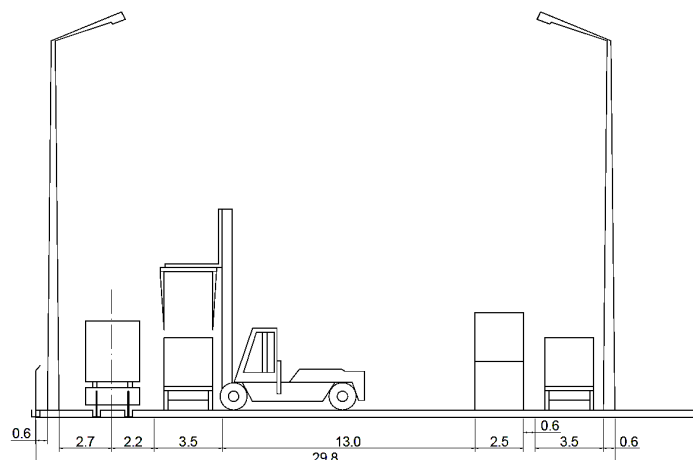
W przypadku obsługi frontu ładunkowego przez suwnicę bramową najistotniejszym wymiarem jest jej rozpiętość. Parametr ten decyduje o ilości ładunków i pojazdów znajdujących się w obszarze działania suwnicy, a co za tym idzie o szybkości wykonywania procesów ładunkowych. Przyjąć należy, że kontenery ustawione są w stosach i rzędach. Odstępy między rzędami powinny być minimalizowane do ok. 50 cm. W przypadku pasów drogowych podsuwnicowych powinny one mieć szerokość co najmniej 3,5 m (Rys. 2). Przy wyłącznej obsłudze w układzie plac – pociąg warto dwa torry umieszczać centralnie pod suwnicą. Umożliwia to wyraźny przydział dwóch rzędów kontenerów do każdego toru. Duże terminale wymagają również obsługi w układzie pociąg – truck. W tym celu wymagane jest projektowanie nawet czteropasowych ciągów dla ruchu kołowego o szerokości 3,5 m każdy. Takie drogi muszą mieć charakter jednokierunkowy na całej szerokości frontu ładunkowego.



Rys. 2. Wymiary uniwersalnego frontu ładunkowego obsługiwane przez suwnicę bramową

Źródło: [2]

Przy stosowaniu innych urządzeń ładunkowych wymagane jest pozostawienie znacznej szerokości pasa manipulacyjnego dla ładowarki. Szerokość powinna odpowiadać promieniowi skreću ładowarki i zasięgowi jednostki ładunkowej przy skreću. Przykład frontu ładunkowego obsługiwane przez ładowarkę pokazano na rys. 3.



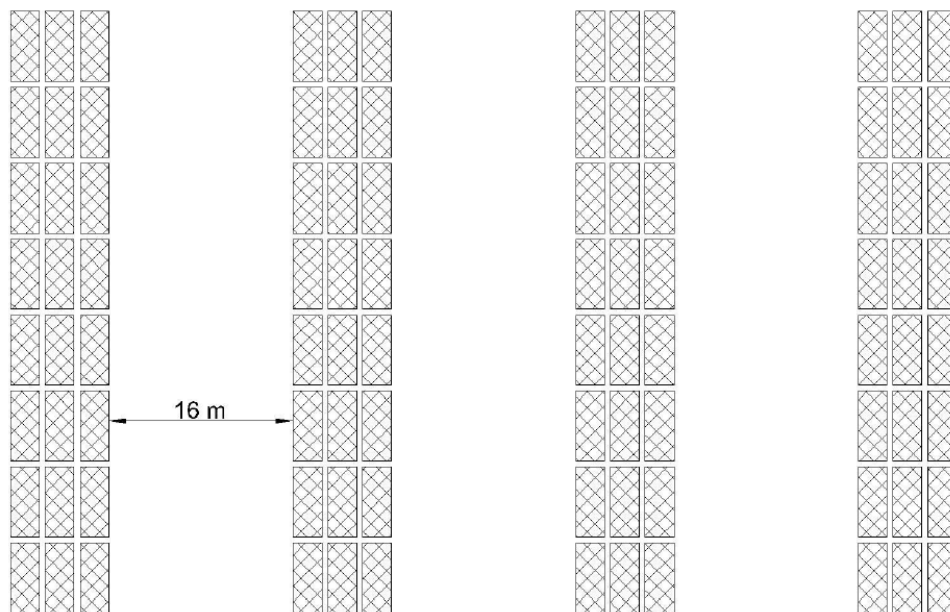
Rys. 3. Widok frontu ładunkowego obsługiwane przez wóz podnośnikowy czołowy

Źródło: [2]

Plac składowy

Miejsce składowania kontenerów przed załadunkiem ich na środki transportu. Wielkość tego obszaru powinna być dostosowana do liczby planowanych operacji przeładunkowych. Kontenery ustawione są w stosach, w zależności od używanych maszyn przeładunkowych stosy mają różny układ.

