

Mateusz ZAJĄC<sup>1</sup>

## **ANALIZA WYBRANYCH OPERACJI W INTERMODALNYM WĘZLE PRZEŁADUNKOWYM**

*Transport intermodalny, a w szczególności przewozy kontenerowe od wielu lat charakteryzują się dynamicznym rozwojem. W tym kontekście szczególne znaczenia nabiera kwestia przygotowania technicznego i organizacyjnego terminali realizujących przeładunki zintegrowanych jednostek ładunkowych. Od wielu lat na terminalach portowych wdrażane są różnego rodzaju elementy infrastruktury technicznej i informatycznej, które mają polepszyć warunki pracy. Lądowe terminale, z reguły małe węzły przeładunkowe, najczęściej rezygnują z nowoczesnych rozwiązań zastaniając się brakiem odpowiednich funduszy. W referacie zaprezentowano prostą symulację, której wyniki mogą posłużyć do usprawnienia działań na terminalu kontenerowym.*

### **ANALYSIS OF CHOSEN OPERATION ON INTERMODAL TERMINAL**

*In past year there was visible growth of container. Inland terminals are so-called "low-cost terminals" without any software tools, that can improve condition of operations. There is opinion, that tools of software category are very expensive. The paper presents small simulation with short analyze on chosen operation in intermodal terminal. Results could be introduced into practice.*

## **1. WSTĘP**

Na europejskich szlakach komunikacyjnych większość ładunków transportowana jest z wykorzystaniem transportu drogowego (około 80%), co wpływa bardzo niekorzystnie na środowisko naturalne. Biała Księga z 2000 r. promuje ograniczanie transportu drogowego na rzecz innych gałęzi transportu poprzez promocję transportu intermodalnego [3]. Podstawową cechą tego rozwiązania jest przewóz ładunku od nadawcy do odbiorcy za pomocą tej samej jednostki ładunkowej np.: kontenera, przy użyciu różnych gałęzi transportu. Za pomocą tego rodzaju transportu przewozi się w UE15 około 16% ładunków [1], natomiast Polska znacząco odstaje w tym względzie od pozostałych państw członkowskich. Jednak w ciągu ostatnich lat notuje się ciągły wzrost liczby

---

<sup>1</sup>Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny, Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn, Zakład Logistyki i Systemów Transportowych. ul. Łukaszczyka 7/9, 50-371 Wrocław. Mateusz.Zajac@pwr.wroc.pl

transportowanych kontenerów. W Polsce rozbudowywane są istniejące terminale intermodalne oraz powstają nowe. Niestety są ograniczone pojemnością, a często nie ma możliwości ich rozbudowy. Piętrzenie kontenerów jest zabiegiem związanym z wykorzystaniem kubatury składowiska, jednak utrudnia zlokalizowanie danego kontenera a w konsekwencji wykonanie na nim operacji przeładunkowej.

Wraz ze wzrostem liczby przeładowywanych jednostek ładunkowych pojawiają się nowe problemy. Przy niewielkich terminalach odnalezienie kontenera danej firmy nie stanowiło problemu dla placowego, obecnie terminale obsługują większą liczbę odbiorców a co za tym idzie nie jest już możliwe łatwe zlokalizowanie kontenera który ma zostać nadany. Dlatego też nie jest możliwy dalszy rozwój transportu intermodalnego w Polsce bez wprowadzenia komputeryzacji oraz zautomatyzowanego zarządzania polem składowym. Natomiast kolejnym etapem powinna być pełna automatyzacja terminalu.

Inną kwestią, równie ważną jest czas obsługi składów kolejowych na terminalach. Duża liczba obsługiwanych składów determinuje potrzebę szybkich przeładunków. W artykule przedstawiono symulacje, w której celem było porównanie czasów operacji obsługi składu kolejowego w zależności od sposobu składowania ładunków na placu i kolejności wprowadzania jednostek ładunkowych do rozładunku.

