TRANSPORT POSSIBILITIES AT THE SECTION OF LOWER VISTULA

MOŻLIWOŚCI PRZEWOZOWE NA ODCINKU DOLNEJ WISŁY

Agnieszka Osowska¹, Emilia Skupień²

Akademia Morska w Gdyni¹, Politechnika Wrocławska²

Abstract: The article presents information about transport possibilities at the section of Lower Vistula. Article provides classification of inland waterways in Poland according to the regulations of the Council of Ministers from May 7th, 2002. It also includes information regarding inland port locations and fleet parameters adjusted to the IV class of waterways. In addition, the use of the Lower Vistula for the carrying goods is mentioned. The information contained in the article are based on the research conducted during the INWAPO project.

Keywords: Lower Vistula, inland navigation, infrastructure point, capacity

Streszczenie: Artykuł przedstawia informacje dotyczące możliwości przewozowych na odcinku Dolnej Wisły. Przedstawiono klasyfikację śródlądowych dróg wodnych w Polsce wg. Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 7 maja 2002 roku. Artykuł zawiera także informacje dotyczące lokalizacji portów śródlądowych. Wskazano parametry floty dostosowanej do drogi wodnej klasy IV i wyższej. W artykule zawarto również informacje dotyczące przepustowości oraz potencjalnych ładunków przewożonych na odcinku Dolnej Wisły.

Informacje zawarte w artykule zostały oparte o badania przeprowadzone w ramach projektu INWAPO.

Słowa kluczowe: Dolna Wisła, żegluga śródlądowa, infrastruktura punktowa, przepustowość

TRANSPORT POSSIBILITIES AT THE SECTION OF LOWER VISTULA

1. Introduction

Poland has a favorable hydrotechnical conditions for the development of inland navigation. The two main rivers, the Vistula and the Oder, connect seaports with industrial areas. These connections do not utilize their potential, but they offer many opportunities.

Signing of the AGN agreement and a continuous development of the North Port and Port of Gdynia, give hope that inland waterway transport in Poland will increase its share in freight.

In Polish freight in inland waterways, Oder plays the dominant role, transporting mainly mass goods (coal and aggregates). Western trends, however, show that transport of containers gain an advantage in freight and probably containers to be delivered to and from the seaports will becoming the biggest load on the Vistula. For this reason it is advisable to determine the transport capacity of the Lower Vistula River.

Fleet operating costs are another very important factor that will directly affect the rate of use of inland waterway transport for seaport service. The costs of using inland vessels depend on fleet immersion, payload, transport technology (motor boats, pushed trains, COMBI) [5],[9].

2. Operating parameters of waterways on Lower Vistula Section

Regulation of the Council of Ministers from May 7th, 2002 defines classification of inland waterways [10]. The classes of waterways in Poland are described based on length and width of the vessel or by the pushed set, which may be allowed for shipping. The lowest class of waterway is Ia. The highest one is Va. Lower Vistula covers the area from mouth of River Narwia up to mouth of River Vistula.

The area of Lower Vistula is classified as follows:

- 684 – 718 km, Ib class,
- 718 - 910 km, II class,
- 910 - 941,3 km, III class [1].

The development of inland shipping in Poland can be provided by revitalization of the lower section of Vistula River. The INWAPO Project assumes the revitalization of river up to 4th waterway class. Table numer 1 presents Classification of inland waterways.

Table 1 Classification of inland waterways [10].

Waterway	Waterway class	Vessel's propulsion		
		General characteristics		
		Max. length [m]	Max. width [m]	Max. draft [m]
Regional meaning	Ia	24	3,5	1
	Ib	41	4,7	1,4
	II	57	7,5-9,0	1,6
	III	67-70	8,2-9,0	1,6-2,0
International meaning	IV	80-85	9,5	2,5
	Va	95-110	11,4	2,5-2,8

The list of damages across Vistula River

Water management Authority in Gdansk points below list of dangerous areas for vessels: Regionalny:

- near the 866 kilometer there are river spurs,
- occurring river spurs on the reinforced river banks,
- broken part of river spurs at 844 km,
- the stone reef in Piekielko, occurring between 885.5 km and 889.4 km [13].

