INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH

Nr 3/2/2006, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 147–159
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Andrzej Woźniak, Aldona Wota

ELEMENTY TEORII MASOWEJ OBSŁUGI W ORGANIZACJI STACJI PRZEAŁDUNKOWYCH ODPADÓW KOMUNALNYCH

Streszczenie

W artykule przedstawiono najistotniejsze zagadnienia dotyczące teorii masowej obsługi (teorii kolejek) przydatne w organizowaniu stacji przeładunkowych odpadów komunalnych. W nowoczesnej gospodarce odpadami stacje przeładunkowe (miejsce tymczasowego składowania odpadów) stanowią ważne zagadnienie, mając wpływ na sposób wywozu odpadów na dalsze odległości i przy mniejszych kosztach. Wszystkie elementy składowe stacji przeładunkowej są z sobą wzajemnie powiązane przez proces technologiczny.

Celem pracy jest wskazanie na możliwość wykorzystania teorii kolejek jako narzędzia usprawniającego pracę na terenie stacji przeładunkowej. Dla zilustrowania zagadnienia przeanalizowano przykład występujących kolejek na terenie stacji przeładunkowej. Do obliczeń przyjęto hipotetyczne dane wejściowe. W artykule przedstawiono także najistotniejsze pojęcia związane ze stacjami przeładunkowymi oraz zarys teorii kolejek w wymiarze użytecznym w organizowaniu pracy stacji przeładunkowych odpadów komunalnych.

Do założeń projektowych przyjęto następujące dane wyjściowe złożone głównie z ilości odpadów w kolejnych latach eksploatacji stacji przeładunkowej (15–20 lat), średnich generowanych odpadów (kg/osoba/dzień), powierzchni terenu obsługiwanego przez stację (ilość mieszkańców), średniej stopy generowania odpadów (tona/dzień), a następnie dane związane z bieżącą pracą stacji jak: średniej stopy generowania odpadów (7 dni/tydzień), średniej stopy odprowadzania odpadów (6 dni/tydzień), ilości dni ze szczytowym obciążeniem, projektowaną przepustowość dni szczytowych (tony/dzień), zatrudnienie w godzinach szczytowych oraz projektowaną przepustowość w godzinach szczytowych (tony/godz.).

Powyższe parametry dotyczą odpadów komunalnych, ich ilości oraz nierównomierności dostaw w ciągu dni tygodnia i godzin szczytowych. Z tymi problemami wiąże się dobór sprzętu realizującego zadania stacji (np. sprzęt transportowy, sprzęt technologiczny, potrzebne powierzchnie technologiczne itp.).

Przy zastosowaniu teorii kolejek można zrównoważyć pracę tych składowych w jeden ciąg technologiczny. Prześledzono początkowy etap tego ciągu, czyli pierwsze miejsce tworzenia się kolejek (kolejka przed wagą samochodową). Dla pełnej analizy zagadnienia rozważono trzy warianty modeli kolejek (z jednym lub wieloma kanałami obsługi oraz z jednym lub wieloma strumieniami wejść).

Po przeanalizowaniu wariantów najlepszym rozwiązaniem ze względu na długość kolejki oraz czas oczekiwania w kolejce okazał się wariant z wielokanałowym systemem obsługi (jednym strumieniem zgłoszeń oraz dwoma kanałami obsługi).

Przedstawione w pracy modele kolejek (jednokanałowy i wielokanałowy) mogą zostać wykorzystane (przy zastosowaniu zaproponowanych w pracy wzorów) w organizowaniu stacji przeładunkowej.