## 2. WYZNACZANIE PODSTAWOWYCH PARAMETRÓW TERMINALU

Dane przedstawione w referacie pochodzą z jednego z intermodalnych węzłów przeładunkowych w centralnej Polsce, jego roczne obroty to ok. 150 00 TEU. Ładunki są przewożone w różnego rodzaju jednostkach ładunkowych. W tabeli 1. zamieszczono strukturę typów jednostek ładunkowych. W tabeli 2 przedstawiono wymaganą powierzchnię pól składowania dla poszczególnych rodzajów kontenerów.

*Tab. 1 Udział poszczególnych typów kontenerów w całym obrocie terminalu*

Rodzaj konte-nera	Udział	Liczba [TEU/rok]
20'	40%	6000
30'	5%	750
40'	40%	6000
45'	15%	2250
Suma:	100%	15000

Zatem sumując pola niezbędne dla wszystkich typów kontenerów otrzymam pole całego pola składowania. Niezbędna wielkość tego pola wyniesie po zaokrągleniu 3510 m<sup>2</sup>. Niezależnie od sposobu składowania ta powierzchnia musi być zachowana.

Tab. 2 Powierzchnia pól składowych na dany typ kontenerów

Typ kontenera	Suma	wymiary podstawy kontenerów	Pole podstawy [m <sup>2</sup> ]	Pole na dany typ kontenerów [m <sup>2</sup> ]
20'	270	6,1x2,4	14,64	1317,6
30'	32,4	9,2x2,4	22,08	238,464
40'	140,4	12,2x2,4	29,28	1370,304
45'	54	13,5x2,4	32,4	583,2

### 3. DOBÓR SPOSOBU SKŁADOWANIA KONTENERÓW NA TERMINALU

Dostarczenie kontenerów na terminal powinno się zakończyć odpowiednim ułożeniem jednostek ładunkowych. W procesie układania kontenerów wydaje się, że najważniejszymi względami jest minimalizacja liczby operacji wykonywanych na danym kontenerze a co za tym idzie skrócenie czasu obsługi. Algorytm według którego kontenery będą układane musi uwzględniać wiele czynników technicznych i organizacyjnych. Odpowiednie zarządzanie kontenerami, tzw. yard planning, bezpośrednio przyczynia się do zmniejszenia czasów cykli, a co za tym idzie do zwiększenia wydajności węzła przeładunkowego oraz zmniejszenia kosztów związanych wykonywaniem zbędnych operacji przeładunkowych.

Podczas doboru odpowiedniego algorytmu zarządzającego odbieraniem, wydawaniem oraz miejscem składowania poszczególnych kontenerów z reguły uwzględnia się takie kryteria jak:

- **czas odbioru** – w zależności od daty odbioru danego kontenera powinien on być odłożony odpowiednio im wcześniejsza data odbioru tym wyższe piętro składowania w celu zapewnienia minimalizacji liczby operacji przy wydawaniu kontenera.
- **typ kontenera** – jedno z ważniejszych kryteriów, kontenery danego typu są składowane w jednym miejscu. Oddzielnie składowane są kontenery 20', 30', 40' i 45'. Poprawia to stabilność danego bloku kontenerowego przy składowaniu w większej liczbie warstw. Takie ułożenie kontenerów upraszcza również znacząco identyfikację jednostki.
- **formowanie składu** – w przypadku transportu kontenerów kolejną ułożenie kontenerów na wagonach planuje się z wyprzedzeniem. Można więc wyodrębnić kontenery przeznaczone do przewozu drogą kolejową i złożyć je w odpowiedni sposób w odrębnym miejscu co znacząco przyspieszy załadunek. Należy jednak pamiętać, że kontenery o różnych miejscach przeznaczenia nie powinny trafić na jeden wagon oraz o ograniczonej długości składu kolejowego, a więc kontener który nie zmieścił się na skład jednego dnia ma nadrzędny priorytet w dniu następnym.