W przypadku używania reachstackerów na placu składowym, bloki składowe charakteryzują się stosunkowo niewielkimi rozmiarami. Często spotykany jest układ w którym szerokość stosu odpowiada szerokości trzech kontenerów, co związane jest z możliwościami opisywanego pojazdu. Odległość pomiędzy blokami musi umożliwiać obrót żurawia wraz z zaczepionym do chwytaka kontenerem 40 stopowym, co odpowiada odległości około 16m [5].

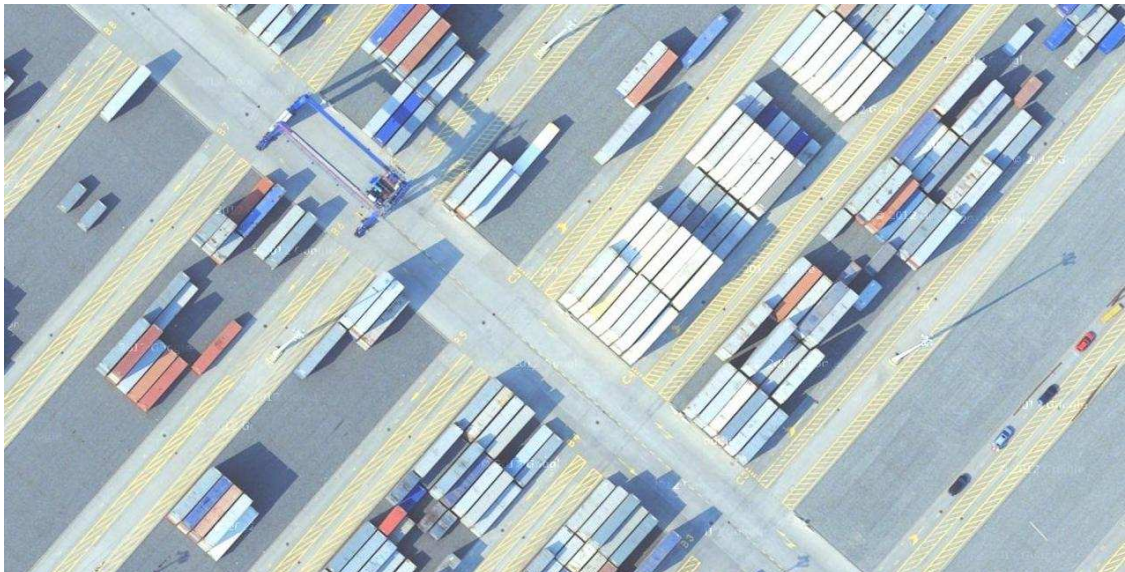


Rys. 4. Schemat placu składowego dla reachstackerów

Źródło: opracowanie własne

Place składowe dla wozów podsiębiernych charakteryzują się ustawieniem stosów w zwartych blokach, z przerwami pomiędzy poszczególnymi rzędami umożliwiającymi przejechanie wozu podsiębiernego.

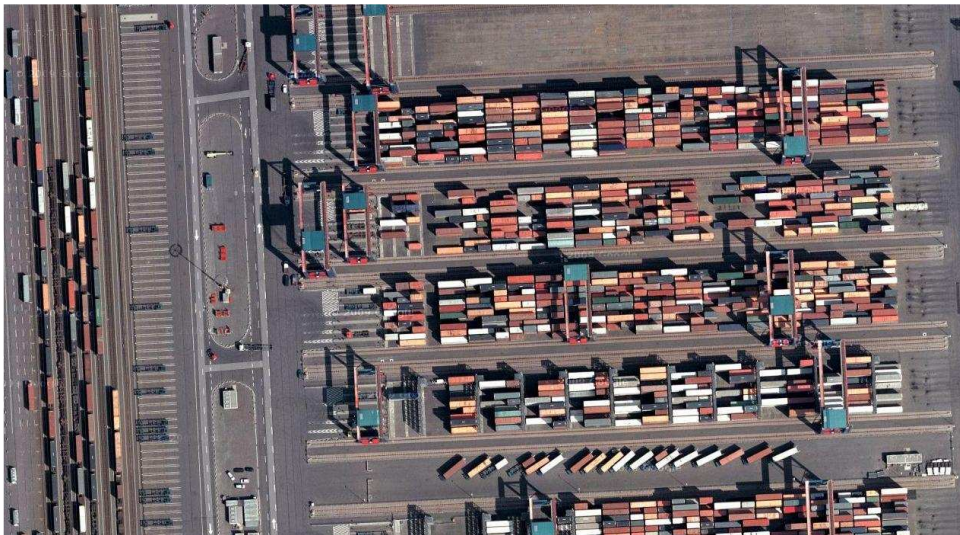
Plac składowy przystosowany do suwnic RTG ma kształt prostokąta o stosunkowo krótkiej podstawie i długich ścianach bocznych, dzięki czemu jedna suwnica bez wykonywania manewru skrętu może obsługiwać duży obszar. Plac podzielony jest na bloki na szerokość których składają się: ścieżki ruchu suwnic RTG, pasmo przeładunkowe dla ciężarówek z naczepami oraz rzędy kontenerów. Ilość rzędów, a co za tym idzie szerokość pojedynczego bloku składowego zależna jest od parametrów maszyny. Pomędzy poszczególnymi blokami znajdują się pasy ruchu umożliwiające wyjechanie ciężarówek z bloków.



