

MODELOWANIE STRUMIENIA RUCHU ŚRODKÓW TRANSPORTU ŚRÓDLĄDOWEGO W DELCIE WISŁY – ANALIZA DOSTĘPNYCH POŁĄCZEŃ TRANSPORTOWYCH

Streszczenie

W artykule przedstawiono problematykę modelowania ruchu żeglugi śródlądowej w Delcie Wisły. Podano definicję modelowania strumienia ruchu oraz wskazano na konieczność badań modelowych i dokładnych badań obserwacyjnych. Scharakteryzowano model ruchu żeglugi śródlądowej. Przedstawiono przykładowe wyniki modelowania strumienia ruchu w Delcie Wisły.

WSTĘP

Prowadzona przez Unię Europejską wspólna polityka transportowa dąży do podporządkowania transportu zasadom zrównoważonego rozwoju. Służyć to ma zapewnieniu rzeczywistej konkurencji pomiędzy różnymi gałęziami transportu na rzecz transportu przyjaznego środowisku oraz integracji towarowych korytarzy transportowych, wykorzystujących dwa lub więcej rodzaje transportu.

W świetle powyższych zasad, transport wodny śródlądowy, który jest przyjazny środowisku, bezpieczny i tani, zajmuje ważne miejsce w polityce zrównoważonego rozwoju [7].

Obecnie kierunki i tendencje rozwoju, a także polityka Unii Europejskiej dotyczące żeglugi śródlądowej mają na celu przystosowanie śródlądowych dróg wodnych do współczesnych potrzeb żeglugi, spedycji i turystyki oraz wykorzystanie infrastruktury śródlądowej do celów transportu intermodalnego jako element węzłów przeładunkowych i spedycyjnych.

Układ i długość śródlądowych dróg wodnych w Polsce od lat utrzymuje się na zbliżonym poziomie. Specyfika infrastruktury dróg wodnych wpływa na czynniki kształtujące popyt na przewozy żegluga śródlądową. Warunki nawigacyjne przekładają się bezpośrednio na podstawowe parametry konstrukcyjne taboru wykorzystywanego do przewozów w żegludze śródlądowej, w tym na stosunkowo małą ładowność barek, jak również na wielkość przewozów [8].

Modelowanie strumienia ruchu jest to matematyczny zapis (struktury popytowej transportu) oparty na badaniu zachowań komunikacyjnych w wyodrębnionej jednostce terytorialnej, który poprzez model interakcji transportowych przeznaczony jest do prognozowania ruchu, badania zmiany potoków ruchu w procesie planowania układów transportowych, optymalizacji sieci transportowych, rozwiązywania zadań transportowych i wspomagania podejmowania decyzji w innych problemach transportowych związanych z układami transportowymi [6].

Strumień ruchu statków opisywany jest szeregiem różnych parametrów, spośród których wyróżniane są parametry podstawowe i dodatkowe [1]. Podstawowymi parametrami są:

- intensywność (natężenie),
- gęstość,
- prędkość.

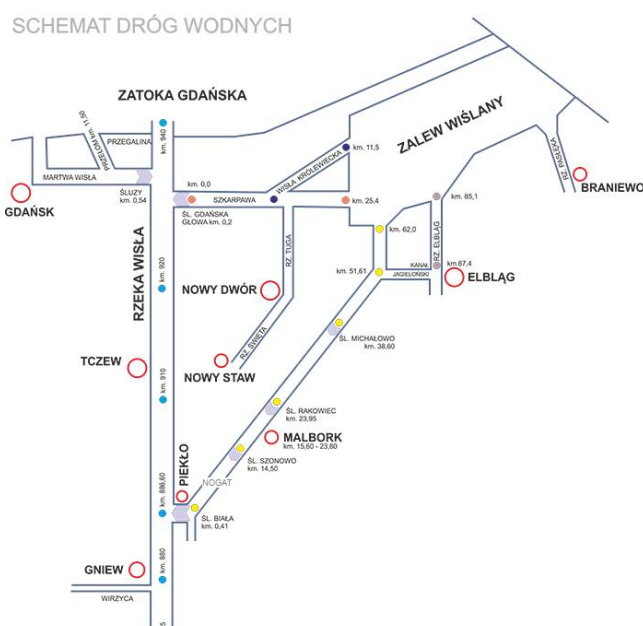
Ponadto, strumień ruchu można opisywać za pomocą następujących wielkości [1]:

- odstęp między kolejkami,
- czas pomiędzy zgłoszeniami kolejnych statków,
- liczba statków, trawersujących ustalony punkt drogi w zadanych przedziałach czasu,

- struktura kierunkowa i rodzajowa ruchu.