3. The current status of infrastructure point at Lower Vistula section

Infrastructure point of inland transport includes river ports and loading coasts. There's a multifunctional role of inland ports: in transport, logistics, industry. Inland port takes a role of junction for transportation, which means that its main task is loading with extra services involved [11]. At the section Warsaw – Gdansk following river ports are located:

- In Warsaw there are three river ports. One of them is Czerniakowski Port (30ha), which is used also in tourism aspect. Second one is Praski Port. It is planned to be an area for walkways and harbours for ships and yachts. There's also Zeranski Port (260 ha) which is situated nearby Zeran's Electrical Power and Heating Station [6]. There's a plan for houses and apartments development and for water sports facilities to be built.
- Port of Plock.
- Port of Wloclawek (6000m²) has waterfronts of loading length of 300m [1].
- Wintering Harbor (4,25 ha) and Timbering Port (65ha) are two ports located in Torun [12].
- The waterfront's length in port of Grudziadz is 300 m [1].
- Port of Solec Kujawski – area of 3000 m² and waterfronts with length of 300 m [1].
- The Tczew harbor has an extended pier towards the river, which permits the mooring of vessels up to 125 m length [1].

To make transport of loadings on Vistula River possible the revitalization of river up to IV class of waterways is needed. Moreover, the preparation of correct infrastructure point is a must. Nowadays, inland ports can not be no longer used for transportation of loadings in containers. Picture numer 1 presents Locations of inland ports at the section Warsaw – Gdansk.

Fig. 1 Inland ports at the section Warsaw- Gdańsk [6].

4. Wathercraft's parameters

The INWAPO Project, which refers to revitalization of shipping on Lower Vistula on the section Warsaw – Gdansk, creates the parameters for trading fleet (4th class of waterways or higher). Table numer 2 presents Parameters of the fleet proposed for Vistula River.

Table 2 Parameters of the fleet proposed for Vistula River [3].

Type of a ship	Barge, small EUROPA	Barge, large GMS	Pushed Barge A III	Pusher Tug Bawół II
Length L [m]	85,0	110	82	22,35
Width B [m]	9,5	11,4/11,45	11,4/11,45	11,4
Max Draft T[m]	2,7	3,5	2,3/3,5	1,75
Capacity P _L [ton]	1500	3000	1840/2600	-----
Containers TEU amount in 1 layer	3x9=27 max. 3 warstwy	4x13=52 max. 4 warstwy	4x10=40 Max. 4 warstwy	-----

5. Capacity of Lower Vistula

Total use of road capacity is never possible as it assumes ideal conditions and no interference. However it is important, to determine the maximum possible parameters for a given section to have a reference point.

Capacity is the maximum theoretical charge that can be carried on a given route. The maximum throughput that can be achieved on a waterway per year is determined by the throughput of the lock at which time the locking operation is the longest of all locks on the section.

All locks to be built on the Lower Vistula are to have the same dimensions. It is assumed that the locking time is the same, $t = 30\text{min} = 0.5\text{h}$.

Calculations of maximum throughput assume continuous operation of the lock and are calculated using the formula (1).

$$P = \frac{B \cdot b \cdot W \cdot a}{t} [\text{ton}] \quad (1)$$

P - capacity [ton],

B - total number of navigation days per year [-],

b - hours of service of locks per day [h],

W - maximum capacity of a ship [ton],

a - coefficient of average vessel utilization and traffic irregularities ($a=0,85$),

t - duration of one locking [h], including:

- entry into the lock,
- gate closing,
- filling/emptying the chamber,
- opening the lock,
- exiting from a lock,
- the arrival of another ship,
- gate closing,
- filling/emptying the chamber,
- opening the lock,
- exiting from a lock.

Another method of calculating the capacity of a waterway is by formula (2).

$$P = \frac{B \cdot b \cdot W \cdot a \cdot l}{c} [\text{ton}] \quad (2)$$

l - number of voyages undertaken by other units during one cycle,

c - cycle time for one vessel (time of departure from the first voyage round trip, until the beginning of the next) [h]. The number of voyages undertaken l is the same as the number of pusher trains that can be locked by the limit lock during a single cycle.

Both presented methods of assuming uninterrupted locks work during their working hours. However it is natural, that the moments of arrival of ships in front of locks gates are determined by the time of preceding lock and locks, and in fact the maximum use of locks will not be possible. Establishment of fleet operation in the classical system allows not to take into account the time required for loading and unloading of pushed barges. It is assumed that the pushers work without interruption.

For calculating the maximum capacity it was assumed:

B - 320 [-],

b - 16 [h],

W - for a pushed trains with two barges and motorboats according to the table 3.

t - 0,5 [h],

c - depending on the speed of flow, the calculation was made at speeds of 10 km / h (upstream) and 12 km / h (downstream).

$l = \frac{c}{t} [-]$ assuming that the limiting elements will be locks.

Table 3 Ship capacity depending on immersion.

	GMS	pushed train	pushed train
immersion T [m]	3,5	2,3	3,5
capacity W [ton]	3000	3680	5200

The duration of the voyage on the Lower Vistula River at the speed of 10 km / h in the Warsaw-Gdańsk section is 49.92 h. At a speed of 12km / h, the voyage time is 42.07 hours. The times taken are increased by 10% as a security reserve.

