

KATALOG TYPOWYCH KONSTRUKCJI DROGOWYCH OBIEKTÓW MOSTOWYCH I PRZEPUSTÓW

# OSZACOWANIE POTENCJALNYCH OSZCZĘDNOŚCI WYNIKAJĄCYCH Z ZASTOSOWANIA KATALOGU

RZESZÓW, SIERPIEŃ 2018



# **OSZACOWANIE POTENCJALNYCH OSZCZĘDNOŚCI WYNIKAJĄCYCH Z ZASTOSOWANIA KATALOGU**

**Autorzy:**

dr hab. inż. Tomasz Siwowski, prof. PRz.

mgr inż. Damian Kaleta

mgr inż. Dominik Macheta

mgr inż. Ewelina Reizer

mgr inż. Artur Wysocki

**Wykonawca:**

Promost Consulting sp. z o. o. sp. k.

ul. Jana Niemierskiego 4

35-307 Rzeszów

tel. +48 17 85 79 155; [www.promost.pl](http://www.promost.pl)

Dokument opracowano w ramach projektu POPT.02.01.00-00-0150/17 finansowanego przez Unię Europejską ze środków Funduszu Spójności, realizowanego przez Ministerstwo Infrastruktury.

Rzeszów, sierpień 2018

**Spis treści**

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| 1. Wprowadzenie .....                                      | 5  |
| 2. Założenia do kalkulacji i kalkulacja oszczędności ..... | 6  |
| 2.1 Wybór obiektów .....                                   | 6  |
| 2.2 Czynniki wpływające na koszty budowy obiektu .....     | 7  |
| 2.3 Analiza oszczędności .....                             | 9  |
| 3. Wnioski i podsumowanie .....                            | 12 |

## **1. WPROWADZENIE**

Inwestycje drogowe, w tym obiekty mostowe są podstawą sprawnie działającej gospodarki. Mosty są elementem, którego zarówno budowa jak i utrzymanie stanowi wysokie nakłady budżetowe. W ostatnich czasach większość inwestycji drogowo-mostowych jest współfinansowana przez Fundusze Europejskie. W związku z tym Ministerstwo Infrastruktury podjęły działanie mające na celu zwiększenie efektywności środków finansowych przeznaczanych na infrastrukturę. Wprowadzone w katalogu rozwiązania mają pomóc w ujednoliceniu rozwiązań obiektów mostowych na polskich drogach. Ma to pozwolić na uzyskanie oszczędności, głównie związanych przez rekomendację standardowych typów konstrukcji obiektów mostowych. Obecnie brak jest standardów w tym zakresie, co powoduje, że spotykane są na drogach rozwiązania nietypowe, często efektowne wizualnie, ale przy tym nieefektywne ekonomicznie. Dodatkowo takie obiekty często generują dodatkowe koszty związane z trudnością ich utrzymania. Jednym z wymagań zadania jest oszacowanie potencjalnych oszczędności wynikających z zastosowania katalogu. Zamawiający zaznaczył, że oszczędności mają być oszacowane dla co najmniej 8 przypadków, po 4 dla mostów i wiaduktów, osobno dla każdej kategorii dróg publicznych.

## 2. ZAŁOŻENIA DO KALKULACJI I KALKULACJA OSZCZĘDNOŚCI

### 2.1 WYBÓR OBIEKTÓW

Do porównania wytypowano 8 obiektów mostowych, 4 mosty i 4 wiadukty, po jednym dla każdej kategorii dróg. Obiekty wybrano spośród przedstawionych w ETAPIE 2 opracowania – próbie badawczej. Przyjęto założenie, że należy wybrać obiekty o parametrach zbliżonych do rozwiązań zaproponowanych w katalogu, jednak o innym typie konstrukcji. W tabelach [Tab. 2-1, Tab. 2-2] przedstawiono zestawienie obiektów wraz z podstawowymi parametrami.

Tab. 2-1. Zestawienie obiektów wybranych do kalkulacji oszczędności

| Typ obiektu | Oznaczenie (wg oznaczeń z ETAP2) | Kategoria drogi | Klasa drogi | Charakterystyka obiektu istniejącego |                                                                | Charakterystyka obiektu alternatywnego |                                              |
|-------------|----------------------------------|-----------------|-------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------|
|             |                                  |                 |             | Schemat statyczny                    | Rodzaj dźwigarów                                               | Schemat statyczny                      | Rodzaj dźwigarów                             |
| Most        | M002                             | Krajowa         | A           | belka swobodnie podparta             | dźwigar płytowy, monolityczny, żelbetowy                       | rama jednonawowa                       | dźwigar płytowy, monolityczny, żelbetowy     |
|             | M022                             | Wojewódzka      | G           | belka swobodnie podparta             | belki monolityczne żelbetowe                                   | rama jednonawowa                       | dźwigar płytowy, monolityczny, żelbetowy     |
|             | M008                             | Powiatowa       | G           | belka swobodnie podparta             | prefabrykowane belki strunobetonowe typu "T"                   | belka swobodnie podparta               | belki monolityczne sprężone                  |
|             | M013                             | Gminna          | L           | belka ciągła                         | belki monolityczne sprężone                                    | belka ciągła                           | prefabrykowane belki strunobetonowe typu "T" |
| Wiadukt     | W025                             | Krajowa         | S           | belka swobodnie podparta             | dźwigary stalowe walcowane zespolone z żelbetową płytą pomostu | belka swobodnie podparta               | belki monolityczne sprężone                  |
|             | W011                             | Wojewódzka      | GP          | belka swobodnie podparta             | prefabrykowane belki strunobetonowe typu "T"                   | belka swobodnie podparta               | belki monolityczne sprężone                  |
|             | W006                             | Powiatowa       | G           | belka ciągła                         | belki monolityczne sprężone                                    | belka ciągła                           | prefabrykowane belki strunobetonowe typu "T" |
|             | W007                             | Gminna          | G           | belka ciągła                         | belki monolityczne sprężone                                    | belka ciągła                           | prefabrykowane belki strunobetonowe typu "T" |

Tab. 2-2. Zestawienie parametrów charakterystycznych obiektów wybranych do kalkulacji oszczędności

| Typ obiektu | Oznaczenie (wg oznaczeń z ETAPU 2) | Charakterystyka obiektu istniejącego |            |            | Charakterystyka obiektu alternatywnego |            |           |
|-------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------|------------|----------------------------------------|------------|-----------|
|             |                                    | Długość całkowita                    | Rozpiętość | Szerokość  | Długość całkowita                      | Rozpiętość | Szerokość |
| Most        | M002                               | 18,20                                | 17,50      | 2 · 17,985 | 19,90                                  | 17,50      | 2 · 14,28 |
|             | M022                               | 17,90                                | 17,00      | 12,72      | 19,90                                  | 17,50      | 2 · 13,48 |
|             | M008                               | 29,30                                | 27,97      | 10,74      | 31,30                                  | 30,00      | 12,50     |
|             | M013                               | 53,16                                | 2x26,00    | 12,38      | 54,76                                  | 2 · 27     | 11,48     |

|         |      |       |               |           |       |        |       |
|---------|------|-------|---------------|-----------|-------|--------|-------|
| Wiadukt | M013 | 32,40 | 31,40         | 2 · 13,80 | 36,30 | 35,00  | 13,24 |
|         | W011 | 21,20 | 20,40         | 17,20     | 21,30 | 20,00  | 13,50 |
|         | W006 | 61,00 | 30,00 + 30,00 | 13,75     | 60,76 | 2 · 30 | 13,48 |
|         | W007 | 61,00 | 30,00 + 30,00 | 13,25     | 60,76 | 2 · 30 | 13,48 |

W tabeli [Tab. 2-3] przedstawiono procentowe odchyłki pomiędzy parametrami obiektów wybranych i zaproponowanych jako alternatywne.

Tab. 2-3. Procentowe rozbieżności w podstawowych parametrach obiektów

| Typ obiektu | Oznaczenie (wg oznaczenia z ETAPU2) | Odchyłka procentowa: obiekt istniejący/obiekt alternatywny |            |           |
|-------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------|-----------|
|             |                                     | Długość całkowita                                          | Rozpiętość | Szerokość |
| Most        | M002                                | 8,54%                                                      | 0,00%      | 25,92%    |
|             | M022                                | 10,05%                                                     | 2,86%      | 5,64%     |
|             | M008                                | 6,39%                                                      | 6,77%      | 14,08%    |
|             | M013                                | 2,92%                                                      | 3,70%      | 7,84%     |
| Wiadukt     | M013                                | 10,74%                                                     | 10,29%     | 4,23%     |
|             | W011                                | 0,47%                                                      | 2,00%      | 27,41%    |
|             | W006                                | 0,39%                                                      | 0,00%      | 2,00%     |
|             | W007                                | 0,39%                                                      | 0,00%      | 1,71%     |

W tabeli [Tab. 2-3] widać, że większość parametrów nie różni się między sobą więcej niż 11%. Tylko w przypadkach odchyłka jest większa i dotyczy szerokości obiektów. Starano się, aby wyżej wymienione parametry były jak najbardziej zbliżone. Do celów analizy przyjęto, że szerokość obiektu jest parametrem wpływającym w sposób liniowy (proporcjonalny) na wskaźniki takie jak ilość zbrojenia, zużycia stali sprężającej i konstrukcyjnej. Liniowa zmiana została odpowiednio uwzględniona w wyliczeniu kosztów obiektu. Parametrem wpływającym nieliniowo na ilość materiałów są rozpiętość i układ przęsł. W przypadku obiektu M013 porównano obiekt o rozpiętości teoretycznej 31,4m z obiektem alternatywnym o rozpiętości 35m. Współczynniki zużycia materiałów będą większe dla obiektu o rozpiętości 35m. Takie podejście faworyzuje rozwiązanie istniejące. W przypadku obiektów o rozpiętości 2 · 30m, zaproponowano alternatywę z obiektów na belkach T. W katalogu nie przedstawiono, takiego rozwiązania. Współczynniki materiałowe ekstrapolowano na podstawie wyników dla mniejszych rozpiętości.

## 2.2 CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA KOSZTY BUDOWY OBIEKTU

Porównanie rozwiązań istniejących do zaproponowanych w katalogu jest zagadnieniem skomplikowanym. Na koszt budowy obiektu, a co za tym idzie oszczędności będą wpływać parametry takie jak:

- Rozpiętość przęsła i rozwiązania konstrukcyjno materiałowe
- Szerokość przęsła i przebieg drogi
- Przebieg niwelety
- Wyposażenie obiektu
- Obciążanie i normy projektowe
- Grunty zalegające w podłożu
- Warunki zamówienia publicznego
- Podejście i doświadczenie projektanta

Rozpiętość przęsła determinuje typ konstrukcji. W mniejszych zakresach rozpiętości (do 20m) można stosować różne rozwiązania konstrukcyjno materiałowe. Przy

rozpiętościach powyżej 20m ilość materiałów i rozwiązań konstrukcyjnych znacznie zmniejsza się. Ogranicza się ono do konstrukcji sprężonych (monolitycznych i prefabrykowanych) oraz zespolonych. W większych rozpiętościach (powyżej 30m) dodatkowo nie stosuje się raczej (poza specyficznymi przypadkami) obiektów sprężonych prefabrykowanych. W analizie oszczędności przyjęto, że porównywane będą różne typy konstrukcji, tj. nie porównywano konstrukcji sprężonej belkowej ze sprężoną belkową. Zamiast tego wybierano np. prefabrykowaną z belek typu T. Takie podejście wpływa na wyniki analizy.

Szerokość przęsła nie jest elementem zależnym tylko od klasy drogi. Szerokość przęsła jest podyktowana przebiegiem drogi w planie. Gdy wymagane jest żeby np. w okolicy miasta została poszerzona droga, trudno wyobrazić sobie, żeby obiekt mostowy znajdujący się w tym miejscu był węższy. Również od przebiegu drogi i jej usytuowania względem przeszkody będzie zależało czy obiekt można zbudować jako prostopadły czy w skosie. Do celów analizy wybrano obiekty prostopadłe do drogi lub w niewielkim skosie. Tylko w dwóch przypadkach kąt skrzyżowania z podporą wynosi około 72 stopnie (M008 i M013). Wybór tych dwóch był podyktowany faktem, że w próbie badawczej nie znaleziono innych obiektów na drogach powiatowych i gminnych, które można by było porównać z rozwiązaniami katalogowymi. W pozostałych przypadkach obiekty usytuowane są pod kątem w zakresie 84 do 90 stopni. Założenie co do jak najmniejszego skosu obiektu ma na celu wybór rozwiązań zbliżonych do rozwiązań katalogowych. Przebieg drogi wpływa również na wyposażenie obiektu, np. na drogach szybkiego ruchu, w okolicach terenów zamieszkałych może wystąpić konieczność stosowania ekranów akustycznych. Drogi, często uczęszczane przez pieszych mogą wymusić wykonanie chodnika, czy nawet ścieżki rowerowej na obiekcie.

Przebieg niwelety determinuje wiele czynników takich jak system odwodnienia, czy wysokość nad poziomem terenu. Im większy spadek na drodze tym więcej wpustów należy zlokalizować na obiekcie. Wysoki nasyp drogowy wpływa na stożki nasypu oraz wysokości przyczółek i skrzydeł.

Wyposażenie obiektu, o którym już wcześniej wspomniano, jest związane z charakterem ruchu na obiekcie, jej przebiegiem i kilkoma innymi czynnikami. Jest to więc parametr ściśle związany z lokalizacją obiektu. W analizie kosztowej pominięto zatem elementy wyposażenia.

Obciążenie obiektu jest związane z przyjętą klasą obciążenia. Klasę obciążenia i normatywy projektowe określają przepisy prawa. W przypadku tego opracowania posługiwano się klasami obciążenia i normami projektowymi wchodzące w skład tzw. Eurokodów czyli norm Europejskich. Większość zaprojektowanych i zbudowanych obecnie obiektów drogowych zaprojektowano wg normy PN-85/S-10030. Porównując obciążenia, które zostały przedstawione w normie PN-85/S-10030, do tych w PN-EN 1991-2 widać, że normy Europejskie zakładają większe obciążenia, nawet przyjmując współczynniki dostosowawcze równe jeden. Dodatkowo w obiektach z tego katalogu przyjęto wyższe wartości tych współczynników. Taki zabieg znacznie wpływa na wyniki analizy oszczędności. Normy projektowe zwane Eurokodami posiadają również szereg założeń, które wpływają na wynik analizy. Normy te prezentują zupełnie inne podejście do wymiarowania konstrukcji niż miało to miejsce w normach z przed wprowadzenia jako obowiązujących norm PN-EN. Wymagania te często, mimo podejścia do wymiarowania które pozornie daje większe możliwości optymalizacji przekroju, ostatecznie powodują mniej ekonomiczne projektowanie.

Grunty zalegające w podłożu będą miały wpływ na wielkość fundamentu i sposób posadowienia. Grunty mogą znacznie różnić się między sobą, nawet w przypadku



gdy mamy do czynienia z podporami umiejscowionymi w niewielkiej odległości od siebie. W analizie oszczędności pominięto fundamenty, aby nie wpływały one na wyniki analizy.

Inwestor definiując warunki zamówienia, może narzucić projektantowi preferowane przez siebie rozwiązania, bądź zakazać stosowania rozwiązań, które np. u niego się nie sprawdziły. Również, niekiedy inwestor nakłada konieczność uwzględniania obciążeń, które nie wynikają bezpośrednio z przepisów prawa, jak np. uderzenie pojazdów w przęsło, czy zwiększenie normowego obciążenia pojazdem K klasy A o dodatkowe 30% tego obciążenia. Zdarza się również, że obiekt musi być dłuższy niżby to wynikało z zaprojektowanej pod nim drogi, gdyż przewiduje się poszerzenie drogi w ciągu kilku najbliższych lat. W analizie oszczędności wytypowano obiekty zaprojektowane na klasę obciążenia A, za wyjątkiem obiektu M008 na drodze powiatowej, który został przeliczone na klasę B.

Podejście i doświadczenie projektanta jest kolejnym z czynników wpływających na wskaźniki materiałowe. W dzisiejszych czasach projektowanie jest procesem, krótkim. Czas jaki jest przeznaczany na zaprojektowanie inwestycji jest coraz bardziej ograniczany. Więcej czasu zajmuje pozyskanie decyzji, uzgodnień, zezwoleń. Taki podejście powoduje brak czasu na dokładną analizę wyników obliczeń, a co za tym idzie niedokładne podejście do optymalizacji. Należy mieć również na uwadze, że dzisiejsze podejście obliczeniowe i stosowane oprogramowanie MES ma w domyśle usprawnić pracę projektantom, jednakże nie zawsze znają oni dobrze podstawy działania tej metody. Przedkłada się to na uzyskane wyniki. Trudno jest zatem określić w jak bardzo optymalny sposób zostały zaprojektowane obiekty wybrane do szacunku kosztowego.

### **2.3 ANALIZA OSZCZĘDNOŚCI**

Poniżej przedstawiono główne założenia do analizy szacunkowej kosztów:

- Jako obiekty alternatywne zaproponowano obiekty z katalogu.
- Jako obiekty alternatywne proponowano obiekty o innym schemacie statycznym i/lub konstrukcji
- Porównywano koszty przęseł mostowych.
- W przypadku gdy jako alternatywny proponowano obiekt ramowy porównywano koszty przęsła wraz z podporami i fundamentem.
- Porównywano koszty budowy.
- Porównywano koszty głównych materiałów konstrukcyjnych (beton, stal zbrojeniowa, konstrukcyjna i zbrojeniowa).
- Pominięto koszty wyposażenia i robót przy obiektowych.
- W przypadku, gdy zaproponowano obiekty z prefabrykatów typu T, cenę materiałów zwiększono o 60% ze względu na dodatkowe koszty prefabrykacji, transportu, itp.
- Odchyłki w wymiarach konstrukcji alternatywnych do rzeczywistych równoważono współczynnikami, wyznaczonymi jako stosunki odpowiednich wymiarów.
- Ceny przeliczano na m<sup>2</sup> powierzchni pomostu.

Wyniki analizy przedstawiono w tabeli poniżej:

Tab. 2-4. Ceny budowy obiektów istniejących i projektowanych

| Typ obiektu | Oznaczenie (wg oznaczenia z ETAP2) | Cena budowy istniejącego [zł/m <sup>2</sup> ] | Cena budowy zaproponowanego [zł/m <sup>2</sup> ] | Obiekt proponowany/Obiekt istniejący [%] | Uwagi             |
|-------------|------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| Most        | M002                               | 5 466,23                                      | 2 774,88                                         | 50,8%                                    | Przęsło + podpory |
|             | M022                               | 3 022,48                                      | 2 258,18                                         | 74,7%                                    | Przęsło + podpory |
|             | M008                               | 1 229,47                                      | 826,22                                           | 67,2%                                    | Przęsło           |
|             | M013                               | 759,70                                        | 1 833,34                                         | 241,3%                                   | Przęsło           |
| Wiadukt     | W025                               | 4 621,09                                      | 1 334,53                                         | 28,9%                                    | Przęsło           |
|             | W011                               | 1 045,20                                      | 1 057,18                                         | 101,1%                                   | Przęsło           |
|             | W006                               | 1 349,28                                      | 1 858,90                                         | 137,8%                                   | Przęsło           |
|             | W007                               | 1 368,88                                      | 1 791,31                                         | 130,9%                                   | Przęsło           |

Analizując tabelę widać znaczny rozrzut wyników. Pierwsze dwa obiekty, w stanie istniejącym mimo podobnej rozpiętości i tej samej klasy obciążeń znacznie różnią się między sobą ceną za m<sup>2</sup> obiektu. Jest to spowodowane nieodpowiednim dobraniem wymiarów podpór. W obu przypadkach konstrukcja ramowa zaproponowana w katalogu jest dużo tańsza od konstrukcji wykonanej. Obiekt M008 jest również dużo droższy niż zaproponowany obiekt. Porównano tutaj obiekt z prefabrykowanych belek strunobetonowych (istniejący) do sprężonego monolitycznego (zaproponowany). Widać zatem, że konstrukcja monolityczna będzie dużo tańsza niż prefabrykat. Fakt ten potwierdzony jest w kolejnym przypadku, most M013, w którym porównanie było odwrotne, obiekt monolityczny, sprężony do prefabrykowanego rozwiązania katalogowego. Obiekt prefabrykowany jest dużo droższy. Należy mieć na uwadze, że jest to obiekt o schemacie belki ciągłej. Sprawdzając ceny dla obiektów monolitycznych M008-zaproponowany i M013- istniejący wskaźniki cenowe można uznać za zbliżone, oznacza to, że zaproponowane rozwiązanie katalogowe co do obiektów monolitycznych sprężonych jest optymalne. Kolejnym analizowanym obiektem jest wiadukt W025. Zaproponowany obiekt jest znacznie tańszy niż obiekt wykonany. Widać tutaj, że obiekt sprężony jest tańszy od obiektu zespolonego. Najprawdopodobniej w obiekcie istniejącym były czynniki poza cenowe które zdecydowały o wyborze rozwiązania, takie jak czas realizacji czy wysokość konstrukcyjna. Zdeterminowały one wybór rozwiązania znacznie droższego. W przypadku obiektu W011 ceny są bardzo zbliżone do siebie. Pokazuje to, że w przypadku obiektów o rozpiętości do około 20m rozwiązania z belek prefabrykowanych mogą być dobrą konkurencją dla konstrukcji sprężonych, monolitycznych. W obiektach W006 i W007 zamiast konstrukcji ciągłej sprężonej monolitycznej zaproponowano prefabrykaty o rozpiętości 30m. W tym wypadku, znowu w przypadku belki ciągłej prefabrykaty po raz kolejny są rozwiązaniem droższym.

Trudno jest określić ostateczne oszczędności wynikające z zastosowanie katalogu. Należy pamiętać, że będzie ona również niemierzalna kosztowo, poprzez wiedzę dostępną w katalogu. Katalog nie definiuje tylko zalecanych rodzajów konstrukcji ale również wprowadza osoby z poza branży w podstawy mostownictwa. Będzie to szczególnie ważne dla Inwestora, któremu może brakować wiedzy na ten temat. Zaznajomienie się z katalogiem pozwoli na uniknięcie próby zastosowania rozwiązania nietypowego, niepożądanego, trudnego do wykonania czy utrzymania.

Z danych statystycznych dostępnych na stronie GDDKiA ilość obiektów mostowych w ich zarządzie wynosiła w poszczególnych latach:

Tab. 2-5. Przyrost ilości obiektów zarządzanych przez GDDKiA w poszczególnych latach

| Rok  | Ilość obiektów | Przyrost |
|------|----------------|----------|
| 2006 | 4034           | -        |
| 2007 | 4153           | 119      |
| 2008 | 4282           | 129      |
| 2009 | 4420           | 138      |
| 2010 | 4509           | 89       |
| 2011 | 5095           | 586      |
| 2012 | 5538           | 443      |
| 2013 | 6126           | 588      |
| 2014 | 6942           | 816      |
| 2015 | 7158           | 216      |
| 2016 | 7363           | 205      |

W podanej wyżej tabeli przedstawiono również przyrost ilości obiektów mostowych w poszczególnych latach. Do 2010 roku widać stabilny wzrost obiektów mostowych na poziomie około 100 obiektów na rok. W latach 2011-2014 widać znaczny wzrost ilości nowych obiektów mostowych. Następnie dynamika budowania obiektów mostowych spada. Średnia wartość przyrostu wynosi około 330 obiektów na rok. Jednakże, jak powiedziano wyżej, lata 2011-2014 gdzie nastąpił gwałtowny wzrost środków wydatkowanych na inwestycje drogowe znacznie zawyża tę statystykę. Bezpiecznym założeniem będzie przyrost obiektów mostowych na poziomie około 150 obiektów. Powyższa ilość nie uwzględnia inwestycji wykonywanych przez inne zarządy dróg, ze względu na brak statystyk co do ilości obiektów mostowych w zarządach niższych szczebli.

Analizując procentową oszczędność [Tab. 2-4] z zastosowania obiektu proponowanego do istniejącego można zauważyć znacznie odbiegającą różnicę procentową w cenach obiektów M008 i W025 w stosunku do pozostałych. Odrzucając wyżej wymienione, dwie skrajne wartości, obliczając średnią z pozostałych obiektów otrzymamy procentową oszczędność z zastosowania katalogu:

$$\frac{(50,8\% + 74,7\% + 67,2\% + 101,1\% + 137,8\% + 130,9\%)}{6} = 93,7\%$$

Zatem szacunkowa oszczędność z zastosowania katalogu wyniesie około 6,3%. Analizując wyniki próby badawczej z całego etapu 2, średnia cena budowy obiektu mostowego wynosi 3,932 mln zł. Przy powyższych założeniach można określić, że oszczędność z zastosowania katalogu może wynosić nawet:

$$150 \text{ obiektów} \cdot 3,932 \text{ mln zł} \cdot 6,3\% = 37,157 \text{ mln zł}$$

Analizując budżet Państwa na rok 2018 można odczytać, że planowane wydatki na transport wyniosą 9,793 mld zł. Wyliczona kwota 37,157 mln zł to około 0,4% wydatków na transport. Podana kwota wydatków budżetu na transport jest zawyżona, gdyż obejmuje również wydatki na kolej i lotnictwo. Wydatki na drogi publiczne krajowe wynoszą 3,671 mld zł. Wtedy procentowe oszczędności na wydatki drogowe wyniosą około 1,0% rocznie.

### 3. WNIOSKI I PODSUMOWANIE

Z przedstawionej analizy trudno wysunąć jednoznaczne wnioski. Wyniki pokazują, że katalogowe obiekty ramowe są tańsze niż żelbetowe, swobodnie podparte. Natomiast prefabrykaty w układzie ciągłym i przy dużych rozpiętościach nie są rozwiązaniem optymalnym. Analiza pokazuje, że parametrem stanowiącym o wyborze rozwiązania może być również czas. Obiekt W025 pokazuje, że rozwiązanie może być nawet ponad 3 krotnie droższe ale i tak warte do zastosowania, np. w przypadku gdy zastosowanie innego rozwiązania wymuszałoby znaczne podniesienie niwelety drogi, poprzez zmianę wysokości konstrukcyjnej. Na wyniki na pewno mają również wpływ przyjęte w katalogu obciążenia.

Podsumowując, projektowanie mostów jest zagadnieniem, w którym na ostateczny wybór a co za tym idzie opłacalność rozwiązania ma wpływ wiele czynników. Przedstawione w katalogu rozwiązania starają się ułatwić wybór rozwiązań głównie pod kątem dwóch czynników. Pierwszym z nich jest rozpiętość, która determinuje rodzaj konstrukcji, która jest opłacalna w danym zakresie rozpiętości. Drugim czynnikiem jest czas, którego wpływ uwzględniono proponując rozwiązania monolityczne (najwolniejsze), częściowo-prefabrykowane i w pełni prefabrykowane (najszybsze). Każdorazowo ostateczny wybór konstrukcji powinien być wcześniej dokładnie przeanalizowany pod kątem wszystkich czynników mogących wpływać na rozwiązanie problemu.

## PIŚMIENICTWO

- [1]. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie;
- [2]. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie;
- [3]. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10 września 1998r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie.
- [4]. DDP.4.0600.11.2017.GK.4 NK:198986/17 – pismo w sprawie klas obciążenia taborem samochodowym, stosowanych zamiennie do wymagań Rozporządzenia [1];
- [5]. PN-EN 1990 Eurokod: Podstawy projektowania konstrukcji;
- [6]. PN-EN 1991-1-1 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje: Część 1-1: Oddziaływania ogólne - Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach;
- [7]. PN-EN 1991-1-5 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje: Część 1-5: Oddziaływania ogólne - Oddziaływania termiczne;
- [8]. PN-EN 1991-2 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje - Część 2: Obciążenia ruchome mostów;
- [9]. PN-EN 1992-1-1 Eurokod 2 -- Projektowanie konstrukcji z betonu -- Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków;
- [10]. PN-EN 1992-2 Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu -- Część 2: Mosty z betonu -- Obliczanie i reguły konstrukcyjne;
- [11]. PN-EN 1993-1-1 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
- [12]. PN-EN 1993-1-5 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 1-5: Blachownice
- [13]. PN-EN 1993-2 Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 2: Mosty stalowe
- [14]. PN-EN 1994-2. Eurokod 4: Projektowanie konstrukcji zespolonych stalowo-betonowych – Część 2: Reguły ogólne i reguły dla mostów
- [15]. PN-EN 1997-1 Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne. Część 1: Zasady ogólne;
- [16]. PN-81/B-03020. Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie;
- [17]. Wytyczne projektowania obciążeń drogowych obiektów mostowych wg Eurokodów w celu zastąpienia wymagań opartych na normie PN-85/S-10030. Promost Consulting, Politechnika Rzeszowska, listopad 2016 wraz z aneksem do opracowania z kwietnia 2017;