Słowa kluczowe: teoria masowej obsługi, teoria kolejek, logistyka gospodarki odpadami, stacja przeładunkowa odpadów komunalnych

WPROWADZENIE I CEL

Zmniejszająca się powierzchnia terenów nadających się do wykorzystania jako lokalizacje składowisk odpadów komunalnych oraz sprzeciw społeczności lokalnych przeciwko sytuowaniu tych obiektów w ich bezpośrednim otoczeniu tzw. syndrom NIMBY – *Not In My Back Yard* (nie na moim podwórku) powodują, że składowiska odpadów są coraz częściej lokalizowane w odległych, niezamieszkanych miejscach. Dodatkowe regulacje wprowadził plan krajowy gospodarki odpadami (KPGO 2003), zakładając, że docelowo do roku 2014 zostanie zamkniętych wiele składowisk, ograniczając ich liczbę w każdym województwie do kilkunastu (od 5 do maksymalnie 15 obiektów).

W takim kontekście, zagadnienia związane z projektowaniem stacji przeładunkowych odpadów komunalnych zaczynają zyskiwać istotne znaczenie w gospodarce odpadami, ponieważ mają one wpływ na sposób wywozu odpadów na dalsze odległości i przy mniejszych kosztach. Stacja przeładunkowa jest to stacja pośrednia, znajdująca się pomiędzy jednostką osiedleńczą a zakładem unieszkodliwiania odpadów, na której odpady są rozładowywane ze śmieciarek (samochodów o mniejszej ładowności), poddawane recyklingowi, rozdrabnianiu (w przypadku odpadów wielkogabarytowych), prasowaniu i ładowaniu do kontenerów czy też transportowców, a następnie są transportowane środkiem dużej ładowności do zakładu unieszkodliwiania.

W nowoczesnym, zintegrowanym systemie zarządzania gospodarką odpadami, budowa stacji przeładunkowych w najbliższej przyszłości będzie konieczna. Dlatego należy obecnie zająć się metodami ich projektowania.

Celem pracy jest wskazanie na możliwość wykorzystania teorii kolejek jako narzędzia usprawniającego pracę na terenie stacji przeładunkowej. Dla zilustrowania zagadnienia przeanalizowano przykład występujących kolejek na terenie stacji przeładunkowej. Do obliczeń przyjęto hipotetyczne dane wejściowe.

W artykule przedstawiono także najistotniejsze pojęcia związane ze stacjami przeładunkowymi oraz zarys teorii kolejek w wymiarze użytecznym w organizowaniu pracy stacji przeładunkowych odpadów komunalnych.

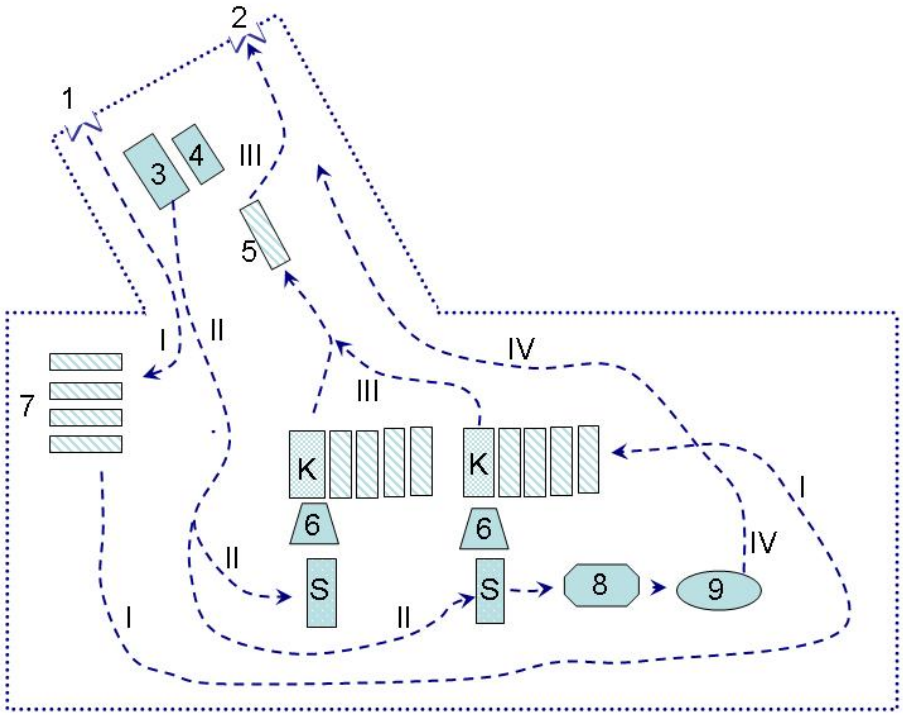
OGÓLNE ZASADY PROJEKTOWANIA STACJI PRZEŁADUNKOWEJ

Do sformułowania danych wejściowych do modeli kolejek potrzebne są informacje na temat planu zagospodarowania terenu stacji przeładunkowej. Na terenie stacji przeładunkowej odpadów komunalnych można wydzielić następujące obiekty (rys. 1):

– waga pomostowa,
– miejsce oczekiwania kontenerów,
– lej zsypowy,
– urządzenie przesuwające kontenery,
– miejsce składowania kontenerów otwartych,
– drogi dojazdowe kontenerów i śmieciarek.

W zależności od rodzaju i nowoczesności stacji przeładunkowej, stacja może być wyposażona w dodatkowe inne urządzenia np.: prasy hydrauliczne, linie technologiczne do segregacji odpadów komunalnych itp.

Wszystkie elementy składowe stacji przeładunkowej są z sobą wzajemnie powiązane przez proces technologiczny. Teoria kolejek zajmuje się zrównoważeniem pracy tych składowych w jeden ciąg technologiczny. W literaturze przedmiotu o możliwości zastosowania teorii kolejek w problematyce stacji przeładunkowych wspominają między innymi S. Biedugnis, P. Podwójci i M. Smolarkiewicz w pracy z 2003 roku, na temat zarządzania gospodarką odpadami komunalnymi.



Rysunek 1. Schemat koncepcji zagospodarowania stacji przeładunkowej – opracowanie własne

1 – Brama wjazdowa
2 – Brama wyjazdowa
3 – Waga pomostowa
4 – Pomieszczanie wagowe
5 – Miejsce oczekiwania kontenerów
6 – Leje zsypowe
7 – Miejsce składowania pustych kontenerów
8 – Myjnia samochodów
9 – Stacja paliw
I – Dojazd pustych kontenerów
II – Dojazd pełnych śmieciarek
III – Odjazd pełnych kontenerów
IV – Odjazd pustych śmieciarek
S – Śmieciarka
K – Kontenerowiec

Do założeń projektowych potrzebne są między innymi następujące dane:

– ilość odpadów w kolejnych latach eksploatacji stacji przeładunkowej (15–20 lat),

– średnie generowanie odpadów (kg/osoba/dzień),

– powierzchnia terenu obsługiwana przez stację (liczba mieszkańców),

– średnia stopa generowania odpadów (tona/dzień).

Następnym obszarem zainteresowań są dane związane z bieżącą pracą stacji:

– średnia stopa generowania odpadów (7 dni/tydzień),

– średnia stopa odprowadzania odpadów (6 dni/tydzień),

– dni ze szczytowym obciążeniem,

– projektowana przepustowość dni szczytowych (tony/dzień),

– zatrudnienie w godzinach szczytowych,

– projektowana przepustowość w godzinach szczytowych (tony/godz.).

Powyższe parametry dotyczą odpadów komunalnych, ich ilości oraz nierównomierności dostaw w ciągu dni tygodnia i godzin szczytowych. Z tymi problemami wiąże się dobór sprzętu realizującego zadania stacji (np. sprzęt transportowy, sprzęt technologiczny, potrzebne powierzchnie technologiczne itp.).