The maximum capacity, calculated from dependencies (1), are summarized in Table 4. These variants include full service for one type of vessel and the use of GMS motor barges to carry 60% of loads and pushed to 40%. Adoption of such a fleet structure is conditioned by the current structure of the Rhine and German fleet [4].

Table 4 Lower Vistula River capacity depending on the fleet used.

	pushed train	pushed train	GMS and a train
immersion T [m]	2,3	3,5	3,5
capacity P [tys. ton]	32 031	45 261	33 772

In the above calculations of ship on the Lower Vistula River, the crossing of units in the locks and continuous service of locks were assumed.

6. Potential loads for transportation to the sections of the Lower Vistula River

Predicting loads on the planned roads is a very complex problem. Historical data cannot be relied on because the road did not exist before or was not used in the intended way. For this reason, the forecasts of loads lying to the Lower Vistula were based on the share of the Vistula counties in relation to the gross domestic product.

The division into regions was based on GUS data. These regions and their share of the gross domestic product in relation to the voivodship are presented in Table 5.

Table 5 Shares of Vistula voivodships in gross domestic product

Voivodships	Shares in gross domestic product	Shares in gross domestic product of Vistula regions
Mazowiecki	0,214	0,635
Pomorski	0,054	0,160
Kujawsko – Pomorski	0,043	0,127
Warmińsko - Mazurski	0,026	0,078
Sum	0,337	1,000

The total share of the Vistula region in the gross domestic product is 33.7%. This share is the basis for the forecast of cargoes for the Vistula River.

Table 6 presents the forecasts of freight for inland navigation on the Lower Vistula in the Gdansk-Warsaw relation, based on data published in [8],[2],[7] .

Table 6 Forecast of cargoes for the Vistula in millions of tons

Forecast	Transport development strategy [8]	Burniewicz [2]	Ecorys [7]
Maximum	14,4	20	15,4
Minimum	12	18	10,35
Vistula max. 0,337	4,8	6,7	2,7
Vistula min. 0,337	4,0	6,0	1,8

It is worth noting that the forecasts placed in the table 5 and 6 do not include maritime service. Large European ports are located at the mouth of the rivers. Inland navigation participates in a significant way in servicing these ports.

The participation of the Vistula in the service of the ports of Gdańsk and Gdynia, in the case of existing restrictions (class IV on the Gdańsk-Warsaw section), can be estimated at a maximum of 10%. In table 7 forecasts of transshipment in Gdynia and Gdansk ports are presented.

Table 7 Forecast of transshipment of ports Gdynia (2037) and Gdansk (year 2030) [14].

Load	Gdynia		Gdańsk			
	Mln ton (TEU)	W % share	optimistic		pessimistic	
			Mln ton (TEU)	W % udziału	Mln ton (TEU)	W % udziału
containers tony	15,00	46,9	45,91	46,1	22,26	32,9
containers mln TEU	1,50	-	4,6	-	2,22	-
cargo	11,00	34,4	18,64	18,7	14,11	20,8
liquid	-		28,36	28,5	28,36	41,8
other	6,00	18,7	6,73	6,7	3,08	4,5
Sum	32,00	100,00	99,64	100,0	67,83	100,0

Summing up the maximum values in Table 6.2. (6.7 million tonnes) and 10% of the maximum tonnage in Gdynia ports (10% from 32 million tonnes, 3.2 million tonnes) and Gdansk (10% from 99.64 million tonnes, 9.964 million tonnes) 6.3., one receives 19.864 million tons per year. The fourth class of waterway in the lower Vistula will provide greater capacity and will accommodate such trade.

7. Conclusions

Signing AGN agreement by Poland gives the opportunity to develop inland transport on the Warsaw-Gdańsk route. The development of container shipments on Polish inland waterways depends primarily on the improvement of the linear parameters of waterways to the minimum of waterway class IV and the development of point infrastructure. The article presents forecasts of loads for the Lower Vistula, based on the share of the Vistula region in the gross domestic product. Estimated value of cargoes for the Vistula is 19.864 million tons per year.

