

Maciej Matczak

INNOWACYJNE ROZWIĄZANIA DLA AUTOMATYZACJI TERMINALI KONTENEROWYCH – KONCEPCJA RCMS

STRESZCZENIE

Sukcesywny wzrost wymagań związanych z terminalową obsługą kontenerów w portach morskich powoduje konieczność tworzenia nowych, bardziej efektywnych rozwiązań technologicznych. Odpowiedzią na takie wyzwania jest automatyzacja terminali, gdzie ruch pojazdów i urządzeń dźwigowych sterowany jest przez system komputerowy. Obecnie tego typu rozwiązanie działa na dwudziestu terminalach kontenerowych na świecie, a kolejne wdrożenia są realizowane. Innym ważnym wyzwaniem związanym z rozwojem portów morskich są ograniczone możliwości ich ekspansji przestrzennej, co powoduje konieczność tworzenia wydajnych systemów składowania i obsługi kontenerów. Koncepcją łączącą te dwa elementy jest system RCMS (ang. *Robotic Container Management System*), w którym pudła składowane są w specjalnie zaprojektowanym i obsługiwanym automatycznie budynku. Szereg elementów wykorzystanych w tej koncepcji zostało już zaprojektowanych i wdrożonych, jednak nie dokonano dotychczas całościowej oceny systemu RCMS. Dlatego też od maja 2015 r. realizowany jest projekt badawczo-rozwojowy w ramach europejskiego programu Horyzont 2020, mający na celu weryfikację systemu. Konsorcjum składające się z dziesięciu partnerów w okresie 21 miesięcy będzie prowadziło prace projektowe, symulacyjne i analityczne. W efekcie technologia RCMS porównana zostanie z dotychczas stosowanymi rozwiązaniami, zarówno pod względem operacyjnym, środowiskowym, finansowym, jak i ekonomicznym. Ocenie poddany zostanie również wpływ koncepcji na funkcjonowanie innych systemów logistycznych i transportowych portu morskiego. Jednym ze studiów przypadku badanych w projekcie jest Gdański Terminal Kontenerowy, dla którego zaprojektowane i przebadane zostaną trzy koncepcje technologiczne: RTG, A-RMG oraz RCMS.

Słowa kluczowe: automatyka w portach, innowacyjność portów morskich, technologie przeładunkowe

Wstęp

Morskie terminale kontenerowe obsługują tysiące statków, składują miliony kontenerów oraz wciąż konkurują o obsługę kolejnych serwisów żeglugowych. Efektywność portów wraz z ich dostępnością do sieci transportowej stanowi ważną przesłankę ich konkurencyjności, co również przekłada się na jakość logistycznych łańcuchów dostaw w wymiarze globalnym. Widoczny w ostatnich latach wzrost automatyzacji procesów przeładunkowych i transportowych jest postrzegany jako znacząca zmiana poprawiająca funkcjonowanie łańcuchów dostaw i ich efektywność środowiskową oraz mająca wpływ na ich bezpieczeństwo. Szczególnie ciekawym rozwiązaniem dla kompleksowej automatyzacji terminali kontenerowych jest koncepcja RCMS (ang. *Robotic Container Management System*), która obecnie jest rozwijana w ramach projektu współfinansowanego przez Komisję Europejską ze środków programu Horyzont 2020¹.

1. Automatyzacja terminali kontenerowych

Automatyzacja terminali kontenerowych jest rozwiązaniem zastosowanym po raz pierwszy ponad 20 lat temu. Pionierem w tej dziedzinie był port w Rotterdamie, w którym od 1993 r. działa terminal ECT Delta należący do spółki Hutchison Port Holding. Wśród portów i terminali wykorzystujących automatyczne procesy obsługi kontenerów wymienić również można szereg innych ośrodków, które przedstawione zostały w tabeli 1.