Fot. 3. Plac składowy w Deepwater Container Terminal w Gdańsku

Źródło: [6]

Place składowe na których pracują suwnice RMG przypominają place dla suwnic RTG, z tą różnicą, że bloki są dużo dłuższe w związku z tym możliwość wjazdu i wyjazdu jest tylko na krańcu całego bloku składowego. Ciekawym przykładem zastosowania tego typu maszyn jest Container Terminal Altenwender w Hamburgu. Bloki składowe obsługiwane, są przez dwie suwnice wewnętrzną i zewnętrzną. Wewnętrzna operację przeładunkowe realizuje na wyznaczonych do tego stanowiskach znajdujących się na początku oraz na końcu bloku składowego. Zewnętrzna, pomiędzy podporami, posiada dodatkowo pasmo przeładunkowe na którym odbywają się operacje manipulacyjne w podobny sposób jak w przypadku suwnic RTG.



Fot. 4. Plac składowy w Container Terminal Altenwender w Hamburgu

Źródło: [6]

Projektując place składowe, niezależnie od typu maszyn przeładunkowych, należy uwzględnić konieczność oświetlenia całego obszaru oraz wytyczenia pasm drogowych zapewniających sprawne i bezpieczne poruszanie się pojazdów drogowych i maszyn ładunkowych po obszarze placu składowego. Ważne jest ustalenie odpowiednich zasad ruchu.

Na dużych placach składowych praktycznie niemożliwym jest uniknięcie skrzyżowań poszczególnych ciągów komunikacyjnych, w związku z tym należy wprowadzić hierarchizację dróg.

Istotne znaczenie dla bezpieczeństwa wykonywanych operacji ma usytuowanie placu składowego oraz kierunek prac przeładunkowych, ponieważ róża wiatrów w danym obszarze może być przyczyną błędnych decyzji lokalizacyjnych. Szczególnie ważne znaczenie nabiera ten problem w terminalach portowych nadbrzeżnych, gdzie wpływy kierunków wiatrów na przeładunki oraz na wielkości stosu kontenerów są na tyle istotne, że mogą decydować o pojemności placu składowego oraz organizacji i technologii procesów przeładunkowych.

1.2. Wyposażenie dodatkowe

Każde centrum logistyczne, z definicji ukierunkowane na obsługę dużego obszaru ciężarówki powinno posiadać szereg udogodnień usprawniających czynności typowo obsługowe. Ta cecha związana jest funkcjonowaniem zaplecza biurowego.

Obszar biurowy składa się z budynku lub budynków biurowych, w których mieszczą się biura kierownictwa centrum logistycznego i podmiotów działających na terenie centrum. Oprócz tego w pobliżu budynków powinien znajdować się parking przeznaczony dla samochodów osobowych.

Inny zakres wyposażenia terminali dotyczy tzw. zaplecza socjalnego dla kierowców. W skład obszaru obsługi kierowców mogą wchodzić w zależności od potrzeb:

- zaplecze socjalne (świetlica, motel, hotel);
- zaplecze gastronomiczne (restauracja, bar);
- zaplecze sanitarne (toalety, prysznice itd.);
- parking dla pojazdów ciężarowych.

2. PROPONOWANE PARAMETRY PROJEKTOWANIA

Stosowanie nowoczesnych technologii oraz wymagane uniwersalność i szybkość prac przeładunkowych pozwala zweryfikować dotychczasowe zasady i wytyczne co do projektowania terminali intermodalnych. W tabeli 2 zestawiono proponowane parametry projektowe podstawowych elementów terminali.