8. References

- [1] Bolt.: Acta Energetica, Uwarunkowania żeglugi śródlądowej na Wiśle od Warszawy do Gdańska, 2/15 str. 64-65.
- [2] Burniewicz J.; Wizja struktury transport oraz rozwoju sieci transportowych do roku 2033. Ze szczególnym uwzględnieniem docelowej struktury modelowej transportu. Warszawa 2009r.
- [3] INWAPO Opracowanie studium techniczno-ekonomiczno-środowiskowego rewitalizacji i przywrócenia żeglowności dolnej Wisły na odcinku Warszawa-Gdańsk, str. 103.
- [4] Kulczyk J. Nowe technologie transportu w europejskim systemie dróg wodnych, Odrzańska Droga Wodna. Stan obecny i perspektywy; Praca zbiorowa pod redakcją: J. Kulczyk, A. Dubicki, D. Olearczyk. Polskie Towarzystwo Geofizyczne, Wrocław 2013.

- [5] Kulczyk J.; Lisiewicz T.; Nowakowski T.; i inni; Logistyczne uwarunkowania transportu łamanego węgla w korytarzu transportowym Odrzańskiej Drogi Wodnej, Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn Politechniki Wrocławskiej, Raport Serii Nr SPR-45/2011.
- [6] Osowska A, Gerigk M.: Wielofunkcyjne obiekty turystyczne i obsługi logistycznej w systemie transportu śródlądowego na przykładzie środkowej i dolnej Wisły, Prace Wydziału Nawigacyjnego Akademii Morskiej w Gdyni, Zeszyt nr 31, rok 2016, str. 120-122.
- [7] Program rozwoju infrastruktury transportu wodnego śródlądowego w Polsce, Część 2. ECORYS, Ministerstwo Infrastruktury, 2011.
- [8] Strategia rozwoju transport do 2020 roku, Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej, Warszawa, 22.01. 2013r.
- [9] Technische und wirtschaftliche Konzepte für flussangepasste Binnenschiffe, VBD Duisburg, Bericht 1701, Juli 2004, oraz Verkehrswirtschaftlicher und ökologischer Vergleich der Verkehrsträger Strasse, Bahn und Wasserstrasse, PLANCO Consulting GmbH, Essen, November 2007.
- [10] <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20020770695>
- [11] http://www.logistyka.net.pl/bank-wiedzy/transport-i-spedycja/item/download/76861_0bf0a5754f2e9d866959ea42520d5656
- [12] <http://www.mojeprzedmiescie.pl/index.php?file=kop58.php>
- [13] <http://www.rzgw.gda.pl/cms/site.files/file/zegluga/warzeglrZGW.pdf>
- [14] www.portgdansk.pl/zmpg-sa/strategia-rozwoju

MOŻLIWOŚCI PRZEWOSOWE NA ODCINKU DOLNEJ WISŁY

1. Wstęp

Polska ma korzystne warunki hydrotechniczne dla rozwoju żeglugi śródlądowej. Dwie główne rzeki: Wisła i Odra, łączą porty morskie z rejonami przemysłowymi. Połączenia te nie wykorzystują swojego potencjału, dają jednak wiele możliwości. Podpisanie przez Polskę porozumienia AGN i ciągły rozwój Portu Północnego i Portu Gdynia dają jednak nadzieję, że żegluga śródlądowa w Polsce zwiększy swój udział w przewozach towarowych.

W polskich wodnych przewozach śródlądowych dominującą rolę pełni Odra, transportując głównie towary masowe (węgiel i kruszywa). Tendencje zachodnie pokazują jednak, że coraz większą przewagę zyskują przewozy kontenerowe i prawdopodobnie rozdysponowanie kontenerów dostarczanych do i z trójmiejskich portów morskich, stanowić będzie największe obciążenie dla Wisły. Z tego powodu celowym jest określenie możliwości przewozowych odcinka Dolnej Wisły.

Koszty eksploatacji floty to drugi bardzo ważny czynnik, który będzie bezpośrednio wpływał na stopień wykorzystania żeglugi śródlądowej do obsługi portów morskich. Koszty użytkowania statków śródlądowych zależą od zanurzenia floty, ładowności, technologii transportu (barki motorowe, zestawy pchane, system COMBI) [5],[9].

2. Parametry eksploatacyjne drogi wodnej na odcinku Dolnej Wisły

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 7 maja 2002 roku wskazuje klasyfikację śródlądowych dróg wodnych [10]. Klasy dróg wodnych w Polsce określane są na podstawie największej długości oraz szerokości statku bądź zestawu pchanego jaki może być dopuszczony do żeglugi oraz wielkości minimalnego prześwitu pod mostami, rurociągami i innymi urządzeniami krzyżującymi się z drogą wodną. Najniższa klasa drogi wodnej to Ia, najwyższą klasą drogi wodnej jest Va. Dolna Wisła zajmuje obszar od ujścia Narwi do ujścia Wisły do morza. Na obszarze Dolnej Wisły rzeka posiada następujące klasy drogi wodnej:

- od 684 do 718km, klasa Ib,
- od 718 do 910 km, klasa II,
- od 910 do 941,3 km, klasa III [1].