1. TRASY ŻEGLUGOWE W DELCIE WISŁY

Jednym z podstawowych pojęć w naukach społecznych, a w szczególności w geografii społeczno-ekonomicznej, gospodarce przestrzennej i ekonomii jest dostępność. Po pierwsze, jest to występowanie w przestrzeni społeczno-gospodarczej przynajmniej dwóch elementów będących odpowiednio miejscem źródłowym i docelowym dostępności, które są względem siebie osiągalne (jednostronnie lub bilateralnie). Drugą cechą charakterystyczną odnosi się do środka komunikacji, pełniącego rolę nośnika powiązań łączących wspomniane wcześniej punkty przestrzeni, przełamującego jej opór w postaci czynników społeczno-ekonomicznych, polityczno-administracyjnych czy przyrodniczych. Tak postrzegana dostępność implikuje występowanie dwóch komplementarnych względem siebie pojęć dostępności – w ujęciu transportowym i w ujęciu przestrzennym [12].



Rys. 1. Schemat Dróg Wodnych Delt Wisły [źródło: Urząd Żeglugi Śródlądowej w Gdańsku]

Dostępność może być ujmowana jako ilość i jakość infrastruktury transportowej i elementów sieci transportu publicznego, w

odniesieniu do jednostek powierzchni lub zaludnienia na analizowanym obszarze. Rozpatruje się ją również w ujęciu czasowym (kumulatywnym), w którym wartości wyrażone są m.in. w minutach, lub też ekonomicznym, które określa odległość do określonych ośrodków w sieci transportowej czy osadniczej. Powszechnie stosowane jest również podejście potencjalowe, obrazujące za pomocą syntetycznego wskaźnika sumę relacji między wszystkimi elementami (ośrodkami, regionami) badanego zbioru, z uwzględnieniem m.in. czasu przejazdu oraz znaczenia (atrakcyjności) danej jednostki w systemie (potencjał demograficzny, ekonomiczny lub inny) [12].

Wykorzystanie śródlądowych dróg wodnych przez Port Gdański daje możliwości rozwoju polskiej gospodarki wytwarzając mniejsze koszty transportu w porównaniu do transportu lądowego dzięki niskim cenom przewozowym, które wynikają z dużej degeneracji kosztów jednostkowych, przy przewozach dużych mas ładunków na duże odległości, nie ingerując przy tym w sposób znaczący w środowisko przyrodnicze. W Polsce powstał Fundusz Żeglugi Śródlądowej, który wspiera armatorów mających chęci przyczynić się do restrukturyzacji transportu wodnego oraz modernizacji floty żeglugi śródlądowej [7].

Obecnie porty morskie w Polsce nie korzystają z możliwości transportu śródlądowego.

Do określenia potencjalnej dostępności transportowej Deltę Wisły śluz: analiza dostępnej infrastruktury w postaci portów (Tczew, Malbork, Elbląg, Gdańsk), tabor pływający, który może prowadzić regularną żeglugę w badanym obszarze, lokalizacja dużych przedsiębiorstw, których polityka transportowa wskazuje na zainteresowanie wykorzystaniem żeglugi transportowej w procesach logistycznych. Duże znaczenie ma również analiza stanu istniejącej drogi wodnej.

Wisła od 684 km do Torunia tj. 718 km, pomimo zakwalifikowania do klasy Ib o znaczeniu regionalnym, nie spełnia wymagań tej klasy w zakresie głębokości tranzytowej. Głębokości tranzytowe w odniesieniu do wody średniej wynoszą odcinkami 1,2 m. W czasie niżówek głębokości spadają poniżej 1,0 m, osiągając nierzadko nie więcej niż $0,6 \div 0,7$ m. Gwarancja wymaganej dla tej klasy głębokości tranzytowej wynosi zaledwie 5% całego okresu nawigacyjnego (tzn. kilkanaście dni w roku). Wisła od Torunia km 718 do Portu Tczew w km 910 pozostaje normatywnie w klasie II drogi wodnej o znaczeniu regionalnym. Spełnia wymagania w zakresie szerokości szlaku żeglownego (30 m), minimalnego promienia osi łuków szlaku żeglownego (300 m) oraz minimalnego prześwitu pod mostami ponad (3,0 m). Jednakże, pomimo to ma ograniczoną głębokość tranzytową do 1,4 m. Gwarancja wymaganej dla tej klasy głębokości tranzytowej (1,8 m) wynosi praktycznie do 10% całego okresu nawigacyjnego. Wisła od Tczewa w km 910 do ujścia do Zatoki Gdańskiej pozostaje w klasie III drogi wodnej o znaczeniu regionalnym. Spełnia wymagania w zakresie szerokości szlaku żeglownego (40 m), minimalnego promienia osi łuków szlaku żeglownego (500 m) oraz minimalnego prześwitu pod mostami ponad (4,0 m). Nie spełnia parametrów drogi wodnej klasy III w odniesieniu do głębokości tranzytowej. Odcinkami głębokości w nurcie rzeki ograniczone są do 1,6 m, wobec wymaganej dla tej klasy 1,8 m.