PODSTAWY TEORETYCZNE

Teoria masowej obsługi (teoria kolejek) stanowi samodzielną dziedzinę wiedzy opartą się na statystyce matematycznej i rachunku prawdopodobieństwa. Zajmuje się analizowaniem systemów, w których powstają kolejki. Kolejki są częścią składową naszego życia, pogarszają one jakość i obniżają efektywność wszelkich działań. Podstawowymi elementami teorii kolejek są:

– źródło potrzeb – może być nieograniczone lub ograniczone, z tego źródła powstaje strumień zgłoszeń na jakąś usługę,

– kanały obsługi – „urządzenia" jedno lub więcej różnej wydajności, które zaspokajają napływające potrzeby,

– kolejka – zgłaszane potrzeby nie mogą zostać natychmiast zrealizowane – powstaje kolejka. W kolejce panują rożne reżimy np.:

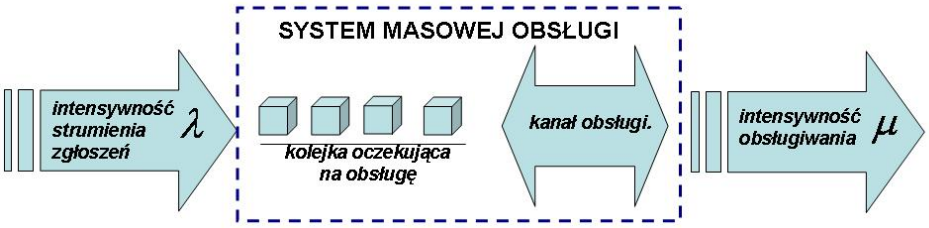
– pierwszy przyszedł – pierwszy został obsłużony (FCFS – *first come, first served*),

– ostatni przyszedł, pierwszy został obsłużony (LCFS – *last come, first served*),

– losowy wybór obsługi (RSS – *random selection for service*),

– kolejka z priorytetami (PR – *priority*).

Wymienione elementy tworzą system masowej obsługi, którego ideę przedstawia rysunek 2.



Rysunek 2. Schemat ideowy systemu masowej obsługi

Rozwiązaniem teorii kolejek są następujące parametry opisujące zachowanie się systemu:

– długość kolejki,

– czas oczekiwania w kolejce.

Po opisaniu kolejek za pomocą równań różniczkowych otrzymuje się dokładne wyniki zachowania się systemu.

Wszystkie możliwe rozkłady prawdopodobieństwa dotyczące strumienia wejściowego i intensywności obsługi można opisać, przyjmując następujące oznaczenia:

D – strumień zdeterminowany lub regularny,

M – wykładniczy rozkład czasów obsługi lub odstępów miedzy zgłoszeniami, albo possoinowski rozkład przybyć

E_k – rozkład Erlanga *k*-tego rzędu (podprzypadkowy), który może wystąpić zarówno po stronie urządzeń obsługujących, jak i po stronie zgłoszeń

GI – strumień ogólnego typu, dowolny i niezależny

G – strumień o dowolnym rozkładzie czasów obsługi.

Zgodnie z tą symboliką np.: *M*(*M*)1 oznacza system obsługi masowej zawierający jeden kanał obsługi, dla którego strumień wejściowy zdarzeń (zgłoszeń) jest opisany rozkładem Poissona, a czas obsługi rozkładem wykładniczym. Symbol $M(E_k)3$ oznacza system z wykładniczym rozkładem czasów pomiędzy zgłoszeniami i erlangowskim rozkładem czasów obsługi zawierający 3 równoległe kanały obsługi. Kod *GI*(*G*)s opisuje natomiast system obsługi z *s* kanałami, dowolnym i niezależnym rozkładem strumienia zgłoszeń i czasów obsługi (odcinki czasu między momentami występowania zgłoszeń są niezależne i posiadają ten sam dowolny rozkład). Natomiast kod $D(E_k)1$ oznacza jednokanałowy system, posiadający regularny strumień wejściowy i rozkład Erlanga czasów obsługi.

Większość przypadków różnych modeli kolejek jest w literaturze rozwiązywana wg następującego schematu: (intensywność zgłoszeń/ intensywność obsługi/liczba kanałów obsługi/limit jednostek w systemie/liczba źródeł/dyscyplina kolejki/) – (M/M/s/∞/∞ /FCFS/).

W przypadku stacji przeładunkowych lub składowisk odpadów komunalnych powstają kolejki na różnym etapie eksploatacji tych obiektów. W notacji Kendalla, kolejki te można opisać:

– *M/M*/s//∞/∞ /*FCFS*.

Mając podane parametry wejściowe i parametry obsługi oraz reżim kolejki, można skorzystać ze wzorów podanych w literaturze dotyczącej teorii kolejek lub badań operacyjnych np.: [Kozubski 1999]. W przypadku stacji przeładunkowych przydatne są modele kolejek typu *M/M/s*

gdzie:

– s – ilość kanałów obsługi dla $s = 1\ldots2, 3, 4 \ldots\infty$

1. $(M/M/1)$ **– kolejka z jednokanałowym systemem obsługi**

Jeżeli strumień zgłoszeń ma rozkład Poissona, a intensywność obsługi opisuje rozkład wykładniczy – oraz w kolejce zachowana jest dyscyplina *FCFS* (pierwszy przyszedł pierwszy został obsłużony) to cechy takiego systemu można opisać przez:

ρ – stopień wykorzystania systemu, wyraża stosunek ilości zgłoszeń do intensywności obsługiwania

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \tag{1}$$

gdzie:

λ – intensywność strumienia zgłoszeń,

μ – intensywność obsługi,

Przy warunku:

$\lambda / \mu < 1$

Jeżeli warunek nie jest spełniony, kolejka rośnie do nieskończoności (w praktyce często przyjmuje się $\rho = 1$, takie założenie w rzeczywistości prowadzi do zamętu).

Liczba jednostek w systemie podaje łącznie jednostki w kolejce i w obsłudze.

– *P(0)* – prawdopodobieństwo, że w systemie nie ma zgłoszeń (system jest pusty) wynosi:

$$P(0) = 1 - \rho \tag{2}$$

– *P(n)* – prawdopodobieństwo tego, że *n* jednostek znajduje się w systemie wynosi:

$$P(n) = \rho^n P(0) \tag{3}$$

gdzie:

– *L* – średnia liczba jednostek w całym systemie:

$$L = \frac{\rho^2}{1-\rho} \tag{4}$$

– L_q – średnia liczba jednostek w kolejce (oczekujących na obsługę):

$$L_q = \frac{\rho}{1-\rho} \tag{5}$$

– W_q – średni czas oczekiwania w kolejce:

$$Wq = \frac{\lambda}{\mu\,(\mu - \lambda)} \tag{6}$$

2. $(M/M/2)$ **– kolejka z wieloma kanałami obsługi**

Parking samochodowy można rozpatrywać jako system masowej obsługi z równoległymi kanałami, w których *K* – miejsc (stanowisk parkingowych) traktuje się jako kanały obsługi. Śmieciarki różnych typów i wszelkie pojazdy wymagają miejsc postoju, traktując je jako strumień zgłoszeń na obsługę. Stanowiska do rozładunku mogą być natomiast przykładem kolejki z wielokanałowym systemem obsługi, w którym *K* stanowisk do rozładunku reprezentują kanały obsługi.

Dla tych przypadków w poniższych wzorach założono, że intensywność obsługi μ_k dla każdego stanowiska jest identyczna, przyjazdy są traktowane jako losowy strumień zgłoszeń λ oraz $\rho = \lambda / \mu_k$. Stosunek ρ do *K* przedstawia przestój miejsc (parkingowych, stanowisk do rozładunku). W przypadku kolejki z wieloma kanałami obsługi wartość ρ może być większa od 1, lecz wzory podane poniżej są ważne dla $\rho / K < 1$.

– *P(0)* – prawdopodobieństwo, że nie ma zgłoszeń w systemie

$$P(0) = \frac{1}{\sum_{n=0}^{K-1}\left(\rho^n / n!\right) + \left[\rho^K / K!\left(1 - \frac{\rho}{K}\right)\right]} \tag{7}$$

gdzie:

$K!, n!$ – oznaczają :

$K! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot ..... \cdot K$

$n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot ..... \cdot n$

– *P(n)* – prawdopodobieństwo, że w systemie jest *n* jednostek (zgłoszeń):

$$P(n) = \begin{cases} \dfrac{\rho^n}{n!} P(0) & dla\ \ n \le K \\ \dfrac{\rho^n}{K^{n-K} K!} P(0) & dla\ n \ge K \end{cases} \tag{8}$$

– *Lq* – średnia długość kolejki:

$$Lq = \frac{P(0) q^{K+1}}{K! K} \left[\frac{1}{(1 - \rho / K)^2} \right] \tag{9}$$

– *Wq* – średni czas oczekiwania w kolejce:

$$Wq = \frac{q}{\lambda} \frac{Lq}{} - \frac{1}{\mu} \tag{10}$$

WYKORZYSTANIE TEORII KOLEJEK W PROJEKTOWANIU STACJI PRZEŁADUNKOWYCH

Do ilustracji metody przyjęto opisanie kolejki tworzącej się przed wagą samochodową. W celu pełnej analizy rozważono 3 warianty oraz założono, że:

λ – strumień wejściowy – 8 samochodów/ godz.,

1/ λ – średni czas między przybyciami samochodów – 7,5 min.,

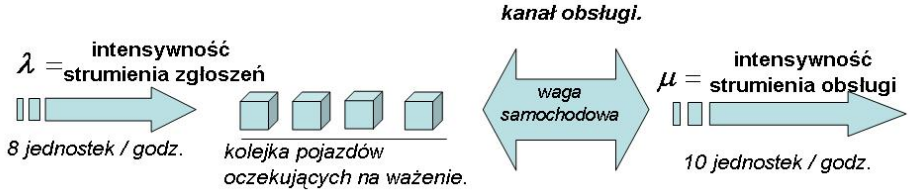
μ – intensywność obsługi – 10 samochodów/godz.,

1/ μ – średni czas obsługi – 6 min.

Wariant I

W wariancie I rozważano sytuację z jednym kanałem obsługi (jedna waga samochodowa) (rys. 3). Korzystając ze wzoru (1) wyznaczono stopień wykorzystania obsługi wagi samochodowej, otrzymano ρ = 0,8. Wynika stąd, że waga samochodowa średnio jest wykorzystywana w ciągu 0,8 godziny (48 minut). Prawdopodobieństwo, że w systemie nie ma zgłoszeń, *P*(0) wynosi 0,2 godziny (12 minut) (2).

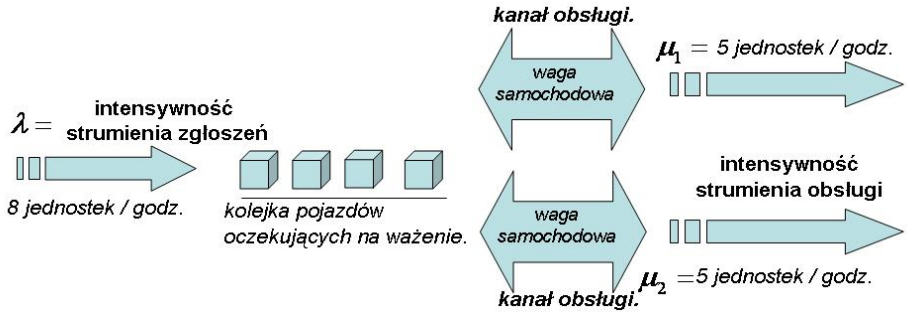
Średnią liczbę samochodów znajdująca się przed wagą samochodową uzyskano ze wzoru (5). Liczba ta wynosi Lq= 3,2 jednostek (samochodów). Obliczono także średni czas oczekiwania w kolejce wzór (6). Wq= 0,4 godziny (24 minuty).



Rysunek 3. Jednokanałowy system obsługi

Wariant II

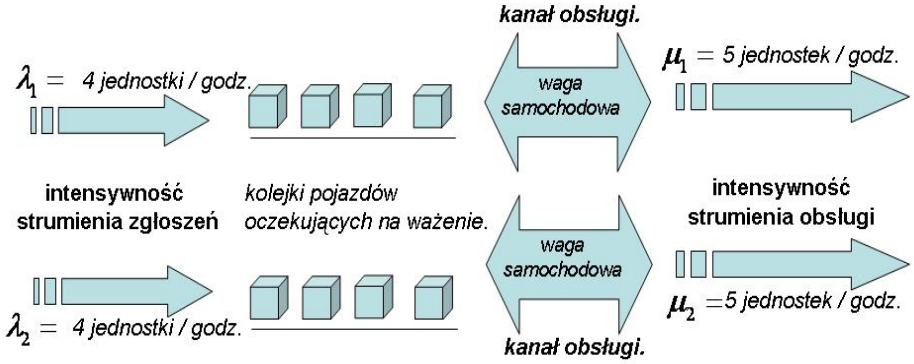
W wariancie drugim dla powyższych założeń przedstawiono sytuację z dwoma kanałami obsługi (dwa stanowiska z wagami samochodowymi) oraz jednym strumieniem zgłoszeń (rys. 4). Stopień wykorzystania obsługi wagi samochodowej obliczono korzystając ze wzoru $\rho = \lambda/2(\mu)$. Otrzymano wielkość taką jak w wariancie I, ρ = 0,8. Prawdopodobieństwo, że w systemie nie ma zgłoszeń obliczono ze wzoru (7), wynosi ono 0,11 godziny (około 6,6 minuty), natomiast średnia liczba samochodów znajdująca się przed wagami samochodowymi wynosi 2,8 samochodów wzór (9). Średni czas oczekiwania w kolejce w tym wariancie wyniósł 0,2 godziny – 12 minut.



Rysunek 4. Wielokanałowy system obsługi z jednym strumieniem zgłoszeń

Wariant III

W wariancie III rozważono sytuację z dwoma równoległymi strumieniami zgłoszeń oraz dwoma kanałami obsługi (rys. 5). Otrzymano wielkości takie, jak dla wariantu I.



Rysunek 5. Wielokanałowy system obsługi
z dwoma równoległymi strumieniami zgłoszeń

OCENA PRZYJĘTYCH WARIANTÓW

Z teorią kolejek związane są dwa rodzaje kolejek. Pierwszy stanowią kolejki oczekujące na usługę (samochody), drugi rodzaj to kanały obsługi oczekujący na klientów (waga samochodowa niepracująca). Celem teorii kolejek jest ustalenie takiego systemu, aby łączny koszt strat związanych z kolejkami był minimalny. W analizowanym przykładzie założono, że koszty związane z eksploatacją urządzeń są podobne, pod uwagę wzięto tylko długość kolejki.

Po przeanalizowaniu dla założonych danych wejściowych trzech wariantów opisujących zachowanie się kolejki przed wagą samochodową, otrzymano: dla wariantu I średnią liczbę samochodów znajdująca się przed wagą samochodową wynoszącą 3,2 dla wariantu II – 2,8 oraz dla wariantu III – 3,2 (tab. 1). Wynika stąd, że najlepszym rozwiązaniem jest się wariant II (wielokanałowy – z jednym strumieniem zgłoszeń oraz dwoma kanałami obsługi). Porównując czasy oczekiwania samochodów w kolejce, również wariant II okazał się najkorzystniejszy. Czas oczekiwania w kolejce wyniósł 12 minut i był dwa razy krótszy niż czas oczekiwania w kolejce w wariancie I i III.

Tabela 1. Zestawienie wariantów dla kolejki tworzącej się przed wagą samochodową

Wariant	ρ stopień wykorzystania wagi samochodowej (część godz.)	$P(0)$ Prawdopodobieństwo, że w systemie nie ma zgłoszeń (część godz.)	Lq średnia liczba samochodów znajdująca się w kolejce (liczba samochodów)	Wq średni czas oczekiwania w kolejce (minuty)
Wariant I	0,8	0,2	3,2	24
Wariant II	**0,8**	**0,11**	**2,8**	**12**
Wariant III	0,8	0,2	2,8	24

PODSUMOWANIE

Na pierwszym etapie ciągu technologicznego, gdzie może tworzyć się kolejka na terenie stacji przeładunkowej, przedstawiono pełną jej analizę. Strumień wejściowy opisywany rozkładem Poissona, intensywność kanału obsługi opisywany rozkładem wykładniczym charakteryzuje 80% przypadków występowania kolejek. Kolejki na terenie całego zakładu stacji przeładunkowych odpadów komunalnych można opisać przy pomocy podanych rozkładów prawdopodobieństwa zamieszczonych w pracy.

Strumień wejściowy każdego systemu masowej obsługi może być równocześnie strumieniem wejściowym na inne stanowisko. W procesie technologicznym, na stacji przeładunkowej, aby ten proces był płynny powinno się rozważyć wszystkie jego elementy, wykorzystując teorię kolejek.

Zaproponowany w pracy przykład dodatkowo można rozwijać, np. analizując jak w zależności od zmian λ, μ oraz ρ zmienia długość kolejek i czas oczekiwania w kolejkach.

BIBLIOGRAFIA

Krajowy Plan Gospodarki Odpadami. M.P. 2003 r. nr 11, poz. 159.

Kozubski J. *Wprowadzenie do badań operacyjnych*. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 1999.

Biedugnis S., Podwójci P., Smolarkiewicz M. *Zarządzanie gospodarką odpadami komunalnymi w skali mikro i makroregionalnej*. Oficyna Wydawnicza Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN, Warszawa, 2003.

Żygadło M. (red). *Stacje przeładunkowe* [w]: *Strategia gospodarki odpadami komunalnymi* (praca zbiorowa). Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych. Oddział Wielkopolski, Poznań 2001.

Dr hab. Andrzej Woźniak, mgr inż. Aldona Wota
Katedra Technicznej Infrastruktury Wsi
ul. Balicka 116B 30-149 Kraków

Recenzent: *prof. dr hab. Zdzisław Wójcicki*

Andrzej Woźniak, Aldona Wota

ELEMENTS OF MASS SERVICE THEORY IN ORGANIZATION OF MUNICIPAL WASTE TRANSFER STATIONS

Summary

The article addresses the most important issues of the mass service theory (queuing theory) useful for organization of municipal waste transfer stations. In modern waste management transfer stations (temporary waste deposition sites) are a most important issue, since they influence the way of waste transport to further distances and at lower costs. All elements composing the transfer station are interrelated by a technological process.

The work aims highlight a potential utilization of queuing theory as a tool make more efficient the work at a transfer station. Examples of queues which happen at transfer stations were analyzed to illustrate the problem. Hypothetical data were used for computations. The article presents also the most important terms connected with transfer stations and an outline of queuing theory in its queuing theory in its aspect serviceable in the organization of work at municipal waste transfer stations.

The input data assumed for the project, comprised mainly the waste quantity produced in the subsequent years of the transfer station operation (15-20 years), mean generated wastes (kg per person per day), the area serviced by the station (the number of inhabitants), mean rate of waste generation (tone per day) and also data pertaining to the current operation of the station, such as: mean rate of waste generation (7 days a week), mean rate of sewage disposal (6 days per week), number of days with peak load, projected throughput (tones per day), employment at peak hours and planned throughput at peak hours (tones per hour).

The parameter stated above concern municipal wastes, their amount and irregularity of supplies during the week and peak hours. These problems involve proper selection of the equipment to realize the station tasks (e.g. transport equipment, technological equipment, necessary technological areas, etc.)

Application of the queuing theory allows to balance work of these components in a single technological sequence. The initial stage of this sequence was studied, i.e. the first place where queues are formed (a queue by the car scale). Three variants of queues model were discussed for the full analysis, i.e. with one or many service channels or with one or many entry streams.

An analysis of all variants showed that the option with multi channel service system (one entry stream and two service channels) was the best solution due to queue length and queuing time.

The queuing models (one channel and multi channel) presented in the work (using the formulas suggested in the paper) may be utilized for organization of transfer station operations.

Key words: mass service theory, queuing theory, logistics of waste management, waste transfer station