Rozwój żeglugi śródlądowej w Polsce może zapewnić rewitalizacja dolnego odcinka rzeki Wisły. Projekt INWAPO dotyczący przywrócenia żeglowności Wisły zakłada rewitalizację rzeki minimalnie do IV klasy drogi wodnej. Tabela 1 przedstawia klasyfikację śródlądowych dróg wodnych.

Tabela 1 Klasyfikacja śródlądowych dróg wodnych [10].

Droga wodna	Klasa drogi wodnej	Statki z napędem i barki		
		Charakterystyki ogólne		
		Długość maksymalna [m]	Szerokość maksymalna [m]	Zanurzenie maksymalne [m]
o znaczeniu regionalnym	Ia	24	3,5	1
	Ib	41	4,7	1,4
	II	57	7,5-9,0	1,6
	III	67-70	8,2-9,0	1,6-2,0
O znaczeniu międzynarodowym	IV	80-85	9,5	2,5
	Va	95-110	11,4	2,5-2,8

Wykaz przeszkód biegnących nad rzeką Wisłą

Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Gdańsku wskazuje następujący wykaz miejsc szczególnie niebezpiecznych dla jednostek pływających:

- w rejonie 866 kilometra występują ostrogi,
- występujące ostrogi położone w ciągu opaski,
- zerwana część ostrogi na 844 kilometrze,
- rafa kamienna w miejscowości Piekielko występująca na odcinku od 888,5 do 889,4 kilometra [13].

3. Obecny stan infrastruktury punktowej na odcinku Dolnej Wisły

Do infrastruktury punktowej transportu śródlądowego zalicza się porty rzeczne wraz z nabrzeżami przeładunkowymi. Porty śródlądowe pełnią wiele funkcji m.in. logistyczne, przemysłowe, miastotwórcze. Port śródlądowy pełni rolę węzła transportowego co oznacza, że jego podstawowym zadaniem jest przeładunek oraz towarzyszące mu usługi dodatkowe [11]. Na odcinku Warszawa - Gdańsk zlokalizowane są następujące porty rzeczne:

- Warszawa posiada trzy porty rzeczne. Jednym z nich jest Port Czerniakowski, który stanowi zaplecze dla ruchu turystyczno- rekreacyjnego na Wiśle. Powierzchnia portu wynosi 30 ha. Port Praski, którego projekt zagospodarowania terenu zakłada budowę ogólnodostępnych deptaków, miejsc do cumowania statków oraz jachtów wzdłuż nabrzeży. Port Żerański położony jest przy Elektrociepłowni Żerań przy wylocie Kanału Żerańskiego do Wisły. W projekcie miejscowego planu zagospodarowania terenu zaplanowane jest kompleksowa restrukturyzacja, ukierunkowana na usługi komercyjne, ośrodki sportów wodnych i zabudowę mieszkaniową. Zajmuje obszar o powierzchni ok. 260 ha [6].
- Port w Płocku.

- Port we Włocławku posiada nabrzeża o długości przeładunkowej 300m, place składowe o powierzchni 6000m² [12]
- W Toruniu znajdują się dwa porty rzeczne: Zimowy oraz Drzewny. Powierzchnia basenu portowego w Porcie Zimowym zajmuje powierzchnie ok. 4,25 ha. Całkowita powierzchnia Portu Drzewnego wynosi 65 ha [12].
- Port w Grudziądzu posiada nabrzeże o długości 300 m [12].
- Port w Solcu Kujawskim wyposażony jest w nabrzeże o długości 300 m oraz place składowe o powierzchni 3000m² [6], [1].
- Port w Tczewie posiada wysunięty pomost w stronę rzeki co pozwala na cumowanie statków o długości maksymalnie 125 m [12].

Aby transport ładunków na Wiśle był możliwy, niezbędne oprócz rewitalizacji rzeki do minimum IV klasy drogi wodnej, jest przygotowanie odpowiedniej infrastruktury punktowej. Obecnie porty śródlądowe nie nadają się do obsługi transportu ładunków w kontenerach. Rysunek 1 przedstawia lokalizację śródlądowych portów na odcinku Warszawa - Gdańsk [6].

Rys. 1 Porty śródlądowe na odcinku Warszawa- Gdańsk [6].

4. Parametry jednostek

Projekt INWAPO dotyczący rewitalizacji żeglowności Dolnej Wisły na odcinku Warszawa – Gdańsk zakłada parametry floty towarowej dla klasy drogi wodnej IV bądź wyższej. Tabela nr 2 przedstawia parametry floty towarowej projektowane dla rzeki Wisły.

