

KATALOG TYPOWYCH KONSTRUKCJI DROGOWYCH OBIEKTÓW MOSTOWYCH I PRZEPUSTÓW

# OCENA OBIEKTÓW MOSTOWYCH WYBUDOWANYCH W POLSCE PO 2008 R.

Rzeszów, marzec 2018



# OCENA OBIEKTÓW MOSTOWYCH WYBUDOWANYCH W POLSCE PO 2008 R.

Autorzy:

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

dr inż. Agata Dąbal

mgr inż. Aneta Baran

mgr inż. Wojciech Kalandyk

mgr inż. Damian Kaleta

mgr inż. Marcin Łyszczarz

mgr inż. Dominik Macheta

mgr inż. Ewelina Reizer

mgr inż. Paulina Stec

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.



Oświadczenie



## Spis treści:

1	Wstęp .....	9
1.1	Wprowadzenie .....	9
1.2	Podstawa opracowania.....	9
1.3	Cel i zakres opracowania.....	9
1.4	Założenia ogólne .....	9
1.4.1	Wymagania Opisu Przedmiotu Zamówienia (OPZ) .....	9
1.4.2	Zakres próby badawczej.....	10
2	Metodyka wyboru obiektów do próby badawczej .....	11
3	Zakres analizowanych danych obiektów próby badawczej .....	17
4	Analiza uwarunkowań środowiskowych .....	21
4.1	Mosty, wiadukty, kładki.....	24
4.2	Przepusty .....	30
4.3	Analiza porównawcza wymagań w zakresie parametrów technicznych określonych w DoUŚ oraz parametrów przyjętych w projektach budowlanych .....	33
4.4	Analiza porównawczej wymagań w zakresie parametrów technicznych określonych w DUŚ dla obiektów usytuowanych na obszarach lub w sąsiedztwie obszarów objętych różnymi formami ochrony przyrody .....	35
5	Wieloparametryczna ocena obiektów mostowych .....	39
5.1	Analiza ekonomiczna w cyklu życia LCCA .....	39
5.1.1	Wstęp .....	39
5.1.2	Metodyka .....	41
5.1.3	Ogólne założenia do analizy.....	41
5.1.4	Koszty inwestora .....	41
5.1.5	Omówienie analizy i wyniki .....	48
5.1.6	Podsumowanie i wnioski.....	60
5.2	Środowiskowa ocena cyklu życia LCA .....	61
5.2.1	Wstęp .....	61
5.2.2	Metody badań i narzędzia badawcze .....	61
5.2.3	Cel analizy .....	64
5.2.4	Zakres badania .....	64
5.2.5	Analiza zbioru.....	66
5.2.6	Ocena wpływu cyklu życia .....	68
5.2.7	Interpretacja wyników .....	77
5.2.8	Analiza wrażliwości .....	78
5.2.9	Podsumowanie i wnioski.....	81
5.3	Ocena trwałości obiektów.....	82
5.3.1	Wstęp .....	82
5.3.2	Metodyka .....	83
5.3.3	Założenia do oceny próby badawczej.....	87
5.3.4	Wyniki analizy trwałości obiektów próby badawczej .....	89
5.3.5	Podsumowanie i wnioski.....	93
5.4	Statystyka danych.....	94
5.4.1	Wieloparametryczna ocena obiektów mostowych.....	94
5.4.2	Podział próby badawczej ze względu na schemat statyczny .....	96
5.4.3	Analiza zależności pomiędzy schematem statycznym a rodzajem obiektu .....	97
5.4.4	Podział próby badawczej ze względu na maksymalną rozpiętość przęsła .....	98

5.4.5	Analiza zależności pomiędzy maksymalną rozpiętością przęsła a rodzajem obiektu mostowego i przepustów .....	99
5.4.6	Analiza zależności pomiędzy maksymalną rozpiętością przęsła a schematem statycznym .....	100
5.4.7	Analiza zależności pomiędzy rodzajem konstrukcji przęsła a schematem statycznym .....	102
5.4.8	Analiza zależności klasy drogi a szerokości użytkowej pasa ruchu drogowego	108
5.4.9	Analiza zależności klasy drogi a szerokości użytkowej chodników na obiekcie mostowych .....	110
5.4.10	Analiza zależności pomiędzy rodzajem konstrukcji przęsła a lokalizacją w terenie zabudowanym/niezabudowanym dla poszczególnych rodzajów obiektów inżynierskich ..	111
5.4.11	Analiza zależności pomiędzy rodzajem konstrukcji przęsła a rodzajem przeszkody dla poszczególnych rodzajów obiektów inżynierskich .....	114
5.4.12	Analiza zależności pomiędzy rodzajem konstrukcji przęsła w ciągu danej klasy drogi dla poszczególnych rodzajów obiektów inżynierskich.....	119
5.4.13	Analiza zależności pomiędzy rodzajem konstrukcji przęsła a szerokością całkowitą obiektu dla poszczególnych rodzajów obiektów mostowych .....	124
5.4.14	Analiza przeznaczenia kładek a szerokość całkowita konstrukcji .....	127
5.4.15	Analiza zależności klasy drogi a klasy obciążenia taborem samochodowym..	128
5.4.16	Analiza zależności rozpiętości przęsła od lokalizacji obiektu w obszarze chronionym /niechronionym .....	129
5.4.17	Analiza zależności schematu statycznego od lokalizacji obiektu w obszarze chronionym /niechronionym .....	130
5.4.18	Analiza zależności technologii budowy od lokalizacji obiektu w obszarze chronionym /niechronionym .....	131
5.4.19	Analiza zależności schematu statycznego od ukształtowania terenu .....	131
5.4.20	Analiza zależności trwałości obiektów od rodzaju konstrukcji przęsła .....	133
5.4.21	Analiza zależności trwałości obiektów od klasy drogi .....	134
5.4.22	Analiza zależności środowiskowej oceny cyklu życia (LCA) obiektu od rodzaju konstrukcji przęsła .....	135
5.4.23	Analiza zależności środowiskowej oceny cyklu życia (LCA) obiektu od schematu statycznego.....	137
5.4.24	Analiza zależności kosztów życia obiektu (LCCA) od rodzaju konstrukcji przęsła...	138
5.4.25	Analiza zależności kosztów życia obiektu (LCCA) od schematu statycznego ..	141
5.5	Podsumowanie wieloparametrycznej oceny obiektów mostowych .....	142
6	Podsumowanie i wnioski .....	147
7	Piśmiennictwo .....	149
Załączniki .....		151
Karty obiektów mostowych próby badawczej .....		151



# 1 Wstęp

---

## 1.1 Wprowadzenie

Ministerstwo Infrastruktury mając na uwadze potrzebę optymalizacji procesu projektowania i realizacji drogowych obiektów mostowych oraz ich utrzymania i eksploatacji, podjęło działania mające na celu ujednoczenie rodzajów konstrukcji i wyposażenia obiektów mostowych na drogach publicznych. Ujednoczenie ma na celu m.in. określenie jednolitych zasad doboru elementów przy uwzględnieniu czynników techniczno – technologicznych, ekonomicznych, funkcjonalnych i środowiskowych. W chwili obecnej brak jest powszechnie obowiązujących bądź zalecanych do stosowania standardów w tym zakresie. W odpowiedzi na obecną sytuację Ministerstwo Infrastruktury podjęło działania, których rezultatem będzie „Katalog typowych konstrukcji drogowych obiektów mostowych i przepustów” wykonany przez firmę Promost Consulting.

Jednym z etapów realizacji niniejszego przedsięwzięcia jest zebranie, opracowanie i przeanalizowanie informacji na temat elementów i systemów konstrukcji drogowych obiektów mostowych i przepustów zaprojektowanych i wybudowanych na drogach publicznych co najmniej od 2008 r. i współfinansowanych ze środków Funduszy Unii Europejskiej.

## 1.2 Podstawa opracowania

Podstawą opracowania jest umowa nr DDP-U-POPT-203/17 z dnia 14 listopada 2017 r. [1] zawarta pomiędzy Skarb Państwa – Minister Infrastruktury i Budownictwa („Zamawiający”) a firmą Promost Consulting sp. z o.o. sp. k. z Rzeszowa („Wykonawca”).

## 1.3 Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest charakterystyka obiektów mostowych wybudowanych w Polsce po 2008 roku, finansowanych lub współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej. Zakres opracowania obejmuje charakterystykę mostów, wiaduktów, estakad, kładek oraz przepustów pod kątem danych: lokalizacyjnych, konstrukcyjnych, funkcjonalnych oraz ekonomicznym i środowiskowym. Opracowanie obejmuje łącznie 93 obiekty mostowe.

## 1.4 Założenia ogólne

### 1.4.1 Wymagania Opisu Przedmiotu Zamówienia (OPZ)

Niniejsze opracowanie powstało zgodnie z wymaganiami postawionymi przez Zamawiającego w OPZ [2] na etapie przetargu. Obejmowały one zebranie, opracowanie i przeanalizowanie informacji na temat elementów i systemów konstrukcji drogowych obiektów mostowych i przepustów zaprojektowanych i wybudowanych na drogach publicznych co najmniej od 2008 roku, na podstawie próby badawczej.

Zakres próby badawczej wymaganej przez OPZ powinien objąć co najmniej:

- 20 mostów,
- 20 wiaduktów,
- 6 estakad,
- 6 kładek,
- 20 przepustów.

Obiekty powinny być typowe, tzn. mają nie charakteryzować się unikalną, eksperymentalną, niestandardową, nietypową, wyjątkową konstrukcją. Próba ma obejmować tylko obiekty sfinansowane lub współfinansowane ze środków Unii Europejskiej. Każda z pięciu grup obiektów mostowych musi uwzględniać konstrukcje zaprojektowane i wykonane na obszarach zróżnicowanych względem ukształtowania terenu (wyżyny, niziny, obszary górskie, itd.). Zawarte w próbie elementy powinny być zlokalizowane na obszarach objętych różnymi formami ochrony przyrody (parki narodowe, rezerваты przyrody, parki krajobrazowe, obszary chronionego krajobrazu, Natura 2000 itp.) lub w sąsiedztwie takich obszarów. Analiza powinna obejmować najczęściej występujące rodzaje elementów i systemów konstrukcji na drogach wszystkich kategorii z uwzględnieniem przebiegu drogi w terenie zabudowanym i poza nim, klasy drogi, przekroju drogi, rodzaju przeszkody, szerokości cieku oraz przeznaczenia. Obiekty należy ocenić pod względem techniczno/technologicznym, funkcjonalnym (ruchowym), ekonomicznym (biorąc pod uwagę całkowity koszt życia obiektu) oraz środowiskowym. W opracowaniu powinny być zawarte informacje co najmniej o ustroju nośnym (schemacie statycznym), podporach (filary i przyczółki) oraz fundamentach (jeśli to możliwe). Dla wszystkich elementów próby badawczej Wykonawca powinien dokonać analizy porównawczej wymagań podanych w decyzjach o ustaleniu środowiskowych uwarunkowań realizacji inwestycji z przyjętymi w dokumentacji projektowej.

#### 1.4.2 Zakres próby badawczej

Składając ofertę na wykonanie zamówienia, Wykonawca zobowiązał się do rozszerzenia próby badawczej do:

- 25 sztuk mostów (wymagane 20 sztuk),
- 30 sztuk wiaduktów (wymagano 20 sztuk),
- 9 sztuk estakad (wymagano 6 sztuk),
- 9 sztuk kładek (wymagano 6 sztuk),
- 20 sztuk przepustów (wymagano 20 sztuk).

Sumaryczna liczba ocenianych obiektów mostowych została zatem zwiększona z wymaganych 72 do 93 sztuk. Porównanie zakresu próby badawczej wynikający z OPZ oraz Oferty przedstawiono w Tab. 1.

Tab. 1. Porównanie zakresu próby badawczej

Lp.	OBIEKTY	OPZ obejmował:		Próbę badawczą powiększono o:		Ostateczna próba badawcza
		szt.	%	szt.	%	
1.	mosty	20	100%	5	25%	25
2.	wiadukty	20	100%	10	50%	30
3.	estakada	6	100%	3	50%	9
4.	kładki	6	100%	3	50%	9
5.	przepusty	20	100%	0	0%	20
6.	SUMA	72	100%	21	29%	93

## 2 Metodyka wyboru obiektów do próby badawczej

Pierwszym etapem realizowanego zadania był odpowiedni dobór obiektów do próby badawczej, spełniających wszystkie kryteria OPZ. Wykonawca postępując się danymi statystycznymi dobrał parytety służące za wskaźniki poszukiwania obiektów do próby badawczej. Pierwszy z parytetów dotyczył kategorii drogi, tzn. jaki jest procentowy udział obiektów z danej kategorii drogi (krajowej, wojewódzkiej, powiatowej i gminnej) w przyjętej próbie badawczej. W tym celu posłużono się danymi [3] z zestawień rozliczeń projektów współfinansowanych z funduszy Unii Europejskiej i realizowanych w ramach programów: Program Operacyjny Polska Wschodnia, Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko, Regionalne Programy Operacyjne. Analizowane dane obejmują lata 2007÷2013 oraz 2014÷2020, stan na listopad 2017 roku. W wyniku przeprowadzonej analizy dofinansowań z Funduszy Unii Europejskiej otrzymano dane, które przedstawiono w Tab. 2.

Tab. 2. Parytet dla kategorii dróg

Kategoria drogi	Klasa drogi	Dofinansowanie z UE (%):
Drogi krajowe*	A, S	56%
	GP, G	18%
Drogi wojewódzkie	-	16%
Drogi powiatowe	-	6%
Drogi gminne	-	4%

\*- Założono, że zgodnie z Rozporządzeniem [] danej kategorii drogi odpowiada przypisana minimalna klasa drogi. Drogi krajowe budowane są w klasach A,S,GP i G (klasa G – do czasu nowelizacji Rozporządzenia [] do roku 2015). Biorąc pod uwagę wymagania OPZ dot. okresu rozpoczęcia próby badawczej tj. od 2008r. oraz fakt gwałtownego wzrostu liczby inwestycji drogowych w tym czasie, w szczególności budowy autostrad i dróg ekspresowych, zdecydowano o wyodrębnieniu w zbiorze dróg krajowych klasy dróg A,S od GP i G, w celu rzetelnego ustalenia zakresu próby badawczej.

Wyżej wymienione dane podzielono pomiędzy grupy obiektów mostowych. Dla każdej grupy obiektów liczbę elementów próby badawczej podzielono wg stosunku procentowego podanego w Tab. 3. Zatem, przykładowo wśród 25 sztuk obiektów mostowych znalazło się 14 sztuk obiektów leżących w ciągu drogi krajowej klasy A lub S, 4 obiekty na drogach krajowych klasy G lub GP, 4 obiekty z dróg wojewódzkich, 2 znajdujące się na drodze powiatowej i 1 obiekt w zarządzie gminy.

Drugim parytetem była liczba zlokalizowanych obiektów mostowych na terenie o danym ukształtowaniu. Według atlasu geograficznego [5] w Polsce wyróżniamy trzy rodzaje ukształtowania terenu: obszary nizinne (0 do 300m n.p.m.), wyżynne (300 do 500 m n.p.m.) oraz górskie (powyżej 500 m n.p.m.), których udział w obszarze naszego kraju wynosi odpowiednio 90%, 6% oraz 4%. Zatem, przykładowo wśród sztuk wiaduktów objętych próbą badawczą znalazło się 28 położonych w obszarach nizinnych, 2 w obszarach wyżynnych i położonych w terenach górskich. Wykonawca zrezygnował z oceny obiektu położonego w terenach górskich, mimo że udział terenów górskich w powierzchni kraju wynosi 4%. Obiekty w terenach górskich zazwyczaj nie są obiektami typowymi i znacznie odbiegają od typowych konstrukcji z terenów nizinnych i wyżynnych. Podział próby badawczej ze względu na parytet ukształtowania terenu podano w Tab. 4.

Ostatnim parytetem było położenie na obszarach chronionych (parki narodowe, rezerваты przyrody, parki krajobrazowe, obszary chronionego krajobrazu, Natura 2000 itp.). W tym przypadku za wyznacznik posłużyły dane przedstawione przez Główny Urząd Statystyczny [4] dot. zestawienia obszarów chronionych, które stanowią 32,5% obszaru Polski (dane aktualne na 06.12.2016 roku). Zatem np. w liczbie 9 estakad zawarto 2 znajdujące się na obszarach

chronionych (tj. 30%). Podział próby badawczej ze względu na położenie względem obszarów chronionych podano w Tab. 5.

Ze względu na ograniczoną liczbę obiektów w poszczególnych grupach (mosty, wiadukty, estakady, kładki, przepusty) podane wyżej procentowe udziały mogły nieznacznie odbiegać od założonego udziału procentowego. Przykładowo wśród 9 kładek zawarto 5 obiektów na obszarze chronionym, co daje 56%, natomiast parytet zakładał 32,5%. Ostatecznie jednak liczba obiektów w danej grupie została dobrana tak, by sumaryczna liczba obiektów, biorąc pod uwagę wszystkie grupy była bliska założonym parytetom. Ostateczny rozkład obiektów w próbie badawczej przedstawiono w Tab. 6.