Jak zostało wskazane w tabeli, terminale kontenerowe mogą pracować zarówno w systemie automatycznym, jak i półautomatycznym. W pierwszym przypadku wskazuje się na terminale, w których operacje przemieszczania kontenerów pomiędzy obszarami przeładunku i składowania są automatyczne, jak również samo składowanie odbywa się bez ingerencji operatorów. Należy jednak podkreślić, że nawet tutaj przeładunki burtowe czy załadunek kontenerów na lądowe środki transportu odbywają się manualnie. W przypadku terminali półautomatycznych jedynie przemieszczanie albo składowanie jest zautomatyzowane.

Odnosząc się do samej automatyzacji, należy wskazać urządzenia powszechnie wykorzystywane na tego typu terminalach, którymi są²:

- automatycznie sterowane pojazdy, tzw. AGVs (ang. *Automatic Guided Vehicles*);

¹ *Rethinking Container Management Systems — RCMS*, Nr 636158, H2020-MG-2014-2015/H2020-MG2014_TwoStages.

² M. Matczak, *Intelligent container terminals – ITS solutions for seaports*, „Archives of Transport System Telematics” 2013, no. 2, s. 39.

- automatycznie sterowane pojazdy podnoszące, tzw. ALVs (ang. *Automated Lifting Vehicles*);
- automatyczne wozy podsiebierne, tzw. AShC (ang. *Automated Shuttle Carrier*);
- automatyczne urządzenia dźwigowe, tzw. Automated RMGs (ang. *Rail Mounted Gantries*), A-RMG lub ASCs (ang. *Automated Stacking Cranes*).

Tabela 1. Lista automatycznych (A) i półautomatycznych (S) terminali kontenerowych na świecie

Terminal	Port	Od	A	S
ECT Delta Terminal (HPH)	Rotterdam	1993	x	
London Thamesport (HPH)	Medway	1994		x
Hong Kong International Terminal 6-7 (HIT) (HPH)	Hong Kong	1995		x
Pasir Panjang Bridge Crane Terminal (PSA)	Singapur	2000		x
HHLA-CTA	Hamburg	2002	x	
Patrick Terminals	Brisbane	2005	x	
Tobishima Pier South Side Container Terminal (TCB)	Nagoya	2006	x	
Wan Hai	Tokio	2006		x
APM Terminals Virginia	Norfolk	2007		x
Antwerp Gateway Terminal (DPW)	Antwerpia	2007		x
Evergreen (EMC)	Kaohsiung	2007		x
Euromax Terminal	Rotterdam	2008	x	
TTI Algeciras (Hanjin)	Algeciras	2010		x
Pusan Newport International Terminal (PNIT)	Busan	2010		x
HHLA-CTB	Hamburg	2011		x
Tercat (HPH)	Barcelona	2012		x
Xiamen Yuanhai Container Terminal	Xiamen	2013	x	
TraPac Expansion	Los Angeles	2013	x	
APM Terminals Maasvlakte 2 (APMT)	Rotterdam	2014	x	
Rotterdam World Gateway (RWG) (DPW)	Rotterdam	2014	x	

Źródło: A.M. Martin-Soberón, A. Monfort, R. Sapiña, N. Monterde, D. Calduch, *Automation in port container terminals*, XI Congreso de Ingenieria del Transporte (CIT 2014).

W poszczególnych przypadkach stosuje się więc jeden typ urządzeń (terminale półautomatyczne) lub ich odpowiednią kombinację (terminale automatyczne).

Systematyczny wzrost liczby terminali wykorzystujących automatyzację procesów przeładunkowych i składowych wynika z szeregu korzyści, takich jak³:

- wzrost produktywności i przepustowości przy dużej stabilizacji produkcji;

³ A.M. Martin-Soberón, A. Monfort, R. Sapiña, N. Monterde, D. Calduch, *Automation in port container terminals*, XI Congreso de Ingenieria del Transporte (CIT 2014); D. Koegeboehn, *In automation the answer to all issues?*, Harbours 360 Conference, Antwerp 20–21.10.2015.