Nogat od rzeki Wisły do ujścia do Zalewu Wiślanego, długość 62,0 km pozostaje w klasie II drogi wodnej o znaczeniu regionalnym. Rzeka Nogat zalicza się do II klasy drogi wodnej. Odcinek od km 0+000 do 38+650 jest skanalizowany (4 śluz: Biała Góra, Szonowo, Rakowiec, Michałowo). Głębokość tranzytowa wynosi 1,80 m. Odcinek od km 38+650 do 62+000 – to odcinek żeglowny rzeki wolno płynącej z ograniczeniem głębokości tranzytowej do 1,60 m. Na odcinku skanalizowanym spełnia wymagania w zakresie szerokości szlaku żeglownego (30 m), minimalnego promienia osi łuków szlaku żeglownego (300 m), parametrów śluz (długość 65 m, szerokości 9,5 m, głębokość na progu dolnym 2,2 m) i głębokości tranzytowej 1,8 m.

kości 9,5 m, głębokość na progu dolnym 2,2 m) i głębokości tranzytowej 1,8 m.



Rys. 2. Zestaw pchany wchodzący do śluzy w Białe Góry na rzece Nogat [fot. Patrycja Jerzyto]

Rzeka Szarpawa ma długość 25,4 km i zalicza się do II klasy drogi wodnej z ograniczeniem głębokości tranzytowej do 1,60 i promieniami osi łuków szlaku żeglownego do 150 m. spełnia wymagania w zakresie szerokości szlaku żeglownego (30 m) i parametrów śluzy Gdańska Głowa (długość 65 m, szerokości 9,5 m, głębokość na progu dolnym 2,2 m).



Rys. 3. Barki w porcie w Malborku [fot. Patrycja Jerzyto]

Rzeka Martwa Wisła ma długość 11,5 km, zalicza się do Vb klasy drogi wodnej z ograniczeniem szerokości śluzy w Przegalinie do 11,90 m. Spełnia wymagania w zakresie szerokości szlaku żeglownego 50 m, głębokości tranzytowej 2,8 m i promieni osi łuku szlaku żeglownego 800 m [14].

2. POZYSKIWANIE DANYCH O RUCHACH JEDNOSTEK

Informacje identyfikujące jednostkę pływającą po wodach morskich oraz identyfikujące jej parametry ruchu można uzyskać za pomocą Systemu Kontroli Ruchu Statków (VTS – ang. Vessel Traffic Service). VTS – są to usługi prowadzone przez kompetentną administrację, służące poprawie bezpieczeństwa, wydajności nawigacji i ochrony środowiska. Usługa ta musi mieć możliwość oddziaływania i reagowania na sytuacje związane z ruchem mające miejsce na obszarach działania VTS. Innym systemem służącym do pozyskiwania danych jest System Automatycznej Identyfikacji (AIS – ang. Automatic Identification System) [9].

W przypadku pozyskiwania informacji o ruchach jednostek na śródlądowych drogach wodnych można wykorzystać dane uzyskane z systemu informacji rzecznej, którego celem jest poprawa bezpieczeństwa żeglugi [13].

Obowiązek wdrożenia Rzecznego Systemu Informacyjnego (ang. RIS – River Information System) obejmuje wszystkie śródlądowe drogi wodne o znaczeniu międzynarodowym oraz znajdujące

się na nich porty, które łączą się z innymi drogami o tym samym standardzie, tj. począwszy od IV klasy drogi wodnej według klasyfikacji Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych (EKG ONZ). Postanowienia dyrektywy RIS, według uznania Państw Członkowskich, mogą być stosowane również na śródlądowych drogach wodnych nie objętych tym obowiązkiem. Natomiast na krajowych śródlądowych drogach wodnych objętych obowiązkiem RIS, ale nie powiązanych siecią dróg wodnych innego Państwa Członkowskiego, wymagania i specyfikacje techniczne dla zharmonizowanego systemu informacji rzecznej, określone w dyrektywie RIS nie są obowiązkowe, a jedynie zalecane. W Polsce większość dróg wodnych posiada parametry eksploatacyjne o znaczeniu regionalnym. Jedynie niecałe 6% ich długości spełnia wymagania śródlądowych dróg wodnych o znaczeniu międzynarodowym (parametry klasy IV i wyższej), tj. objętych obowiązkiem wdrożenia dyrektywy RIS. Są to [13]:

- jezioro Dąbie do granicy z morskimi wodami wewnętrznymi – 9,5 km
- rzeka Odra od miejscowości Ognica do Przekopu Klucz-Ustowo i dalej jako rzeka Regalica do ujścia do jeziora Dąbie – 44,6 km
- rzeka Odra Zachodnia, która obejmuje:
 - od jazu w miejscowości Widuchowa do granicy z morskimi wodami wewnętrznymi wraz z bocznymi odgałęzieniami – 36,6 km,
 - Przekop Klucz-Ustowo, który łączy rzekę Odrę Wschodnią z rzeką Odrą Zachodnią – 2,7 km.
- rzeka Parnica i Przekop Parnicki od rzeki Odry Zachodniej do granicy z morskimi wodami wewnętrznymi – 6,9 km.

Obowiązkowi wdrożenia RIS podlega więc część dolnego odcinka rzeki Odry od miejscowości Ognica do Szczecina, wraz z Odrą Wschodnią, Odrą Zachodnią, jeziorem Dąbie oraz pozostałymi drogami szczecińskiego węzła wodnego. Łączna długość tych dróg wodnych wynosi 97,3 km. Wszystkie odcinki posiadają parametry o znaczeniu międzynarodowym i łączą się wzajemnie ze sobą. Wymóg opracowania specyfikacji technicznych dla europejskiego systemu informacji rzecznej wynika z konieczności budowy zharmonizowanego, interoperacyjnego i otwartego systemu informacyjnego, dostępnego bez dyskryminacji dla wszystkich dostawców i użytkowników systemu. Ze względów bezpieczeństwa założono, że wymogi i specyfikacje techniczne opierać się będą na dorobku wypracowanym w tej dziedzinie przez właściwe organizacje międzynarodowe, takie jak:

- Międzynarodowe Stowarzyszenie Żeglugowe (PIANC),
- Centralna Komisja Żeglugi na Renie (CCNR),
- Europejska Komisja Gospodarcza Organizacji Narodów Zjednoczonych (EKG ONZ).

Ramowa struktura zharmonizowanego systemu informacji rzecznej powinna umożliwiać operatorom i użytkownikom systemu osiągnięcie wytyczonych celów, poprzez realizację szeregu zadań związanych z zarządzaniem flotą śródlądową, w oparciu o gromadzone i przesyłane informacje tworzące daną usługę [13].

Droga wodna w Delcie Wisły nie jest objęta żadnym Systemem Kontroli Ruchu, Systemem Informacji Rzecznej czy Systemem Automatycznej Identyfikacji Statków. Dane dotyczące, taboru żeglugi śródlądowej, ruchu jednostek i przewożonych ładunków można uzyskać z Głównego Urzędu Statystycznego (Tab. 1) i Regionalnego Zarządu Dróg Wodnych w Gdańsku (na podstawie danych z śluzowań (Tab. 2), w śluzach: Biała Góra, Gdańska Głowa i Przegalina).

3. MODELOWANIE RUCHU

Głównymi składowymi modelu strumienia ruchu jednostek są parametry strumienia ruchu i rozkłady prawdopodobieństwa, opisujące te parametry [11]. Podstawowym problemem w modelowaniu parametrów strumienia ruchu jednostek są utrudnienia w żegludze, które mniej lub bardziej zaburzają losowy charakter strumienia. W badanym modelu zaburzeniem są czas oczekiwania na śluzowanie i śluzowania [2].



Rys. 4. Śluza w Przegalinie [fot. Patrycja Jerzyto]

Tab. 1. Przewozy ładunków dla Dolnej Wisły w tonach w latach 2008-2013.

[Opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez Główny Urząd Statystyczny]

Odcinek Trasy	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Bydgoszcz - Płock					200 ton	
Płock - Bydgoszcz						4 800 ton
Płock - Trójmiasto	87 ton	3 600 ton		350 ton	1 100 ton	
Trójmiasto - Płock	2 027 ton	297 ton	1 200 ton	1 640 ton	433 tony	300 ton
Bydgoszcz – Elbląg					14 217 ton	
Bydgoszcz – Trójmiasto				35 496 ton	280 ton	
Trójmiasto – Bydgoszcz			667 ton			
Sandomierz - Gdańsk						132 tony
Razem	2 114 ton	3 897 ton	1 867 ton	40 636 ton	16 230 ton	5 232 tony

Tab. 2. Zestawienie ruchu statków z wyłączeniem jednostek turystycznych na podstawie danych z śluzowań w 2014 r.

[Opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Gdańsku]

Śluza/Miesiąc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Razem
Przegalina	13	12	66	32	20	15	29	20	11	20	6	6	250
Gdańska Głowa	0	0	16	7	2	16	0	16	4	0	3	4	68
Biała Góra	0	0	0	2	0	0	2	0	2	0	0	1	7
Razem	13	12	82	41	22	31	31	36	17	20	9	11	325

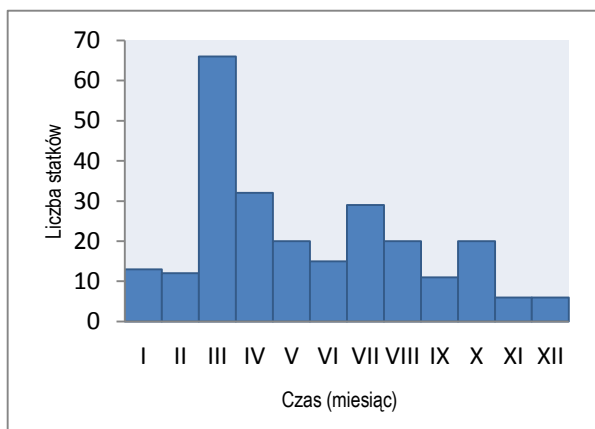
3.1. Natężenie strumienia ruchu jednostek

Natężenie to parametr strumienia ruchu jednostek, określający liczbę statków trawersujących ustalony punkt na torze wodnym w jednostce czasu. W analizowanym przypadku, punktem trawersującym będzie śluza w Przegalinie, a jednostką czasu rok 2014 (Rys. 5). Natężenie wyraża się wzorem [5]:

$$q = \frac{n}{\tau} \quad (1)$$

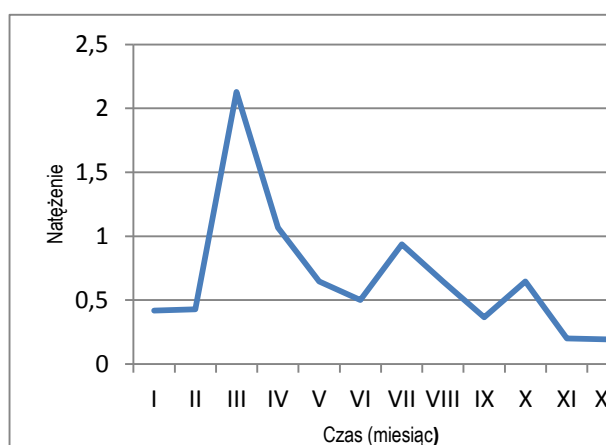
gdzie:

- q - natężenie strumienia ruchu jednostek,
- n - liczba jednostek trawersujących dany punkt,
- τ - przedział czasowy, w którym dokonywano rejestracji przepływających jednostek.



Rys. 5. Roczny rozkład liczby śluzowanych jednostek w śluzie Przegalina

Statystyczna analiza liczby śluzowanych statków wykazała duże zróżnicowanie natężenia strumienia ruchu statków ze względu na miesiąc (Rys. 6). Największa liczba przepływających jednostek miała miejsce w marcu, co było związane z akcją lodołamania na rzece Wiśle i zwiększoną ilością śluzowań lodołamaczy.



Rys. 6. Natężenie ruchu jednostek w poszczególnych miesiącach w 2014 r.

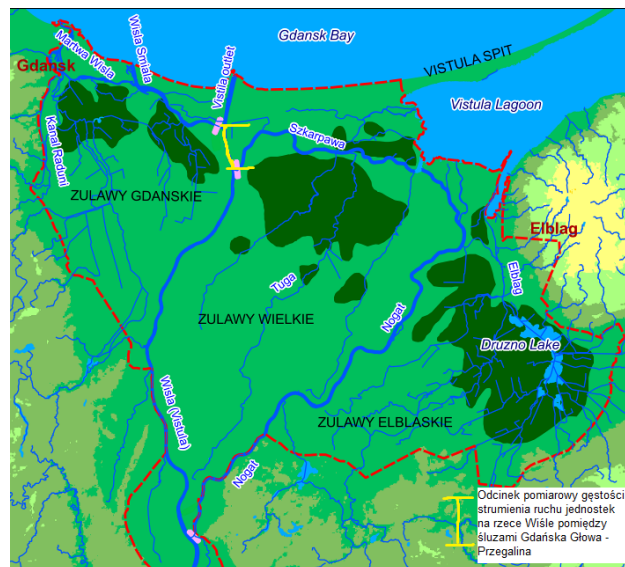
3.2. Gęstość swobodnego strumienia

Gęstość strumienia ruchu to liczba statków przypadająca na jednostkę długości drogi wodnej w pewnej określonej jednostce czasu [5].

$$\rho = \frac{n}{S_o} \quad (2)$$

gdzie:

- ρ - gęstość strumienia ruchu,
- n - liczba jednostek zaobserwowanych na danym odcinku drogi wodnej,
- S_o - długość odcinka drogi wodnej, na którym dokonywano rejestracji, znajdujących się na nim jednostek.



Rys. 7. Delta Wisły z zaznaczonym odcinkiem pomiarowym [Opracowanie własne na podstawie [3]]

W związku ze specyfikacją ruchu statków, gęstość strumienia, czyli liczba jednostek znajdujących się na jednostkowym odcinku drogi wodnej, jest bardzo mała.

Długość drogi wodnej na badanym odcinku Wisły od wodowskazu Gdańska Głowa 931,2 km do wodowskazu 936 km wynosi 4,8 km (Rys. 7).

Średnia dobowa liczba jednostek na badanym odcinku wynosi mniej niż jedna jednostka na dobę (Rys. 2, Rys. 8).



Rys. 8. Holownik z dwoma barkami na rzece Wiśle [fot. Kamil Buławski]

3.3. Prędkości statków

Prędkość strumienia ruchu jest często utożsamiana z prędkością jednostek składających się na ten strumień. Może być rozpa-

trywana w aspekcie przestrzennym lub czasowym [1]. Prędkość na odcinku toru wodnego w określonym czasie, możemy analizować poprzez obserwacje w ustalonym punkcie danego odcinka toru. Oznacza to, że można rozpatrywać średnią prędkość jednostek w danym czasie (średnią prędkość lokalną) lub przeciętną prędkość statków w danej chwili (średnią prędkość punktową).

W obserwacjach lokalnych rejestruje się prędkości poszczególnych statków trawersujących dany punkt toru wodnego. Na ich podstawie określa się średnią prędkość punktową:

$$\overline{V}_P = \frac{1}{n_P} \sum_{i=1}^{n_P} V_{Pi} \quad (4)$$

gdzie:

\overline{V}_P - średnia prędkość punktowa,

P - punkt toru wodnego, w którym dokonuje się obserwacji,

n_P - liczba statków trawersujących ustalony punkt w danym czasie,

V_{Pi} - prędkości chwilowe statków w momencie trawersowania ustalonego punktu.

W obserwacjach czasowych rejestruje się prędkości chwilowe poszczególnych jednostek w danej chwili obserwacji. Na ich podstawie wyznacza się średnią prędkość chwilową:

$$\overline{V}_t = \frac{1}{n_t} \sum_{i=1}^{n_t} V_{ti} \quad (5)$$

gdzie:

\overline{V}_t - średnia prędkość chwilowa,

t - czas, w którym dokonuje się obserwacji,

n_t - liczba statków znajdujących się na odcinku, w chwili obserwacji,

V_{ti} - prędkości chwilowe statków w momencie obserwacji.

W ogólnym przypadku prędkość strumienia wyraża się wzorem łączącym podstawowe parametry strumienia ruchu [1]:

$$V_S = \frac{q}{\rho} \quad (6)$$

gdzie:

V_S - prędkość strumienia ruchu statków,

q - natężenie strumienia ruchu jednostek,

ρ - gęstość strumienia ruchu.

Prędkość statków na badanym odcinku rzeki jest uzależniona od czy jednostka płynie z nurtem czy pod prąd rzeki. Podczas prowadzenia obserwacji na badanym obszarze średnia prędkość obserwowanych jednostek wynosiła 6 węzłów.

3.4. Przepustowość

Przepustowość szlaku żeglownego

Przepustowość dwutorowego szlaku żeglownego określa się ilością ładunku, która zostanie przewieziona na danym odcinku cieku w ciągu roku. Przepustowość teoretyczna różni się znacznie od przepustowości praktycznej ze względu na różne przeszkody i

trudności eksploatacyjne. Wzór teoretyczny dla rzeki swobodnie płynącej [12]:

$$C = \frac{PVT}{D} \quad (7)$$

gdzie:

C - przepustowość roczna,

P - ładowność największych jednostek w tonach,

V - prędkość techniczna jednostek,

D - dopuszczalny odstęp między jednostkami,

T - czas trwania okresu nawigacyjnego w ciągu roku w godzinach.

Przepustowość praktyczna jest mniejsza i w celu jej jak najdokładniejszego określenia, wprowadzono współczynniki korekcyjne [12]:

$$C_{pr} = \frac{PVT}{1,5D_b + L} a_1 a_2 a_3 a_4 \quad (8)$$

gdzie:

C_{pr} - przepustowość praktyczna,

D_b - dopuszczalny odstęp między jednostkami [m],

L - długość jednostki [m],

1,5 - współczynnik bezpieczeństwa,

a_1 - współczynnik zmienności ruchu jednostki,

a_2 - współczynnik nierównomierności pracy portów,

a_3 - współczynnik niepełności ładunku jednostki wynikający ze zmiennej głębokości rzeki,

a_4 - współczynnik uwzględniający zmniejszenie prędkości wskutek mijania się statków.

Wartości współczynników, wynikające z obserwacji, przyjmuje się w granicach: $a_1 = 0,6 \div 0,8$, $a_2 = 0,7 \div 0,9$, $a_3 = 0,75$, $a_4 = 0,9$.

$$C_s = 2P(nm - n_o) N b_1 b_2 b_3 b_4 \quad (9)$$

Dla badanego odcinka drogi wodnej przepustowość dla zestawu pchanego o ładowności 1200 t, wynosi $C_{pr} = 35$ mln ton/rok.

Przepustowość śluży

W rzekach całkowicie skanalizowanych oraz na kanałach sztucznych na przepustowość drogi wodnej wpływa przede wszystkim przepustowość śluz. Praktyczną przepustowość śluży w dwóch kierunkach oblicza się ze wzoru [12]:

gdzie:

C_s - roczna przepustowość śluży,

P - ładowność typowej barki w tonach,

n - ilość śluzowań dziennie,

n_o - ilość jednostek nietowarowych,

m - ilość jednostek wchodzących razem do śluży,

N - okres nawigacyjny w ciągu roku, w dniach,

2 - współczynnik śluzowania w dwóch kierunkach,

b_1 - współczynnik nierównomierności śluzowania,

b_2 - współczynnik nierównomierności pracy portów,

b_3 - współczynnik niepełności ładunku jednostki wynikający ze zmiennej głębokości rzeki,

b_4 - współczynnik eksploatacyjny zależny od wymiarów komory śluży.

Na podstawie obserwacji stwierdzono:

- otwarcie i zamknięcie wrót śluz wynosi 10-15% czasu całego śluzowania,
- wejście i wyjście jednostki ze śluzy wynosi 40-55% czasu całego śluzowania,
- napełnienie i opróżnianie komory wynosi 30-50% czasu całego śluzowania.

Obliczając przepustowość śluzowania, dla danych przyjętych przy obliczaniu przepustowości dróg wodnych, dla śluzy w Przegali nie według wzoru (9), otrzymujemy $C_s = 4$ mln ton/rok.

PODSUMOWANIE

Modele ruchu są stosowane w sterowaniu ruchu statków do predykcji wpływu podejmowanych decyzji sterujących na efektywność ruchu. Systemy adaptacyjnego sterowania ruchem statków muszą zapewnić możliwość przetwarzania danych pomiarowych w czasie rzeczywistym. A zatem, potrzebny jest kompromis pomiędzy dokładnością zastosowanego modelu ruchu statków i jego złożonością obliczeniową.

Obecne metody sterowania ruchem statków bazują głównie na modelach makro i mezoskopowych. Tego rodzaju modele uwzględniają parametry definiowane dla strumieni lub grup statków. Nie opisują one ruchu pojedynczych statków, a co za tym idzie, nie pozwalają w pełni wykorzystać informacji, którą można uzyskać dzięki nowym technologiom monitorowania ruchu (m. in. sieciom sensorowym, i wideo-detekcji) [10].

Dane dotyczące poszczególnych statków (np.: położenie, prędkość, klasa, relacja) są istotne i przydatne z punktu widzenia zadań sterowania ruchem.

Droga wodna w Delcie Wisły nie jest objęta żadnym Systemem Kontroli Ruchu, Systemem Informacji Rzecznej czy Systemem Automatycznej Identyfikacji Statków. Dane dotyczące, taboru żegluga śródlądowej, ruchu jednostek i przewożonych ładunków można uzyskać z Głównego Urzędu Statystycznego i Regionalnego Zarządu Dróg Wodnych w Gdańsku oraz metodą obserwacyjną w zakresie określenia średniej prędkości statków. Są to informacje uzyskiwane z dużym opóźnieniem czasowym i nie można ich wykorzystywać do przeprowadzania modelowania strumienia ruchu jednostek w czasie rzeczywistym. Biorąc pod uwagę obecne wykorzystanie szlaku żeglownego w Delcie Wisły, wydaje się, że ten sposób pozyskiwania danych jest wystarczający. W przypadku zwiększenia natężenia ruchu i gęstości jednostek poruszających się po tym szlaku, będzie konieczne wprowadzenie systemu monitorującego w sposób ciągły ruch jednostek na badanym obszarze.

BIBLIOGRAFIA

1. Gaca S., Suchozrewski W., Tracz M., *Inżynieria ruchu drogowego. Teoria i Praktyka*, Warszawa 2008,
2. Gucma S., Gucma L., Zalewski P., *Symulacyjne metody badań w inżynierii ruchu morskiego*, Wydawnictwo Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie, Szczecin 2008,
3. Jerzyło P., Lewandowski A., *Wpływ modernizacji ujścia Wisły na ochronę przeciwpowodziową i warunki żeglugowe*, Sympozjum „Hydrotechnika XIV'2012”, str. 215-234, Katowice 2012,
4. Kasyk L., *Rozkład prawdopodobieństwa czasu oczekiwania na zgłoszenie statku na torze wodnym Szczecin-Świnoujście*, Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej Nr 2 (74), Szczecin 2004,
5. Kasyk L., *Probabilistyczne metody modelowania parametrów strumienia ruchu statków na akwenach ograniczonych*, Radom 2012,
6. Krych A., *Słownictwo kompleksowych badań i modelowania potoków ruchu*, II ogólnopolska konferencja Naukowo-

Techniczna: Modelowanie podróży i prognozowanie ruchu, Kraków 2010,

7. Główny Urząd Statystyczny, *Urząd Statystyczny w Szczecinie, Żegluga śródlądowa w Polsce w latach 2010-2013*, Warszawa 2014,
8. Główny Urząd Statystyczny, *Transport wodny Śródlądowy w Polsce w 2014 r.*, Opracowanie sygnałne, Warszawa 2015,
9. Pawlak M., Piaseczny L., *Modelowanie ruchu jednostek morskich dla określenia emisji związków toksycznych spalin*, Czasopismo Techniczne z.7-M/2008, Kraków 2008,
10. Płaczek B., *Zastosowanie rozmytych automatów komórkowych do modelowania ruchu drogowego*, Prace naukowe Politechniki Warszawskiej, z. 87, Transport, Warszawa 2012,
11. Puszcz A. Gucma L., *Wpływ liczebności pomiarów na estymację parametrów strumienia ruchu statków*, Proceedings of the XIV International Scientific and Technical Conference on Marine Traffic Engineering, Szczecin 2011,
12. Wiśniewski Sz., *Dostępność transportowa Uniejowa – ujęcie regionalne*, Biuletyn Uniejowski, Tom 3, Uniejów 2014,
13. Wszelaczyński W., *Drogi wodne śródlądowe*, Gdańsk 1990,
14. www.ris-odra.pl
15. www.rzgw.gda.pl

MODELLING OF THE STREAM TRAFFIC OF INLAND TRANSPORT IN THE VISTULA DELTA - ANALYSIS OF AVAILABLE TRANSPORT CONNECTIONS

Abstract

In the article issues of the modelling of the movement of the inland waterway shipping in the Vistula delta were presented. A definition of the modelling of traffic flows was given as well as they pointed out to the need for model tests and an thorough observational studies. A model of the move of the inland waterway shipping was characterized. Model results of the modelling of the movement in the Vistula delta were presented.

Autor:

mgr inż. **Patrycja Jerzyło** – Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Ładowej i Środowiska, Katedra Geotechniki, Geologii i Budownictwa Morskiego, e-mail: patjerzy1@pg.gda.pl