Tab. 3. Rozkład obiektów w zależności od kategorii drogi

Grupa obiektów	próba badawcza		kategoria drogi																							
			DK=70szt.				DW = 14szt.				DP=5szt.				DG = 3szt.											
			A		S		GP		G		GP		G		G		Z		L		G		L		D	
[szt.]	próba	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]			
Mosty	25	25	7	28	7	28	4	16	0	0	0	0	4	16	1	4	1	4	0	0	0	0	1	4	0	0
cel:			14 szt., 56%				4 szt., 18%				4 szt., 16%				2 szt., 6%				1 szt., 4%							
Wiadukty	30	30	5	17	12	40	5	17	0	0	1	3	4	13	1	3	0	0	1	3	1	3	0	0	0	0
cel:			17 szt., 56%				5 szt., 18%				5 szt., 16%				2 szt., 6%				1 szt., 4%							
Estakady	9	9	1	11	5	56	0	0	2	22	0	0	1	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
cel:			5 szt., 56%				2 szt., 18%				1 szt., 16%				1 szt., 6%				0 szt., 4%							
Kładki	9	9	0	0	6	67	1	11	0	0	0		1	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
cel:			5 szt., 56%				2 szt., 18%				1 szt., 16%				1 szt., 6%				0 szt., 4%							
Przepusty	20	20	0	0	11	55	4	20	0	0	1	5	2	10	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	1	5
cel:			11 szt., 56%				4 szt., 18%				3 szt., 16%				1 szt., 6%				1 szt., 4%							
SUMA:	93	93	13	14	41	44	14	15	2	2	2	2	12	13	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
CEL:			52.1 szt., 56%				16.7 szt., 18%				14.9 szt., 16%				5.58 szt., 6%				3.72 szt., 4%							

Uwaga! Kładka K009, nie została uwzględniona w statystyce, gdyż nie jest powiązana z żadną klasą drogi

Tab. 4. Rozkład obiektów w zależności od ukształtowania terenu

Grupa obiekt	próba badawcza		ukształtowanie terenu					
			nizinne <300m		wyżynne 300-500		górskie >500	
			[szt.]	próba	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]
Mosty	25	25	22	88%	2	8%	1	4%
cel:			22	90%	2	6%	1	4%
Wiadukty	30	30	28	93%	2	7%	0	0%
cel:			27	90%	2	6%	1	4%
Estakady	9	9	7	78%	2	22%	0	0%
cel:			8	90%	1	6%	0	4%
Kładki	9	9	8	89%	1	11%	0	0%
cel:			8	90%	1	6%	0	4%
Przepusty	20	20	18	90%	2	10%	0	0%
cel:			18	90%	2	6%	0	4%
SUMA:	93	93	83	89%	9	10%	1	1%
CEL:			84	90%	6	6%	3	4%

Tab. 5. Rozkład obiektów w obszarach chronionych

Grupa obiektu	próba badawcza	Obszary chronione	
	[szt.]	[szt.]	[%]
Mosty	25	6	24%
Wiadukty	30	9	30%
Estakady	9	2	22%
Kładki	9	5	56%
Przepusty	20	7	35%
SUMA:	93	29	31%
	CEL:	30	32,50%



Tab. 6. Zestawienie rozkładu próby badawczej z uwzględnieniem wszystkich parytetów

	Próba badawcza		Ukształtowanie terenu						Obszary chronione		Kategoria drogi									
			Niziny <300m		Wyżyny 300-500m		Góry >500m				DK				DW		DP		DG	
			[szt.]	próba	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]			[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	A, S	GP, G	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]
Mosty	25	25	22	88%	2	8%	1	4%	6	24%	14	56%	4	16%	4	16%	2	8%	1	4%
cel:			22	90%	2	6%	1	4%	<del>6</del>		14	56%	4	18%	4	16%	2	6%	1	4%
Wiadukty	30	30	28	93%	2	7%	0	0%	9	30%	16	53%	5	17%	5	17%	2	7%	2	7%
cel:			27	90%	2	6%	1	4%	<del>9</del>		17	56%	5	18%	5	16%	2	6%	1	4%
Estakady	9	9	7	78%	2	22%	0	0%	2	22%	7	78%	1	11%	1	11%	0	0%	0	0%
cel:			8	90%	1	6%	0	4%	<del>2</del>		5	56%	2	18%	1	16%	1	6%	0	4%
Kładki	9	9	8	89%	1	11%	0	0%	5	56%	6	67%	1	11%	1	11%	0	0%	0	0%
cel:			8	90%	1	6%	0	4%	<del>5</del>		5	56%	2	18%	1	16%	1	6%	0	4%
Przepusty	20	20	18	90%	2	10%	0	0%	7	35%	11	55%	4	20%	3	15%	1	5%	1	5%
cel:			18	90%	2	6%	0	4%	<del>7</del>		11	56%	4	18%	3	16%	1	6%	1	4%
SUMA:	93	93	83	89%	9	10%	1	1%	29	31%	54	58%	15	16%	14	15%	5	5%	4	4%
CEL:			84	90%	6	6%	3	4%	30	32,50%	52	56%	17	18%	15	16%	6	6%	4	4%

DK – droga krajowa

DW – droga wojewódzka

DP – droga powiatowa

DG – droga gminna

A, S, GP, G – klasa drogi zgodnie z [6]





### 3 Zakres analizowanych danych obiektów próby badawczej

---

Wszystkie obiekty wchodzące w zakres próby badawczej zostały scharakteryzowane w następujących zbiorach informacji:

- A. dane lokalizacyjne,
- B. dane konstrukcyjne,
- C. dane funkcjonalne,
- D. dane środowiskowe.

W danych lokalizacyjnych (część A) zawarto takie informacje jak:

- adres obiektu - numer i kategoria drogi wraz z kilometrażem, gminą, powiatem oraz województwem w jakim zbudowano obiekt,
- rodzaj terenu (nizinny, wyżynny, górski),
- ciąg drogowy - numer i kategoria drogi (droga krajowa, wojewódzka, powiatowa, gminna),
- klasa drogi (A, S, GP, G, Z, L, D),
- zarządcę obiektu (zarząd dróg wojewódzkich, powiatowych, gminnych w danej lokalizacji, GDDKiA),
- przeszkodę (ciek wodny, droga, deniwelacja terenu itp.),
- opis przeszkody (np. szerokość cieku, rodzaj drogi),
- przebieg drogi (teren zabudowany lub poza terenem zabudowanym),
- obszar chroniony (tak/nie),
- nazwa obszaru chronionego,
- mapa (fragment ortofotomapy z zaznaczoną lokalizacją obiektu).

W danych konstrukcyjnych (część B) zestawiono:

- rok budowy,
- klasę nośności obiektu (A, B, Stanag, itp.),
- schemat statyczny (swobodnie podparty, belka ciągła, rama, itp.),
- dane geometryczne: w tym długość całkowitą, rozpiętość przęseł, szerokość całkowitą, kąt skosu obiektu, szerokość użytkową i ilość ustrojów nośnych, skrajnie pod obiektem (B/H), skrajnie na obiekcie (B/H),
- dane konstrukcyjne przęseł w tym rodzaj dźwigarów, rodzaj pomostu, rysunek przekroju przęsła, materiały (beton, stal konstrukcyjna, stal zbrojeniowa, stal sprężająca),
- dane konstrukcyjne podpór w tym rodzaj przyczółków, rodzaj filarów, rysunki geometrii podpór (przyczółków i filarów), materiały konstrukcyjne przyczółków i filarów (jw.),
- dane konstrukcyjne fundamentów w tym rodzaj fundamentu (rodzaj posadowienia pośredniego), materiały konstrukcyjne fundamentów,
- wyposażenie obiektów w tym materiał i grubość nawierzchni (warstwy ścieralnej) oraz warstwy wiążącej, rodzaj izolacji, urządzeń dylatacyjnych, łóżyskowanie obiektu, odwodnienie obiektu, informacje nt. balustrad, barier, chodników (rodzaju kapy chodnikowej, gzymsów, krawężników, nawierzchni na chodnikach), oświetlenia, inne informacje (np. kanalizacja teletechniczna w kapach).

W części C tj. ocenie funkcjonalnej podano:

- parametry techniczne w tym nośność, szerokości użytkowe, skrajnie/światło obiektu, ruch drogowy (np. utrudnienia w ruchu),
- opis technologii budowy w tym technologia budowy zgodnie z Tab. 7 i 0 oraz możliwości rozbudowy (poszerzenia, wzmocnienia, zwiększenia skrajni),

- ocenę trwałości,
- analizę kosztów życia LCCA (Life Cycle Cost Analysis),

W ocenie środowiskowej (część D) zawarto następujące dane:

- zapisy decyzji środowiskowej dotyczące wymagań środowiskowych dla obiektu,
- zapisy decyzji środowiskowej związane z lokalizacją obiektu w obszarze chronionym,
- ocena spełnienia wymagań decyzji środowiskowej w Projekcie Budowlanym,
- środowiskowa ocena w cyklu życia LCA.

Na podstawie zgromadzonych informacji opracowano karty obiektu dla każdego z elementów próby badawczej. Karty obiektu zestawiono w Załączniku.

Tab. 7. Zestawienie technologii budowy obiektów betonowych

Nazwa metody	Opis	
	Monolityczna	Prefabrykowana/segmentowa
Budowa na rusztowaniach stacjonarnych (pełne, otwarte) i/lub podporach tymczasowych	Betonowanie w deskowaniu opartym na rusztowaniach stacjonarnych	Montaż przęseł z belek prefabrykowanych na podporach statycznych i/lub tymczasowych. Montaż segmentów prefabrykowanych na rusztowaniu stacjonarnym
Metoda „przęsło po przęśle” (ang. <i>span-by-span method</i> )	Betonowanie w deskowaniu opartym na rusztowaniu przesuwym (ang. <i>movable scaffolding system (MSS, overhead, underslung)</i> )	Montaż belek lub segmentów dźwignicą pełzającą (suwnicą kroczącą, dźwigarem transportowym (ang. <i>launching gantry, launching girder, overhead, underslung</i> ))
Metoda wspornikowa (nawisowa) (ang. <i>cantilever method</i> )	Betonowanie wspornikowe	Montaż wspornikowy segmentów prefabrykowanych
Metoda nasuwania podłużnego (ang. <i>incremental launching method</i> )	Betonowanie segmentów w deskowaniu za przyczółkiem i wysuwanie wzdłuż osi mostu	-

Tab. 8. Zestawienie technologii budowy obiektów stalowych

Nazwa metody	Opis
Montaż konstrukcji sekcjami na podporach stałych i/lub tymczasowych	Montaż sekcji (elementów montażowych) za pomocą dźwigów samochodowych, scalanie na podporach tymczasowych
Montaż przęseł w całości	Montaż całego przęsła za pomocą: <ul style="list-style-type: none"> <li>• dźwignic pełzających</li> <li>• suwnic bramowych</li> <li>• dźwigu transportującego (pływającego)</li> <li>• metody „heavy lifting”</li> </ul>
Montaż sekcji metodą wspornikową (nawisową) (ang. <i>cantilever method</i> )	Montaż sekcji (elementów montażowych) za pomocą metody „heavy lifting”, scalanie na konstrukcji
Metoda nasuwania podłużnego (ang. <i>incremental launching method</i> )	Montaż segmentów za przyczółkiem i wysuwanie wzdłuż osi mostu
Metoda nasuwania poprzecznego	Montaż segmentów równoległe do osi mostu za pomocą dźwigów samochodowych, scalanie na podporach tymczasowych i przesunięcie w kierunku poprzecznym do osi mostu
Metoda nasuwania przez obrót	Montaż segmentów równoległe do osi przesyłki za pomocą dźwigów samochodowych, scalanie na podporach tymczasowych, obrót zmontowanej konstrukcji o 90 stopni

W ocenie funkcjonalnej (części C) przeanalizowano możliwości rozbudowy, tj. poszerzenia, wzmocnienia i zwiększenia skrajni. Ocena miała charakter subiektywny i wynikała z doświadczenia Wykonawcy.

W przypadku mostów, wiaduktów i estakad poszerzenie kwalifikowano jako: łatwe, trudne, niemożliwe. Warunki poszerzenia obiektu wymagają przeliczenia konstrukcji, sprawdzenia czy elementy wyposażenia lub urządzenia obce nie przeszkadzają w poszerzeniu, czy nie ma przeszkód terenowych. Dla celów niniejszego opracowania przyjęto kwalifikacje bazując głównie na konstrukcji przęsła i przekroju poprzecznym. Najłatwiejsze do poszerzenia są obiekty prefabrykowane, zespolone oraz żelbetowe. Obiekty prefabrykowane i zespolone, będą zazwyczaj wymagać dobudowania dodatkowych dźwigarów. Obiekt żelbetowy wzmocnienia wspornika, ewentualnie poszerzenia (dobetonowania) dźwigara. Obiekty sprężone będą trudniejsze do poszerzenia, gdyż z „doklejaną” konstrukcją mogą kolidować kable sprężające. Poszerzenie może wymagać wzmocnienia belki nośnej co jest trudniejsze niż w przypadku konstrukcji sprężonej.

Wzmocnienie zdefiniowano jako: łatwe, trudne, niemożliwe. Kwalifikacja zależy od schematu statycznego i konstrukcji przęsła. Najłatwiej obiekty wzmocnić poprzez zastosowanie taśm kompozytowych lub sprężenia zewnętrznego (w przypadku obiektów betonowych) lub poprzez stosowanie nakładek stalowych (w przypadku konstrukcji stalowych). Takie wzmocnienie jest możliwe do zastosowania głównie w przypadku obiektów swobodnie podpartych. W przypadku obiektów o schemacie belki ciągłej występują największe siły

wewnętrzne nad podporami, a największym naprężeniom poddane są górne części dźwigara. Wzmocnienie poprzez wyżej wymienione techniki jest w tym przypadku nie możliwe. Podobnie w konstrukcjach ramowych największe naprężenia występują w węźle ramy (od strony zasypki), zatem dostęp do części wzmocnianej jest utrudniony. Podsumowując jako łatwe do wzmocnienia zakwalifikowano, głównie obiekty swobodnie podparte.

Zwiększenie skrajni, czyli szerokości jezdni, które jest możliwe właściwie w każdym przypadku, w którym możliwe jest poszerzenie obiektu.

W kładkach, w przypadku obiektów podwieszanych i łukowych zakwalifikowano je jako niemożliwe do wzmocnienia i poszerzenia. W pozostałych określono trudność tych czynności. Dla kładek nie analizowano możliwości zwiększenia skrajni, gdyż nie odbywa się po nich ruch drogowy.

W przypadku przepustów, poprzez poszerzenie rozumie się poszerzenie korony drogi, pod którą znajduje się przepust. W związku z poszerzeniem drogi wymagane będzie wydłużenie przepustu, które określono jako „łatwe” w każdym przypadku. Zwiększenie skrajni jest równoznaczne z powyższym, czyli możliwe dla każdego rodzaju przepustu.

## 4 Analiza uwarunkowań środowiskowych

---

Budowa obiektów mostowych zaliczana jest z reguły do przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko. Podstawą dla uznania, że dany obiekt kwalifikuje się do tego typu przedsięwzięć są zapisy ustawy z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz. U. z 2017 r. poz. 1405 z późn. zm.) oraz Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. z 2016 r. poz. 71). Dla obiektów inżynierskich mają zastosowanie:

- § 2 ust. 1 pkt 31 i 32 i ust. 2 ww. rozporządzenia wskazujący obiekty mogące zawsze znacząco oddziaływać na środowisko, tj. odpowiednio:
  - pkt 31 autostrady i drogi ekspresowe,
  - pkt 32 drogi inne niż wymienione w pkt 31, o nie mniej niż czterech pasach ruchu i długości nie mniejszej niż 10 km w jednym odcinku oraz zmiana przebiegu lub rozbudowa istniejącej drogi o dwóch pasach ruchu do co najmniej czterech pasów ruchu na długości nie mniejszej niż 10 km w jednym odcinku;
  - ust. 2 przedsięwzięcia polegające na rozbudowie, przebudowie lub montażu przedsięwzięć realizowanych lub zrealizowanych wymienionych w:
    - 1) ust. 1, jeżeli ta rozbudowa, przebudowa lub montaż osiąga progi określone w ust. 1, o ile progi te zostały określone;
    - 2) § 3 ust. 1, jeżeli ta rozbudowa, przebudowa lub montaż spowoduje osiągnięcie progów określonych w ust. 1, o ile progi te zostały określone
- § 3 ust. 1 pkt 60 i ust. 2 i 3 ww. rozporządzenia wskazujący obiekty, które mogą potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko, tj. odpowiednio:
  - drogi o nawierzchni twardej o całkowitej długości powyżej 1 km inne niż wymienione w § 2 ust. 1 pkt 31 i 32 oraz obiekty mostowe w ciągu drogi o nawierzchni twardej, z wyłączeniem przebudowy dróg oraz obiektów mostowych, służących do obsługi stacji elektroenergetycznych i zlokalizowanych poza obszarami objętymi formami ochrony przyrody, o których mowa w art. 6 ust. 1 pkt 1 – 5, 8, i 9 ustawy z dnia 16 kwietnia o ochronie przyrody
  - ust. 2 przedsięwzięcia:
    - 1) polegające na rozbudowie, przebudowie lub montażu realizowanego lub zrealizowanego przedsięwzięcia wymienionego w § 2 ust. 1 i niespełniające kryteriów, o których mowa w § 2 ust. 2 pkt 1;
    - 2) polegające na rozbudowie, przebudowie lub montażu realizowanego lub zrealizowanego przedsięwzięcia wymienionego w ust. 1, z wyłączeniem przypadków, w których ulegająca zmianie lub powstająca w wyniku rozbudowy, przebudowy lub montażu część realizowanego lub zrealizowanego przedsięwzięcia nie osiąga progów określonych w ust. 1, o ile progi te zostały określone;
    - 3) nieosiągające progów określonych w ust. 1, jeżeli po zsumowaniu parametrów charakteryzujących przedsięwzięcie z parametrami planowanego, realizowanego lub zrealizowanego przedsięwzięcia tego samego rodzaju znajdującego się na terenie jednego zakładu lub obiektu osiągną progi określone w ust. 1; przy czym przez planowane przedsięwzięcie rozumie się w tym przypadku przedsięwzięcie, w stosunku do którego zostało wszczęte postępowanie w sprawie wydania jednej z decyzji, o których mowa w art. 72 ust. 1 ustawy z dnia 3

października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko, lub dokonano zgłoszenia, o którym mowa w art. 72 ust. 1a tej ustawy.

- o ust. 3 przedsięwzięcia niezwiązane z przebudową, rozbudową lub montażem realizowanego lub zrealizowanego przedsięwzięcia, powodujące potrzebę zmiany uwarunkowań określonych w decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach; przepis stosuje się, o ile ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko nie wyłącza konieczności uzyskania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach oraz o ile potrzeba zmian w zrealizowanym przedsięwzięciu nie jest skutkiem następstw wynikających z konieczności dostosowania się do wymagań stawianych przepisami prawa lub ustaleń zawartych w analizie porealizacyjnej, przeglądzie ekologicznym lub podsumowaniu wyników monitoringu oddziaływania na środowisko zrealizowanego przedsięwzięcia.

W przypadku, gdy dany obiekt jest położony w ciągu dróg wymienionych w tych przepisach jako mogące zawsze znacząco lub potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko lub jako obiekt inżynierski zalicza się do jednej z opisanych powyżej kategorii wymagane jest uzyskanie decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach (DŚU).

W próbie badawczej 93 obiektów znajduje się 61 obiektów, dla których wydane zostały takie decyzje. Należy mieć na uwadze, że w wielu przypadkach wytypowane do próby obiekty były budowane w ramach inwestycji, której nadrzędnym celem było wykonanie drogi. W związku z tym, w odniesieniu do pozostałych 32 obiektów występowały przypadki gdy dla dróg była potrzeba wydawania decyzji DŚU, ale w wydanych decyzjach nie zawarto szczegółowych zapisów odnoszących się do obiektu mostowego. Analiza zapisów decyzji wykazała, że te obiekty nie pełniły funkcji przejść dla zwierząt.

W decyzjach o środowiskowych uwarunkowaniach określających warunki dotyczące analizowanych mostów są zapisy odnoszące się do następujących obowiązków:

- lokalizacji przejść dla zwierząt o zadanych minimalnych wymiarach w świetle przepęseł,
- umocnienia i regulacji brzegów cieku, które należy wykonywać z materiałów naturalnych,
- lokalizacji podpór poza korytem cieku,
- wykonania ekranów akustycznych o zadanej wysokości,
- wykonania osłon antyosłnieniowych o zadanej wysokości,
- odprowadzenia wód opadowych i roztopowych po uprzednim podczyszczeniu w zespołach urządzeń podczyszczających składających się z osadnika oraz separatora.

Dla wiaduktów oraz estakad zapisy decyzji środowiskowych dotyczyły:

- lokalizacji przejść dla zwierząt o zadanych minimalnych wymiarach w świetle przepęseł,
- wykonywania ekranów akustycznych o zadanej wysokości,
- wykonywania osłon antyosłnieniowych o zadanej wysokości,
- odprowadzenia wód opadowych i roztopowych do systemu kanalizacji deszczowej (odwodnienie drogi) przez studnie kanalizacyjne,
- oświetlenia lampami sodowymi z obudową szczelną.

Dla kładek wymagania decyzji środowiskowych dotyczyły:

- zastosowania szczelnego systemu odwodnienia.

Dla przepustów wymagano:

- pełnienia funkcji przejścia dla zwierząt małych i średnich,
- wykonania półek dla zwierząt połączonych z terenem przyległym i położonych nad lustrem wody,
- wykonania płotków naprowadzających.