- lepsze wykorzystanie przestrzeni składowej, a tym samym powierzchni terminalu, co ogranicza jego ekspansję terenową;
- wzrost elastyczności dla dostosowań do cyklicznych szczytów popytowych;
- możliwości lepszej i bardziej metodologicznej organizacji pracy ograniczającej niepewność realizacji działań;
- mniejsze uzależnienie od czynników zewnętrznych, w szczególności redukcja ryzyka strajków;
- wzrost bezpieczeństwa wynikający z redukcji ryzyka związanego z czynnikiem ludzkim;
- lepsza kontrola wynikająca z ciągłej, bieżącej komunikacji pomiędzy systemem kontroli a poszczególnymi urządzeniami;
- możliwość ograniczenia niepotrzebnych operacji dzięki uprzedniemu planowaniu działań w systemie;
- dominacja urządzeń o napędzie elektrycznym, co umożliwi ograniczenie zużycia energii oraz redukcję emisji nieczystości do atmosfery;
- ograniczenie kosztów zmiennych dla terminalu oraz mniejsze koszty utrzymania, m.in. poprzez pracę w optymalnym zakresie obciążeń.

Terminaly automatyczne nie są jednak pozbawione wad, wśród których najczęściej wymienia się takie elementy, jak:

- mniejsza elastyczność dla planowania operacji oraz konieczność wczesnego przygotowania nowych scenariuszy pracy,
- trudna reakcja na zdarzenia nieprzewidziane,
- potencjalne źródło konfliktów z pracownikami (ograniczenie zatrudnienia),
- wyższe ryzyko związane z dostawami energii elektrycznej oraz niebezpieczeństwo błędów systemów informatycznych (np. hakerzy),
- wyższe koszty kapitałowe.

Przyjmuje się więc, że automatyzacja terminalu kontenerowego jest rozwiązaniem najbardziej korzystnym w przypadku terminali o potencjale przeładunkowym wynoszącym 3–5 mln TEU rocznie, gdzie notuje się relatywnie stały i stabilny popyt na usługi przeładunkowe. Na tego typu terminalach powinien być także realizowany duży udział obsługi standardowych kontenerów przy niewielkiej liczbie przesyłek specjalnych (np. kontenery flat rack, platformy). Budowa lub przebudowa terminalu zautomatyzowanego to także wysokie nakłady inwestycyjne oraz konieczność zapewnienia odpowiedniego wsparcia technicznego i informatycznego dla systemu. Terminal taki wymaga więc dostępu do kadry wysoko wykwalifikowanych pracowników, szczególnie tych, którzy odpowiadają za działanie systemu informatycznego.

2. Innowacyjna koncepcja RCMS

Rozwiązaniem koncepcyjnym, które wykorzystuje dotychczasowe doświadczenia automatycznych terminali kontenerowych, a jednocześnie wprowadza innowacyjny sposób magazynowania kontenerów, jest system RCMS (ang. *Robotic*

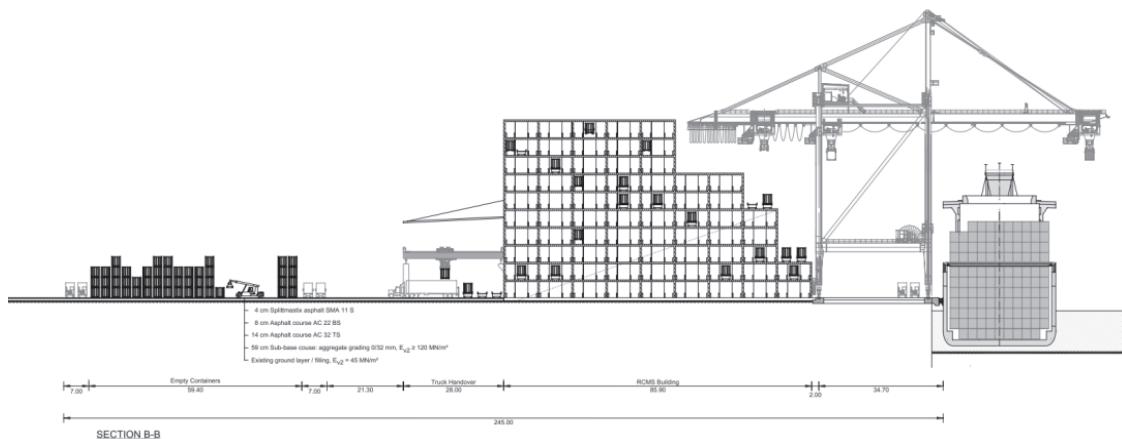
Container Management System). Zgodnie z założeniami podstawowym elementem systemu jest konstrukcja szkieletowa (budynek RCMS), w której dokonuje się obsługi i składowania kontenerów (rys. 1). Budynek usytuowany jest za dźwigami STS równolegle do linii nabrzeża i posiada gniazda umożliwiające składowanie kontenerów 20- i 40-stopowych o wysokości high cube. Jednocześnie zakłada się, że budynek RCMS nie będzie wykorzystywany do obsługi kontenerów o innych niestandardowych wymiarach (np. 45 stóp, flat rack) oraz kontenerów zawierających substancje i produkty niebezpieczne (tego typu kontenery mają być składowane w wyznaczonych obszarach poza budynkiem). W przypadku kontenerów chłodniczych przyjmuje się ich usytuowanie po skrajnych stronach budynku, co pozwala na dostęp do agregatów chłodniczych przez pracowników terminalu (poprzez system estakad). Koncepcja RCMS przewiduje również osobne obszary składowe dla kontenerów pustych.