Tab. 2. Minimalne szerokości dróg wewnętrznych w terminalu kontenerowym

Parametr	Wymiar [mm]
Minimalna odległość między kontenerami stojącymi obok siebie	500
Minimalna odległość między kontenerami stojącymi obok ruchomego elementu maszyny ładunkowej, a tym ruchomym elementem, a także krawędzią pasma torowego, lub drogowego	600
Minimalna odległość między nadwoziami wymiennymi stojącymi obok siebie na sąsiednich pasmach	600
Minimalne odległości między naczepami siodłowymi	700
Minimalna odległość między osią toru, a skrajem pasa drogowego, pasma ładunkowego, lub pasma składowania	2700
Minimalna odległość od osi toru skrajnego przy podporze mostu suwnicy od osi szyny podsuwnicowej	3200
Minimalna odległość między osiami torów ładunkowych	4500
Odległość pudła kontenera stojącego na naczepie drogowej od osi szyny podsuwnicowej wewnątrz światła suwnicy	1300
Odległość pudła kontenera stojącego na naczepie drogowej od osi szyny podsuwnicowej po jej zewnętrznej stronie	1800
Minimalna szerokość pasma składowania dla kontenerów, wymiennych nadwozi i naczep siodłowych (łącznie z odstępem)	3000

Minimalna szerokość pasa ruchu drogowego	3500
Minimalna szerokość dopuszczona dla dwóch pasów ruchu drogowego obok siebie	7000
Minimalna odległość krawędzi placu utwardzonego od osi toru ładunkowego	2200

Źródło: opracowanie własne na podstawie [2]

PODSUMOWANIE

W Polsce znajduje się ok. 33 terminali kolejowych realizujących funkcje przeładunków i składowania jednostek intermodalnych. Jednak infrastruktura oraz urządzenia jakimi dysponują pozostawia wiele do życzenia; nie stanowią one istotnych punktów na mapie intermodalnej Europy; nie zapewniają również rozwoju kolejowych przewozów kontenerowych przez minimalizację infrastruktury. Terminale te często powstawały jako tymczasowe z chwilą pojawienia się klienta. Brak jest tu rozwiązań kompletnych i systemowych gwarantujących przyszły rozwój głównych elementów systemu przewozów intermodalnych.

Podstawowe warunki, jakie powinien spełniać terminal, normuje umowa europejska o ważnych międzynarodowych liniach transportu kombinowanego i obiektach towarzyszących (AGTC). Określa ona linie, terminale, punkty graniczne, porty, itp., mające istotne znaczenie dla przewozów kombinowanych, określa również wymagania techniczne, jakim powinny odpowiadać linie istniejące i nowo budowane. Umowa precyzuje także minimalne wymagania dotyczące parametrów eksploatacyjnych pociągów i infrastruktury (terminali, stacji pośrednich, stacji wymiany grup wagonów, punktów granicznych oraz stacji zmiany zestawów kołowych) [3].

Dostosowanie infrastruktury nie jest sprawą prostą, gdyż dla zapewnienia podstawowych wymogów technicznych, infrastrukturalnych i organizacyjnych oraz konieczności składowania co najmniej 20 000 TEU ładunków potrzeba ok. 60 ha atrakcyjnie usytuowanych terenów.

BIBLIOGRAFIA

1. Grulkowski S., Kabziński P., Modzelewski P., Pszczoła M., Zariczny J., *Analiza wykonalności przedsięwzięcia pn. budowa suchego portu (Intermodal Container Yard) w Zajączkowie Tczewskim*, Fundacja Rozwoju Inżynierii Lądowej, Gdańsk, 2012 (maszynopis).4
2. Jakubowski L., *Technologia prac ładunkowych*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2003.5
3. Kwaśniewski S., Nowakowski T., Zajac M., *Transport intermodalny w sieciach logistycznych*, Navigator, Wrocław, 2005.7
4. Markusik S., *Infrastruktura logistyczna w transporcie. Tom II. Infrastruktura punktowa*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2010.3
5. Strona internetowa <http://www.hyster.co.uk>; Hyster ReachStacker, 05.2013.6
6. Strona internetowa <https://maps.google.com> 2
7. *Wytyczne projektowania dróg I i II klasy technicznej (autostrady i drogi ekspresowe) WPD-1*. Załącznik nr 1 do zarządzenia nr 5/95 Generalnego Dyrektora Dróg Publicznych z dnia 31 marca 1995 r., Warszawa, 1995 1

SELECTION CRITERIA OF THE DESIGN PARAMETERS OF SOME ELEMENTS OF INTERMODAL TERMINALS

Abstract

This article presents technical requirements for planning and designing of intermodal terminals. The most challenging issue is to combine both rail and road infrastructures in the relatively small area including the features of the vehicles used in transportation and freight processes such as the size. The conclusions are based on the experience gained during realization of domestic and foreign investments.

Autorzy:

dr inż. **Sławomir Grulkowski** – Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Katedra Transportu Szynowego

mgr inż. **Jerzy Zariczny** – Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Katedra Transportu Szynowego