Zapisy w decyzjach środowiskowych są znacząco różne i zależą głównie od charakteru obiektów oraz ich funkcji dodatkowej np. jako przejścia dla zwierząt. Mosty ze swojej definicji służą do przekroczenia przeszkód jakimi są różnego rodzaju cieki, zarówno naturalne jak rzeki czy potoki, jak i sztuczne: kanały czy rowy. Koryta rzek oraz woda płynąca z roślinnością na brzegach najczęściej stanowią dla różnych zwierząt naturalny szlak przemieszczania się. W związku z tym w przypadku mostów często spotyka się wymagania co do przejść dla zwierząt, wykonywanych jako przejścia zespolone, ogólnie dzielone na przejścia dla zwierząt małych, średnich i dużych. W odniesieniu do przepustów, także taka funkcja jest określana, ale dla zwierząt małych i średnich. Decyzje o środowiskowych uwarunkowaniach często definiują dokładne wymiary tych przejść. Zarówno potrzeba wykonania przejścia, jak i wymagane wymiary są za każdym razem oceniane indywidualnie, dla danej inwestycji oraz uwarunkowań środowiskowych. Wpływ na to mają przede wszystkim:

- wyniki prac pozwalających na określenie wykorzystywania terenu przez zwierzęta i jego funkcji dla zwierząt, najczęściej są to inwentaryzacje przyrodnicze,
- dane dotyczące kolizyjności dróg istniejących ze zwierzętami,
- analiza lokalizacji w stosunku do występującego ukształtowania i zagospodarowania terenu, w szczególności jego pokrycia, zarówno w otoczeniu przejścia, jak i w dalszej odległości,
- analiza w zakresie oddziaływań skumulowanych i zapewnienia ciągłości szlaków migracji zwierząt,
- analiza uwarunkowań wynikających z położenia terenów objętych formami ochrony przyrody,
- analiza w zakresie lokalizacji w stosunku do głównych (w tym paneuropejskich), krajowych oraz lokalnych szlaków migracji,
- inne dane takie jak kategoria drogi, natężenie ruchu.

Brak jest szczegółowych wytycznych dotyczących zasad wydawania decyzji środowiskowych, dlatego też decyzja zarówno o potrzebie wykorzystania danego obiektu, jak i wymaganiach w odniesieniu do przejścia dla zwierząt, każdorazowo należy do organu opiniującego lub wydającego decyzję. W obowiązujących przepisach prawa są zawarte wymagania co do parametrów przejść dla zwierząt. Organy administracji przy określaniu tych parametrów bardzo często odnoszą się jednak nie do tych przepisów, ale do danych literaturowych, co jest zaznaczone w uzasadnieniach tych decyzji. Z reguły organy przychylają się do szczegółowo uzasadnionych wniosków o wykonanie lub brak potrzeby wykonania przejścia dla zwierząt i jego parametrów. Niemniej zdarzają się przypadki, gdy decyzja określa wymagania arbitralnie na podstawie zalecanej literatury.

Biorąc to pod uwagę, stwierdza się że nie można porównywać wymagań poszczególnych organów wydających decyzje środowiskowe. W celu dokonania takiego porównania należałoby znaleźć inwestycje o bardzo zbliżonym zakresie, w lokalizacji o podobnych uwarunkowania terenowych (ukształtowanie terenu, zagospodarowanie, tereny chronione, przebieg wysokościowy drogi, itp.) oraz danych przyrodniczych (wykorzystanie terenu i jego funkcja dla zwierząt).

Podsumowując:

- z uwagi na wielość zmiennych wymagających analizy takie porównanie zawsze wskazuje elementy indywidualne, decydujące o rodzaju i kształcie indywidualnych warunków zawartych w decyzjach o środowiskowych uwarunkowaniach, odnoszących się do tego obiektu,
- w przypadku gdy obiekt inżynierski nie pełni funkcji przejść dla zwierząt decyzje o środowiskowych uwarunkowaniach z reguły nie zawierają warunków dotyczących wymiarów i konstrukcji tych obiektów.

## 4.1 Mosty, wiadukty, kładki

W analizie uwarunkowań środowiskowych każdą grupę obiektów należy traktować inaczej, gdyż zapisy decyzji środowiskowych do poszczególnych grup obiektów (mosty, wiadukty, kładki) różnią się między sobą. W tabelach Tab. 9, Tab. 10, Tab. 11 zawarto wymagania co do mostów, wiadukty i estakad. W tabelach zestawieniowych pominięto kładki, gdyż są to obiekty o małym oddziaływaniu na środowisko i w próbie badawczej, tylko dla jednego obiektu znalazły się zapisy DUŚ (dotyczące szczelnego systemu odwodnienia).

Poniżej przedstawiono zestawienie danych dla mostów.

Tab. 9. Zestawienie wymagań środowiskowych dla mostów

Obiekt	Długość	Nazwa obszaru chronionego	Oznaczenie drogi	Funkcja przejścia dla zwierząt	Wymiar przejścia dla zwierząt	Umocnienie/Regulacja cieku	Podpory poza korytem cieku	Ekrany akustyczne	Wysokość ekranu	Ostony antyświatłowe	Wysokość ostony
M001	38	-	DP 4425S	Brak zapisów w DUŚ							
M002	18.2	-	A 4	Tak	10x5	Nie	Nie	Nie	n.d.	Tak	2,2 - 2,4
M003	42.1	Wschodniobeskidzki Obszar Chronionego Krajobrazu Natura 2000 - Obszar siedliskowy Dorzecze Górnego Sanu	DW 892	Tak	b.d.	Tak	Tak	Nie	n.d.	Nie	n.d.
M004	37.98	Obszar Chronionego Krajobrazu Beskidu Niskiego	DW 897	Tak	b.d.	Tak	Tak	Nie	n.d.	Nie	n.d.
M005	27.7	-	S 7	Tak	18 x 2,5	Tak	Nie	Nie	n.d.	Nie	n.d.
M006	21.8	Miechowsko-Działoszycki Obszar Chronionego Krajobrazu	S 7	Tak	18 x 2,5	Tak	Nie	Nie	n.d.	Nie	n.d.
M007	25.43	-	A 4	Nie	n.d.	Nie	Nie	Tak	3,5	Nie	n.d.
M008	29.3	-	DP W-02a	Brak zapisów w DUŚ							
M009	19	-	DK 94	Brak zapisów w DUŚ							
M010	33.9	-	A 4	Tak	10x5	Nie	Nie	Tak	3,5	Nie	n.d.
M011	117.1	Natura 2000 - obszar siedliskowy Dolina Dolnej Tanwi	DW 886	Brak zapisów w DUŚ							
M012	24.24	-	DK 94	Nie	n.d.	Nie	Nie	Tak	b.d.	Nie	n.d.
M013	53.16	-	G 115521R	Brak zapisów w DUŚ							
M014	27.2	-	S 19	Tak	25x3	Nie	Tak	Nie	n.d.	Tak	b.d.
M015	81.92	-	S 7	Tak	b.d.	Nie	Nie	Nie	n.d.	Nie	n.d.
M016	305.8	-	S 7	Tak	b.d.	Nie	Nie	Tak	b.d.	Nie	n.d.
M017	109.76	-	A 4	Tak	10x5	Nie	Nie	Tak	3,5	Nie	n.d.
M018	61	-	A 4	Brak zapisów w DUŚ							
M019	44.6	-	A 4	Brak zapisów w DUŚ							
M020	21.1	-	S 7	Nie	n.d.	Nie	Nie	Tak	b.d.	Nie	n.d.
M021	24.35	-	DK 94	Brak zapisów w DUŚ							
M022	17.9	Babiogórski Park Narodowy - otulina Południowomazowiecki Obszar Chronionego Krajobrazu	DW 962	Tak	5x3,5	Nie	Nie	Nie	n.d.	Nie	n.d.
M023	19.22	-	A 4	Brak zapisów w DUŚ							
M024	22.23	Kielecki Obszar Chronionego Krajobrazu	DK 74	Brak zapisów w DUŚ							
M025	27.7	-	S 7	Tak	17,5 x 2,5	Nie	Nie	Nie	n.d.	Nie	n.d.



Oznaczenia przyjęte w tabeli:

S – droga ekspresowa

DK – droga krajowa

DW – droga wojewódzka

DP – droga powiatowa

G – droga gminna

n.d. – nie dotyczy

Brak zapisów w DUŚ – obiekt nie wymagał oceny oddziaływania na środowisko lub nie zawarto co do niego wymagań w decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach.

Spośród 25 mostów, będących w próbie badawczej, decyzję o środowiskowych uwarunkowaniach wydano dla 15 obiektów (60%). Siedem obiektów (28%) znalazło się na obszarze chronionym. Tylko dwa mosty (8%/13%\*\*) na obszarze chronionym nie mają wydanej DUŚ. Zgodnie z danymi przedstawionymi w tabeli Tab. 9, 12 mostów (48%/80%\*\*), dla których wydano decyzję o środowiskowych uwarunkowaniach wymagało przewidzenia przejścia dla zwierząt. Tylko w trzech (12%/20%\*\*) obiektach pominięto ten aspekt. W przypadku, gdy obiekt miał pełnić funkcje przejścia dla zwierząt, w ośmiu przypadkach (32%/67%\*\*) podano szczegółowe wymagania co do wymiarów przejścia. Dla trzech obiektów (12%/20%\*\*) wymagano wykonania umocnienia/regulacji cieku wodnego. Tylko w trzech (12%/20%\*\*) przypadkach zapisano konieczność lokalizacji podpór poza korytem cieku. Ekranów akustycznych wymagano dla 6 obiektów (24%/40%\*\*), dla których wydano DUŚ. Ostony antyodśniezeniowe wymagano tylko dla dwóch obiektów (8%/13%\*\*) przypadków.

\* - udział procentowy w ogólnej liczbie obiektów danej grupy

\*\* - udział procentowy, dla których wydano DUŚ w danej grupie obiektów

Tab. 10. Zestawienie wymagań środowiskowych dla wiaduktów

Obiekt	Długość	Nazwa obszaru chronionego	Oznaczenie drogi	Funkcja przejścia dla zwierząt	Wymiar przejścia dla zwierząt	Ekran akustyczne	Wysokość ekranu	Lampy sodowe ze szczelną obudową	Podwieszane odwodnienie	Szczelne odw. do kanalizacji deszczowej
W001	89.2	-	DW 858	Brak zapisów w DUŚ						
W002	59.3	-	DW 885	Nie	n.d.	Nie	n.d.	Nie	Nie	Tak
W003	81.65	-	DK 9	Brak zapisów w DUŚ						
W004	21.1	-	S 8	Nie	n.d.	Tak	b.d.	Tak	Tak	Nie
W005	102.1	-	S 8	Nie	n.d.	Nie	n.d.	Tak	Tak	Nie
W006	61	Warszawski Obszar Chronionego Krajobrazu	DP 430434W	Nie	n.d.	Nie	n.d.	Tak	Tak	Nie
W007	61	Warszawski Obszar Chronionego Krajobrazu	G -	Nie	n.d.	Nie	n.d.	Tak	Tak	Nie
W008	47.2	Włoszczowsko-Jędrzejowski Obszar Chronionego Krajobrazu	DK 78	Nie	n.d.	Tak	2,0-4,0	Nie	Nie	Nie
W009	90.2	Podkielecki Obszar Chronionego Krajobrazu	S 7	Tak	b.d.	Tak	4,0	Nie	Nie	Nie
W010	42.25	Brzózniński Obszar Chronionego Krajobrazu	DK 77	Nie	n.d.	Tak	3,0 (prze zrocyste)	Nie	Nie	Nie
W011	21.2	-	DW 178	Nie	n.d.	Nie	n.d.	Nie	Nie	Tak
W012	27.1	-	S 7	Tak	b.d.	Tak	b.d.	Nie	Nie	Nie
W013	18.5	-	DW 869	Brak zapisów w DUŚ						
W014	47.02	-	S 19	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

W015	59.82	-	DK 94	Nie	n.d.	Tak	b.d.	Nie	Nie	Nie
W016	27.1	-	S 7	Nie	n.d.	Tak	b.d.	Nie	Nie	Nie
W017	49.1	Chęcińsko - Kielecki Park Krajobrazowy	S 7	Nie	n.d.	Tak	b.d.	Nie	Nie	Nie
W018	27.1	-	S 7	Nie	n.d.	Tak	b.d.	Nie	Nie	Nie
W019	37.3	-	A 4	Nie	n.d.	Tak	b.d.	Nie	Nie	Nie
W020	61.28	-	DP 1383R	Brak zapisów w DUŚ						
W021	40.92	-	A 4	Brak zapisów w DUŚ						
W022	166.5	Południowomałopolski Obszar Chronionego Krajobrazu	DW 969	Brak zapisów w DUŚ						
W023	27.33	-	A 4	Nie	n.d.	Tak	b.d.	Nie	Nie	Nie
W024	18.2	-	A 4	Brak zapisów w DUŚ						
W025	32.4	Podkielecki Obszar Chronionego Krajobrazu	S 7	Tak	b.d.	Nie	n.d.	Nie	Nie	Nie
W026	31.9	-	DK 94	Nie	n.d.	Tak	b.d.	Nie	Nie	Nie
W027	110.9	Natura 2000 - obszar ptasi Dolina Środkowej Wisły Warszawski Obszar Chronionego Krajobrazu	S 8	Brak zapisów w DUŚ						
W028	115.83	Natura 2000 - obszar ptasi Dolina Środkowej Wisły Warszawski Obszar Chronionego Krajobrazu	S 8	Brak zapisów w DUŚ						
W029	18.68	-	A 4	Brak zapisów w DUŚ						
W030	16.1	-	S 7	n.d.	n.d.	Tak	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Spośród 30 wiaduktów będących w próbie badawczej, decyzję o środowiskowych uwarunkowaniach wydano dla 20 obiektów (67%<sup>\*</sup>). Dziesięć obiektów (30%<sup>\*</sup>) znalazło się na obszarze chronionym. Tylko trzy wiadukty (10%<sup>\*</sup>/15%<sup>\*\*</sup>) na obszarze chronionym nie mają wydanej DUŚ. Zgodnie z danymi przedstawionymi w tabeli Tab. 10, 3 wiadukty (10%<sup>\*</sup>/15%<sup>\*\*</sup>), dla których wydano decyzję o środowiskowych uwarunkowaniach wymagały przewidzenia przejścia dla zwierząt. W żadnym z przypadków nie określono wymiarów wymaganych przejść dla zwierząt. Ekranów akustycznych wymagano dla 13 obiektów (43%<sup>\*</sup>/65%<sup>\*\*</sup>), dla których wydano DUŚ. W czterech obiektach (13%<sup>\*</sup>/20%<sup>\*\*</sup>) wymagano wykonania lamp sodowych ze szczelną obudową. W wymaganiach DUŚ zapisano również że 4 obiekty (13%<sup>\*</sup>/20%<sup>\*\*</sup>) muszą mieć podwieszane do obiektu odwodnienie. W dwóch (7%<sup>\*</sup>/10%<sup>\*\*</sup>) odwodnienie takie należało odprowadzić do kanalizacji deszczowej.

\* - udział procentowy w ogólnej liczbie obiektów danej grupy

\*\* - udział procentowy, dla których wydano DUŚ w danej grupie obiektów

Tab. 11. Zestawienie wymagań środowiskowych dla estakad

Obiekt	Długość	Nazwa obszaru chronionego	Oznaczenie drogi	Funkcja przejścia dla zwierząt	Wymiar przejścia dla zwierząt	Ekran akustyczne	Wysokość ekranu	Ostony antyhałsieniowe	Wysokość ostony	Podwieszane odwodnienie	Odwodnienie do odbiornika po podczyszczaniu
E001	386.74	-	S 8	Brak zapisów w DUŚ							
E002	295.89	-	S 8	Brak zapisów w DUŚ							
E003	465.06	-	DW 964	Brak zapisów w DUŚ							
E004	211.6	-	S 8	Nie	n.d.	Tak	b.d.	Nie	n.d.	Nie	Nie
E005	156.88	-	S 8	Brak zapisów w DUŚ							
E006	90.1	Suchedniowsko - Oblęgorski Obszar Chronionego Krajobrazu Suchedniowsko - Oblęgorski Park	S 7	Nie	n.d.	Tak	b.d.	Nie	n.d.	Nie	Nie

		Krajobrazowy - otulina										
E007	73.2	Natura 2000 - Obszar siedliskowy Rzeka San	DK 77	Nie	n.d.	Nie	n.d.	Nie	n.d.	Nie	Tak	
E008	183	-	A 4	Tak	b.d.	Nie	n.d.	Tak	b.d.	Nie	Nie	
E009	183.3	-	DK 77	Nie	n.d.	Nie	n.d.	Nie	n.d.	Tak	Nie	

Spośród 9 estakad będących w próbie badawczej, decyzję o środowiskowych uwarunkowaniach wydano dla 5 obiektów (56%). Dwa obiekty (22%) znalazło się na obszarze chronionym. Zgodnie z danymi przedstawionymi w tabeli Tab. 11, tylko jeden obiekt (11%/20%\*\*), dla których wydano decyzję o środowiskowych uwarunkowaniach wymagał przewidzenia przejścia dla zwierząt. W żadnym z przypadków nie określono wymiarów wymaganych przejść dla zwierząt. Ekranów akustycznych wymagano dla 2 obiektów (22%/40%\*\*), dla których wydano DUŚ. W wymaganiach DUŚ zapisano również że jeden obiekt (11%/20%\*\*) musi mieć podwieszane do obiektu odwodnienie oraz w przypadku jednego obiektu (11%/20%\*\*) odwodnienie takie należało odprowadzić po podczyszczeniu do odbiornika.

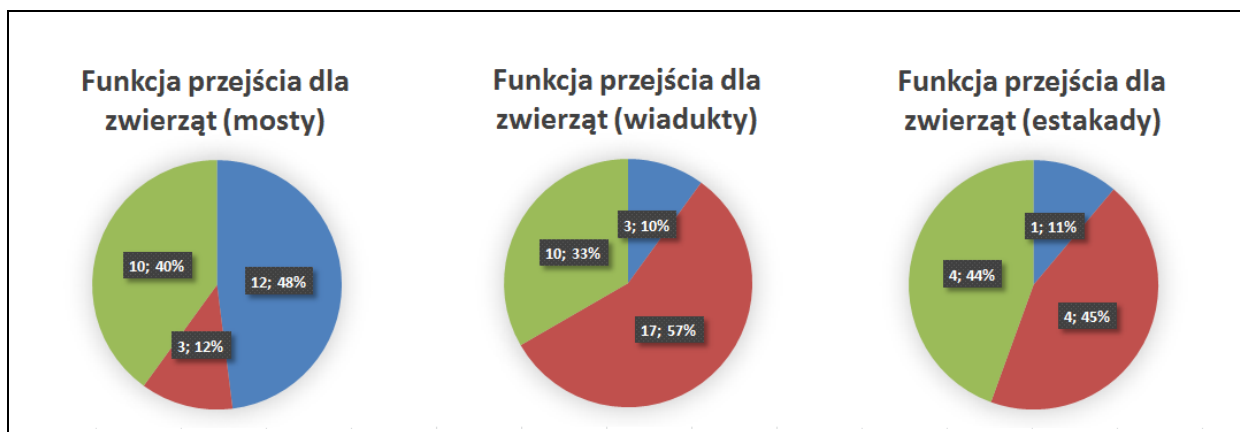
\* - udział procentowy w ogólnej liczbie obiektów danej grupy

\*\* - udział procentowy, dla których wydano DUŚ w danej grupie obiektów

Przedstawione w powyższych tabelach Tab. 9, Tab.10, Tab. 11 dane przedstawiono na poniższych wykresach. Na etykietach wykresów podano wartości liczbowe i procentowe w odniesieniu do ogólnej liczby obiektów, z danej grupy obiektów próby badawczej.

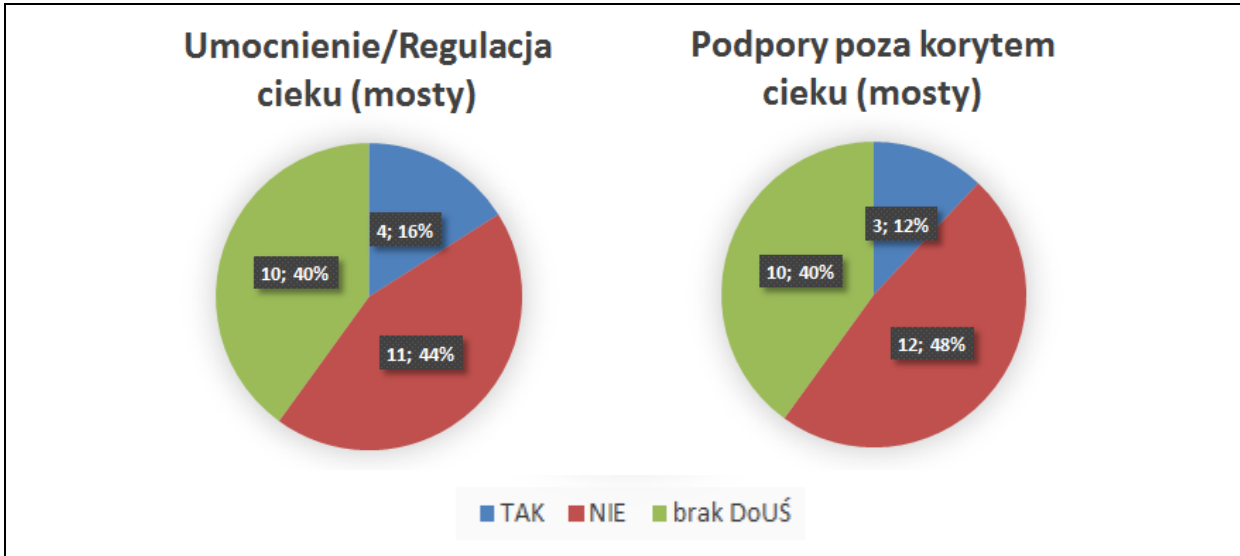


Rys. 1. Obiekty na obszarze chronionym/niechronionym

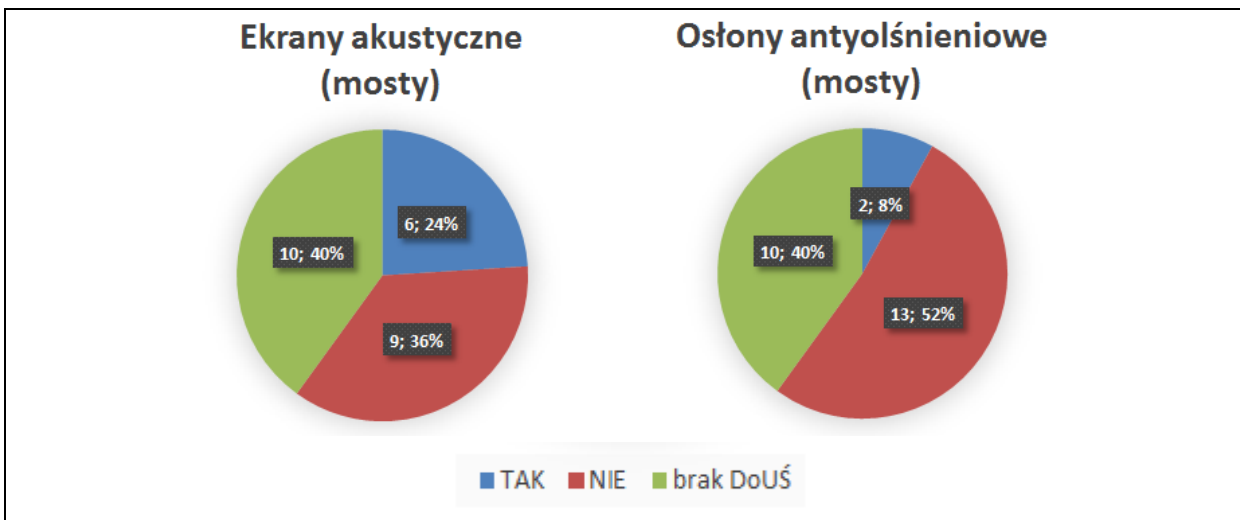


■ TAK ■ NIE ■ brak DoUŚ

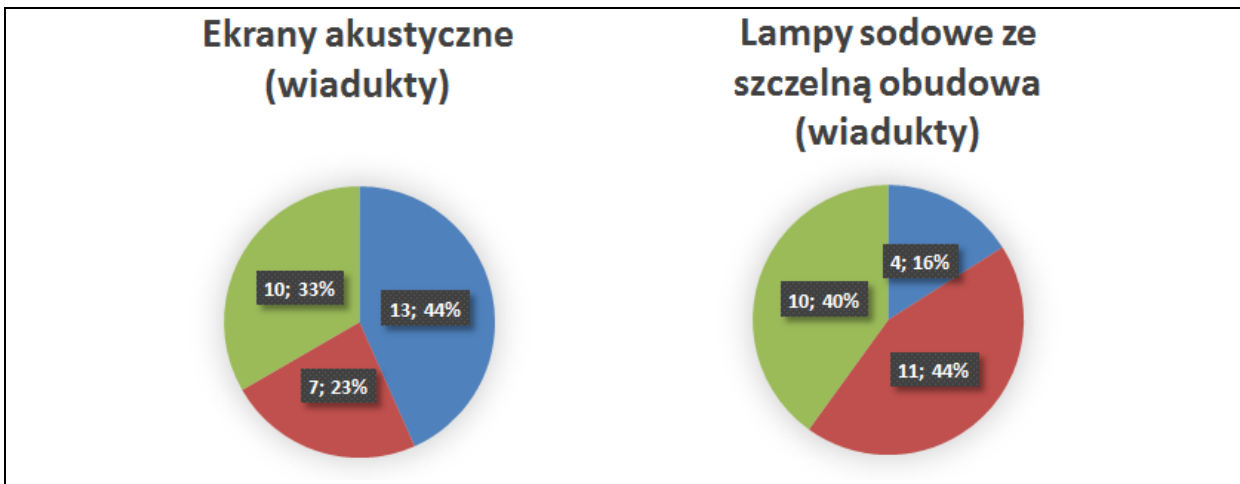
Rys. 2. Pełnienie funkcji przejścia dla zwierząt

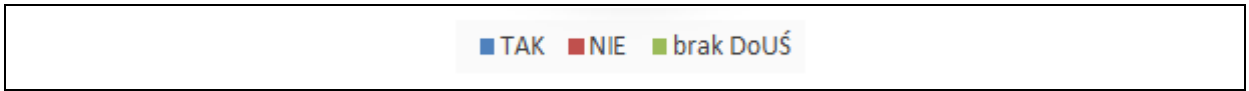


Rys. 3. Umocnienie/Regulacja cieków oraz podpory poza korytem cieków (mosty)

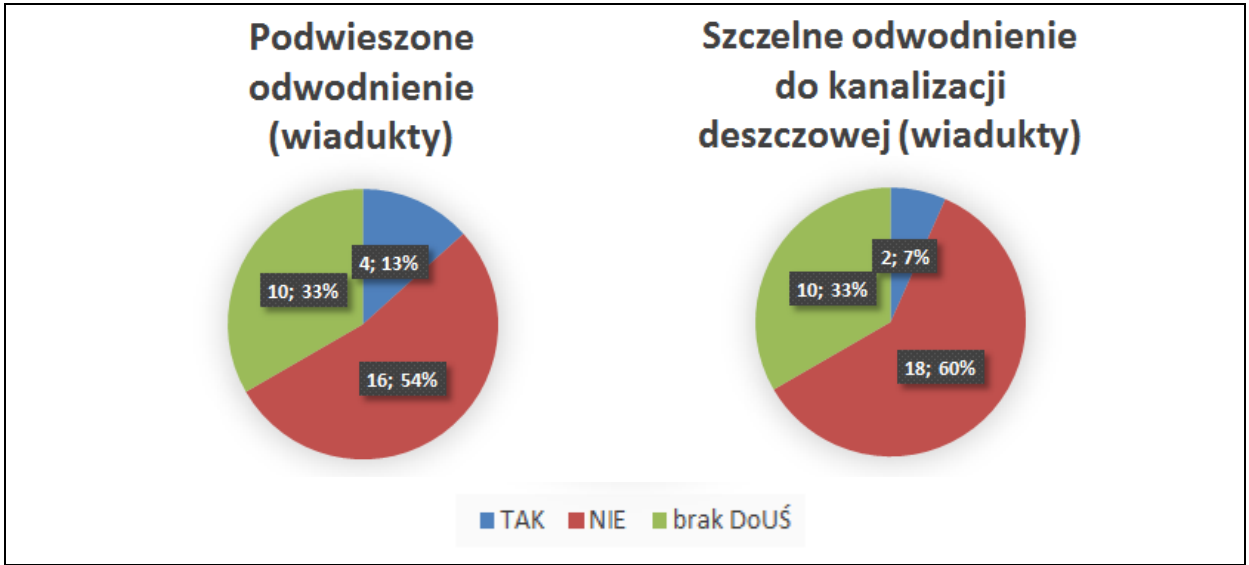


Rys. 4. Ekran akustyczny i osłona antyodśnieniowa (mosty)

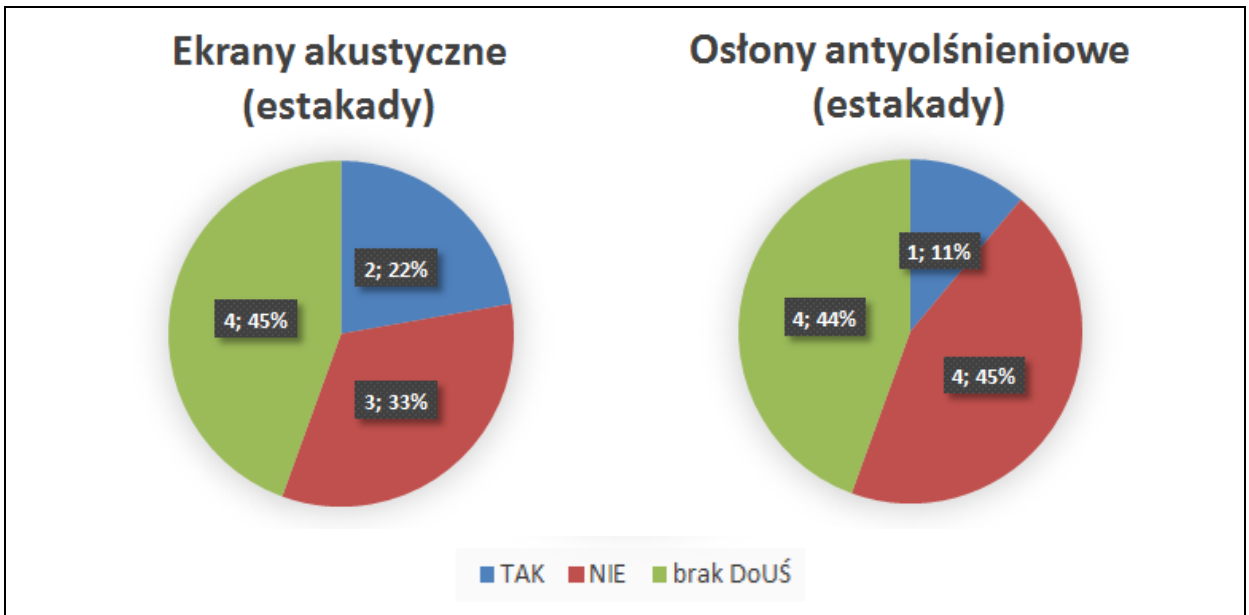




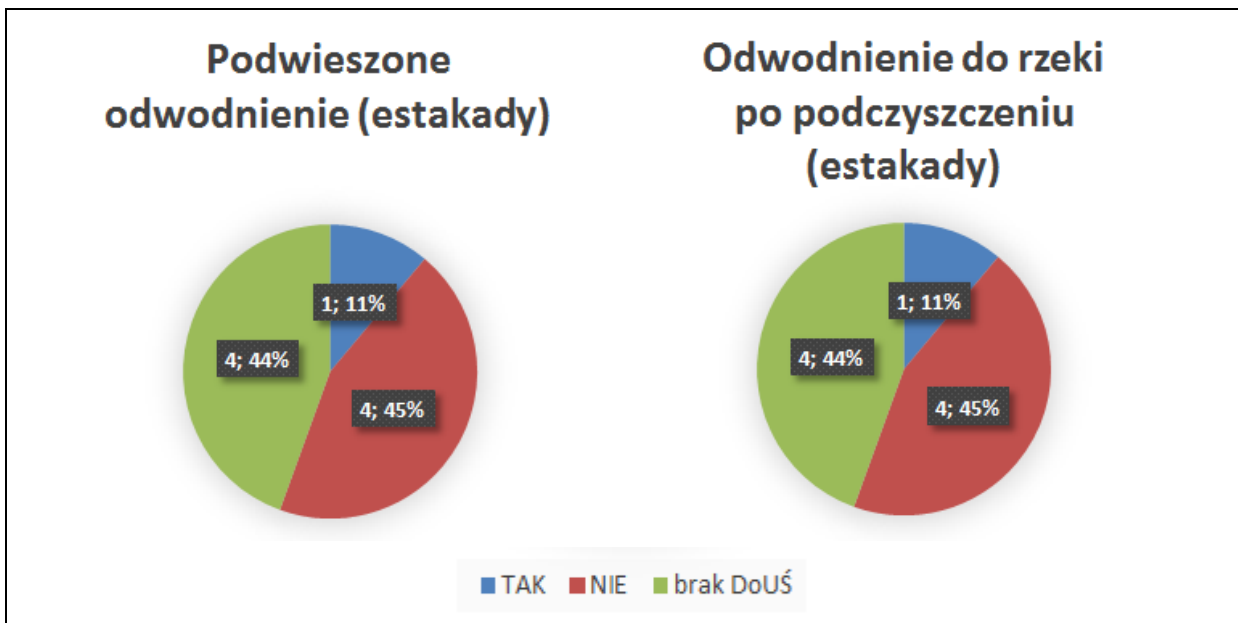
Rys. 5. Ekrany akustyczne i lampy sodowe ze szczelną obudową (wiadukty)



Rys. 6. Podwieszona odwodnienie i szczelne odwodnienie do kanalizacji deszczowej (wiadukty)



Rys. 7. Ekrany akustyczne i osłony antyolśnieniowe (estakady)



Rys. 8. Podwieszona odwodnienie i odwodnienie do rzeki po podczyszczeniu (estakady)

## 4.2 Przepusty

Przepusty stanowią odrębną grupę obiektów mostowych. Zapisy, które zawarto w Decyzjach o Środowiskowych Uwarunkowaniach co do przepustów, mają zupełnie inny charakter niż dla mostów i wiaduktów czy estakad. W tabeli Tab. 12 zawarto zestawienie wymagania DUŚ co do przepustów. W tabeli wzięto pod uwagę zapisy decyzji środowiskowych takie jak:

- Pełnienie przez obiekt funkcji przejścia dla zwierząt,
- Pełnienie przez obiekt funkcji przejścia dla ptaków,
- Konieczność wykonania półek dla zwierząt,
- Odpowiednie (łagodne) przejście z terenu do przepustu (do półek),
- Konieczność zbudowania ekranów akustycznych na drodze, nad obiektem,
- Konieczność wykonania siatek naprowadzających,
- Umocnienie cieku,
- Konieczność zaprojektowania zgodnie z publikacją z 2006 pt. „Zwierzęta a drogi: metody ograniczania negatywnego wpływu dróg na populacje dzikich zwierząt”.

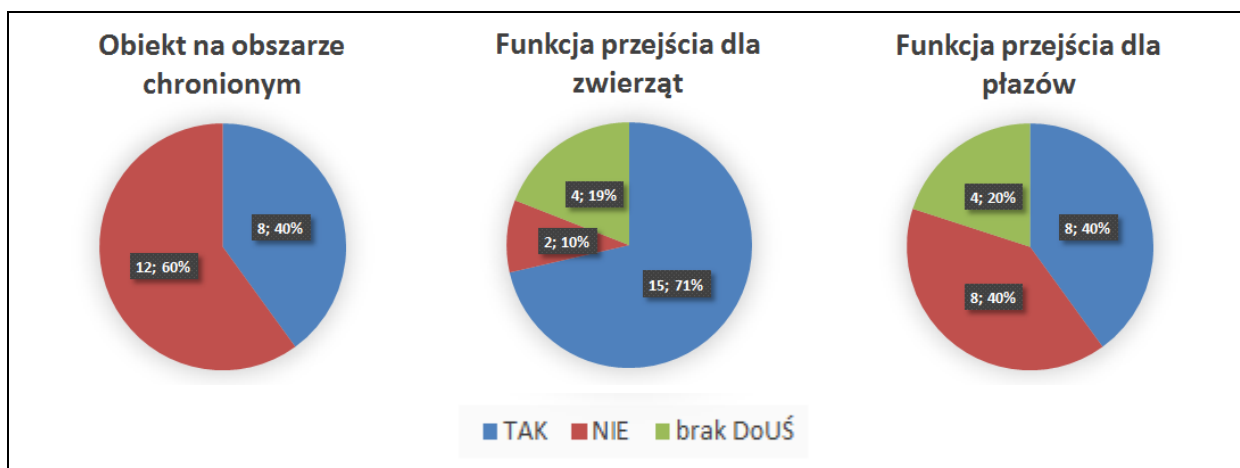
Poniżej przedstawiono tabelę z wymaganiami DUŚ do przepustów:

Tab. 12. Zestawienie wymagań środowiskowych dla przepustów

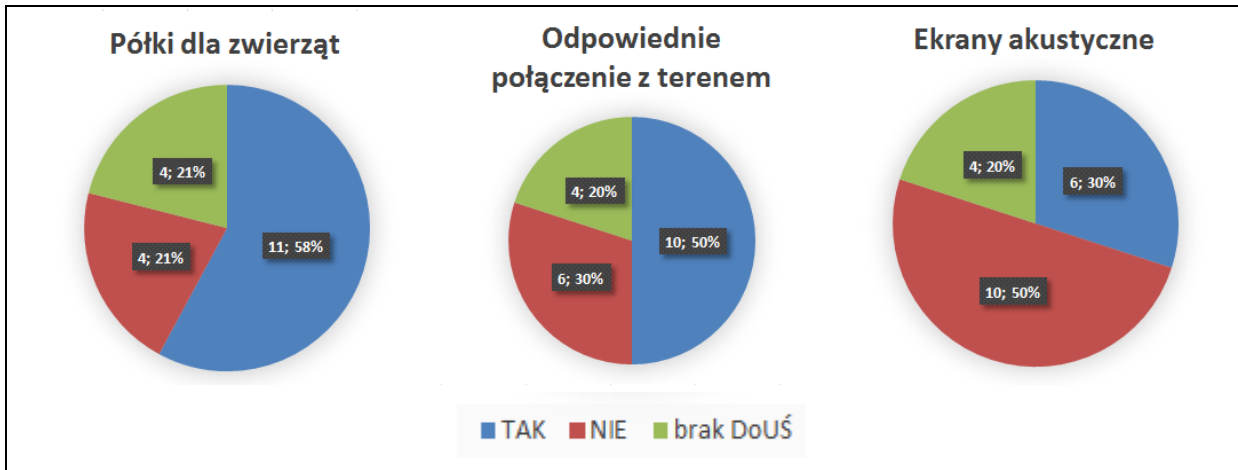
Obiekt	Długość	Nazwa obszaru chronionego	Oznaczenie drogi	Funkcja przejścia dla zwierząt	Wymiary przejścia dla zwierząt	Funkcja przejścia dla ptaków	Półki dla zwierząt	Odpowiednie połączenie z terenem	Ekran akustyczny	Siatki naprowadzające	Umocnienie cieku	Zaprojektować zgodnie z "Jędrzejewski i inni 2006"
P001	62.91	Podkielecki Obszar Chronionego Krajobrazu	S 7	Tak	4,5 x 2	Nie	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie	Nie
P002	48.96	Chęcińsko - Kielecki Obszar Chronionego Krajobrazu Chęcińsko - Kielecki Park	S 7	Tak	3 x 2	Nie	Tak	Tak	Nie	Nie	Nie	Nie

		Krajobrazowy - otulina										
P003	44.46	Chęcińsko - Kielecki Park Krajobrazowy	S 7	Tak	3 x 2	Tak	Tak	Tak	Nie	Tak	Nie	Nie
P004	44.75	Chęcińsko - Kielecki Park Krajobrazowy	S 7	Tak	3 x 2	Tak	Tak	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie
P005	64.82	Suchedniowsko - Oblęgorski Obszar Chronionego Krajobrazu Suchedniowsko - Oblęgorski Park Krajobrazowy - otulina	S 7	Tak	Nie	Tak	Tak	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie
P006	59.34	Podkielecki Obszar Chronionego Krajobrazu	S 7	Tak	3 x 2	Tak	Tak	Tak	Nie	Tak	Nie	Nie
P007	38.2	-	S 7	Brak zapisów w DUŚ								
P008	33.28	-	S 7	Tak	2 x 2	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie
P009	57.32	-	S 7	Brak zapisów w DUŚ								
P010	39.87	-	S 7	Tak	2 x 2	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Ni
P011	34.2	-	DK 94	Tak	b.d.	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie	Nie	Tak
P012	24.3	-	DK 94	Tak	b.d.	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie	Nie	Tak
P013	62	Warszawski Obszar Chronionego Krajobrazu	S 8	Tak	b.d.	Nie	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie	Nie
P014	31.36	-	DK 94	Tak	b.d.	Tak	Nie	Nie	Tak	Nie	Nie	Tak
P015	20	-	DP 1770R	Brak zapisów w DUŚ								
P016	30.68	-	DW 869	Tak	min. 1,5 x1,0 oraz wsp. ciasnoty min. 0,07	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie
P017	67.58	-	DW 885	Tak	1,5 x 2	Nie	Tak	Tak	Nie	Nie	Tak	Nie
P018	33.4	Mielecko-Kolbuszowsko-Głogowski Obszar Chronionego Krajobrazu Natura 2000 - Obszar ptasi Puszcza Sandomierska	DW 985	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Tak	Nie	Nie	Nie
P019	21.6	-	DK 94	Tak	b.d.	Tak	Tak	Tak	Tak	Nie	Nie	Tak
P020	9	-	G	Brak zapisów w DUŚ								

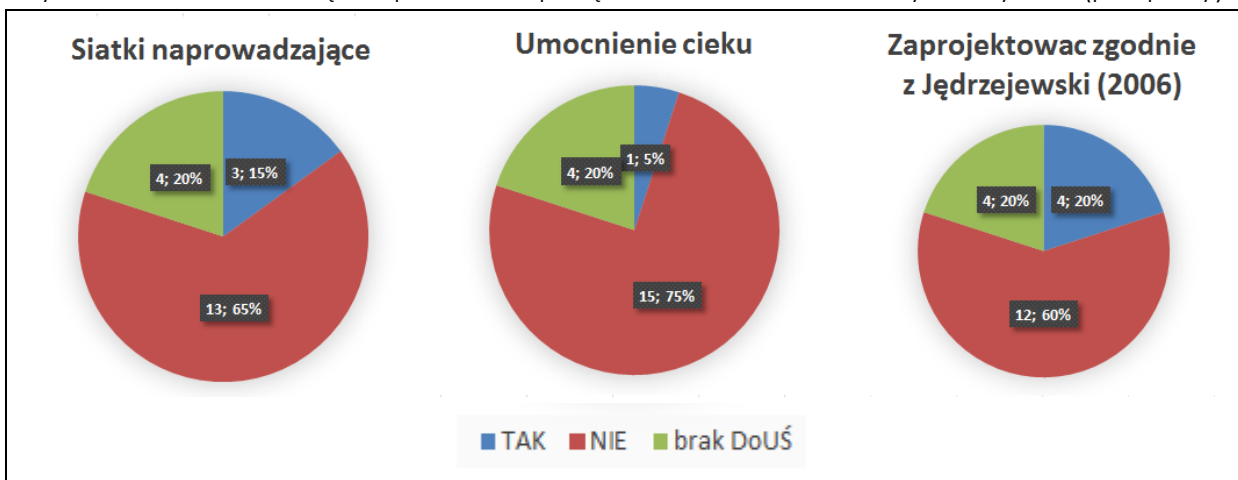
Na wykresach poniżej przedstawiono procentowy podział (w odniesieniu do ogólnej liczby obiektów, z danej grupy obiektów próby badawczej) wymagań co do przepustów, podzielonych zgodnie z tabelą [Tab. 12]



Rys. 9. Obiekty na obszarze chronionym, funkcja przejścia dla zwierząt, funkcja przejścia dla płazów (przepusty)



Rys. 10. Półki dla zwierząt, odpowiednie połączenie z terenem, ekrany akustyczne (przepusty)



Rys. 11. Siatki naprowadzające, umocnienie cieku, zaprojektowanie zgodnie z Jędrzejewski (2006) (przepusty)

Spośród 20 przepustów będących w próbie badawczej, decyzję o środowiskowych uwarunkowaniach wydano dla 16 obiektów (80%). Osiem obiektów (40%) znalazło się na obszarze chronionym. Większość przepustów, tj. 15 obiektów (75%/94%) pełni rolę funkcji przejścia dla zwierząt/płazów. Ekranów akustycznych wymagano dla 5 obiektów (25%/31%), dla których wydano DUŚ. Dla 8 obiektów znajdujących się na obszarach chronionych tylko w jednym (5%/6%) nie wymagano przejścia dla zwierząt/płazów w przepuszczeniu. Analizując tabelę Tab. 12, można zauważyć, że gdy od obiektu na obszarze ochrony przyrody wymagano co do przepustu pełnienia funkcji przejścia dla zwierząt, równocześnie podano wymagania co do wysokości i szerokości przejścia oraz wymagane wymiary przejścia były większe, niż poza obszarami chronionym. Tylko w jednym z obiektów poddanym próbie określono wartość współczynnika ciasnoty. Dla 11 z 15 obiektów (55%/73%) z przejściem dla zwierząt/płazów wymagano wykonania półek, umożliwiających przejście powyżej zwierciadła wody (podczas niskich stanów wód). W większości przypadków, półki dla zwierząt/płazów, są połączone z odpowiednim ukształtowaniem przestrzeni przy obiektowej, tylko w jednym przypadku nie zawarto takiego wymagania. W tabeli nie podano szczegółowych wymagań co do półek, jednak w decyzjach środowiskowych znalazły się zarówno dokładne definicje wymiarów (np. 50cm) i ułożenia półek (obustronnie, powyżej zwierciadła cieku) jak i lakoniczne stwierdzenia „należy stosować półki dla zwierząt”. W przejściu dla płazów musiało zostać wyposażone 7 przepustów (35%/44%), z czego tylko



w 3 (15%/19%\*\*) zastrzeżono konieczność wykonania płotków naprowadzających. Tylko w 6 przypadkach (30%/38%\*\*) wymagano wybudowania ekranów akustycznych. W jednym obiekcie wymagano wykonania umocnienia cieków. Z obiektów poddanych próbie w 4 (20%/25%\*\*) wymagano, aby spełniły odpowiednie parametry, powołując się na publikację „Zwierzęta i drogi. Metody ograniczania negatywnego wpływu dróg na populacje dzikich zwierząt”. Publikacja ta powstała przy współpracy z Generalną Dyrekcją Dróg Krajowych i Autostrad, dlatego wymaganie pojawiło się tylko w DUŚ dla dróg w zarządzie GDDKiA. Należy pochwalić taką inicjatywę, gdyż projektowanie w oparciu o zadany dokument unifikuje projektowane objekty.

Analizując dane dot. przepustów, zestawione w kartach (załącznik), nie widać związku pomiędzy wielkością (długością) przepustu, a wymaganiami decyzji środowiskowych. Również, nie można stwierdzić jednoznacznie, że objekty znajdujące się na obszarach chronionych zawsze pełnią funkcję ekologiczną, gdyż dla 8 obiektów na takim terenie w jednym w ogóle pominięto taką funkcję. Ekran akustyczny jest powiązany głównie z lokalizacją drogi (obecnością zabudowań), bardziej niż z obszarami środowiskowymi. Wymagania środowiskowe nie są też powiązane z kategorią drogi, jednak można zauważyć, że są one częściej definiowane dla obiektów pod drogami wyższych klas.

\* - udział procentowy w ogólnej liczbie obiektów danej grupy

\*\* - udział procentowy, dla których wydano DUŚ w danej grupie obiektów

#### 4.3 Analiza porównawcza wymagań w zakresie parametrów technicznych określonych w DoUŚ oraz parametrów przyjętych w projektach budowlanych

W tabelach Tab. 9, Tab. 10, Tab. 11, Tab. 12 zestawiono wymagania w odniesieniu do wszystkich obiektów mostowych i przepustów. Tabele pokazują jakie warunki co do ochrony przyrody definiowano w DUŚ. Wykonawca przeanalizował poprawność projektów obiektów mostowych pod kątem zgodności z decyzjami o środowiskowych uwarunkowaniach. Wszystkie objekty poddane próbie badawczej spełniają postawione im wymagania. Pierwszym pojawiającym się w DUŚ zapisem jest pełnienie przez obiekt funkcji przejścia dla zwierząt. O ile ciężko ocenić poprawność rozwiązania w przypadku obiektów, w których nie podano szczegółowych wymagań odnośnie wymiarów przejścia, o tyle sprawdzono, czy rozwiązania w Projektach Budowlanych są zgodne z DUŚ gdy wymiary przejścia zostały podane w decyzji. Wszystkie objekty (8 szt. Mostów), w których zdefiniowano wielkość przejścia spełniają zapisy DUŚ. Z przeanalizowanej dokumentacji wynika, że przejście dla zwierząt może mieć wpływ na wymiary obiektu, a co za tym idzie, wpływać na koszty inwestycji. W jednym przypadku (M002) szerokość obiektu jest podyktowana zadaniem wymiarem przejścia, natomiast wysokość nad terenem jest znacznie większa niż wymagają warunki przejścia. Szerokość i wysokość nad terenem jednego obiektu mostowego została ewidentnie podyktowana wymaganym przejściem (M014). W dwóch przypadkach wymiary mostu są minimalnie większe, niż wymaga to przejście dla zwierząt. Trudno ocenić, czy było to podyktowane decyzją projektanta, czy np. obliczeniami hydrologiczno-hydraulicznymi i minimalnym światłem obiektu. Wykonawca nie dysponuje takimi obliczeniami, nie zostały one dołączone do dokumentacji. Biorąc pod uwagę przepusty wystąpiło 9 konstrukcji, w których zdefiniowano wymiary przejścia. Jeden przepust (P017) jest większy niż wymagają warunki przejścia. W jednym przypadku (P016) wymiary przekroju przepustu są większe, niż minimalne wymagania zawarte w decyzji, natomiast na jego przekrój miało też wpływ

określenie minimalnego współczynnika ciasnoty. Współczynnik ciasnoty jest wyliczany ze wzoru:

$$c = \frac{b \cdot h}{L}$$

gdzie:

*c* – współczynnik ciasnoty

*b* – szerokość w świetle

*h* – wysokość w świetle

*L* – długość przepustu

Dla przepustu P017 wynosi on 0,073 czyli spełnia wymagane minimum równe 0,07. W pozostałych 7 konstrukcjach wymiary przepustu były podyktowane wymiarami podanymi w DUŚ. W przypadku przepustów można stwierdzić, że wymagania Decyzji o Uwarunkowaniach Środowiskowych mają realny wpływ na konstrukcje i wpływają na koszty inwestycji.

Kolejnym analizowanym parametrem jest konieczność uregulowania i umocnienia cieku wodnego. Działania takie mogą być podyktowane dwoma czynnikami:

- wynikami obliczeń hydrologiczno-hydraulicznych;
- wymaganiami podanymi przez zarządcę cieku.

Wykonawca nie dysponuje obliczeniami hydrologiczno-hydraulicznymi analizowanych obiektów, gdyż prawo nie wymaga ich zamieszczenia w dokumentacji. Również, wymagania zarządcy cieku, są dokumentem posiadanymi przez projektanta i inwestora. Dlatego, nie sposób jest ocenić czym były podyktowane zapisy DUŚ. Mają one realny wpływ na koszt inwestycji, jednak należy zaznaczyć, że zabezpieczenie brzegów w rejonie mostów jest korzystne, gdyż zmniejsza erozję brzegów, a co za tym idzie wpływa na bezpieczeństwo i trwałość mostu.

Kolejnym wymaganiem jest lokalizacja podpór poza korytem rzeki. W przypadku, gdy w dokumentacji znalazł się taki zapis, projektanci wybrali konstrukcję ramowe, aby pokonać wymaganą rozpiętość, bez niepotrzebnego wydłużania przęsła, tj. lokalizację podpory poza korytem potoku. Gdyby zlokalizować podporę poza ciekiem, należałoby zwiększyć długość całkowitą obiektu, tak aby przęsła miały podobne rozpiętości. W dwóch przypadkach wymiary przęseł są znaczne (powyżej 35m), w jednym rozpiętość wynosi około 27m. Prawdopodobnie w przypadku zaprojektowania obiektów o schemacie belki swobodnie podpartej lub ciągłym (co wiąże się z wydłużeniem mostu) zwiększyłyby koszty inwestycji. Zapis co do podpór w cieku na pewno wpłynął na decyzję projektantów.

Co do ekranów akustycznych ich wymaganie jest podyktowane odpowiednimi przepisami i obliczeniami, którymi Wykonawca nie dysponuje. Na pewno ich zastosowanie zwiększa koszty inwestycji, ale wpływa na komfort użytkowników, osób postronnych/zwierząt. Jeśli chodzi o osłony antyolśnieniowe wymaganie ich, jest podyktowane wymaganiami danego Inwestora lub Regionalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska. W DUŚ znalazły się również zapisy o lampach sodowych ze szczelną obudową. Zastosowanie lamp sodowych wynika z ochrony owadów, ptaków i nietoperzy. Mają one inną barwę światła i nie przyciągają tak owadów, a w konsekwencji nietoperzy. Zastosowanie szczelnej obudowy chroni przed przedostawaniem się zwierząt do środka, głównie zabezpiecza przed zagnieżdżaniem się ptaków. Zastosowanie odwodnienia w obiekcie mostowym wynika z obliczeń i inwestycji. Dla danego przypadku wylicza się zanieczyszczenie substancjami ropopochodnymi i decyduje o zastosowaniu odwodnienia oraz ewentualnego podczyszczania.

Wszystkie z wyżej podanych warunków mają realny wpływ na koszty inwestycji. Jednak nie sposób jest ocenić każdorazowo czy podany warunek był uzasadniony i niezbędny. Należy mieć na uwadze, że wszystkie rozwiązania wymagane w DUŚ mają wpływ na faunę i florę, która jest nieodłącznym elementem środowiska i trzeba dążyć do jej odpowiedniej ochrony.

Ocena potrzeb środowiskowych musi być rozpatrywana indywidualnie i przemyślana, przy pogodzeniu czynników ekonomicznych i środowiskowych.

#### 4.4 Analiza porównawczej wymagań w zakresie parametrów technicznych określonych w DUŚ dla obiektów usytuowanych na obszarach lub w sąsiedztwie obszarów objętych różnymi formami ochrony przyrody.

W tabelach Tab. 13, Tab. 14, Tab. 15, Tab. 16 przedstawiono dane dotyczące wymagań Decyzji o Uwarunkowaniach Środowiskowych wraz z podstawowymi parametrami obiektów i lokalizacją na obszarze chronionym. W przedstawionych danych nie można odnaleźć zależności pomiędzy obszarem chronionym a wymaganiami decyzji środowiskowych. Wymagania dla poszczególnych obiektów różnią się. Decyzje wymagają przejść dla zwierząt niezależnie od lokalizacji. Również umocnienie/regulacja cieków wodnych nie jest bezpośrednio powiązana z terenami chronionymi. Podobnie jest z ekranami akustycznymi, które w przypadku mostów nie pojawiają się na terenach chronionych, natomiast biorąc pod uwagę wiadukty takie przypadki się również zdarzają.

W tabelach Tab. 13, Tab. 14, Tab. 15, Tab. 16 poniżej przedstawiono zestawienie obiektów mostowych i przepustów z informacją o organie wydającym decyzję.

Tab. 13. Zestawienie obszarów chronionych i organów wydających DUŚ dla mostów

Obiekt	Nazwa obszaru chronionego	Oznaczenie drogi	Wydający decyzję
M001	-	DP 4425S	n.d.
M002	-	A 4	RDOŚ Rzeszów
M003	Wschodniobeskidzki Obszar Chronionego Krajobrazu Natura 2000 - Obszar siedliskowy Dorzecze Górnego Sanu	DW 892	RDOŚ Rzeszów, GDOŚ
M004	Obszar Chronionego Krajobrazu Beskidu Niskiego	DW 897	RDOŚ Rzeszów, GDOŚ
M005	-	S 7	RDOŚ Kielce
M006	Miechowsko-Działoszycki Obszar Chronionego Krajobrazu	S 7	RDOŚ Kielce
M007	-	A 4	RDOŚ Rzeszów
M008	-	DP W-02a	n.d.
M009	-	DK 94	n.d.
M010	-	A 4	RDOŚ Rzeszów
M011	Natura 2000 - obszar siedliskowy Dolina Dolnej Tanwi	DW 886	n.d.
M012	-	DK 94	Wojewoda Podkarpacki
M013	-	G 115521R	n.d.
M014	-	S 19	Wojewoda Podkarpacki
M015	-	S 7	Wojewoda Mazowiecki
M016	-	S 7	Wojewoda Mazowiecki
M017	-	A 4	RDOŚ Rzeszów
M018	-	A 4	n.d.
M019	-	A 4	n.d.
M020	-	S 7	Wojewoda Mazowiecki
M021	-	DK 94	n.d.
M022	Babiogórski Park Narodowy - otulina	DW 962	Wójt Gminy Lipnica Wielka

	Południowomałopolski Obszar Chronionego Krajobrazu		
M023	-	A 4	n.d.
M024	Kielecki Obszar Chronionego Krajobrazu	DK 74	n.d.
M025	-	S 7	RDOŚ Kielce

Tab. 14. Zestawienie obszarów chronionych i organów wydających DUŚ dla wiaduktów

Obiekt	Nazwa obszaru chronionego	Oznaczenie drogi	Wydający decyzję
W001	-	DW 858	n.d.
W002	-	DW 885	RDOŚ Rzeszów
W003	-	DK 9	n.d.
W004	-	S 8	RDOŚ Warszawa, GDOŚ, Wojewoda Mazowiecki
W005	-	S 8	RDOŚ Warszawa, GDOŚ, Wojewoda Mazowiecki
W006	Warszawski Obszar Chronionego Krajobrazu	DP 430434W	RDOŚ Warszawa, GDOŚ, Wojewoda Mazowiecki
W007	Warszawski Obszar Chronionego Krajobrazu	G -	RDOŚ Warszawa, GDOŚ, Wojewoda Mazowiecki
W008	Włoszczowsko-Jędrzejowski Obszar Chronionego Krajobrazu	DK 78	Wojewoda Świętokrzyski
W009	Podkielecki Obszar Chronionego Krajobrazu	S 7	Wojewoda Świętokrzyski
W010	Brzózniński Obszar Chronionego Krajobrazu	DK 77	Wojewoda Podkarpacki
W011	-	DW 178	Burmistrz Miasta Czarnków
W012	-	S 7	Wojewoda Mazowiecki
W013	-	DW 869	n.d.
W014	-	S 19	Wojewoda Podkarpacki
W015	-	DK 94	Wojewoda Podkarpacki
W016	-	S 7	Wojewoda Mazowiecki
W017	Chęciński - Kielecki Park Krajobrazowy	S 7	Wojewoda Świętokrzyski
W018	-	S 7	Wojewoda Mazowiecki
W019	-	A 4	RDOŚ Rzeszów
W020	-	DP 1383R	n.d.
W021	-	A 4	n.d.
W022	Południowomałopolski Obszar Chronionego Krajobrazu	DW 969	n.d.
W023	-	A 4	RDOŚ Rzeszów
W024	-	A 4	n.d.
W025	Podkielecki Obszar Chronionego Krajobrazu	S 7	Wojewoda Świętokrzyski
W026	-	DK 94	Wojewoda Podkarpacki
W027	Natura 2000 - obszar ptasi Dolina Środkowej Wisły Warszawski Obszar Chronionego Krajobrazu	S 8	n.d.
W028	Natura 2000 - obszar ptasi Dolina Środkowej Wisły Warszawski Obszar Chronionego Krajobrazu	S 8	n.d.
W029	-	A 4	n.d.
W030	-	S 7	RDOŚ Kielce

Tab. 15. Zestawienie obszarów chronionych i organów wydających DUŚ dla estakad

Obiekt	Nazwa obszaru chronionego	Oznaczenie drogi	Wydający decyzję
E001	-	S 8	n.d.
E002	-	S 8	n.d.
E003	-	DW 964	n.d.
E004	-	S 8	RDOŚ Warszawa, GDOŚ, Wojewoda Mazowiecki
E005	-	S 8	n.d.
E006	Suchedniowsko - Oblęgorski Obszar Chronionego Krajobrazu Suchedniowsko - Oblęgorski Park Krajobrazowy - otulina	S 7	Wojewoda Świętokrzyski
E007	Natura 2000 - Obszar siedliskowy Rzeka San	DK 77	Prezydent Miasta Przemyśla
E008	-	A 4	RDOŚ Rzeszów
E009	-	DK 77	RDOŚ Rzeszów

Tab. 16. Zestawienie obszarów chronionych i organów wydających DUŚ dla przepustów

Obiekt	Nazwa obszaru chronionego	Oznaczenie drogi	Wydający decyzję
P001	Podkielecki Obszar Chronionego Krajobrazu	S 7	Wojewoda Świętokrzyski, GDOŚ
P002	Chęcińsko - Kielecki Obszar Chronionego Krajobrazu Chęcińsko - Kielecki Park Krajobrazowy - otulina	S 7	Wojewoda Świętokrzyski, GDOŚ
P003	Chęcińsko - Kielecki Park Krajobrazowy	S 7	Wojewoda Świętokrzyski, GDOŚ
P004	Chęcińsko - Kielecki Park Krajobrazowy	S 7	Wojewoda Świętokrzyski, GDOŚ
P005	Suchedniowsko - Oblęgorski Obszar Chronionego Krajobrazu Suchedniowsko - Oblęgorski Park Krajobrazowy - otulina	S 7	Wojewoda Świętokrzyski
P006	Podkielecki Obszar Chronionego Krajobrazu	S 7	Wojewoda Świętokrzyski, GDOŚ
P007	-	S 7	n.d.
P008	-	S 7	RDOŚ Kielce
P009	-	S 7	n.d.
P010	-	S 7	RDOŚ Kielce
P011	-	DK 94	Wojewoda Podkarpacki
P012	-	DK 94	Wojewoda Podkarpacki
P013	Warszawski Obszar Chronionego Krajobrazu	S 8	Burmistrz Radzymina, RDOŚ Warszawa, GDOŚ
P014	-	DK 94	Wojewoda Podkarpacki
P015	-	DP 1770R	n.d.
P016	-	DW 869	RDOŚ Rzeszów
P017	-	DW 885	RDOŚ Rzeszów
P018	Mielecko-Kolbuszowsko-Głogowski Obszar Chronionego Krajobrazu Natura 2000 - Obszar ptasi Puszcza Sandomierska	DW 985	RDOŚ Rzeszów
P019	-	DK 94	Wojewoda Podkarpacki
P020	-	G -	n.d.

Analizując zestawione dane, ciężko jest szukać podobieństw w wydawanych decyzjach. Przykładowo na 4 decyzję wydane przez Wojewodę Świętokrzyskiego, 10 wydano na drodze klasy S i na obszarze chronionym. W ośmiu przypadkach wymagano przejścia dla zwierząt w dwóch nie (P001, P002, P003, P004, P005, P006, W009, W025, W017, E006). Patrząc na mosty opiniowane przez Wojewodę Podkarpackiego, mamy dwa obiekty, na drogach podobnej rangi, poza obszarem chronionym, w których wymagano przejścia dla zwierząt tylko dla jednego obiektu. Ten sam organ nie wyznaczył przejścia dla zwierząt w żadnym z analizowanych wiaduktów (W010, W015, W016, W025) mimo, że jeden z nich znajduje się na obszarze chronionym (W010). Dla przepustów każdorazowo żądano, aby pełnił funkcje przejścia. Wśród 3 przepustów (P016, P017, P018), w których RDOŚ w Rzeszowie wydawał DUŚ, tylko jeden (P018) nie ma pełnić funkcji przejścia, a jest on położony na dwóch obszarach chronionych. Biorąc pod uwagę mosty we wszystkich zapisano konieczność wykonania przejścia dla zwierząt, natomiast nie wymagano tego dla wiaduktów i estakad. Podobnie jest też w przypadku pozostałych obiektów. Z kolei np. lampy sodowe ze szczelną obudową oraz szczelny system odwodnienia były wymagane tylko w RDOŚ w Warszawie, niezależnie czy jest to obszar chroniony czy nie (W004, W005, W006, W007). Ekran akustyczny, regulacja/umocnienie ciekłu czy podpory poza korytem ciekłu również były wydawane niezależnie od organu i obszaru chronionego.

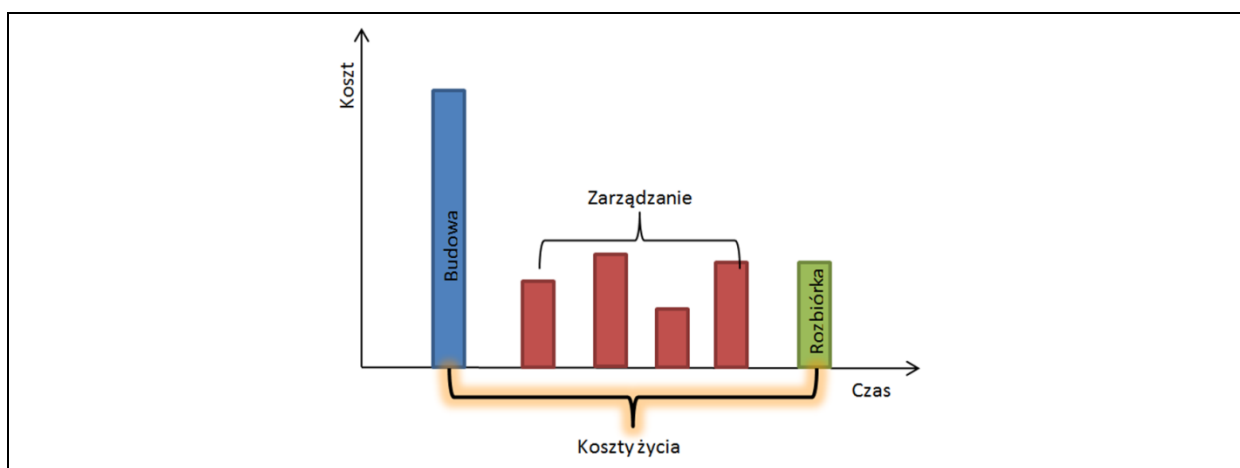
Podsumowując, wymagania środowiskowe trudno łączyć lokalizację obiektu z organem wydającym DUŚ, czy klasą drogi. Wymagania DUŚ, odnoszą się każdorazowo do danego obiektu (a najczęściej do odcinka drogi dla którego wydawana jest decyzja) w oparciu o Kartę Informacyjną Przedsięwzięcia lub Raporty o oddziaływaniu na środowisko. Nawet obiekty znajdujące się blisko siebie mogą wymagać innych form ochrony przyrody, gdyż mogą się znajdować na obszarach pełniących inną funkcję (łąki, lasy, tereny zurbanizowane). Zagadnienia ochrony środowiska muszą być za każdym razem analizowane indywidualnie, dla określonego przypadku.

## 5 Wieloparametryczna ocena obiektów mostowych

### 5.1 Analiza ekonomiczna w cyklu życia LCCA

#### 5.1.1 Wstęp

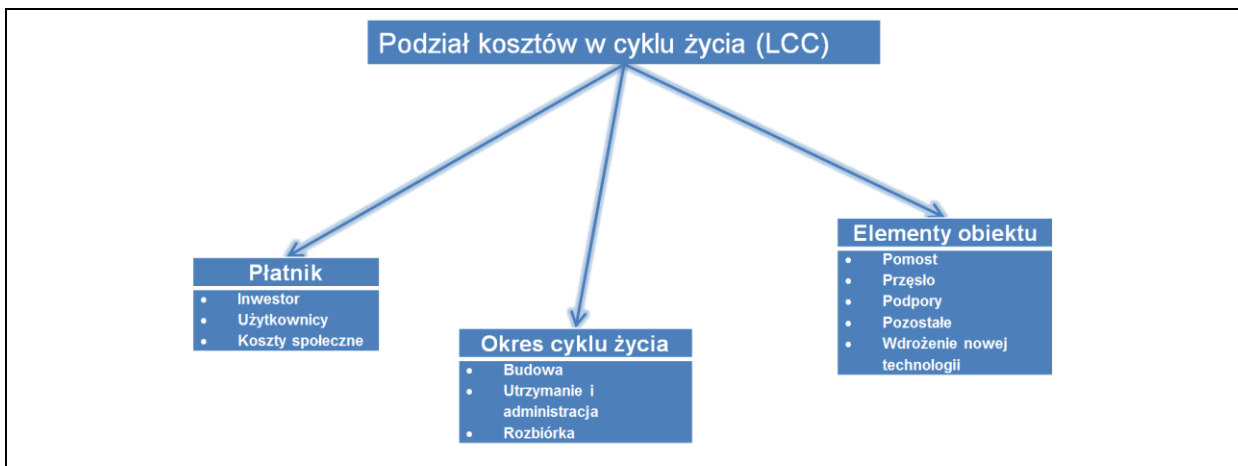
Inwestycje drogowe w tym budowy obiektów mostowych pochłaniają znaczną część publicznych pieniędzy. Dlatego bardzo ważnym aspektem jest dobór takich rozwiązań które pozwalają na minimalizację kosztów inwestycji. Aktualnie podejście do minimalizacji kosztów jest krótkoterminowe. Decyduje najniższa cena wybudowania. Podejście to jednak nie uwzględnia całkowitych kosztów obsługi obiektu mostowego w czasie jego życia. Coraz częściej, zwłaszcza w wysoko rozwiniętych krajach zaczyna się określać opłacalność wariantu inwestycji uwzględniając nie tylko koszty budowy, ale również zarządzania i rozbiórki (Rys. 12). Ma to znaczenie nie tylko ekonomiczne, ale również ekologiczne i społeczne.



Rys. 12. Koszty życia obiektu

W celu określenia całkowitych kosztów życia obiektu w całym cyklu życia stosuje się tzw. analizę LCCA, (ang. Life-Cycle Cost Analysis). Wyróżnia się dwa rodzaje analiz LCCA: deterministyczną i probabilistyczną. Analiza deterministyczna polega na przyjęciu pewnych sztywnych założeń, działań, wartości (tzw. wartości dyskretne). Analiza probabilistyczna jest bardziej zaawansowana i wprowadza do elementów analizy deterministycznej niepewność o określonej wartości procentowej. Dla przykładu w analizie deterministycznej założymy, że obiekt po 15 latach użytkowania, będzie wymagał odnowienia 10% powierzchni zabezpieczenia antykorozyjnego stali konstrukcyjnej dźwigarów. W analizie probabilistycznej sprawdza się jak uwzględnienie np. 10% odchyłki co do założonej powierzchni do renowacji oraz np. 5% co do kosztu za "m<sup>2</sup>" tej renowacji.

Analiza LCCA obejmuje swoim zakresem wszystkie koszty związane z budową, zarządzaniem i rozbiórką obiektu. Nie jest to jednak jedyny podział kosztów. Przykładowy podział kosztów życia obiektów przedstawiono na rysunku (Rys. 13).



Rys. 13. Podział kosztów w cyklu życia

Analiza LCCA pozwala na uwzględnieniu różnego rodzaju podziału kosztów. Najczęściej stosuje się podział na płatnika i na okres cyklu życia. Podział na elementy obiektu jest stosowany głównie w celu sprawdzenia, która część obiektu jest najbardziej cenogenna. Taka analiza pozwala na optymalizację rozwiązania docelowego. W przeciwieństwie do ogólnego przekonania, kosztów inwestycji i jej utrzymania nie ponosi tylko inwestor; np. na czas remontu obiekt jest zamykany na okres robót i w tej sytuacji najczęściej podróżujący muszą korzystać z objazdów, czyli dodatkowe koszty ponoszą również użytkownicy. Z tego faktu wynika m.in. zwiększone spalanie i emisja CO<sub>2</sub>, które obciążają kosztem całe społeczeństwo i środowisko. Przykłady kosztów ponoszonych przez poszczególne „strony” przedstawiono w Tab. 17.

Tab. 17. Podział kosztów ze względu na płatnika

KOSZTY PŁATNIKÓW		
Koszty inwestora	Koszty użytkownika	Koszty społeczne
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projekt</li> <li>• Budowa</li> <li>• Bieżące utrzymanie</li> <li>• Remonty cząstkowe</li> <li>• Naprawy, wymiany, modernizacje, przebudowy</li> <li>• Przeglądy</li> <li>• Rozbiórka</li> <li>• Produkcja, składowanie, utylizacja odpadów</li> <li>• Recycling</li> <li>• Administracja i zarządzanie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eksploatacja pojazdów</li> <li>• Dodatkowe zużycie paliwa</li> <li>• Czas pracy kierowców przewozów towarowych i pasażerskich</li> <li>• Czas pasażerów w przewozach pasażerskich</li> <li>• Wypadki drogowe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisja toksycznych składników spalin</li> <li>• Hałas drogowy</li> </ul>

LCCA jest złożoną analizą kosztów, pozwalającą w szerszym zakresie spojrzeć na efektywność ekonomiczną danego rozwiązania. Narzędzie to zaczyna być coraz częściej i chętniej stosowane, a w niektórych inwestycjach wręcz wymagane. Celem niniejszej analizy jest porównanie „konkurencyjności” różnych typów obiektów mostowych z pośród przyjętych w próbie badawczej. Wyniki analizy pozwolą na ocenę opłacalności stosowania danego rodzaju konstrukcji mostowej.



## 5.1.2 Metodyka

### 5.1.2.1 Typ analizy

W opracowaniu bazowano na analizie deterministycznej. Jest to podyktowane typem analizy, tj. analiza dotyczy różnych obiektów w różnych warunkach. Analiza propabilistyczna dałaby lepszy obraz w przypadku porównywania np. obiektów o identycznych wymiarach, zbudowanych w tym samym miejscu, w tych samych warunkach, ale wykonanych z różnych materiałów. W próbie badawczej, każdy z analizowanych obiektów jest inną konstrukcją, dla której występowałyby odmienne warunki. Wyniki z uwzględnieniem niepewności co do ilości czy kosztu robót, tylko zaburzałyby już i tak dużą ilość danych i stanowiłby utrudnienie w wyciąganiu wniosków. Analiza ma służyć ocenie ekonomiczności mostów poddanych próbie, a nie porównaniu, które z rozwiązań jest obarczone większym ryzykiem, zmiennością.

### 5.1.3 Ogólne założenia do analizy

W analizie LCCA niezbędne jest określenie tzw. realnej stopy dyskontowej. Ma ona na celu określenie wartości pieniądza w czasie. Koszt każdego działania musi zostać sprowadzony do czasu T+0 (okresu budowy). Powstało wiele dokumentów wydanych przez samorządy powiatów, województw, krajów czy np. Unię Europejską. Wartości realnej stopy dyskontowej w tych dokumentach są różne. Dokumenty te często dotyczą konkretnych programów operacyjnych, branż czy dofinansowań i jest określana w zależności od sytuacji ekonomicznej danego sektora gospodarczego czy regionu. Wartości te najczęściej wahają się w granicach od 4% do 6%. Na potrzeby niniejszej analizy LCCA przyjęto wartość stopy dyskontowej na poziomie 4%. Oprogramowanie użyte do analizy, korzystając z wartości realnej stopy dyskontowej i roku pojawienia się danego kosztu, przelicza automatycznie wartość kosztów na tzw. wartość bieżącą. Przyjęto średnią trwałość obiektu mostowego na poziomie 100 lat. Założono wykonanie remontu obiektu co 15 lat.

### 5.1.4 Koszty inwestora

Jak nadmieniono wcześniej analiza LCCA może obejmować wiele rodzajów kosztów wraz z podziałem na płatnika, okres cyklu życia czy elementy obiektu. Ze względu na płatnika koszty dzielimy na: inwestora, koszty użytkowników i koszty społeczne. Pierwszy z płatników, tj. inwestor, ponosi koszty związane z wybudowaniem oraz, utrzymaniem i rozbiórką obiektu. W opracowaniu uwzględniono koszty budowy oraz koszty utrzymania. Koszty rozbiórki pominięto, ze względu na zagregowanie wyników do wartości bieżącej pieniądza, tzw. present value. Z doświadczenia Wykonawcy wynika, iż koszt ten jest pomijalnie mały w stosunku do pozostałych. Koszty inwestora to przede wszystkim koszty materiałów konstrukcyjnych, takich jak: beton, stal zbrojeniowa, stal konstrukcyjna, stal sprężająca oraz koszty wyposażenia. Obiekty objęte niniejszą analizą różnią się wyposażeniem, np. rodzajem zastosowanego urządzenia dylatacyjnego, liczbą i rodzajem łożysk, konstrukcją nawierzchni oraz barierami, balustradami, ekranami akustycznymi czy oświetleniem. Uwzględnienie w analizie elementów wymiennych takich jak łożyska, urządzenia dylatacyjne, czy nawierzchnie, jest zasadne, gdyż wynikają one głównie z zastosowanego rodzaju konstrukcji, tj. od wyboru projektanta. Wyjątek tu stanowi nawierzchnia, która jest dobierana w sposób indywidualny, niezwiązany z typem konstrukcji, ale typ materiału zastosowany nawierzchnie mostu drogowego, betonowego, może być różna w zależności od decyzji projektanta. Uwzględnienie barier, balustrad, ekranów czy oświetlenia wynika z przyczyn niezależnych od projektanta, takich jak umiejscowienie obiektu czy wymagania ochrony środowiska. Uwzględnienie tych elementów zaburzyłoby wyniki, gdyż analiza ma na celu wyłonienia

optymalnych rodzajów konstrukcji obiektów mostowych a nie optymalnych elementów wyposażenia. Dodatkowo wymagałoby to poddania analizie obiektów o tych samych powierzchniach (ekrany), długościach (balustrady, bariery) czy ilościach zastosowanych rozwiązań (lampy oświetleniowe).

#### 5.1.4.1 Koszty budowy

W celu jak najlepszego doboru optymalnych rozwiązań w kosztach budowy uwzględniono:

- koszty betonu podpór i przęsta,
- koszty stali zbrojeniowej w podporach i przęśle,
- koszty stali konstrukcyjnej w prześle,
- koszty stali sprężającej przęsto.

Zawężenie kosztów do wyżej wymienionych ma na celu wyłonienie optymalnych rozwiązań pod kątem materiałowo-konstrukcyjnym, z pominięciem elementów, które nie są zależne od projektanta, a bardziej od usytuowania obiektu.

#### 5.1.4.2 Koszty utrzymania

Kolejnym zagadnieniem są koszty utrzymania. Koszty te mogą być przyjmowane z pewną dozą niepewności. Nikt nie jest w stanie określić ile np. wytrzyma zabezpieczenie antykorozyjne, nawierzchnia, czy łożyska. Trwałość tych elementów jest zależna od wielu czynników takich jak:

- natężenie i struktura ruchu na obiekcie,
- rodzaj stosowanych materiałów,
- jakość wykonanych robót,
- błędy projektowe,
- błędy wykonawcze,
- użytkowanie obiektu niezgodnie z przeznaczeniem (np. przejazd pojazdów cięższych niż dopuszczalne obciążenie).

„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” [6] wyraźnie definiuje trwałość różnych elementów mostu. Zgodnie z paragrafem 153 ust. 2 Rozporządzenia, minimalne okresy użytkowania powinny wynosić :

1) dla podpór mostów:

a) w nurtach rzek - nie mniejszy niż 150 lat,

b) w wodach stojących o ustabilizowanym poziomie - nie mniejszy niż 200 lat,

c) na terenach zalewowych - nie mniejszy niż 100 lat,

2) dla przyczółków masywnych i konstrukcji oporowych - nie mniejszy niż 100 lat,

3) dla podpór wiaduktów i lekkich przyczółków - nie mniejszy niż 60 lat,

4) dla masywnych konstrukcji łukowych i płytowych oraz tuneli - nie mniejszy niż 100 lat,

5) dla ustrojów nośnych przęseł belkowych i skrzynkowych z pomostami:

a) masywnymi - nie mniejszy niż 80 lat,

b) lekkimi i gęstożebrowymi - nie mniejszy niż 60 lat,

6) dla ustrojów nośnych przęseł sprężonych całym przekrojem - nie mniejszy niż 60 lat,

7) dla pomostów:

a) masywnych - nie mniejszy niż 40 lat,

b) lekkich i gęstożebrowych - nie mniejszy niż 30 lat,

8) dla izolacji wodoszczelnych pomostów:

a) masywnych - nie mniejszy niż 30 lat,

b) lekkich i gęstożebrowych - nie mniejszy niż 20 lat,

- 9) dla warstw ochronnych izolacji wodoszczelnych - nie mniejszy, niż przewidziano dla izolacji wodoszczelnych w pkt 8,
- 10) dla płyt chodnikowych i belek podporęczowych - nie mniejszy niż 20 lat,
- 11) dla nawierzchni jezdni - nie mniejszy niż 10 lat, pod warunkiem że nie są przewidziane jako warstwy ochronne izolacji wodoszczelnych,
- 12) dla urządzeń dylatacyjnych - nie mniejszy niż 20 lat,
- 13) dla urządzeń odwadniających - nie mniejszy niż 25 lat,
- 14) dla łożysk:
- a) stycznych i wałkowych - nie mniejszy niż 50 lat,
- b) elastomerowych i z wkładkami ślizgowymi - nie mniejszy niż 20 lat,
- 15) dla malarskich powłok ochronnych konstrukcji stalowych:
- a) nowych - nie mniejszy niż 15 lat,
- b) przemalowanych - nie mniejszy niż 5 lat,
- 16) dla osłon sieci trakcyjnej i barier - nie mniejszy niż 20 lat,
- 17) dla balustrad - nie mniejszy niż 30 lat,
- 18) dla przepustów - nie mniejszy niż 40 lat."

Trwałość elementów ma bezpośredni wpływ na wybraną strategię utrzymaniową. W przedmiotowej analizie przyjęto okres 15 lat, jako czas pomiędzy remontami. Założona częstość remontów wynika z wymaganych w Rozporządzeniu okresów trwałości, przede wszystkim z trwałości zabezpieczenia antykorozyjnego. Całkowitą długość życia obiektu przyjęto jako 100 lat. Strategię utrzymaniową przedstawia Tab. 18.

Tab. 18. Strategia utrzymaniowa

Okres	Opis czynności
T=0	-budowa obiektu
T+15	- wymiana nawierzchni - odnowienie zabezpieczenia antykorozyjnego powierzchni betonowych i stalowych
T+30	- wymiana nawierzchni - odnowienie zabezpieczenia antykorozyjnego powierzchni betonowych i stalowych - wymiana łożysk - wymiana urządzeń dylatacyjnych
T+45	- wymiana nawierzchni - odnowienie zabezpieczenia antykorozyjnego powierzchni betonowych i stalowych
T+60	- wymiana nawierzchni - odnowienie zabezpieczenia antykorozyjnego powierzchni betonowych i stalowych - wymiana łożysk - wymiana urządzeń dylatacyjnych - wymiana przęsła
T+75	- wymiana nawierzchni - odnowienie zabezpieczenia antykorozyjnego powierzchni betonowych i stalowych
T+100	- rozbiorca obiektu

Przyjęte w Tab. 18 okresy spełniają minimalne wymagania określone przez Rozporządzenie [7]. Należy mieć na uwadze, że najczęściej okres trwałości, zwłaszcza łożysk i urządzenia dylatacyjne jest mniejszy. Wymianie całkowitej podlegają: nawierzchnia, łożyska i urządzenia dylatacyjne. Odnowienie zabezpieczenia antykorozyjnego najczęściej nie jest wymagane na całym obiekcie, dlatego przyjęto, że odnowie poddane jest 50% powierzchni

malowanej. W ilościach zabezpieczeń antykorozyjnych pominięto powierzchnię podpór, która jest w mniejszym stopniu narażona na korozję, ze względu na wymiary elementów (konstrukcje masywne), sposób pracy (siły ściskające, niezmienny znak naprężeń) czy np. oddalenie od drogi (podpory są oddalone od drogi, a woda czy sól najłatwiej dociera do spodu przęsta). Ostatni okres między pracami jest dłuższy tj. trwa 25 lat (lata 75-100). W tym okresie nie przewidziano typowych prac remontowych, mających na celu podniesienie trwałości obiektu, ze względu na zbliżający się okres wyeksploatowania obiektu. Okres życia obiektu zależy od wielu czynników. Okres 100lat jest zgodny z obowiązującymi normami (PN-EN 1990 tablica 2.1) [8]. Zgodnie z Rozporządzeniem [7] wymagania te są większe (np. dla podpór w rzekach), lecz zakłada się, że po okresie około 100lat, obiekt mostowy nie będzie już spełniał wymagań użytkowych, tj. będzie np. miał za matą przepustowość (szerokość) w stosunku do ruchu odbywającego się na drodze.

#### 5.1.4.3 Koszty rozbiórki

W opracowaniu pominięto koszty rozbiórki, ze względu na ich niewielki wpływ na całkowity koszt cyklu życia obiektu. Dodatkowo koszty rozbiórki są trudne do ustalenia. Konstrukcja stalowa w zależności od stopnia destrukcji może być zełtomowana bądź użyta w innym obiekcie np. stalowa konstrukcja mostu, na kładkę. Ogromny wpływ na to będzie miała jakość zastosowanego zabezpieczenia antykorozyjnego oraz utrzymania. Konstrukcja betonowa po rozebraniu może zostać odwieziona na składowiska, przetworzona (recycling) lub np. wbudowana w mniej ważne miejsce. Koszty rozbiórki betonu będą też zależały od rodzaju konstrukcji, tj. większy będzie koszt rozbiórki mostu niż wiaduktu. Ma na to wpływ rodzaj przyjętej technologii rozbiórki. Obiekt nad szeroką rzeką jest dużo trudniejszy do rozbiórki a co się z tym wiąże koszty są zależne od wykonawcy.

Podsumowując, w kalkulacji kosztów życia obiektów pominięto etap rozbiórki.

#### 5.1.4.4 Koszty użytkowników

Użytkownicy ponoszą koszty, które wynikają bezpośrednio z czasu robót i lokalizacji, ruchu na obiekcie, itp. Roboty na obiektach mostowych powodują utrudnienia w ruchu, takie jak czasowe ograniczenia pasów ruchu, ruch wahadłowy, czy zamknięcie przejazdu. W zależności od lokalizacji obiektu może okazać się, że obiekt na czas robót należy zamknąć a możliwy objazd wydłuża drogę dojazdu o kilka kilometrów. Nie bez znaczenia jest tu też średni dobowy ruch - SDR. W zależności od jego wielkości koszty użytkowników będą różne. Ważny jest też podział na pojazdy ciężkie (ciężarowe, przewożące towary, osoby itp.) oraz lekkie (głównie samochody osobowe). Niemniej koszty użytkowników są niemożliwe do oszacowania dla przyjętej próby badawczej. Wykonawca nie dysponuje wartościami pomiarów ruchu (SDR) dla każdego z analizowanych obiektów. Objazd każdorazowo jest wyznaczany indywidualnie. Analiza kosztów użytkowników byłaby też niedokładna, bo traciłyby obiekty o dużym SDR, z długimi objazdami, niezależnie od zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych. Koszty użytkowników powinny być wyceniane w przypadku wariantów danego rozwiązania, np. porównanie mostu betonowego (dłuższy czas budowy) z prefabrykowanym (wyższy koszt budowy) w tej samej lokalizacji. Wobec powyższego w niniejszej analizie nie uwzględniono kosztów użytkowników.

#### 5.1.4.5 Koszty środowiskowe

Analogicznie jak koszty użytkowników, koszty środowiskowe również zależą od czasu robót, lokalizacji, rodzaju i struktury ruchu na obiekcie, dlatego również nie uwzględniono ich w analizie.

#### 5.1.4.6 Ilość robót i ceny

Wartości ilościowe robót zostały określone na podstawie pozyskanej dokumentacji technicznej oraz przetargowej każdego z analizowanych obiektów. Ze względu na dużą liczbę rozwiązań przyjęto pewne ograniczenia co do typów robót, np. producenci łożysk przyjmują skok nośności łożyska co około 100kN, w opracowaniu zakładanie tak szczegółowych parametrów, a co za tym idzie różnicowania ceny byłoby nieuzasadnione.

Ceny dobierano na podstawie biuletynów cen Sekocenbud. Pod uwagę brano ceny zawarte w biuletynie oznaczonym jako BCD (Biuletyn Cen Robót Drogowych, Mostowych i Torowych) [16] oraz biuletynie BCO (Biuletynie cen Obiektów Budowlanych cz. II - obiekty inżynierskie) [17]. Ceny w wykonawstwie mogą różnić się od zakładanych w analizie. Wynika to np. z "rozmiarów" inwestycji, konkurencji na rynku itp. W biuletynach cen Sekocenbud przedstawione są wartości zagregowane czyli obejmujące cały szereg kosztów związanych z wykonaniem danej pozycji tj. materiał, sprzęt, robocizna, itp. W opracowaniu przyjęto średni poziom cen. Korzystano z cen aktualnych na IV kwartał 2017 roku. W przypadku, gdy dana pozycja nie występuje w cennikach korzystano z analizy własnej tj. na podstawie kosztów przedstawionych przez wykonawcę robót, głównie w oparciu o koszty podawane w trakcie pełnionych przez firmę Promost nadzorów nad inwestycjami. W przypadku, gdy cena nie była podana dokładnie dla określonego elementu ceny przeliczono korzystając z interpolacji, ekstrapolacji lub uśredniając wartości. Zestawienie cen kosztów budowy i utrzymania użytych w niniejszym opracowaniu wraz z podstawą ceny podano w poniższych Tabelach (Tab. 19, 0, Tab. 21, Tab. 22, Tab. 23, Tab. 24):

Tab. 19. Ceny wbudowanych materiałów konstrukcyjnych

Opis	Cena [zł]	Podstawa
Beton podpór [m3]	812.98	Średnia BCD str. 64-67 poz. 71-73, 102-107, 109-111, 113-118
Zbrojenie podpór [t]	4572.79	Średnia BCD str. 64-67 poz. 74, 108, 112, 119
Beton ustroju nośnego żelbetowego [m3]	956.38	Średnia BCD str. 67-68 poz. 120-124, 126-130
Beton ustroju nośnego sprężonego [m3]	992.48	BCD str. 68 poz. 136 + cena deskowania (różnica między betonem ustroju nośnego żelbetowego a betonem podpór)
Zbrojenie ustroju nośnego (żelbetowego lub sprężonego) [t]	4494.73	BCD str. 68 poz. 133
Sprężenie ustroju nośnego sprężonego [kg]	16.645	Średnia BCD str. 68 poz. 133-134
Stal ustroju nośnego zespolonego (stalowo-betonowego) [t]	9853.65	BCD str. 68 poz. 140
Beton ustroju nośnego zespolonego (stalowo-betonowego) [m3]	822.79	Średnia BCD str. 69 poz. 141-143
Zbrojenie ustroju nośnego zespolonego (stalowo-betonowego) [t]	5005.46	BCD str. 69 poz. 144
Beton ustroju nośnego, dźwigary prefabrykowane [m3]	2429.32	Średnia BCD str. 68 poz. 137-139

Tab. 20. Ceny urządzeń dylatacyjnych

Typ urządzenia	Przesuw [mm]	Cena [zł/mb]	Podstawa
szczerne dylatacje bitumiczne	50	202.21	BCD str. 70 poz. 184
modułowe urządzenie dylatacyjne	50	2283.48	Ekstrapolacja pomiędzy BCD str. 70 poz. 179 i poz. 181
	75	3552.28	Interpolacja pomiędzy BCD str. 70 poz. 179 i poz. 181
	100	4821.07	Interpolacja pomiędzy BCD str. 70 poz. 179 i poz. 181
	160	7759.58	Interpolacja pomiędzy BCD str. 70 poz. 181 i poz. 182
	300	14118.66	Ekstrapolacja pomiędzy BCD str. 70 poz. 181 i poz. 182
blokowe urządzenie dylatacyjne	50	2791.00	Analiza własna

Tab. 21. Ceny łożysk

Łożyska			
Typ	Nośność [kN]	Cena [zł/szt.]	Podstawa
łożyska elastomerowe	1200	1278.28	Interpolacja pomiędzy BCD str. 70 poz. 174 i poz. 175
	2000	1639.88	Interpolacja pomiędzy BCD str. 70 poz. 174 i poz. 175
	3100	2103.45	Interpolacja pomiędzy BCD str. 70 poz. 175 i poz. 176
	6500	2497.28	Ekstrapolacja pomiędzy BCD str. 70 poz. 175 i poz. 176
łożyska garnkowe	1200	2370.53	Ekstrapolacja BCD str. 69 poz. 146 i poz. 149
	2000	3174.71	BCD str. 69 poz. 146
	3100	4251.52	Interpolacja BCD str. 69 poz. 149 i poz. 152
	4200	5038.88	Ekstrapolacja BCD str. 69 poz. 149 i poz. 152
	5000	5611.50	Ekstrapolacja BCD str. 69 poz. 149 i poz. 152
	6500	6685.17	Ekstrapolacja BCD str. 69 poz. 149 i poz. 152
	8000	7758.84	Ekstrapolacja BCD str. 69 poz. 149 i poz. 152
łożyska soczewkowe	4200	8520.00	Analiza własna
	5000	9897.00	Analiza własna
łożyska stalowe przegubowe	1200	3061.20	Analiza własna

Tab. 22. Ceny warstwy wiążącej

Warstwa wiążąca			
Typ	Grubość [cm]	Cena [zł/m <sup>2</sup> ]	Podstawa
AL - Asphalt lany	4	46.17	BCD str. 42 poz. 397
	4.5	50.76	Ekstrapolacja pomiędzy BCD str. 42 poz. 396 i poz. 397
ATL - Asphalt twardolany	4	101.35	Analiza własna - na podstawie BCD str. 74 poz. 242
	4.5	114.02	Analiza własna - na podstawie BCD str. 74 poz. 242
	5	126.69	BCD str. 74 poz. 242
	5.5	139.36	Analiza własna - na podstawie BCD str. 74 poz. 242
BA - Beton asfaltowy	4	30.65	BCD str. 41 poz. 367
	4.5	34.48	Interpolacja pomiędzy BCD str. 41 poz. 367 i poz. 368
	5	38.30	BCD str. 41 poz. 368
	5.5	42.13	Interpolacja pomiędzy BCD str. 41 poz. 368 i poz. 371
	6	45.95	BCD str. 41 poz. 371
SMA - Mastyks grysowy (Stone Mastic Asphalt)	4	38.18	BCD str. 74 poz. 232
	5	47.71	Interpolacja pomiędzy BCD str. 74 poz. 232 i poz. 233

Tab. 23. Ceny warstwy ścieralnej

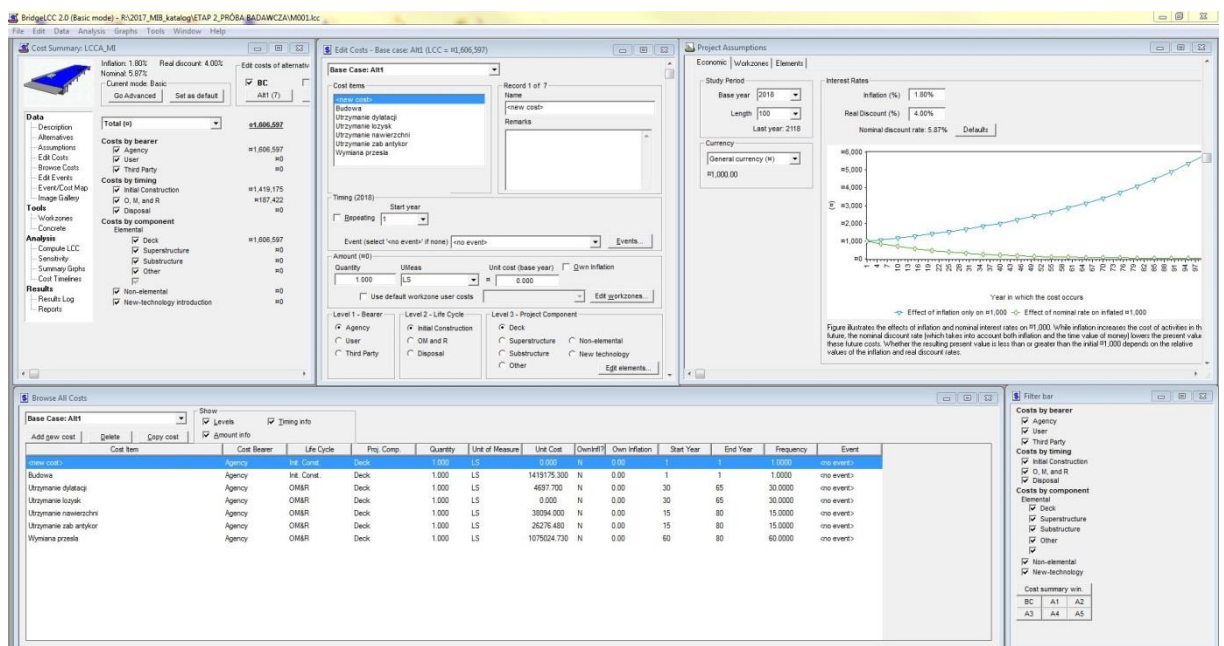
Warstwa ścieralna			
Typ	Grubość [cm]	Cena [zł/m <sup>2</sup> ]	Podstawa
BA - Beton asfaltowy	4	33.56	BCD str. 41 poz. 378
	5	41.94	BCD str. 41 poz. 382
SMA - Mastyks grysowy (Stone Mastic Asphalt)	3,5	35.355	Ekstrapolacja pomiędzy BCD str. 74 poz. 237 i poz. 235
	4	40.39	BCD str. 74 poz. 237
	4,5	45.425	Interpolacja pomiędzy BCD str. 74 poz. 237 i poz. 240
Chemo-utwardzalna	0,5	246.52	BCD str. 74 poz. 243
	0,6	295.824	Analiza własna - na podstawie BCD str. 74 poz. 243

Tab. 24. Cena zabezpieczenia antykorozyjnego konstrukcji stalowych

Opis	Cena [zł/m <sup>2</sup> ]	Podstawa
Cena zabezpieczenia antykorozyjnego betonu wraz z przygotowaniem powierzchni	112.92	BCD 4/2017 str. 70,75 poz. 206-207, 244
Cena zabezpieczenia antykorozyjnego stali konstrukcyjnej wraz z przygotowaniem powierzchni	135	Analiza własna

#### 5.1.4.7 Sposób wykonania analizy

Do wykonania analizy LCCA posłużono się programem BridgeLCC 2.0 (Rys. 14). Jest to program dedykowany dla konstrukcji mostowych, stworzony przez National Institute of Standards and Technology w USA. W programie definiuje się wszystkie koszty związane z budową, remontami, utrzymaniem i naprawami oraz rozbiórką. Każdemu z kosztów przypisuje się również kategorię płatnika (inwestor, użytkownicy, koszty społeczne). Wskazywany jest również rok powstania i częstość pojawiania się danego kosztu. Program po odpowiednim zdefiniowaniu działań przy obiekcie, przelicza wartość bieżącą pieniądza.