Tabela 2 Parametry floty towarowej [3].

Typ statku	Barka duża GMS	Barka pchana A III	Barka pchana A III
Długość L [m]	110	82	82
Szerokość B [m]	11,4/11,45	11,4	11,45
Zanurzenie Max. T[m]	3,5	2,3	3,5
Ładowność P _L [tony]	3000	1840	2600
Liczba kontenerów TEU 1 warstwa	4x13=52 max. 4 warstwy	4x10=40 Max. 4 warstwy	4x10=40 Max. 4 warstwy

5. Możliwości przewozowe -przepustowość Dolnej Wisły

Całkowite wykorzystanie możliwości przewozowych dróg nigdy nie jest możliwe, gdyż zakłada warunki idealne i brak zakłóceń. Istotne jest jednak określenie maksymalnych parametrów możliwych do uzyskania dla danego odcinka, aby mieć punkt odniesienia.

Przepustowość to maksymalna teoretyczna wielkość ładunków, którą można przewieźć na danej trasie. Maksymalna przepustowość jaką można osiągnąć na skanalizowanej drodze wodnej w ciągu roku jest zdeterminowana przepustowością śluzy, na której czas operacji śluzowania jest najdłuższy spośród wszystkich śluz na odcinku.

Wszystkie śluzy, które mają zostać wybudowane na Dolnej Wiśle, mają mieć takie same wymiary. Zakłada się więc jednakowy czas śluzowania, $t=30\text{min}=0,5\text{h}$.

Obliczenia przepustowości maksymalnej zakładają ciągłą pracę śluzy (jednej nitki) i obliczane są przy pomocy wzoru (1).

$$P = \frac{B \cdot b \cdot W \cdot a}{t} [\text{ton}] \quad (1)$$

P - przepustowość [ton],

B - ogólna liczba dni nawigacji w roku [-],

b - liczba godzin pracy śluz na dobę [h],

W - ładowność maksymalna statku [ton],

a - współczynnik przeciętnego wykorzystania statku i nieregularności ruchu (tu: $a=0,85$),

- t - czas trwania jednego śluzowania [h], obejmujący:
- wpłynięcie do komory śluzowej,
 - zamknięcie wrót,
 - napełnienie/opróżnienie komory,
 - otwarcie wrót,
 - wypłynięcie ze śluzy,
 - wpłynięcie drugiego statku,
 - zamknięcie wrót,
 - opróżnienie/napełnienie komory,
 - otwarcie wrót,
 - wypłynięcie ze śluzy.

Inna metoda obliczania przepustowości drogi wodnej, opisana jest zależnością (2).

$$P = \frac{B \cdot b \cdot W \cdot a \cdot l}{c} [ton] \quad (2)$$

- l - liczba rejsów rozpoczętych przez inne jednostki w czasie trwania jednego cyklu,
- c - czas trwania cyklu dla jednego statku (od chwili wypłynięcia w pierwszy rejs okrężny, do chwili rozpoczęcia kolejnego) [h]. Liczba rejsów rozpoczętych l, jest tożsama z ilością zestawów, która może być prześluzowana przez śluzę limitującą, w czasie trwania jednego cyklu.

Obie przedstawione metody zakładają nieprzerwaną pracę śluz w godzinach ich pracy. Naturalnym jest jednak fakt, że momenty przybycia statków przed wrota śluz, warunkowane są czasem przebycia poprzedzających odcinków międzyśluzowych oraz śluz i w rzeczywistości maksymalne wykorzystanie śluz nie będzie możliwe. Założenie eksploatacji floty w systemie klasycznym pozwala nie uwzględniać czasu potrzebnego na za- i rozładunek barek pchanych. Przyjmuje się, że pchacze pracują bez przerw. Przy wykorzystaniu dwóch nitek śluz wartość teoretycznej przepustowości maksymalnej podwoi się.

Do obliczenia maksymalnej przepustowości założono:

- B - 320 [-],
- b - 16 [h],
- W - dla zestawu pchanego z dwiema barkami oraz barek motorowych wg tabeli 3.
- t - 0,5 [h],
- c - w zależności od prędkości płynięcia obliczenia dokonano dla prędkości 10km/h (w górę rzeki) oraz 12km/h (w dół rzeki).

$l = \frac{c}{t} [-]$ zakładając, że limitującym elementem będą śluzy.

Tabela 3 Ładowność statków w zależności od zanurzenia.

	GMS	Zestaw pchany	Zestaw pchany
Zanurzenie T [m]	3,5	2,3	3,5
Ładowność W [ton]	3000	3680	5200

Czas pokonywania odcinka Dolnej Wisły przy prędkości 10km/h na odcinku Warszawa - Gdańsk wynosi 49,92 h. Przy prędkości 12 km/h czas pokonania odcinka wynosi 42,07 h. Uwzględnione czasy zwiększone są o 10%, jako zapas bezpieczeństwa.

Przepustowości maksymalne, obliczone na podstawie zależności (1) zebrano w tabeli 4. Przedstawione warianty obejmują pełną obsługę szlaku jednym typem statków oraz użycie barek motorowych GMS do przewozu 60% masy ładunków oraz zestawów pchanych do 40%. Przyjęcie takiej struktury floty jest uwarunkowane obecną strukturą floty reńskiej i niemieckiej [4].

Tabela 4 Przepustowości Dolnej Wisły w zależności od eksploatowanej floty.

	Zestaw pchany	Zestaw pchany	Barka GMS i zestaw
Zanurzenie T [m]	2,3	3,5	3,5
Przepustowość P [tys. ton]	32 031	45 261	33 772

W powyższych kalkulacjach przemieszczania się statków po Dolnej Wiśle, założono krzyżowanie jednostek w kanałach śluzowych i ciągłą pracę śluz.

6. Potencjalne ładunki do przewozu na odcinki Dolnej Wisły

Prognozowanie na temat ładunków ciężących do planowanych dróg jest problemem bardzo złożonym. Nie można opierać się o dane historyczne, gdyż droga wcześniej nie istniała, bądź nie była wykorzystywana w planowanym stopniu. Z tego powodu, prognozy ładunków ciężących do Dolnej Wisły oparto o udział regionów nadwiślańskich w stosunku do produktu krajowego brutto.

Podziału na regiony oparto o dane GUS. Te regiony i ich udziały w stosunku do produktu krajowego i w odniesieniu to województwa przedstawia tabl. 5.

Tabela 5 Udziały województw nadwiślańskich w produkcie krajowym brutto.

Województwo	Udział w stosunku do produktu krajowego brutto Polski	Udział w stosunku do produktu 4 regionów
Mazowiecki	0,214	0,635
Pomorski	0,054	0,160
Kujawsko – Pomorski	0,043	0,127
Warmińsko - Mazurski	0,026	0,078
Suma	0,337	1,000

Opracowanie własne w oparciu o dane GUS

Udział całkowity regionów nadwiślańskich w produkcji krajowym brutto wynosi 33,7%. Udział ten jest podstawą prognozy ładunków ciężących do Wisły.

W tabeli 6 przedstawiono prognozy ładunków ciężących do transportu wodnego i Wisły w relacji Gdańsk – Warszawa, oparte o dane publikowane w [8],[2],[7] .

Tabela 6 Prognozy ładunków ciężących do Wisły w mln tonach ładunku.

Prognoza	Strategia rozwoju transportu [8]	Burniewicz [2]	Ecorys [7]
Maksymalna	14,4	20	15,4
Minimalna	12	18	10,35
Wisła max. 0,337	4,8	6,7	2,7
Wisła min. 0,337	4,0	6,0	1,8

Warto zauważyć, że prognozy umieszczone w tabl. 5 i 6 nie uwzględniają obsługi portów morskich. Duże porty europejskie zlokalizowane są u ujściu rzek. Transport śródlądowy uczestniczy w sposób znaczący w obsłudze tych portów.

Udział Wisły w obsłudze portów Gdańsk, Gdynia, w przypadku istniejących ograniczeń (klasa IV na odcinku Gdańsk-Warszawa), można szacować maksymalnie na 10%. W tabl. 7 przedstawiono prognozy przeładunków w portach Gdynia i Gdańsk.

Tabela 7 Prognoza przeładunków portów Gdynia (rok 2037) i Gdańsk (rok 2030) [14].

Ładunek	Gdynia		Gdańsk			
	Mln ton (TEU)	W % udziału	Optymistyczna		Pesymistyczna	
			Mln ton (TEU)	W % udziału	Mln ton (TEU)	W % udziału
Kontenery tony	15,00	46,9	45,91	46,1	22,26	32,9
Kontenery mln TEU	1,50	-	4,6	-	2,22	-
Masowe	11,00	34,4	18,64	18,7	14,11	20,8
Płynne	-		28,36	28,5	28,36	41,8
Inne	6,00*	18,7	6,73	6,7	3,08	4,5
Suma	32,00	100,00	99,64	100,0	67,83	100,0

**dotyczy ładunków ro-ro i promowych*

Sumując maksymalne wartości z tabeli 6.2. (6,7 mln ton) i 10% maksymalnych wartości przeładunków w portach Gdynia (10% z 32 mln ton, czyli 3,2 mln ton) i Gdańsk (10% z 99,64 mln ton, czyli 9,964 mln ton) z tabeli 6.3., otrzymujemy 19,864 mln ton rocznie. IV klasa drogi wodnej na odcinku Dolnej Wisły będzie miała większą przepustowość i podoła takim przewozom.