- **obciążenie** – kryterium to uwzględnia ciężar kontenerów. Są one piętrzone zgodnie z zasadą, że cięższy kontener nie powinien być ułożony na kontenerze o mniejszej ilości ładunku, a najcięższe kontenery powinny być ułożone w najniższej warstwie. Natomiast kontenery próżne składuje się w na oddzielnym przeznaczonym do tego placu tzw. depot.
- **armator** – na terminalach gdzie obsługiwane są kontenery niewielkiej liczby armatorów, mogą być on składowane na oddzielnych placach przeznaczonych tylko dla danego armatora co minimalizuje problem identyfikacji kontenera.

Nie ma możliwości spełnienia wszystkich kryteriów naraz, stąd należy dobrać odpowiedni sposób składowania dla danego terminalu w celu spełnienia określonej funkcji celu. Każdy terminal: różnice tkwią w innej strukturze geometrycznej, liczbie obsługiwanych kontenerów, warunkami technicznymi urządzeń przeładunkowych, itd. W omawianym przypadku zwrócono uwagę na dwa sposoby składowania kontenerów i kilka sposobów umieszczania ładunków na wagonach kontenerowych, wg ustalonej zasady.

#### 4. PRZYKŁADY

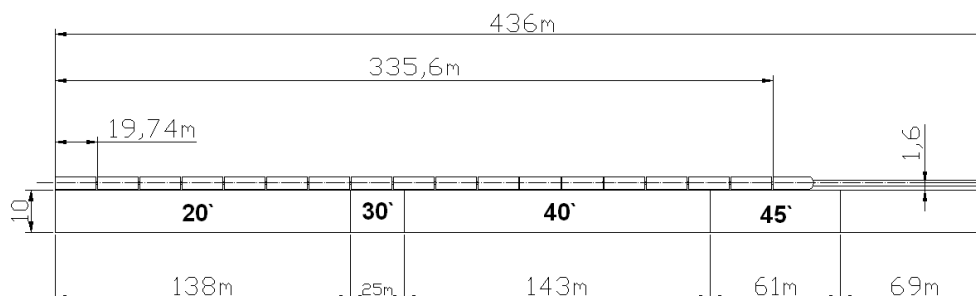
Analizie poddano zasadność stosowania metody składowania kontenerów wg wielkości jednostek ładunkowych lub wg przynależności armatorskiej. Na ograniczenia w składowaniu naniesiono sposób załadunku kontenerów na wagony kolejowe. Porównano czasy obsługi różnych konfiguracji składowania i rozłożenia ładunku na wagonach w celu uzyskania wartości minimalnej, z punktu widzenia czasu obsługi składu – wariantu najkorzystniejszego.

Obliczenia symulacyjne zostały przeprowadzona z użyciem standardowego arkusza kalkulacyjnego. Ideą przyświecającą nie było komplikowanie obliczeń lecz potrzeba uzyskania wiarygodnych informacji.

##### 4.1 Składowanie kontenerów według wielkości

Kontenery w tym przypadku będą układane na placu składowania według wielkości zaczynając od kontenerów 20 stopowych kończąc na 45 stopowych. Będą one piętrzone w 3 warstwach oraz układane w 4 rzędach, więc ich łączna szerokość będzie wynosić około 10 m.

Długość pól na poszczególne typy kontenerów można wyznaczyć na podstawie tabel 1 i 2, gdzie jest podana liczba kontenerów. Znając długość poszczególnych typów kontenerów oraz ich liczbę w jednym wierszu można dalej określić długość pola składowania dla poszczególnych wielkości kontenerów: Sposób układania kontenerów został przedstawiony na rysunku 1.