Rysunek 1. Wizualizacja systemu RCMS

Źródło: www.rcms-project.net (dostęp: 21.11.2015).

Suwnice nabrzeżowe mają działać w systemie dwuetapowym, gdzie w pierwszej kolejności kontener podjęty manualnie ze statku opuszczany będzie na platformę obsługową (ang. *lashing platform*), na której zdemontowane będą złączki kontenerowe (ang. *twistlock*), a następnie przez automatyczną suwnicę zostanie załadowany na jeden z wózków AGV poruszających się po systemie balkonów. Urządzenia AGV będą umieszczać pudła w specjalnych gniazdach składowych wewnątrz budynku RCMS. Ciekawym rozwiązaniem jest zastosowanie w wózkach kół typu *omni wheel*, pozwalających poruszać się wózkowi w dwóch kierunkach (x i y) bez obracania się całego wózka AGV. Przemieszczanie pionowe kontenerów wewnątrz budynku odbywać się ma przy pomocy wind, które przesuwają kontener wraz z wózkiem AGV na wybrane poziomy. Od strony lądowej budynku RCMS mają się znajdować stanowiska załadunkowe dla samochodów ciężarowych i pociągów obsługiwane przez urządzenie OHBC (ang. *Overhead*



Rysunek 2. Schemat systemu RCMS

Źródło: www.rcms-project.net (dostęp: 21.11.2015).

Bridge Crane). Przyjmuje się również opcjonalnie automatyzację procesów załadunku środków transportu lądowego (rys. 2).

Wśród podstawowych zalet rozwiązania RCMS można wymienić takie kwestie, jak:

- poprawa efektywności wykorzystania przestrzeni terminalu, wynikająca ze znacząco mniejszej jednostkowej powierzchni składowej (ang. *footprint*);
- ograniczenie kosztów operacyjnych terminalu, w szczególności kosztów osobowych (automatyzacja), a także kosztów energii (elektryfikacja urządzeń);
- poprawa bezpieczeństwa na terminalu oraz ograniczenie kosztów zewnętrznych, szczególnie emisji do atmosfery.

Koncepcja ta posiada jednak również słabości, do których zaliczyć można:

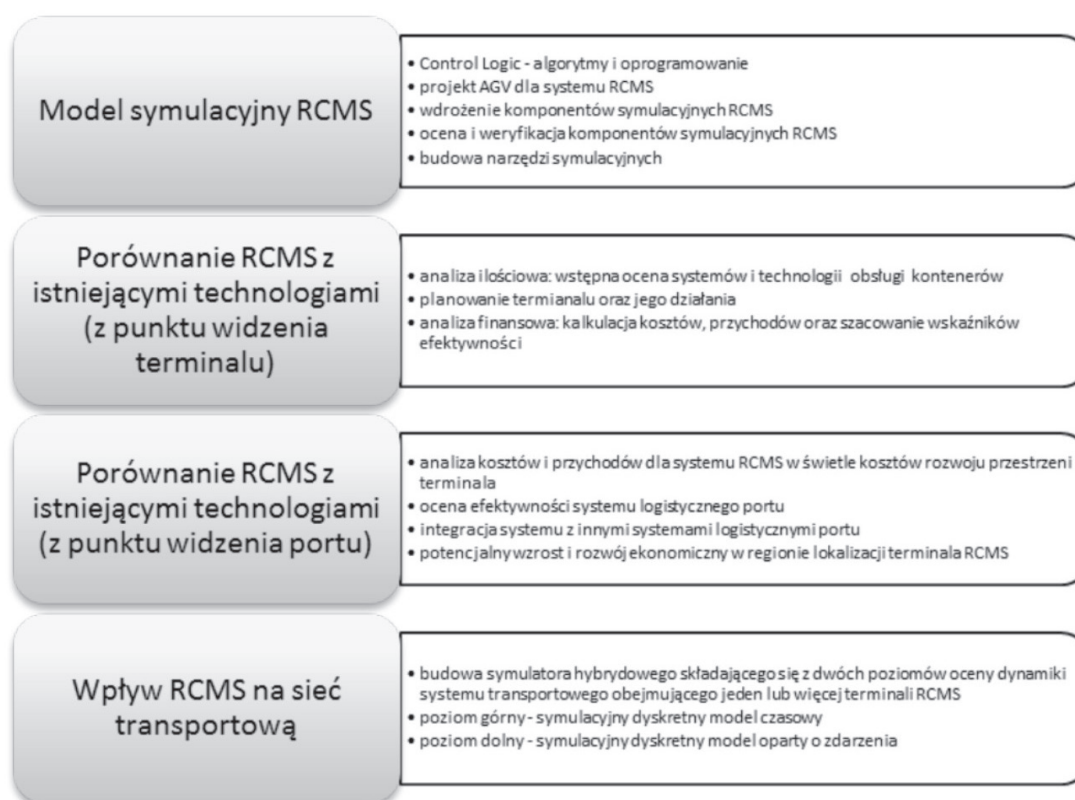
- wysokie koszty inwestycyjne związane zarówno z budową budynku RCMS, jak i z jego wyposażeniem technicznym (AGV, windy, OHBC);
- wysokie koszty utrzymania związane z zaawansowanymi technicznie systemami transportu i manipulacji kontenerami;
- niska elastyczność operacyjna, wynikająca z braku możliwości zmian w strukturze budynku RCMS;
- wysoka złożoność systemu, powodująca wysokie wymagania związane z jego zarządzaniem;
- duży wpływ na krajobraz (zakłada się standardową wysokość budynku RCMS wynoszącą 10 pięter, tj. ok. 35 m).

Wszystkie wskazane zalety oraz wady systemu RCMS nie były jednak nigdy praktycznie zweryfikowane, dlatego też prowadzi się obecnie działania badawczo-rozwojowe mające na celu rzetelną weryfikację koncepcji.

2. Rozwój oraz analiza systemu RCMS w ramach programu Horyzont 2020

Dla praktycznej weryfikacji koncepcji RCMS od maja 2015 r. prowadzony jest projekt badawczo-rozwojowy finansowany w ramach europejskiego programu Horyzont 2020 zatytułowany *Rethinking Container Management System* (RCMS). Projekt realizowany jest przez konsorcjum składające się z dziesięciu podmiotów, w tym: Circle (Włochy – koordynator projektu), Cimne (Hiszpania), Uniwersytet Genua (Włochy), HPC (Niemcy), SPPA (Włochy), IAI (Izrael), Compass (Hiszpania), Selhorn (Niemcy), Gdański Terminal Kontenerowy⁴ (Polska) oraz Luka Koper, Port and Logistics System (Słowenia). Projekt realizowany będzie przez 21 miesięcy, a jego łączny budżet wynosi 4,196 mln euro (przy 100% poziomie dofinansowania).