7. Wnioski

Podpisanie przez Polskę porozumienia AGN daje szansę na rozwój transportu śródlądowego na odcinku Warszawa- Gdańsk. Rozwój przewozów kontenerów na polskich drogach śródlądowych zależy przede wszystkim od poprawy parametrów liniowych dróg wodnych do minimum IV klasy drogi wodnej oraz rozwój infrastruktury punktowej. W artykule przedstawiono prognozy ładunków ciężących do Dolnej Wisły, oparte o udział regionów nadwiślańskich w stosunku do produktu krajowego brutto. Szacunkowa wartość ładunków ciężących do Wisły wynosi 19,864 mln ton rocznie.

8. Literatura

- [1] Bolt.: Acta Energetica, Uwarunkowania żeglugi śródlądowej na Wiśle od Warszawy do Gdańska, 2/15 str. 64-65.
- [2] Burniewicz J.; Wizja struktury transport oraz rozwoju sieci transportowych do roku 2033. Ze szczególnym uwzględnieniem docelowej struktury modelowej transportu. Warszawa 2009r.
- [3] INWAPO Opracowanie studium techniczno-ekonomiczno-środowiskowego rewitalizacji i przywrócenia żeglowności dolnej Wisły na odcinku Warszawa-Gdańsk, str. 103.
- [4] Kulczyk J. Nowe technologie transportu w europejskim systemie dróg wodnych, Odrzańska Droga Wodna. Stan obecny i perspektywy; Praca zbiorowa pod redakcją: J. Kulczyk, A. Dubicki, D. Olearczyk. Polskie Towarzystwo Geofizyczne, Wrocław 2013.
- [5] Kulczyk J.; Lisiewicz T.; Nowakowski T.; i inni; Logistyczne uwarunkowania transportu łamanego węgla w korytarzu transportowym Odrzańskiej Drogi Wodnej, Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn Politechniki Wrocławskiej, Raport Serii Nr SPR-45/2011.
- [6] Osowska A, Gerigk M.: Wielofunkcyjne obiekty turystyczne i usługi logistycznej w systemie transportu śródlądowego na przykładzie środkowej i dolnej Wisły, Prace Wydziału Nawigacyjnego Akademii Morskiej w Gdyni, Zeszyt nr 31, rok 2016, str. 120-122.
- [7] Program rozwoju infrastruktury transportu wodnego śródlądowego w Polsce, Część 2. ECORYS, Ministerstwo Infrastruktury, 2011.
- [8] Strategia rozwoju transport do 2020 roku, Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej, Warszawa, 22.01. 2013r.
- [9] Technische und wirtschaftliche Konzepte für flussangepasste Binnenschiffe, VBD Duisburg, Bericht 1701, Juli 2004, oraz Verkehrswirtschaftlicher und ökologischer Vergleich der Verkehrsträger Strasse, Bahn und Wasserstrasse, PLANCO Consulting GmbH, Essen, November 2007.

- [10] <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20020770695>
- [11] http://www.logistyka.net.pl/bank-wiedzy/transport-i-spedycja/item/download/76861_0bf0a5754f2e9d866959ea42520d5656
- [12] <http://www.mojeprzedmiescie.pl/index.php?file=kop58.php>
- [13] <http://www.rzgw.gda.pl/cms/site.files/file/zegluga/warzeglRZGW.pdf>
- [14] www.portgdansk.pl/zmpg-sa/strategia-rozwoju

Dr inż. Emilia Skupień jest pracownikiem naukowo-dydaktycznym Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej, w Katedrze Eksploatacji Systemów Logistycznych, Systemów Transportowych i Układów Hydraulicznych. W swojej pracy naukowej skupia się na problemach żeglugi śródlądowej w Polsce oraz eksploatacji śródlądowej. Łączy badania naukowe z praktyką, dzięki współpracy ze stoczniami, armatorami oraz administracją rządową.

mgr inż. Agnieszka Osowska zatrudniona na stanowisku asystenta w Katedrze Eksploatacji Statku na Wydziale Nawigacyjnym Akademii Morskiej w Gdyni. Przygotowuje pracę doktorską pt: „Model punktowej i liniowej infrastruktury logistycznej w transporcie śródlądowym na obszarze dorzecza Środkowej oraz Dolnej Wisły”.