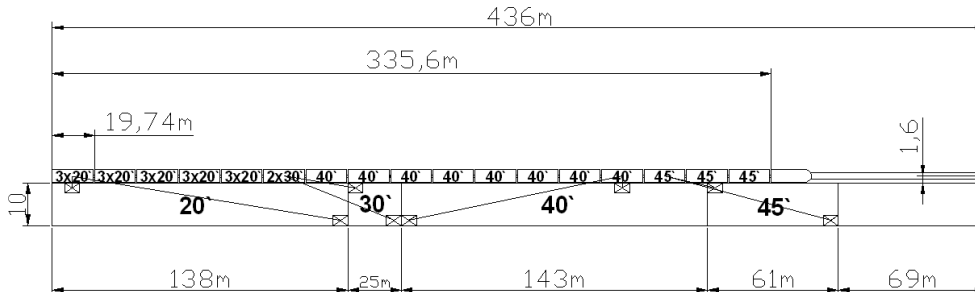


Rys. 1 Sposób układania kontenerów na terminalu

W dalszej części zostaną sprawdzone czasy obsługi pociągu dla różnych ustawień kontenerów na poszczególnych wagonach. Należy również przyjąć pewien uproszczony sposób usytuowania kontenerów na obsługiwanych pociągach. Kontenery są dość swobodnie poukładane na wagonach, nie często zdarza się, że wagony z kontenerami 30 oraz 40 stopowymi są dopełniane kontenerami 20 stopowymi. Rzadko się spotyka pełne wykorzystanie miejsc na wagonach co może być spowodowane tym, że kontenery pochodzą od różnych armatorów lub kolejne wagony mogą być przyłączane na różnych bocznicach. Na terminalu pociąg może się składać maksymalnie z 17 wagonów o długości ładunkowej 60', natomiast maksymalna liczba kontenerów to 28 szt.

#### 4.1.1. Kontenery wjeżdżają według wielkości

W pierwszym przypadku rozpatrzono najkorzystniejsze ułożenie kontenerów na pociągu w stosunku do sposobu składowania, czyli kontenery łożone rosnąco od końca składu. Czas cyklu obsługi pojedynczego kontenera będzie liczony jako średnia arytmetyczna najkrótszego oraz najdłuższego możliwego czasu cyklu. W zależności od położenia danego typu kontenera w stosunku do pola właściwego na które ma być odłożony będą się zmieniały odległości jakie będzie musiała pokonać suwnica, zarówno w przypadku najkrótszego jak i najdłuższego możliwego czasu cyklu. Na rysunku 2 został przedstawiony sposób ułożenia kontenerów na pociągu oraz przykładowe drogi jakie będzie musiał pokonać kontener dla najkrótszego oraz najdłuższego czasu cyklu.



Rys. 2 Sposób ułożenia kontenerów na pociągu oraz przykładowe drogi kontenerów

Z uwagi na dużą liczbę obliczeń przy wyznaczaniu czasu obsługi pociągu użyto do tego celu arkusza kalkulacyjnego, a poniżej przedstawiono założenia wykorzystane w toku obliczeń.

Założono, że jeżeli kontener znajduje się obok pola na które ma zostać odłożony to najkrótszy możliwy odległość jaką musi pokonać to odległość przejazdu wózka suwnicy z nad wagonu nad plac; przyjęto, że jest to odległość 3 metrów zgodnie z wytycznymi [2]. Założyłem również, że ze względu na bezkolizyjność przejazdu kontener może zostać podniesiony na wysokość 1 metra. Jeżeli natomiast kontener znajduje się poza polem, na które ma być odłożony (tak jak kontener 30 stopowy na rysunku 2) to najkrótszy możliwy czas cyklu zostanie obliczony na podstawie drogi do najbliższego wolnego miejsca na polu przeznaczonym na dany typ kontenera. W tym wypadku kontener musi zostać podniesiony ponad 3 warstwy ze względu na kolizyjność, przyjęto wysokość manewrowania równą 10 metrów. Najdłuższy możliwy czas cyklu zostanie obliczony jako czas transportu w najodleglejszy punkt danego pola składowania, tak jak zostało to oznaczone dla kontenerów 20 oraz 40 stopowego na rysunku 2. W tym przypadku kontener również będzie musiał być podniesiony ponad 3 warstwy kontenerów czyli na wysokość 10 metrów. Założono również, że ruchy jazdy suwnicy oraz jazdy wózka będą kojarzone, natomiast ruchy podnoszenia i opuszczania zarówno chwytńi wraz z kontenerem jak i pustej chwytńi nie będą kojarzone ze względu na kolizyjność. Zostało przyjęte również uproszczenie dotyczące pozycji kontenera na wagonie. Droga jaką musi pokonać suwnica jest liczona od środka wagonu z którego pobierany jest kontener, niezależnie od rodzaju i ilości kontenerów na danym wagonie. Uproszczenie to zmniejsza liczbę obliczeń, a nie wpływa znacząco na wynik końcowy. Czas manipulacji został przyjęty jako  $t_m=2$  min, czas ten w zupełności wystarczy na pozycjonowanie chwytńi kontenerowej.

Pełną interpretację cyklu pracy urządzeń przeładunkowych można uzyskać w pracy [2]. Czas cyklu po uwzględnieniu powyższych założeń jest określony poniższym wzorem:

$$t_c = \frac{(2 \cdot t_{ok} + 2 \cdot t_{jk} + 2 \cdot t_{pk} + t_m) + (2 \cdot t_{od} + 2 \cdot t_{jd} + 2 \cdot t_{pd} + t_m)}{2} \quad (1)$$

gdzie:

$t_{jk}$  – czas jazdy suwnicy (najkrótszy),  $t_{pk}$  – czas opuszczania/podnoszenia pustej chwytni kontenerowej (najkrótszy),  $t_{ok}$  – czas opuszczania/podnoszenia chwytni wraz z kontenerem (najkrótszy),  $t_m$  – czas manipulacji,  $t_{jd}$  – czas jazdy suwnicy (najdłuższy),  $t_{pd}$  – czas opuszczania/podnoszenia pustej chwytni kontenerowej (najdłuższy),  $t_{od}$  – czas opuszczania/podnoszenia chwytni wraz z kontenerem (najdłuższy).

Założono prędkości jazdy poszczególnych ruchów suwnicy:

$$V_p = 20 \left[ \frac{m}{\min} \right] \text{ – prędkość podnoszenia/ opuszczania chwytni kontenerowej,}$$

$$V_o = 10 \left[ \frac{m}{\min} \right] \text{ – prędkość podnoszenia/ opuszczania chwytni wraz z kontenerem,}$$

$$V_j = 100 \left[ \frac{m}{\min} \right] \text{ – prędkość jazdy suwnicy i wózka.}$$

Do wyznaczenia czasów poszczególnych ruchów należy wyznaczyć drogi jakie zostaną pokonane. Zgodnie z powyższymi założeniami odpowiednie drogi dla kontenera 20 stopowego znajdującego się na pierwszym wagonie wynoszą:

- $d_{jk} = 3$  [m] – droga jazdy wózka suwnicy (najkrótsza)
- $d_{pk} = 1$  [m] – wysokość opuszczania/podnoszenia pustej chwytni kontenerowej (najkrótsza)
- $d_{ok} = 1$  [m] – wysokość opuszczania/podnoszenia chwytni wraz z kontenerem (najkrótsza)
- $d_{jd} = 138 - 9,87 = 128,13$  [m] – droga jazdy suwnicy (najdłuższa)
- $d_{pd} = 10$  [m] – wysokość opuszczania/podnoszenia pustej chwytni kontenerowej (najdłuższa)
- $d_{od} = 10$  [m] – czas opuszczania/podnoszenia chwytni wraz z kontenerem (najdłuższa)

Po podstawieniu tych danych do wzoru (1) otrzymujemy:

$$t_{c20} = \frac{(2 \cdot \frac{1}{10} + 2 \cdot \frac{3}{100} + 2 \cdot \frac{1}{20} + 2) + (2 \cdot \frac{10}{10} + 2 \cdot \frac{128,13}{100} + 2 \cdot \frac{10}{20} + 2)}{2} \approx 5[\min]$$

W podobny sposób postępowano przy wyznaczaniu czasu obsługi innych jednostek ładunkowych.

Kolejno dla kontenerów 30' czas cyklu wynosi:

$$t_{c30} = \frac{(2 \cdot \frac{10}{10} + 2 \cdot \frac{29,43}{100} + 2 \cdot \frac{10}{20} + 2) + (2 \cdot \frac{10}{10} + 2 \cdot \frac{54,43}{100} + 2 \cdot \frac{10}{20} + 2)}{2} \approx 5,8[\min]$$





- $d_{jd} = (138 + 25 + 143) - (3,5 \cdot 19,74) = 256,65$  [m] – droga jazdy suwnicy (najdłuższa),
- $d_{pd} = 10$  [m] – wysokość opuszczania/podnoszenia pustej chwytni kontenerowej (najdłuższa),
- $d_{od} = 10$  [m] – czas opuszczania/podnoszenia chwytni wraz z kontenerem (najdłuższa).

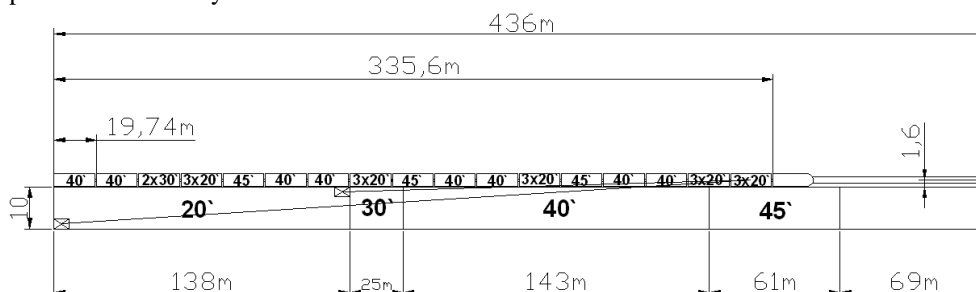
Po podstawieniu tych danych do wzoru (1) otrzymano:

$$t_{c40} = \frac{(2 \cdot \frac{10}{10} + 2 \cdot \frac{113,65}{100} + 2 \cdot \frac{10}{20} + 2) + (2 \cdot \frac{10}{10} + 2 \cdot \frac{256,65}{100} + 2 \cdot \frac{10}{20} + 2)}{2} \approx 8,7 [\text{min}]$$

Pozostałe obliczenia zostały wykonane za pomocą arkusza kalkulacyjnego. W tym przypadku czas obsługi całego składu będzie dłuższy niż w przypadku rozpatrywanym wcześniej, jednak bardziej prawdopodobne jest, że pociąg będzie składał się z wagonów różnych armatorów, co będzie powodowało segregację kontenerów według armatora, a nie wielkości.

#### 4.1.3. Kontenery wjeżdżają według armatora oraz kolejność jest odwrócona

Przypadek ten różni się od poprzedniego zamienioną kolejnością ułożenia kontenerów, które usytuowane są na wagonach od 45 stopowych do 20 stopowych tak, jak to zostało przedstawione na rysunku 3.



Rys. 3 Sposób ułożenia kontenerów na pociągu (4 armatorów), odwrócona kolejność

Poniżej przedstawione zostaną przykładowe obliczenia dla zaznaczonego na rysunku 3 kontenera 20 stopowego.

Drogi zgodnie z założeniami będą miały długości:

- $d_{jk} = (16,5 \cdot 19,74) - 138 = 187,71$  [m] – droga jazdy suwnicy (najkrótsza),
- $d_{pk} = 10$  [m] – wysokość opuszczania/podnoszenia pustej chwytni kontenerowej (najkrótsza),

- $d_{ok} = 10$  [m] – wysokość opuszczania/podnoszenia chwytni wraz z kontenerem (najkrótsza),
- $d_{jd} = (16,5 \cdot 19,74) = 325,71$  [m] – droga jazdy suwnicy (najdłuższa),
- $d_{pd} = 10$  [m] – wysokość opuszczania/podnoszenia pustej chwytni kontenerowej (najdłuższa),
- $d_{od} = 10$  [m] – czas opuszczania/podnoszenia chwytni wraz z kontenerem (najdłuższa).

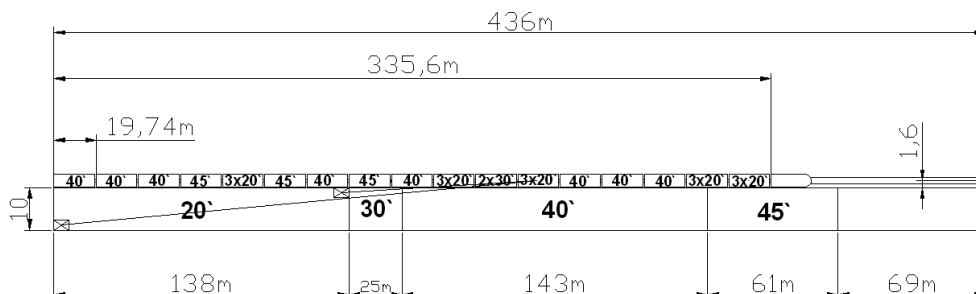
Po podstawieniu tych danych do wzoru (1) uzyskano:

$$t_{e20} = \frac{(2 \cdot \frac{10}{10} + 2 \cdot \frac{187,71}{100} + 2 \cdot \frac{10}{20} + 2) + (2 \cdot \frac{10}{10} + 2 \cdot \frac{325,71}{100} + 2 \cdot \frac{10}{20} + 2)}{2} \approx 10,1[\text{min}]$$

W podobny sposób przeprowadzono pozostałe obliczenia. Przypadek ten uwidacznia wpływ odwrócenia kolejności ułożenia kontenerów na poszczególnych wagonach na czas cyklu obsługi całego składu. Czas cyklu w tym przypadku wynosi 208,5 minuty. W przypadku ułożenia kontenerów na pociągu według armatora oraz wielkości czas ten wynosi 188,1 minuty. Wyraźnie widać, że czas cyklu zwiększył się o 20 minut, więc załadowanie odpowiednich 4 wagonów przyporządkowanych danemu armatorowi w odwrotnej kolejności przy składowaniu według wielkości może znacząco wpłynąć na czas obsługi, a co za tym idzie na czas wykorzystania urządzenia przeładunkowego. Należy pamiętać, że sytuacji w której ułożenie kontenerów będzie niekorzystne jest bardzo prawdopodobne ponieważ niema możliwości wpływać na kolejność nadawanych kontenerów.

#### 4.1.4. Kontenery wjeżdżają według losowej kolejności

W tym przypadku ułożenie kontenerów na pociągu zostało wygenerowane losowo. Ten przypadek został policzony w celu sprawdzenia wpływu całkowitej przypadkowości w ułożeniu kontenerów wjeżdżających na terminal na czas cyklu obsługi całego składu. Ułożenie zostało wygenerowane za pomocą arkusza kalkulacyjnego i zostało przedstawione na rysunku 4 wraz z przykładową drogą kontenera.



Rys. 4 Sposób ułożenia kontenerów na pociągu według przypadkowej kolejności

Poniżej przedstawione zostaną przykładowe obliczenia dla zaznaczonego na rysunku 4 kontenera 20 stopowego.

Drogi zgodnie z założeniami będą miały długości:

- $d_{jk} = (11,5 \cdot 19,74) - 138 = 89,01$  [m] – droga jazdy suwnicy (najkrótsza),
- $d_{pk} = 10$  [m] – wysokość opuszczania/podnoszenia pustej chwytni kontenerowej (najkrótsza),
- $d_{ok} = 10$  [m] – wysokość opuszczania/podnoszenia chwytni wraz z kontenerem (najkrótsza),
- $d_{jd} = (11,5 \cdot 19,74) = 227,01$  [m] – droga jazdy suwnicy (najdłuższa),
- $d_{pd} = 10$  [m] – wysokość opuszczania/podnoszenia pustej chwytni kontenerowej (najdłuższa),
- $d_{od} = 10$  [m] – czas opuszczania/podnoszenia chwytni wraz z kontenerem (najdłuższa).

Po podstawieniu tych danych do wzoru (6.1) otrzymam:

$$t_{c20} = \frac{(2 \cdot \frac{10}{10} + 2 \cdot \frac{89,01}{100} + 2 \cdot \frac{10}{20} + 2) + (2 \cdot \frac{10}{10} + 2 \cdot \frac{227,01}{100} + 2 \cdot \frac{10}{20} + 2)}{2} \approx 8,2[\text{min}]$$

Pozostałe obliczenia zostały wykonane za pomocą arkusza kalkulacyjnego. Przypadek ten pokazuje wpływ losowego ułożenia kontenerów na składzie na długość czasu obsługi całego pociągu. Łącznie obsłużenie składu zabierze 214,5 minuty.

## 5. PODSUMOWANIE

W tabeli 4 przedstawione zostały czasy cykli obsługi składów dla poszczególnych rodzajów formowania składu przy składowaniu według wielkości. Czas cyklu, który można uznać za idealny, w którym podstawowym argumentem przy ułożeniu kontenerów na pociągu i w składowaniu jest ich wielkość, wynosi niecałe 140 minut. Wprowadzenie kolejnego kryterium składowania – ułożenia ze względu na armatorów powoduje znaczący przyrost czasu obsługi do 188 minut, co stanowi 35% przyrost czasu. Odwrócenie

kolejności ułożenia kontenerów na wagonach kolejnych armatorów powoduje wzrost czasu obsługi do 208,5 minut. Jest to wynik zbliżony do czasu dla losowego ułożenia kontenerów (214,5 minut) i stanowi wzrost w stosunku do najkorzystniejszego ułożenia kontenerów na wagonach o blisko 50%. Widać zatem, że składowanie według wielkości kontenerów przy zmianie ułożenia na pociągu w niewielkim stopniu dość znacząco zwiększa czas cyklu.

*Tab. 4 Czas cyklu obsługi pociągu przy składowaniu według wielkości*

Sposób ułożenia kontenerów na pociągu	Czas obsługi pociągu [min]
według wielkości	139,2
według armatora i wielkości	188,1
według armatora i odwrócona wielkość	208,5
według losowej kolejności	214,5

Należy poddać weryfikacji rzeczywiste wprowadzanie kontenerów na terminal w połączeniu z tzw. listą wagonową, która awizuje dostarczenie kontenerów. Jest to przedmiotem aktualnych badań autora pracy. Rozwiązanie tego problemu może pomóc w przygotowaniu odpowiedniego algorytmu, który pozwoli na wyznaczenie miejsca składowego dla kontenera już w chwili awizacji, co znacząco przyspieszy organizację pracy na terminalu.

## 6. LITERATURA

- [1] Jakubowski L.: „Technologia prac ładunkowych” Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003.
- [2] Kwaśniewski S., Nowakowski T., Zajac M., „Transport intermodalny w sieciach logistycznych”. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2008.
- [3] Biała Księga Transportu