Pomimo tego, że szereg elementów systemu RCMS zostało już zaprojektowanych i sprawdzonych w praktyce, brak jest kompleksowej analizy rozwoju oraz eksploatacji całego systemu. Dlatego też wśród podstawowych zadań realizowanych w ramach projektu można wymienić cztery elementy, które zostały przedstawione na rysunku 3.



Rysunek 3. Podstawowe komponenty projektu RCMS

Źródło: *Grant Agreement-636158-RCMS*, European Commission, INEA, Brussels 20.03.2015.

⁴ Partnerem merytorycznym terminalu GTK jest Katedra Logistyki i Systemów Transportowych, Akademii Morskiej w Gdyni.

W ramach projektu analizowana jest możliwość rozwoju koncepcji RCMS w dwóch europejskich portach morskich (Gdańsk i Koper). W ramach prac przeprowadzona zostanie analiza porównawcza trzech podstawowych technologii operacyjnych możliwych do zastosowania na terminalach, tj. technologii RTG, zautomatyzowanej technologii RMG (A-RMG) oraz koncepcji RCMS. Zespół projektowy przygotowuje plany zagospodarowania terminali, zaprojektuje system (obiekty, wyposażenie – m.in. wózki AGV i windy, oprogramowanie), a następnie przeprowadzi analizy operacyjne, finansowe i ekonomiczne.

W przypadku gdańskiego portu miejscem symulacji jest Gdański Terminal Kontenerowy, gdzie badana będzie możliwość retrofitingu istniejącego terminalu na system RTG, A-RMG oraz RCMS. W słoweńskim porcie Koper analiza dotyczy będzie nowo budowanego terminalu, gdzie ważnym kryterium oceny jest zakres prac hydrotechnicznych (refulacja). W tym przypadku również dokonana zostanie ocena porównawcza trzech rozwiązań technologicznych.

Równolegle do prac badawczo-rozwojowych prowadzone są działania informacyjne mające na celu przedstawienie koncepcji jej potencjalnym odbiorcom, gdzie szczególne znaczenie mają porty kontenerowe posiadające ograniczone możliwości ekspansji przestrzennej.

Literatura

1. *Grant Agreement-636158-RCMS*, European Commission, INEA, Brussels 20.03.2015
2. Koegeboehn D., *Is automation the answer to all issues?* Harbours 360 Conference, Antwerp 20–21.10.2015
3. Martin-Soberón A.M., Monfort A., Sapiña R., Monterde N., Calduch D., *Automation in port container terminals*, XI Congreso de Ingeniería del Transporte (CIT 2014)
4. Matczak M., *Intelligent container terminals – ITS solutions for seaports*, „Archives of Transport System Telematics” 2013, no. 2
5. www.rcms-project.net

INNOVATIVE SOLUTIONS FOR AUTOMATED CONTAINER TERMINALS – CONCEPT OF THE RCMS

SUMMARY

Gradual increase of requirements for container handling in ports need to create a new, more efficient technological solutions. The „Automated Container Terminals” is the answer. In that case, the movement of vehicles and lifting equipment is controlled by a computer system. Today, over twenty container terminals worldwide had implemented such a solution, and subsequent installations are in progress. Additional major challenge for seaports development is the limited capacity for their spatial expansion. Consequently

new, more effective container storage and handling systems are planned and designed. The concept of combining these two elements is a RCMS system (Robotic Container Management System), in which the boxes are stored in a specifically designed and automatically operated infrastructure. A number of elements used in the concept, have already been implemented and designed, however, so far an overall assessment of the RCMS has not been undertaken. Therefore, the research and development project financed by the Horizon 2020 programme has been launched in May 2015. A consortium of ten partners in the period of 21 months will provide the design, simulation and perform analysis. As a result, the comparison exercise of RCMS to the existing technologies will be completed. The exercise will comprise of operational, environmental, financial, and economical aspects. The impact of the concept on other logistics and transportation systems in seaports will be also defined and assessed. One of the case studies examined within the project is the Gdansk Container Terminal. Three concepts of the terminal operation will be designed and tested: RTG, A-RMG and RCMS.

Keywords: