

MAREK MISTEWICZ<sup>1)</sup>

## ECONOMIC AND SOCIAL ASPECTS OF LONG-TERM OPERATION OF THE LONGEST ROAD BRIDGE IN POLAND - OF TEMPORARY STRUCTURE

## EKONOMICZNE I SPOŁECZNE ASPEKTY WIELOLETNIEGO UŻYTKOWANIA NAJDŁUŻSZEGO W POLSCE MOSTU DROGOWEGO - O KONSTRUKCJI TYMCZASOWEJ

**STRESZCZENIE.** W artykule opisano historię drogowego mostu przez Wisłę w Wyszogrodzie, obejmującą lata 1916-1999. Zbudowany w 1916 roku most ten był dwukrotnie niszczonej podczas drugiej wojny światowej, a następnie odbudowywany, przebudowywany przed i po wojnie oraz wielokrotnie remontowany po katastrofach spowodowanych przez pochody lodu i pożar. Jego konstrukcja o charakterze tymczasowym miała 7 odmian: 2 pływające i 5 zbudowanych na drewnianych filarach, które zestawiono w artykule. Utrzymanie mostu było kosztowne, wobec czego wyrażano poglądy, że jest wykonywane dla spełnienia potrzeb społecznych i militarnych. Przeprowadzona post factum analiza efektywności ekonomicznej odbudowy mostu po katastrofie budowlanej w 1993 roku wykazała, że utrzymanie istniejącego mostu było efektywne, nawet w porównaniu z budową nowego mostu w 1999 roku.

**SŁOWA KLUCZOWE:** analiza kosztów i korzyści, historia techniki, katastrofy budowlane, most tymczasowy.

**ABSTRACT.** The paper describes the history of the road bridge over the Vistula river in Wyszogród between the years 1916 and 1999. Originally built in 1916 the bridge was destroyed two times during the Second World War, then reconstructed and adopted several times before and after the war, as well as rehabilitated after collapses caused by ice drifts and fire. There were seven types of the analysed temporary bridge, including two floating ones and five superstructures supported on wooden piers, which are mentioned in the paper. Keeping the bridge in operation was costly and hence opinions that it was maintained generally for social and military reasons. An ex post cost-benefit analysis was carried out for the reconstruction of the temporary bridge after the collapse in 1993 and it showed that keeping in place the temporary bridge was a cost-efficient option even when compared to the new construction in 1999.

**KEYWORDS:** cost-benefit analysis (CBA), history of technology, structural disasters, temporary bridge.

DOI: 10.7409/rabdim.016.015

<sup>1)</sup> Instytut Badawczy Dróg i Mostów, ul. Instytutowa 1, 03-302 Warszawa; mmistewicz@ibdim.edu.pl

## 1. WSTĘP

W prawie 84-letniej historii mostu przez Wisłę w Wyszogrodzie poświęcono mu jedynie trzy artykuły w czasopiśmie naukowo-technicznych i kilkanaście wzmianek w artykułach o szerszej tematyce oraz w monografiach. Dane o pierwszej, zbudowanej w 1916 roku na potrzeby wojsk niemieckich, stalowej konstrukcji mostu przez Wisłę na drewnianych filarach dostarcza niezwykle cenny artykuł polskiego inżyniera Ludwika Hubla z roku 1930, opublikowany w „Wiadomościach Stowarzyszenia Członków Polskich Kongresów Drogowych” [1]. W pracy tej zamieszczono szczegółowy opis konstrukcji mostu z podaniem wymiarów jego elementów oraz przedstawiono problemy techniczne związane z użytkowaniem mostu, w szczególności podczas wielkiej powodzi w 1924 roku. Jako kolejny, w tym samym czasopiśmie ukazał się artykuł inżyniera Seweryna Skwierczyńskiego na temat wyszogrodzkiego mostu [2], który zawiera uzupełnienie informacji przekazanej przez inżyniera Hubla o szczegółowe dane dotyczące przebudowy mostu wykonanej w latach 1925-1928 (Rys. 1).

Jedynym artykułem dotyczącym powojennych dziejów mostu i opublikowanym w okresie jego użytkowania – w miesięczniku naukowo-technicznym „Drogownictwo”, jest praca inżynierów Zdzisława Bieleckiego i Bohdana Gutkiewicza, zatrudnionych w Dyrekcji Okręgowej Dróg Publicznych w Warszawie, która w tym czasie odpowiadała za utrzymanie mostu przez Wisłę w Wyszogrodzie [3]. Można znaleźć w nim wiele szczegółowych informacji na temat konstrukcji i powojennej historii mostu, przekazanych na podstawie *Monografii* tymczasowego mostu, którą autorzy opracowali w oparciu o bogaty wybór materiałów źródłowych [4]. Rozdział dotyczący wyszogrodzkiego mostu został zamieszczony w polsko-angielskiej książce autora tego artykułu, poświęconej historii i współczesności budowy oraz utrzymania polskich mostów, wydanej w 1991 roku przez wydział mostów Generalnej Dyrekcji Dróg Publicznych [5]. W omawianych publikacjach i w kolejnych nie analizowano ekonomicznych aspektów utrzymania mostu tymczasowego przez Wisłę. Przekazywano natomiast powszechnie wyrażaną opinię o konieczności zbudowania mostu o konstrukcji trwałej, uzasadniając ją wysokimi kosztami bieżącego utrzymania i remontów istniejącego mostu. W związku z tym celem tej pracy jest weryfikacja tezy, że w uwarunkowaniach gospodarczych Polski w XX wieku utrzymywanie tymczasowego mostu przez Wisłę w Wyszogrodzie uzasadniały zarówno względy społeczne, jak i rachunek korzyści ekonomicznych.

## 1. INTRODUCTION

Despite a long, almost eighty four year history of the bridge in Wyszogród over the Vistula there can be found only three specialist publications devoted to it and not more than over a dozen mentions in more general papers and monographs. The information on the original steel superstructure supported in wooden piers, built for the German army in 1916, can be found in the most valuable article written in 1930 by Ludwik Hubl, a Polish engineer, published in the News of the Association of Members of Polish Road Congresses [1]. The article contains a detailed description of the bridge structure giving the dimensions of its members and describes the technical problems related to bridge operation, in particular those which emerged during the great flood in 1924. That description was supplemented with the Skwierczyński's article [2] published later on in the same periodical containing information on the bridge reconstruction performed between 1925 and 1928 (Fig. 1).

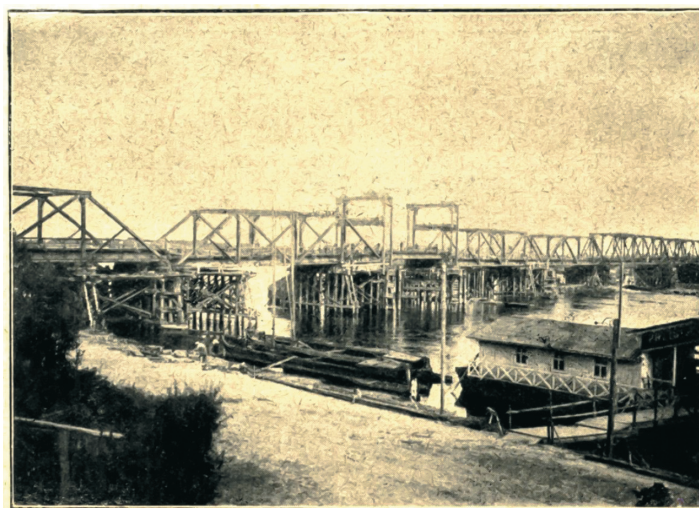


Fig. 1. Reconstruction of the bridge in Wyszogród between 1925 and 1928, photo by S. Skwierczyński, National Library of Poland [2]  
Rys. 1. Przebudowa wyszogrodzkiego mostu w latach 1925-1928, fot. S. Skwierczyński, Biblioteka Narodowa [2]

Trying to investigate the history of the bridge after the Second World War we have to rely on the information provided in the one and only article by engineers from Regional Directorate of Public Roads – Zdzisław Bielecki and Bohdan Gutkiewicz, who were responsible for the maintenance of the bridge on the Vistula in Wyszogród at that time. The article was published when the bridge was still in service in the scientific and technical journal

## 2. ROZWIĄZANIA KONSTRUKCYJNE

Most przez Wisłę w Wyszogrodzie zbudowali Niemcy podczas pierwszej wojny światowej. Wzniesienie mostu poprzedziło ustawienie pływającej przeprawy, którą 20 kwietnia 1916 roku zastąpiono konstrukcją stałą. Most pływający posłużył generałowi Hansowi Hartwigowi von Beselerowi (1850-1921) do zdobycia 19 sierpnia 1915 roku Twierdzy Nowogeorgiewskiej w Modlinie, której broniły wojska rosyjskie. Most stały składał się z 48 przęseł stalowych, w tym 12 kratownic Warrena i 2 przęseł ruchomych podnoszonych na wysokość 5 m. Ustrój niosący mostu oparto na drewnianych filarach złożonych z jarzm palowych [1]. Po zburzeniu mostu 8 września 1939 roku przez saperów Armii „Modlin”, gdy w Polsce nastąpiła okupacja niemiecka, w Wyszogrodzie ponownie stawiano most pływający dla potrzeb Wehrmachtu. Przed spodziewaną ofensywą Armii Czerwonej pod koniec 1944 roku niemiecka Organizacja Todt przystąpiła do odbudowy mostu stałego. Wobec deficytu stali ustrój niosący mostu wykonano z drewna stosując kratownice Lembkego, nazywane również dźwigarami gwoździowanymi, a w przęśle dla żeglugi – kratownicę Howe’a podwieszoną do drewnianego łuku. Tylko przez krótki okres w swej historii, od listopada 1944 roku do 19 stycznia 1945 roku, wyszogrodzki most był zbudowany całkowicie z drewna. Ponownie zburzony przez saperów Wehrmachtu most został odbudowany i oddany do użytku 16 grudnia 1946 roku przez II Rejonowe Kierownictwo Odbudowy Mostów Drogowych, kierowane przez inż. Aleksandra Witkowskiego (1898-1986), z udziałem przedwojennych przedsiębiorstw prywatnych inż. Stefana Łukawskiego i inż. Bolesława Liśkiewicza [6]. Podczas odbudowy mostu jego drewniane przęsło żeglowne zastąpiono stalową kratownicą typu „W” ze słupkami i łamanym parabolicznym pasem górnym, a w latach 1961-1967 Rejon Eksploatacji Dróg Publicznych w Płocku, kierowany przez inż. Zygmunta Załuskę (1909-1982), wymienił pozostałe drewniane przęsła na stalowe, złożone z belek walcowanych i blachownic spawanych o średniku pełnym lub ażurowym [7] (Tabl. 1). Most o długości 1285 m przed drugą wojną światową i po wojnie był najdłuższym mostem drogowym w Polsce.

Zbudowane przez Niemców konstrukcje wyszogrodzkiego mostu uzyskały negatywną ocenę techniczną od polskich inżynierów, którzy utrzymywali most po pierwszej i po drugiej wojnie światowej [1, 2, 4]. Most był bowiem zbudowany z elementów drewnianych, które ulegały procesom naturalnej destrukcji i co kilkanaście lat należało je wymieniać na nowe. Ponadto filary wyszogrodzkiego mostu były

“Drogownictwo” [3]. It contains a lot of detailed information on the structure and the post-war history of the bridge based on the monograph developed by the authors upon examination of a wide selection of source materials [4]. A chapter devoted to the bridge in Wyszogród can be found in a book of this article author on the past and present day bridge construction and maintenance problems in Poland published in 1991, simultaneously in Polish and in English, by the bridge division of the General Directorate of Public Roads [5]. The economic aspects of keeping the bridge in operation were not, however, analysed neither in the above-described nor in the subsequent publications. They repeated the common accepted view that construction of a permanent bridge is necessitated by the high cost of routine maintenance and repairs of the existing temporary bridge. Hence the objective of this paper – to determine if the decisions to keep that temporary bridge in Wyszogród over the Vistula river in place can be defended on both social and economic grounds, taking into account the 20<sup>th</sup> century economic situation of Poland.

## 2. STRUCTURAL FEATURES

The bridge over the Vistula in Wyszogród was built by the Germans during the First World War. It was erected on 20<sup>th</sup> April 1916 to replace the existing floating structure. The former floating bridge was used by the troops under the command of general Hans Hartwig von Beseler (1850-1921) to take the Novo Georgievsk Fortress in Modlin, defended by Russian troops. The fixed bridge comprised of forty eight steel spans, including twelve Warren trusses and two moveable spans raised to the maximum height of 5 metres. The superstructure was supported on piers consisted of pile bents [1]. On 8<sup>th</sup> September 1939 the bridge was demolished by the sappers of the Polish “Modlin” Army and during the occupation a floating bridge was installed once again for Wehrmacht. Facing the expected Red Army arrival at the end of 1944 the German Todt Organisation started rebuilding the fixed bridge. With a shortage of steel the bridge was provided with a timber superstructure with Lembke trusses, in Poland called nailed girders, and the navigable span was made of Howe truss suspended from timber arch. As a result, the bridge obtained an all-wood structure and had it between November 1944 and 19<sup>th</sup> January 1945, this being a very short time-span in its long service lifetime. After the next demolition, this time by retreating Wehrmacht, the bridge was rebuilt by the II Regional Management for the Reconstruction of Road Bridges

Table 1. Structural features of the bridge in Wyszogród [1, 2, 4]  
 Tablica 1. Zestawienie rozwiązań konstrukcyjnych wyszogrodzkiego mostu [1, 2, 4]

Time Okresy	Ice noses Izbice	Supports / Podpory		Spans / Przęsła		Deck Pokład
		piers filary	abutments przyczółki	waterway nawodne	land lądowe	
from / od Apr. / kwiecień 1916 to / do Sept. / wrzesień 1939	wooden drewniane	wooden pile bents drewniane jarzma palowe	brick and concrete cegłano-betonowe	steel / stalowe: 4 Warren trusses 4 kratownice Warrena $l = 60$ m, 8 Warren trusses 8 kratownic Warrena $l = 40$ m, 2(1) movable 2(1) ruchome $l = 20$ m	hot-rolled steel I-beams No. 80 stalowe dwuteowe belki walcowane Nr 80 $l = 20$ m	timber: planks, boards drewniane: bale, deski
from / od Sept. / wrzesień 1939 to / do 1939-1940	wooden drewniane	support on destroyed structure oparcie na zburzonej konstrukcji	wooden drewniane	timber beams drewniane belki	timber beams drewniane belki	timber boards drewniane deski
from / od Nov. / listopad 1944 to / do Jan. / styczeń 1945	wooden drewniane	wooden pile bents drewniane jarzma palowe	brick and concrete cegłano-betonowe	timber / drewniane: Howe truss suspended from arch kratownica Howe'a podwieszona do łuku $l \geq 35$ m, Lembke system truss kratownice Lembkego $l = 21$ m	timber Lembke trusses drewniane kratownice Lembkego $l = 21$ m	timber: logs, planks, boards drewniane: okrągłaki, bale, deski
from / od Dec. / grudzień 1946 to / do alteration / przebudowy 1961-1967	wooden drewniane	wooden pile bents or framed bents on pile bents drewniane jarzma palowe lub palowo-ramowe	brick and concrete cegłano-betonowe	steel / stalowa truss / kratownica $l = 42$ m, timber Lembke trusses drewniane kratownice Lembkego $l = 21-23$ m	timber Lembke trusses drewniane kratownice Lembkego $l = 21$ m	timber: logs, planks, boards drewniane: okrągłaki, bale, deski
from / od alteration / przebudowy 1961-1967 to / do Oct. / październik 1999	wooden drewniane	wooden pile bents or framed bents on pile bents drewniane jarzma palowe lub palowo-ramowe	brick and concrete cegłano-betonowe	steel / stalowe: truss / kratownica $l = 42$ m, welded plate girders blachownice spawane $l = 21$ m, Barzykowski welded plate girders with an open web blachownice spawane ażurowe Barzykowskiego $l = 21-23$ m	steel / stalowe: NP550 hot-rolled steel I-beams dwuteowe belki walcowane NP550 $l = 13.5$ m, welded plate girders blachownice spawane $l = 21$ m, Barzykowski welded plate girders with an open web blachownice spawane, ażurowe Barzykowskiego $l = 21$ m	timber: logs, planks, boards drewniane: okrągłaki, bale, deski

położone skośnie, zamiast równoległe do nurtu rzeki oraz posadowiono je na głębokości mniejszej niż głębokość rozmycia dna Wisły. Przęsła mostu miały zbyt małe rozpiętości, a wzniesienie spodu ich konstrukcji ponad poziom wysokiej wody nie zapewniało swobodnego spływu lodu. Z tego powodu zastosowane w budowie rozwiązania konstrukcyjne były przyczyną licznych katastrof mostu.

### 3. HISTORIA KATASTROF MOSTU

Największa z katastrof wyszogrodzkiego mostu wydarzyła się w roku 1924, kiedy przy wysokim stanie wody pochodzący lodu zniszczył cztery filary i zwałił do wody pięć opartych na nich przęseł. Powojenne katastrofy miały podobny przebieg, lecz zakres zniszczeń był mniejszy. Na ogół żywioł niszczył jeden filar, z którego spadały do wody dwa przęsła. Żaden z zarządców nie podjął wówczas decyzji o likwidacji mostu, który miał się odradzać po każdej wojnie i po każdej katastrofie (Rys. 2, Tabl. 2).



Fig. 2. The bridge in Wyszogród destroyed by the Polish Armed Forces in 1939, author unknown, author's collection [8]  
Rys. 2. Wyszogrodzki most zburzony przez Wojsko Polskie we wrześniu 1939 roku, fotograf nieznan, ze zbioru autora [8]

Wśród osób odpowiedzialnych za utrzymanie wyszogrodzkiego mostu panowało powszechne przekonanie, że poniesienie wysokich wydatków na sukcesywną wymianę drewnianych elementów pomostu, podpór i izbic oraz na odbudowę ze zniszczeń po pochodach lodu jest nieracjonalne oraz wskazuje na konieczność zbudowania nowego mostu o konstrukcji trwałej. Przejawem takich poglądów jest stanowisko Rady Techniczno-Ekonomicznej przy Ministrze Transportu, która w połowie 1990 roku zarekomendowała zamknięcie dla ruchu istniejącego wyszogrodzkiego

headed by Aleksander Witkowski (1898-1986) with the participation of Stefan Łukawski and Bolesław Liśkiewicz enterprises operating from the pre-war period [6]. The works were completed and the bridge was opened to traffic on 16<sup>th</sup> December 1946. At the time of reconstruction the navigable timber span was replaced with a steel W truss with verticals and parabolic top chord. Moreover, the timber spans remained in place until they were replaced by steel spans built of rolled beams and welded steel plate girders with solid or perforated web in the period 1961-1967 by the Operation Office of Public Roads in Płock, headed by engineer Zygmunt Załuska (1909-1982) [7] (Table 1). The overall length of 1285 metres made it the longest road bridge in Poland, both before and after the Second World War.

The structure of Wyszogród Bridge built by Germans was considered unsatisfactory by the Polish engineers who were responsible for maintaining it after the First and Second World Wars [1, 2, 4]. This was due to the natural deterioration of wooden elements requiring replacement after over a dozen years of operation. Moreover, the piers were located diagonally rather than parallel with respect to the river current and embedded shallower than the riverbed scour depth. Moreover, short spans and small vertical clearance above the high water level did not provide sufficient clearance for free flow of ice. This design solutions made the bridge prone to the numerous collapses which took place over its service lifetime.

### 3. OVERVIEW OF THE BRIDGE DISASTERS

The most serious failure occurred during high water period in 1924 when ice drift destroyed four piers and five spans supported on them fell into the river. A similar pattern was followed by the disasters which occurred after the Second World War, yet the severity of damage was not as great as in 1924. The events generally destroyed only one pier as a result of which two spans fell down into the river. A demolition decision was not issued on any of these occasions and thus the bridge was supposed to rise from ashes after each and every war or disaster (Fig. 2, Table 2).

On the other hand, the maintenance engineers shared a view that a new bridge of permanent structure was most needed to replace the existing one in order to avoid the high cost of successive replacements of timber elements of the deck, supports and ice noses, as well as the need to rectify damage caused by the successive ice drifts. These

mostu drogowego z powodu nieopłacalności jego dalszych remontów [7].

views were expressed in the recommendation of the Technical and Economic Board to the Minister of Transport to close the existing Wyszogród Bridge for traffic due to economic inefficiency of its further repairs [7].

Table 2. List of disasters of the fixed structures of the bridge in Wyszogród [1, 4]  
Tablica 2. Zestawienie katastrof konstrukcji stałych wyszogrodzkiego mostu [1, 4]

Years Lata	Time of the year Okresy	Number of damaged components / Liczba uszkodzonych			Cause of disaster Przyczyny katastrof
		ice noses / izbic	piers / filarów	spans / przęseł	
1924	March / marzec	5	4	5	ice drift / pochód lodu
1939	September / wrzesień	3	46	48	destroyed by the Polish Armed Forces zniszczenie przez Wojsko Polskie
1945	January / styczeń	many / wiele	15	15	destroyed by German Wehrmacht zniszczenie przez niemiecki Wehrmacht
1947	March / marzec	many / wiele	1	2	ice drift / pochód lodu
1954	spring / wiosna	several / kilka	1	1	ice drift / pochód lodu
1966	spring / wiosna	several / kilka	3	1	ice drift at high water level pochód lodu przy wysokim stanie wody
1971	spring / wiosna	several / kilka	4	2	ice drift / pochód lodu
1987	February / luty	several / kilka	1	2	ice drift, river bottom scour pochód lodu, rozmycie dna rzeki
1990	June / czerwiec	1	1	2	fire / pożar
1992	spring / wiosna	4	–	–	ice drift / pochód lodu
1993	January / styczeń	19	1	2	ice drift / pochód lodu

#### 4. KORZYŚCI SPOŁECZNE

Na znaczenie wyszogrodzkiego mostu w 1930 roku zwracał uwagę inżynier Seweryn Skwierczyński, autor słów, które okazały się aktualne przez cały wiek XX: *Most wyszogrodzki w takim stanie jak obecnie, do czasu budowy stałego, będzie bolączką stałą lecz konieczną, bo wyobrazić sobie Wyszogród i jego okolice, a także kolej dojazdową Sochaczew-Wyszogród, bez mostu przy obecnym ruchu po nim – jest nie do pomyślenia* [2]. Przez 84 lata funkcjonowanie Wyszogrodu i życie jego mieszkańców przebiegało w ścisłym związku z cyklicznymi zdarzeniami hydrologicznymi na Wiśle oraz zmaganiem z żywiołem rzeki o utrzymanie mostu. Każde jego uszkodzenie przez pochód lodu na wiele miesięcy zrywało więzi pomiędzy ludźmi zamieszkującymi dwa brzegi wielkiej rzeki. Przerywane były połączenia komunikacyjne z pobliskim miastem – Sochaczewem. Mieszkańcy Wyszogrodu nie mogli korzystać z kolei, której końcowa stacja znajdowała się w zlokalizowanym na przeciwnym brzegu Kamionie. Ustawały dostawy zaopatrzenia w produkty spożywcze z pobliskich wsi zlokalizowanych na lewym brzegu Wisły.

#### 4. SOCIAL BENEFITS

The significance of the bridge in Wyszogród was noted by Seweryn Skwierczyński and his statement remained valid through the whole 20<sup>th</sup> century: *The Wyszogród Bridge in its present state, until the time of constructing a permanent one, will remain a constant yet necessary malady, as it is unthinkable to imagine Wyszogród, its surroundings, as well as the Sochaczew-Wyszogród commuter railway without the bridge, given the current traffic on it* [2]. For eighty four years the life of Wyszogród as a town and the lives of its inhabitants were closely connected to the cyclical hydrological events in the Vistula and the struggle to keep the bridge in place in spite of the destructive force of the river. Each disaster caused by the ice drift severed the ties between people living on the two sides of the big river. Besides, the bridge failures cut off transport connections between Wyszogród and the nearby town of Sochaczew. Inhabitants of Wyszogród could not use the railway service having the terminal station in Kamion on the other side of the river. Supply of foods produced by farmers on the other side of the river also stopped at these times.

Most stanowił również źródło utrzymania wielu mieszkańców Wyszogrodu i okolic, którzy pracowali przy utrzymaniu oraz remontach jego tymczasowej konstrukcji. W latach 1954-1986 w roboczej brygadzie wykonującej na moście roboty utrzymaniowe było zaangażowanych na stałe ogółem 35 pracowników, którzy przepracowali w niej od 14 do 36 lat [4]. Podczas przebudowy mostu prowadzonej w latach 1961-1967 zatrudnienie znalazło tam ponad 100 ludzi. Zimą, gdy roboty na moście nie były wykonywane, Rejon Eksploatacji Dróg Publicznych, a potem Rejon Dróg Publicznych w Płocku ograniczał liczebność załogi, co wywoływało niezadowolenie wyszogrodzkiej społeczności. W mieście znajdowali zakwaterowanie saperzy Wojska Polskiego, biorący udział w obronie mostu w chwilach jego zagrożeń pochodami lodu.

Korzyści ekonomiczne związane z funkcjonowaniem dawnego mostu były doceniane nawet wtedy, gdy został zastąpiony mostem trwałym w nowej lokalizacji. W opinii miejscowej placówki bankowej, zbudowanie nowego mostu i trasy drogowej prowadzącej ruch z ominięciem Wyszogrodu spowodowało, że miasto przestało się rozwijać i że miało to wpływ na wzrost bezrobocia. Mieszkańcy Wyszogrodu kultywowali pamięć o dawnym moście przez Wisłę jeszcze przez kolejne lata po jego rozbiórce. Zachowane na prośby władz miasta przeszło mostu od strony Wyszogrodu było wykorzystywane podczas festynów i uroczystości.

## 5. FUNKCJE MILITARNE

Podczas 84 lat historii, utrzymywanie tymczasowego mostu przez dolną Wisłę w Wyszogrodzie uzasadniały ważne cele militarne. W scenariuszach odwiecznych zmaganiach wschodu z zachodem kontynentu – most odgrywał strategiczną rolę. Na przełomie 1915 i 1916 roku wojska niemieckie zbudowały go dla zapewnienia skuteczności uderzenia na carską Rosję, a niebawem, w roku 1920 Armia Czerwona zaplanowała wykorzystać go w marszu na zachód, który przynieść miał Europie idee komunizmu.

W międzywojennej Polsce drogę prowadzącą po moście zaliczono do dróg strategicznych, co niebawem, tj. we wrześniu 1939 roku potwierdziły wydarzenia agresji niemieckich Niemiec i sowieckiej Rosji na Polskę. Po raz kolejny wojska niemieckie wykorzystały przeprawę w Wyszogrodzie podczas marszu na wschód, ustawiając mosty pontonowe od czasu ataku na Związek Sowiecki w roku 1941. Podczas odwrotu Niemców ze wschodu, w roku 1944 niemiecka Organizacja Todt zbudowała w Wyszogrodzie most drewniany, służący do przemieszczania jednostek wojskowych wzdłuż linii frontu, przygotowywanej do obrony przed Armią Czerwoną.

On the other hand, the bridge was a source of income for a number of people living in Wyszogrod and its vicinity, who were employed for maintenance and repair works needed by the temporary structure. Between the years 1954 and 1986 the Working Brigade maintaining the bridge numbered thirty five people with the duration of employment ranging between 14 and 36 years. Moreover, during rehabilitation in the period 1961-1967 over a hundred people were employed. Winter reductions of the brigade staff by the Operation Office of Public Roads in Plock led to strong criticism of the local community of Wyszogrod. Also related to the existence of the temporary bridge were accommodation services for the sappers of the Polish Armed Forces deployed in Wyszogrod to assist in defending the bridge against hazards caused by the ice drifts down the Vistula.

The economic benefits related to the old bridge were recalled when it was finally replaced with a permanent bridge built in a new location. According to a local bank staff, construction of the new bridge on the road by-passing Wyszogrod stopped the development of the town and contributed to the increase of unemployment rate. The old bridge was remembered by the inhabitants for several years after its demolition. The municipality persuaded the authorities to keep the span from the Wyszogrod side and used it for various social events or ceremonies.

## 5. MILITARY FUNCTIONS

The military function of the temporary bridge in Wyszogrod across the lower course of the Vistula was an important argument which contributed to its eighty four years history. It played a strategic role in scenarios of the perennial conflict between the East and the West of continent. Originally built between the end of 1915 and the beginning of 1916 by the German troops to support invasion of the Russian Empire it was soon, namely in 1920, to be used by the Red Army marching west to expand communism throughout Europe.

In inter-war Poland the road leading to the bridge was included in the strategic roads, which soon in September 1939 confirmed the events of Nazi Germany and Soviet Russia aggression against Poland. For the second time the German troops crossed the river in Wyszogrod through pontoon bridges, heading east during invasion of the Soviet Union in 1941. During their subsequent retreat in 1944 a timber bridge was erected by the Todt Organisation to be used for moving troops along the front line prepared for defense against the Red Army.

Po zakończeniu drugiej wojny światowej w Polsce, przez blisko 55 lat droga nr 569, w której ciągu znajdował się most, była zaliczona do kategorii dróg obronnych. W okresie zimnej wojny pomiędzy wschodem a zachodem Europy, po tej drodze zaplanowano przemarsz wojsk rosyjskich na zachód. W sierpniu 1968 roku mieszkańcy Wyszogrodu byli świadkami przejazdu po moście kolumn wojsk rosyjskich w związku ze zbrojną interwencją państw członków Układu Warszawskiego w Czechosłowackiej Republice Socjalistycznej. Trwały most w Wyszogrodzie, który w 1999 roku zastąpił dawny most tymczasowy, łączący południowy brzeg Wisły z północnym, skąd drogi krajowe biegną w kierunku tak zwanego „przesmyku suwalskiego”, którego utrzymanie Sojusz Północnoatlantycki NATO uznał za kluczowe dla zapewnienia bezpieczeństwa państw bałtyckich: Litwy, Łotwy i Estonii.

## 6. ANALIZY KOSZTÓW I KORZYŚCI

W roku 1993 zespół ekonomistów transportu z Instytutu Badawczego Dróg i Mostów, kierowany przez profesor Halinę Chrostowską (1926-1996), co najmniej dwukrotnie wykonał analizy efektywności ekonomicznej budowy nowego mostu przez Wisłę i Bzurę w Wyszogrodzie (z dojazdami drogowymi). Prowadzono je zgodnie z procedurami Banku Światowego, który miał sfinansować 50% kosztów tej inwestycji. W analizach zestawiono różnicę nakładów utrzymaniowych lub inwestycyjnych i różnicę kosztów społecznych ponoszonych przez użytkowników dróg oraz środowisko dla dwóch wariantów: realizacji i zaniechania realizacji inwestycji. Koszty społeczne oszacowano na podstawie pomiarów, a także prognoz ruchu drogowego dla 35-kilometrowych objazdów mostu. Obliczono korzyści netto  $NV$  i na tej podstawie graniczną stopę zwrotu planowanych nakładów na inwestycję  $IRR$  w badanym okresie od 1994 do 2016 roku, która wyniosła 26,07% [9, 10]. Na tej podstawie inwestycję zakwalifikowano do realizacji, która zakończyła się 13 października 1999 roku oddaniem do eksploatacji nowego mostu w Wyszogrodzie. Po uwzględnieniu rzeczywistych natężeń ruchu drogowego pomierzonych przed i po budowie mostu, w 2001 roku Bank Światowy opublikował korzystniejszy wskaźnik ekonomiczny, osiągnięty w efekcie realizacji inwestycji  $IRR = 42,5\%$  [11].

W roku 2014 została wykonana post factum ocena efektywności ekonomicznej odbudowy filara i dwóch przęseł mostu w Wyszogrodzie, zniszczonych w roku 1993 przez pochodź lodu na Wisłę (Rys. 3). Obliczenia wykonano w oparciu o dane wyjściowe, które w 1993 roku zespół ekonomistów kierowany przez profesor Chrostowską przyjął

After the Second World War road No. 569 carried by the bridge was classified in category of defense roads for almost 55 years. During the Cold War period it was planned to use this road by the Russian troops in their march to Western Europe. In August 1968 the inhabitants of Wyszogród witnessed the columns of Russian army vehicles passing over the bridge as part of the Warsaw Pact states invasion of Czechoslovakian Socialist Republic. The permanent bridge in Wyszogród, which replaced the old one in 1999, links the south bank with the north bank of the Vistula from where national roads are heading towards the so-called Suwałki gap, which is considered a key to the security of the three Baltic States: Lithuania, Latvia and Estonia.

## 6. COST-BENEFIT ANALYSES

In 1993 a team of transport economists from the Polish research centre Roads and Bridge Research Institute led by Professor Halina Chrostowska (1926-1996) carried out at least two cost-benefit analyses concerning construction of a new bridge over the Vistula and the Bzura in Wyszogród (including the associated approach roads). The analyses followed the requirements of the World Bank procedures assuming that it would provide funds to cover 50% of the total project cost. The analyses show the differences in the maintenance cost or capital expenditures (investment outlays), and the differences in savings in social cost incurred by the road users and by the environment for the two options considered in the analysis: with and without the project. The social costs were estimated on the basis of traffic counts and forecasts of the traffic volume on the 35 km long diversion. The internal rate of return  $IRR$  for the planned investment outlays in the analysed period from 1994 to 2016 was 26.07%, and it was achieved by using the computed net value  $NV$  [9, 10]. On this basis the project was approved for construction and was successfully completed and opened to traffic on 13<sup>th</sup> October 1999. The traffic levels measured in field before and after the project gave a more favourable value of  $IRR$  of 42.5%, as published by the World Bank in 2001 [11].

An ex post cost-benefit analysis was carried out in 2014 for reconstruction of one pier and the two spans destroyed in 1993 by the ice drift on the Vistula (Fig. 3). The input data were the same as used by Professor Chrostowska team in 1993 for the cost-benefit analysis of new construction project to replace the temporary bridge in Wyszogród. Comparative cost-benefit analysis



przy ocenie efektywności ekonomicznej budowy nowego mostu w Wyszogrodzie. Do oceny efektywności ekonomicznej wykorzystano metodę porównawczą polegającą na zestawieniu różnicy nakładów i korzyści dwóch wariantów:

- trwałego zaprzestania użytkowania mostu,
- przywrócenia użytkowania mostu w efekcie odbudowy filara i dwóch przęseł.

Do obliczeń przyjęto ruch pomierzony na drodze nr 569 na odcinku Wyszogród-skrzyżowanie z drogą 577 o natężeniu  $SDR = 1886$  pojazdów rzeczywistych na dobę i jego strukturę: 93% samochodów osobowych i 7% samochodów dostawczych [12]. Nie uwzględniano prognoz wzrostu ruchu drogowego, co uzasadniały okoliczności zniechęcające kierowców do wyboru tej trasy, takie jak awaryjność i nieodpowiedni stan techniczny mostu.

W roku 1993 zarówno przed katastrofą, jak i po odbudowie filara oraz dwóch przęseł, na moście obowiązywały: zakaz ruchu pojazdów o masie całkowitej powyżej 2,5 tony, ograniczenie prędkości pojazdów do 20 km/h i zawężenie skrajni poziomej ruchu do 2,0 m. Przyjęto trasy objazdu mostu dla samochodów osobowych drogami wyznaczonymi przed 1993 roku dla ruchu ciężkiego w relacjach:

- Płońsk-Sochaczew – przez Zakroczym, Leszno drogami nr 7, 579, 580, 578 – przez Zakroczym-Błonie drogami nr 7, 579, 2 – przez Zakroczym-Ślądów drogami nr 7, 576, 578,
- Wyszogród-Sochaczew – przez Zakroczym drogami nr 62, 7, 579, 580 – przez Płock drogami nr 62, 577, 569,
- Wyszogród-Błonie – przez Zakroczym drogami nr 62, 579,
- Ciechanów-Łódź – przez Zakroczym,
- Ciechanów-Skierniewice – przez Warszawę – przez Błonie,

zakładając *średnie wydłużenie trasy około 35 km zależnie od miejscowości wyjściowej i docelowej* na podstawie oceny efektywności ekonomicznej wykonanej w 1993 roku [9]. Przyjęto jednorazowe nakłady na 1993 rok przeznaczone na odbudowę filara i dwóch przęseł mostu w rzeczywistej wysokości 12 000 mln zł. Łączne nakłady na utrzymanie mostu przez Wisłę i mostu przez Bzurę w latach 1993-1999 w wysokości 13 000 mln zł/rok przyjęto na podstawie oceny efektywności ekonomicznej zadania inwestycyjnego, wykonanej w 1993 roku [9].

### **Koszty eksploatacji pojazdów samochodowych**

Obliczono je według wzoru:

was the chosen method, comparing the difference of costs and benefits for the two options considered:

- permanent cessation of the bridge operations,
- restoring the bridge to service following reconstruction of the pier and the two spans.



Fig. 3. Destruction of one pier and two spans caused by the ice drift in spring 1993, photo: Marek Mistewicz [7]

Rys. 3. Zniszczenie filara i dwóch przęseł przez pochód lodu wiosną 1993 roku, fot. Marek Mistewicz [7]

The following traffic data were used in the analysis, as obtained in the traffic survey on the section of road No. 569 between Wyszogród and the intersection with road No. 577:  $AADT = 1886$  vehicles/day, including 93% of passenger cars and 7% of commercial vehicles [12]. The traffic forecasts predicting an increase in traffic volume were ignored on the grounds of discouraging factors including law reliability and generally poor condition of the bridge.

The following traffic restrictions were in place in 1993, both before and after reconstruction of the destroyed pier and the two spans: 2.5 t posted weight limit, 20 km/h posted speed limit and bridge roadway width narrowed down to 2.0 m. The following bridge diversion routes were assumed for passenger cars, which before 1993 were designated for heavy traffic:

- between Płońsk and Sochaczew – via Zakroczym and Leszno through roads No. 7, 579, 580, 578, via Zakroczym and Błonie through roads No. 7, 579, 2 and via Zakroczym-Ślądów through roads No. 7, 576, 578,
- between Wyszogród and Sochaczew – via Zakroczym through roads No. 62, 7, 579, 580 and via Płock through roads No. 62, 577, 569,

$$K_e = L \cdot \sum_{j=1}^2 k_{e(j)}(V_{(j)}, T, S) \cdot SDR_{(j)} \cdot 365 =$$

$$= 116\,918 \text{ mln zł/rok} \quad (1)$$

przyjmując:

- długość dróg objazdowych  $L = 35$  km,
- jednostkowy koszt eksploatacji samochodów osobowych  $k_{e(1)} = 4\,614$  zł/km i  $SDR = 1\,754$  poj/24h,
- jednostkowy koszt eksploatacji samochodów dostawczych  $k_{e(2)} = 8\,024$  zł/km i  $SDR = 132$  poj/24h,

dla prędkości  $V = 60$  km/h po drogach ruchu normalnego przy płaskim ukształtowaniu terenu  $T$  i stanie technicznym nawierzchni  $S$  – średniej miary [13].

### Koszty czasu pasażerów

Obliczono je według wzoru:

$$K_c = L \cdot (k_c \cdot w_z / V_{pdr}) \cdot SDR \cdot 365 =$$

$$= 18\,070 \text{ mln zł/rok} \quad (2)$$

przyjmując:

- długość dróg objazdowych  $L = 35$  km,
- jednostkowy koszt czasu  $k_c = 18\,000$  zł/h w cenach średnich 1993 roku,
- wskaźnik zapełnienia pojazdu  $w_z = 2,5$  osoby na pojazd [13],
- prędkość  $V_{pdr} = 60$  km/h (przyjęto wartość uśrednioną) [9].

### Koszty wypadków drogowych

Obliczono je według takiej samej metody, jaką zastosowano w 1993 roku przy ocenie efektywności inwestycji [9], według wzoru:

$$K_w = \sum_{i=1}^2 L_{(i)} \cdot w_{w(i)} \cdot k_w \cdot SDR_{(i)} \cdot 365 =$$

$$= 1962 \text{ mln zł/rok} \quad (3)$$

przyjmując:

- długości dróg objazdowych:  $L_1 = 6$  km,  $L_2 = 29$  km,
- wskaźnik wypadkowości na drogach międzyregionalnych  $w_{w(1)} = 0,450$  wyp./1 mln poj.km,
- wskaźnik wypadkowości na drogach regionalnych  $w_{w(2)} = 0,500$  wyp./1 mln poj.km [9],
- jednostkowy koszt wypadku w cenach średnich 1993 r.  $k_w = 165,7$  mln zł/wypadek [13].

Obecnie do wyceny społecznych kosztów zdarzeń drogowych w Polsce jest stosowana metoda „Pandora” opisana w publikacji [14].

- between Wyszogród and Błonie – via Zakroczym through roads No. 62, 579,
- between Ciechanów and Łódź – via Zakroczym,
- between Ciechanów and Skierniewice – via Warsaw – via Błonie,

assuming 35 km *average increase in the trip length with the exact value depending on the origin and destination localities* on the basis of the 1993 CBA [9]. The actual cost of reconstruction of the pier and the two spans was assumed as one-off expenditure of PLZ 12 000 million (after denomination on 1<sup>st</sup> January 1995 10 000 old Polish złotys PLZ became 1 new złoty PLN – recent 5 year average exchange rate for 1 EUR is 4.2 PLN). The total cost of maintenance of the bridge across the Vistula and across the Bzura in the period 1993-1999 was assumed at PLZ 13 000 million/year also on the basis of the 1993 CBA [9].

### Vehicle Operating Cost VOC

It was calculated as follows:

$$K_e = L \cdot \sum_{j=1}^2 k_{e(j)}(V_{(j)}, T, S) \cdot AADT_{(j)} \cdot 365 =$$

$$= \text{PLZ } 116\,918 \text{ million/year} \quad (1)$$

assuming:

- diversion length of  $L = 35$  km,
- passenger car  $VOC k_{e(1)} = 4\,614$  PLZ/km and  $AADT = 1\,754$  veh/24h,
- commercial vehicle  $VOC k_{e(2)} = 8\,024$  PLZ/km and  $AADT = 132$  veh/24h,

for the driving speed of  $V = 60$  km/h on roads for normal traffic in flat terrain class  $T$  and surface condition rating  $S$  (moderate) [13].

### Road user travel time cost TTC

It was calculated as follows:

$$K_c = L \cdot (k_c \cdot w_z / V_{pdr}) \cdot AADT \cdot 365 =$$

$$= \text{PLZ } 18\,070 \text{ million/year} \quad (2)$$

assuming:

- diversion length of  $L = 35$  km,
- unit cost of time of  $k_c = 18\,000$  PLZ/h according to the rates as at 1993,
- vehicle occupancy rate  $VOR w_z = 2.5$  persons per vehicle [13],
- travel speed  $V_{pdr} = 60$  km/h (average value was taken for analysis) [9].

**Koszty emisji toksycznych składników spalin**

Obliczono je według wzoru:

$$K_s = L \cdot \sum_{j=1}^2 k_{e(j)} (V_{(j)}) \cdot SDR_{(j)} \cdot 365 =$$

$$= 608 \text{ mln zł/rok}, \quad (4)$$

przyjmując:

- długość dróg objazdowych  $L = 35$  km,
- jednostkowy koszt emisji spalin samochodów osobowych  $k_{e(1)} = 25,22$  zł/km,
- jednostkowy koszt emisji spalin samochodów dostawczych  $k_{e(2)} = 25,22$  zł/km,

dla prędkości  $V = 60$  km/h [13].

**Koszty użytkowników i środowiska**

Obliczono je przez zsumowanie ww. kosztów:

$$K_u = K_e + K_e + K_w + K_s =$$

$$= 116\,918 \text{ mln} + 18\,070 \text{ mln} + 1962 \text{ mln} + 608 \text{ mln} =$$

$$= 137\,558 \text{ mln zł/rok}, \quad (5)$$

**Aktualna wartość netto**

Obliczono ją według wzoru:

$$NPV = \sum_{i=1}^6 (K_i - N_i) / (1 + (r / 100))^i =$$

$$= 311\,306 \text{ mln zł}, \quad (6)$$

przyjmując:

- horyzont analizy ekonomicznej równy okresowi użytkowania mostu od odbudowy w 1993 roku do jego faktycznej rozbiórki w 1999 roku wynoszący  $i = 6$  lat,
- rzeczywistą stopę redyskonta weksli Narodowego Banku Polskiego wynoszącą  $r = 29\%$  w 1993 roku [15],
- nakłady na odbudowę i utrzymanie  $N_0 = 25\,000$  mln zł,  $N_{1-6} = 13\,000$  mln zł.

Aktualna wartość netto stanowiła różnicę pomiędzy zdyskontowanymi nakładami  $N = 60\,099$  mln zł i zdyskontowanymi korzyściami  $K = 36\,6109$  mln zł.

**Graniczna stopa zwrotu**

Wynosiła ona:  $IRR = 498\%$ , przy której wartość netto  $NPV = 0$ .

**Accident cost**

It was calculated with the same method as used in the 1993 CBA [9] as follows:

$$K_w = \sum_{i=1}^2 L_{(i)} \cdot w_{w(i)} \cdot k_w \cdot AADT_{(i)} \cdot 365 =$$

$$= \text{PLZ } 1962 \text{ million/year} \quad (3)$$

assuming:

- diversion length of  $L_1 = 6$  km and  $L_2 = 29$  km,
- accident rate for inter-regional roads  $w_{w(1)} = 0.450$  acc./1 m veh.-km,
- accident rate for regional roads  $w_{w(2)} = 0.500$  acc./1 m veh.-km [9],
- unit cost of accident based on the 1993 average rates  $k_w = 165.7$  m PLZ/acc. [13].

Currently, the cost of road accidents is estimated in Poland with Pandora method, as described in [14].

**Cost of emission of toxic components of car exhaust fumes**

It was calculated as follows:

$$K_s = L \cdot \sum_{j=1}^2 k_{e(j)} (V_{(j)}) \cdot AADT_{(j)} \cdot 365 =$$

$$= \text{PLZ } 608 \text{ million/year}, \quad (4)$$

assuming:

- diversion length of  $L = 35$  km,
- unit cost of emissions from passenger cars  $k_{e(1)} = 25.22$  PLZ/km
- unit cost of emissions from commercial vehicles  $k_{e(2)} = 25.22$  PLZ/km

for the driving speed of  $V = 60$  km/h [13].

**Users' and environmental costs**

These were calculated as the sum of all the above costs:

$$K_u = K_e + K_e + K_w + K_s =$$

$$= 116\,918 \text{ million} + 18\,070 \text{ million} + 1962 \text{ million} +$$

$$+ 608 \text{ million} = \text{PLZ } 137\,558 \text{ million/year}. \quad (5)$$

**Net Present Value NPV**

It was calculated as follows:

$$NPV = \sum_{i=1}^6 (K_i - N_i) / (1 + (r / 100))^i =$$

$$= \text{PLZ } 311\,306 \text{ million}, \quad (6)$$

### **Efektywność ekonomiczna przedsięwzięcia**

Obliczono ją jako stosunek zdyskontowanych oszczędności do zdyskontowanych nakładów, przy normalnie stosowanej stopie dyskontowej  $r = 12\%$ , tj. takiej, jaką przyjęto w analizie efektywności wykonanej dla inwestycji [9] według wzoru:

$$\begin{aligned} B / C &= \sum_{i=1}^6 K_i / (1 + (r / 100))^i / \sum_{i=1}^6 N_i / (1 + (r / 100))^i = \\ &= 565\,557 \text{ mln zł} / 78\,448 \text{ mln zł} = 7,21 . \end{aligned} \quad (7)$$

## **7. OCENA EFEKTYWNOŚCI EKONOMICZNEJ**

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że zdyskontowane na rok 1993 koszty poniesione na odbudowę fragmentu mostu, w roku katastrofy oraz na jego bieżące utrzymanie przez kolejnych 6 lat, wyniosły 60 099 milionów zł, czyli równoważność 6 milionów PLN (polskich nowych złotych po denominacji). W tym samym okresie korzyści społeczne użytkowników mostu uzyskane z tytułu oszczędności na eksploatacji pojazdów, czasie podróży, kosztach wypadków i emisji spalin do środowiska wyniosły 371 406 milionów zł, czyli ponad 37 milionów zł po denominacji. W związku z tym tak wysokie byłyby straty społeczne, gdyby zaniechano odbudowy fragmentu mostu. Brak przeprawy mostowej zmusiłby użytkowników dróg do korzystania z przepraw mostowych, zlokalizowanych w odległości około 50 km, co generowałoby bezpośrednio w stosunku do nich: wydłużenie czasu podróży, wzrost kosztów eksploatacji pojazdów oraz wzrost ryzyka wypadków drogowych.

Inny wskaźnik ekonomiczny, nazwany graniczną stopą zwrotu nakładów na odbudowę i bieżące utrzymanie *IRR* wyniósł 498% i był wielokrotnie korzystniejszy od *IRR* równego 26%, obliczonego według tych samych założeń dla zadania inwestycyjnego budowy nowego mostu wraz z dojazdami drogowymi [9]. Przy normalnie stosowanej stopie dyskontowej 12% zdyskontowane korzyści były o 621% wyższe od zdyskontowanych nakładów w okresie 6 lat od odbudowy fragmentu mostu. Wynika z tego, że w 1993 roku odbudowa zniszczonego fragmentu dawnego mostu była 1,9-krotnie bardziej efektywna w porównaniu do budowy mostu nowego (Tabl. 3).

W świetle wyżej pokazanych wskaźników należy uznać, że podjęta w 1993 roku decyzja zarządcy mostu o jego odbudowie była właściwa i miała uzasadnienie ekonomiczne. Wobec braku możliwości wykonania analiz efektywności w odniesieniu do decyzji o remontach mostu podejmowanych dawniej (Rys. 4) – dzisiaj można jedynie przypuszczać, że ich wyniki byłyby analogiczne.

assuming:

- the time-span of the analysis equal to the service lifetime of the bridge from the reconstruction in 1993 to its physical demolition in 1999 of  $i = 6$  years,
- actual NBP rediscount rate for 1993 of  $r = 29\%$  [15],
- reconstruction and maintenance expenditures of  $N_0 = \text{PLZ } 25\,000$  million,  $N_{1-6} = \text{PLZ } 13\,000$  million.

*NPV* was calculated by subtracting the discounted outlays of  $N = \text{PLZ } 60\,099$  million from the discounted value of benefits of  $K = \text{PLZ } 36\,6109$  million.

### **Internal Rate of Return *IRR***

It was: *IRR* = 498% for which *NPV* = 0.

### **Economic efficiency of the project**

It was calculated as the ratio between discounted benefit and discounted cost taking the standard discount rate of  $r = 12\%$ , i.e. the same as taken the project CBA [9], as follows:

$$\begin{aligned} B / C &= \sum_{i=1}^6 K_i / (1 + (r / 100))^i / \sum_{i=1}^6 N_i / (1 + (r / 100))^i = \\ &= \text{PLZ } 565\,557 \text{ million} / \text{PLZ } 78\,448 \text{ million} = 7.21 . \end{aligned} \quad (7)$$

## **7. EVALUATION OF THE ECONOMIC EFFICIENCY**

According to the calculations the cost of reconstruction of the collapsed stretch of the bridge, discounted as at 1993 and the cost of routine maintenance for the subsequent 6 years totals PLZ 60 099 million calculating to PLN 6 million (Polish currency after denomination). The social benefits for bridge users including *VOC*, *TTC*, cost of accidents and cost of emission to the environment for the same period total PLZ 371 406 million, i.e. over PLN 37 million. Such high would be then the social costs without bridge reconstruction. The road users would be forced to use crossing means located at a distance of ca. 50 km, resulting in increased time of travel, increased *VOC* and elevated risk of road accident, all of which would directly affect them.

*IRR* is another economic index used to estimate the efficiency of reconstruction and maintenance expenditures and with the calculated value of 498% it is several times higher than the value of *IRR* = 26%, as calculated for the project involving construction of a new bridge including approach roads, based on the same input assumptions [9]. Applying a standard discount rate of 12% the discounted benefit was by 621% higher than the discounted

Table 3. Parameters of the cost-benefit analysis

Tablica 3. Zestawienie danych z analiz efektywności ekonomicznej

Data and ratios / Dane i wskaźniki		Bridge construction at a new location, including approach roads [8] Budowa mostu z dojazdami w nowej lokalizacji [8]	Reconstruction of the pier and two spans and routine maintenance of the bridge Odbudowa filara, dwóch przęseł oraz bieżące utrzymanie mostu
Time span of analyses Horyzont analiz	years lata	23	6
Discount rate Stopa dyskontowa	%	12	12
Net Present Value <i>NPV</i> Aktualna wartość netto	million PLZ mln zł	282 576	311 306
Internal Rate of Return <i>IRR</i> Graniczna stopa zwrotu	%	26	498
Benefit/cost ratio <i>B/C</i> Efektywność ekonomiczna	%	282	621
	–	3.82	7.21

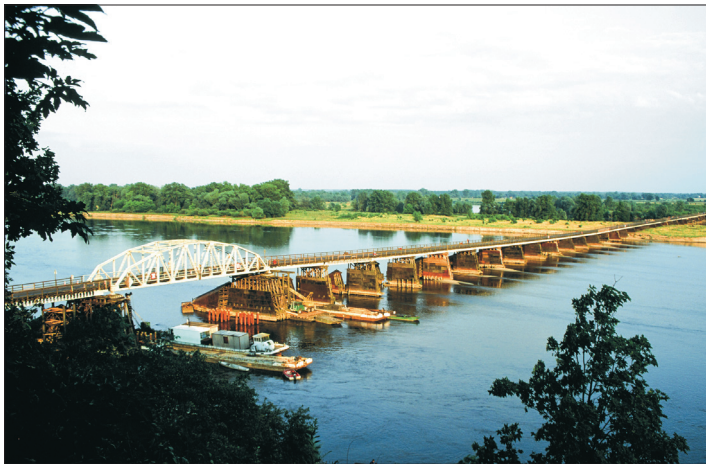


Fig. 4. Bridge over the Vistula in Wyszogród in 1991, photo: Marek Mistewicz [5]

Rys. 4. Most przez Wisłę w Wyszogrodzie w 1991 roku, fot. Marek Mistewicz [5]

## 8. WNIOSKI

Przedstawione oceny i fakty potwierdzają tezę, że tymczasowy most przez Wisłę w Wyszogrodzie użytkowano przez 77 lat ze względów społecznych i obronnych, a wyniki wykonanej post factum oceny efektywności ekonomicznej wskazują, że użytkowanie mostu uzasadniał również rachunek korzyści ekonomicznych. Wyniki analizy ekonomicznej upoważniają też do sformułowania bardziej ogólnych wniosków:

1. Przy podejmowaniu decyzji o budowie lub zakończeniu użytkowania tymczasowych obiektów budowlanych może mieć zastosowanie rachunek efektywności ekonomicznej wykorzystywany w procedurach decyzyjnych przewidzianych dla inwestycji.

expenditures in the period of six years from the reconstruction of the collapsed stretch of the bridge. Therefore, reconstruction of the collapsed stretch of the old bridge in 1993 was a 1.9 times more efficient option than construction of a new bridge (Table 3).

This allows us to consider the decision to reconstruct the bridge in 1993 adequate and cost efficient. Although carrying out such cost-benefit analyses for the earlier reconstruction decisions is not practicable, we can expect that their results would be much the same as obtained in the analysis described in this paper (Fig. 4).

## 8. CONCLUSIONS

The evaluations and facts presented in this paper have confirmed that there were appropriate social and military grounds for keeping in place the bridge across the Vistula in Wyszogród for seventy seven years and the results of ex post cost-benefit analysis defend the decisions to continue operation of the temporary bridge also on economic grounds. Moreover, these results allow us to draw the following, more general conclusions:

1. The cost-benefit analyses applied in project decision-making process can be used for deciding whether to build or disuse temporary civil structures.

2. Obiegowe opinie na temat nieracjonalności użytkowania tymczasowych obiektów budowlanych mogą nie znajdować potwierdzenia w rachunku korzyści ekonomicznych.

2. The common view questioning the use of temporary structures may not always be supported by the cost-benefit analysis results.

## BIBLIOGRAFIA / REFERENCES

- [1] *Hubl L.*: Most na Wiśle w Wyszogrodzie. Wiadomości Stowarzyszenia Członków Polskich Kongresów Drogowych, **4**, 37, 1930, 3-11
- [2] *Skwierczyński S.*: Przebudowa mostu na rz. Wiśle w Wyszogrodzie, a także mostów w Płocku i Włocławku. Wiadomości Stowarzyszenia Członków Polskich Kongresów Drogowych, **4**, 37, 1930, 11-20
- [3] *Bielecki Z., Gutkiewicz B.*: Most w Wyszogrodzie przez Wisłę – najdłuższy most tymczasowy w Europie. Drogownictwo, **XLIX**, 7, 1994, 159-161
- [4] *Bielecki Z., Gutkiewicz B.*: Monografia mostu tymczasowego przez rzekę Wisłę w Wyszogrodzie. Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych, Warszawa, 1994
- [5] *Mistewicz M.*: Road Bridges in Poland. Mosty drogowe w Polsce. General Directorate of Public Roads, Warszawa, 1991
- [6] *Mistewicz M.*: Wspomnienia z odbudowy mostu przez Wisłę w Wyszogrodzie odnalezione pod Nowym Jorkiem. Drogownictwo, **LXIX**, 7-8, 2014, 266-269
- [7] *Mistewicz M.*: Historia powojennego mostu przez Wisłę w Wyszogrodzie. Drogownictwo, **LXIX**, 2, 2014, 60-67
- [8] *Mistewicz M.*: Most przez Wisłę w Wyszogrodzie w latach 1939-1942. Drogownictwo, **LXIX**, 4, 2014, 130-136
- [9] *Chrostowska H.* i in.: Ocena efektywności ekonomicznej zadania inwestycyjnego „Budowa mostu stałego przez Wisłę w miejscowości Wyszogród” Wersja II. IBDiM, Samodzielna Pracownia Ekonomiki Dróg i Mostów, Warszawa, 1993
- [10] Poland – Roads Project. World Bank, Washington, DC, 1993, <http://documents.worldbank.org/curated/en/1993/02/733215/poland-roads-project>, 13.07.2016
- [11] Poland – Roads Project. World Bank, Washington, DC, 1991, <http://documents.worldbank.org/curated/en/2001/02/1000504/poland-roads-project>, 13.07.2016
- [12] Ruch Drogowy 1990. Biuro Projektowo-Badawcze Dróg i Mostów Transprojekt-Warszawa Sp. z o.o., Warszawa, 1992
- [13] *Chrostowska H.* i in.: Tymczasowa instrukcja oceny efektywności ekonomicznej przedsięwzięć drogowych i mostowych. IBDiM. Samodzielna Pracownia Ekonomiki Dróg i Mostów, Warszawa, 1993
- [14] *Jaździk-Osmólska A.*: Pandora – metoda wyceny społecznych kosztów zdarzeń drogowych w Polsce. Roads and Bridges - Drogi i Mosty, **14**, 2, 2015, 133-142
- [15] *Leszczyńska C.*: Zarys historii polskiej bankowości centralnej. Narodowy Bank Polski, Warszawa, 2010