Rys. 14. Okno programu BridgeLCC 2.0 (most M001)

## 5.1.5 Omówienie analizy i wyniki

## 5.1.5.1 Koszty budowy

Na koszty budowy składają się ceny głównych materiałów konstrukcyjnych, tj. betonu oraz stali zbrojeniowej, sprężającej i konstrukcyjnej wraz z robocizną, materiałami pomocniczymi (deskowanie, rusztowanie, itp.) i sprzętem. Szczegółowe informacje na temat kosztów budowy zawarto w punktach 5.1.4.1 oraz 5.1.4.6. Koszty budowy przedstawiono w Tab. 25.

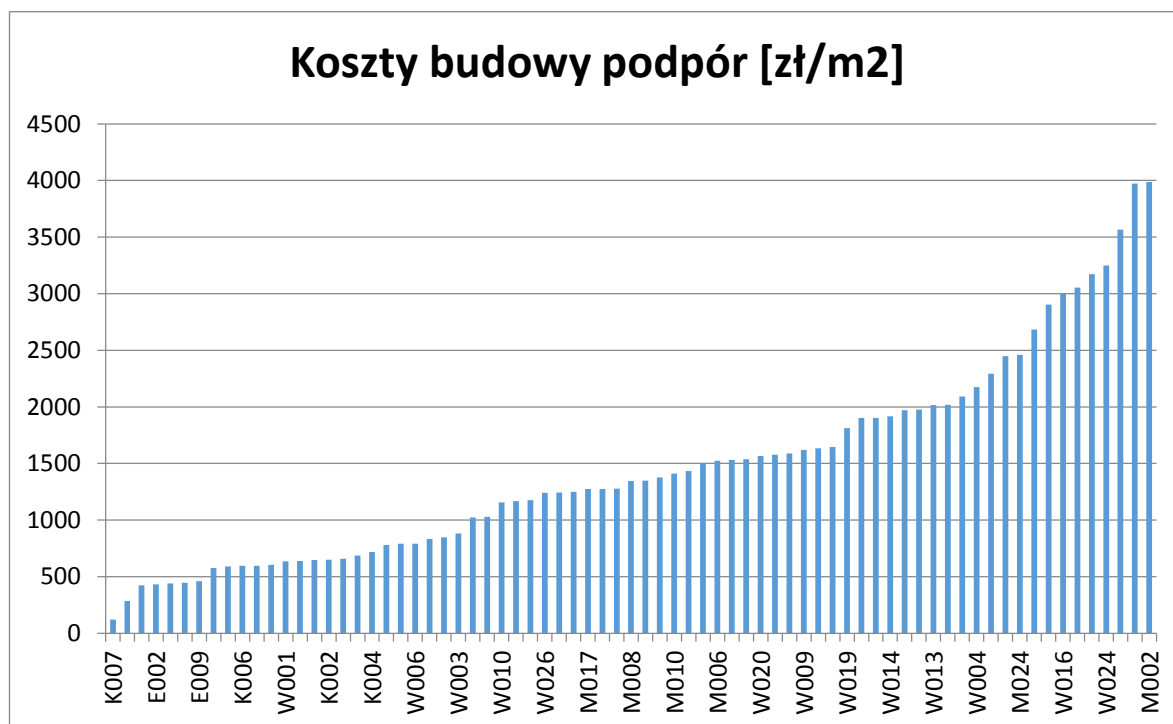
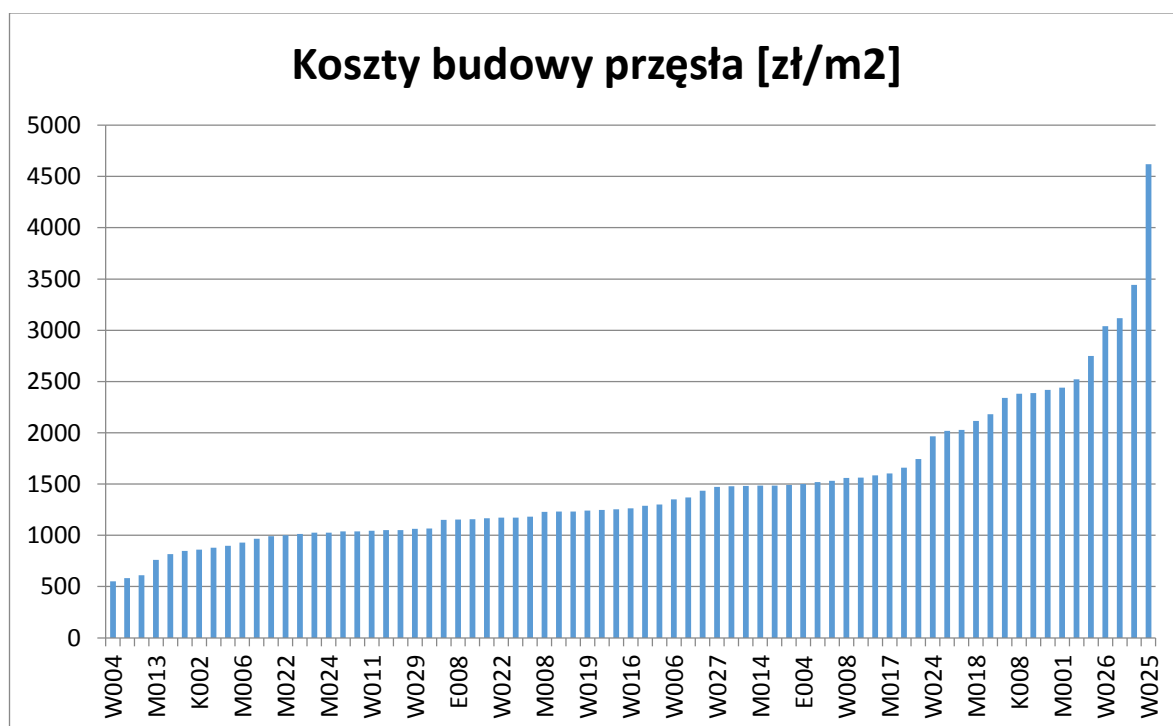
Tab. 25. Koszt budowy obiektów

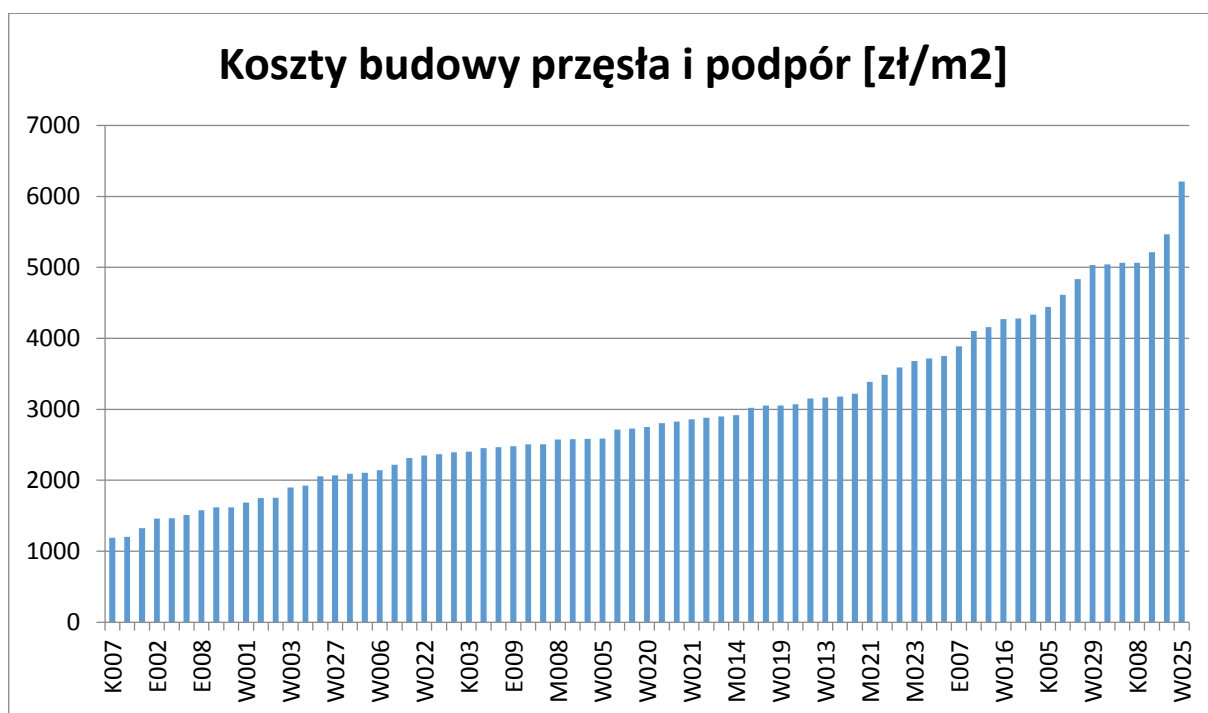
Lp	Numer obiektu	Cena podpór [zł]	Cena podpór [zł/m <sup>2</sup> ]	Schemat statyczny przęsła	Konstrukcja przęsła	Cena przęsła [zł]	Cena przęsła [zł/m <sup>2</sup> ]	Cena sumaryczna (podpory +przęsło) [zł]	Cena sumaryczna (podpory +przęsło) [zł/m <sup>2</sup> ]
1	M001	344 150.58	780.74	rama	żelb.	1 075 024.73	2 438.80	1 419 175.30	3 219.54
2	M002	2 609 640.53	3 986.29	swob. podp.	żelb.	968 846.52	1 479.94	3 578 487.05	5 466.23
3	M003	642 449.69	1 250.83	rama	zesp.	1 201 494.69	2 339.27	1 843 944.38	3 590.09
4	M004	905 847.84	2 092.16	rama	zesp.	1 091 160.79	2 520.16	1 997 008.63	4 612.33
5	M005	1 344 372.31	1 537.81	swob. podp.	spręż.	845 299.07	966.93	2 189 671.38	2 504.74
6	M006	1 143 498.85	1 523.94	swob. podp.	spręż.	697 127.18	929.06	1 840 626.03	2 453.00
7	M007	1 930 560.81	1 977.00	swob. podp.	spręż.	828 065.63	847.98	2 758 626.44	2 824.98
8	M008	423 145.17	1 344.68	swob. podp.	pref.	386 892.81	1 229.47	810 037.98	2 574.15
9	M009	238 289.40	637.92	swob. podp.	pref.	480 799.48	1 287.14	719 088.88	1 925.07
10	M010	1 773 196.54	1 411.79	swob. podp.	spręż.	1 466 608.64	1 167.69	3 239 805.18	2 579.47
11	M011	665 731.99	446.24	ciągł.	pref.	1 749 620.44	1 172.78	2 415 352.43	1 619.03
12	M012	622 982.75	1 645.37	swob. podp.	pref.	580 371.48	1 532.82	1 203 354.24	3 178.19
13	M013	291 121.46	442.35	ciągł.	spręż.	499 972.13	759.70	791 093.59	1 202.05
14	M014	967 798.55	1 434.71	rama	żelb.	1 000 892.97	1 483.77	1 968 691.52	2 918.48
15	M015	3 348 989.74	1 277.54	ciągł.	spręż.	3 227 318.93	1 231.12	6 576 308.67	2 508.66
16	M016	5 894 874.49	591.32	ciągł.	spręż.	11 529 925.80	1 156.57	17 424 800.29	1 747.88
17	M017	4 826 478.45	1 274.58	ciągł.	spręż.	6 077 896.92	1 605.06	10 904 375.36	2 879.64
18	M018	3 380 365.07	1 634.68	rama	spręż.	4 375 002.49	2 115.67	7 755 367.56	3 750.36
19	M019	2 459 967.65	1 533.82	swob. podp.	spręż.	2 435 953.48	1 518.85	4 895 921.13	3 052.67
20	M020	2 074 459.94	3 053.28	swob. podp.	pref.	715 032.79	1 052.42	2 789 492.74	4 105.70
21	M021	711 238.47	1 901.63	swob. podp.	pref.	555 522.85	1 485.29	1 266 761.32	3 386.92
22	M022	459 927.96	2 019.99	swob. podp.	żelb.	228 254.00	1 002.49	688 181.96	3 022.48
23	M023	1 599 883.54	2 449.69	swob. podp.	żelb.	804 493.94	1 231.82	2 404 377.47	3 681.51
24	M024	1 245 109.10	2 458.75	swob. podp.	spręż.	520 123.65	1 027.10	1 765 232.75	3 485.85
25	M025	1 204 336.75	1 377.63	swob. podp.	spręż.	866 281.93	990.93	2 070 618.68	2 368.55
26	W001	923 950.44	634.69	ciągł.	spręż.	1 532 034.98	1 052.41	2 455 985.42	1 687.10
27	W002	3 224 155.11	2 292.17	rama	zesp.	3 869 477.96	2 750.95	7 093 633.07	5 043.12



28	W003	841 345.18	882.22	ciągł.	spręż.	966 213.25	1 013.15	1 807 558.43	1 895.37
29	W004	2 106 033.39	2 174.55	swob. podp.	żelb.	535 062.49	552.47	2 641 095.87	2 727.02
30	W005	3 280 114.19	1 023.14	ciągł.	pref.	5 015 114.88	1 564.32	8 295 229.07	2 587.46
31	W006	665 148.28	793.02	ciągł.	spręż.	1 131 710.87	1 349.28	1 796 859.15	2 142.31
32	W007	686 074.45	848.84	ciągł.	spręż.	1 106 393.26	1 368.88	1 792 467.72	2 217.71
33	W008	1 310 928.17	1 244.35	rama	żelb.	1 644 526.33	1 561.01	2 955 454.50	2 805.36
34	W009	4 775 266.62	1 620.97	ciągł.	zesp.	10 144 268.03	3 443.48	14 919 534.65	5 064.45
35	W010	694 698.68	1 156.30	ciągł.	żelb.	539 729.25	898.36	1 234 427.94	2 054.66
36	W011	492 105.33	1 349.56	swob. podp.	pref.	381 120.77	1 045.20	873 226.10	2 394.76
37	W012	2 676 310.37	2 904.61	swob. podp.	pref.	1 156 291.16	1 254.93	3 832 601.53	4 159.54
38	W013	489 808.60	2 016.46	rama	żelb.	279 561.75	1 150.91	769 370.34	3 167.37
39	W014	2 771 694.23	1 916.36	rama	zesp.	3 497 297.86	2 418.04	6 268 992.09	4 334.40
40	W015	775 016.43	833.71	ciągł.	żelb.	1 376 567.21	1 480.81	2 151 583.64	2 314.52
41	W016	2 623 098.77	3 006.00	swob. podp.	pref.	1 103 145.90	1 264.18	3 726 244.67	4 270.18
42	W017	1 868 748.04	1 168.92	ciągł.	pref.	933 829.48	584.12	2 802 577.52	1 753.04
43	W018	1 661 576.37	1 904.12	swob. podp.	pref.	1 088 106.53	1 246.94	2 749 682.90	3 151.07
44	W019	2 371 593.31	1 811.44	swob. podp.	spręż.	1 625 103.37	1 241.27	3 996 696.68	3 052.71
45	W020	1 075 904.55	1 567.61	ciągł.	spręż.	811 601.34	1 182.51	1 887 505.89	2 750.12
46	W021	1 868 744.55	1 276.01	swob. podp.	spręż.	2 318 843.00	1 583.34	4 187 587.55	2 859.35
47	W022	2 367 928.09	1 175.35	ciągł.	spręż.	2 360 611.58	1 171.72	4 728 539.67	2 347.08
48	W023	1 901 300.79	1 971.89	swob. podp.	żelb.	588 755.71	610.61	2 490 056.50	2 582.50
49	W024	2 256 342.14	3 248.39	swob. podp.	pref.	1 366 498.85	1 967.31	3 622 840.99	5 215.70
50	W025	1 420 252.77	1 588.22	swob. podp.	zesp.	4 132 363.71	4 621.09	5 552 616.48	6 209.31
51	W026	808 005.37	1 240.42	rama	żelb.	1 980 006.34	3 039.63	2 788 011.70	4 280.04
52	W027	1 507 165.10	597.84	ciągł.	żelb.	3 709 713.94	1 471.52	5 216 879.03	2 069.37
53	W028	1 004 955.19	791.30	ciągł.	żelb.	1 651 627.95	1 300.49	2 656 583.14	2 091.80
54	W029	2 500 704.24	3 972.42	swob. podp.	żelb.	669 153.98	1 062.97	3 169 858.22	5 035.39
55	W030	1 709 831.09	3 172.06	swob. podp.	żelb.	895 109.20	1 660.60	2 604 940.29	4 832.66
56	E001	2 922 717.00	647.70	rama	żelb.	3 683 500.90	816.30	6 606 217.90	1 464.00
57	E002	1 890 890.76	433.46	rama	żelb.	4 474 140.22	1 025.63	6 365 030.98	1 459.09
58	E003	1 899 379.33	286.61	ciągł.	spręż.	6 887 086.84	1 039.23	8 786 466.17	1 325.84
59	E004	5 280 180.47	604.94	ciągł.	spręż.	13 097 522.23	1 500.55	18 377 702.71	2 105.48
60	E005	832 394.82	578.02	rama	żelb.	1 494 287.46	1 037.65	2 326 682.28	1 615.67
61	E006	3 008 259.55	1 030.18	ciągł.	spręż.	4 193 689.29	1 436.13	7 201 948.84	2 466.30
62	E007	2 397 849.18	1 501.95	ciągł.	zesp.	3 809 381.45	2 386.09	6 207 230.63	3 888.04
63	E008	3 299 596.27	424.45	ciągł.	spręż.	8 969 200.39	1 153.77	12 268 796.66	1 578.22
64	E009	2 939 989.71	461.16	ciągł.	zesp.	12 863 187.90	2 017.70	15 803 177.61	2 478.86
65	K001	168 567.69	686.09	ciągł.	zesp.	498 148.65	2 027.53	666 716.34	2 713.63
66	K002	161 139.22	649.36	ciągł.	żelb.	213 527.92	860.48	374 667.14	1 509.84
67	K003	138 307.45	658.61	ciągł.	zesp.	366 531.51	1 745.39	504 838.97	2 404.00

68	K004	178 978.09	719.07	ciągł.	zesp.	542 647.28	2 180.17	721 625.37	2 899.24
69	K005	623 379.19	3 564.25	ciągł.	żelb.	153 611.11	878.29	776 990.30	4 442.54
70	K006	145 321.32	596.90	łuk	łuk.	758 999.94	3 117.56	904 321.26	3 714.46
71	K007	10 793.17	122.29	swob. podp.	zesp.	94 159.18	1 066.89	104 952.35	1 189.18
72	K008	623 199.78	2 683.89	łuk	łuk.	553 216.93	2 382.50	1 176 416.71	5 066.39
73	K009	779 903.63	1 578.62	podw.	drew.	736 200.00	1 490.16	1 516 103.63	3 068.79

Rys. 15. Koszty budowy obiektu - cena podpór [zł/m<sup>2</sup>]Rys. 16. Koszty budowy obiektu - cena przęsła [zł/m<sup>2</sup>]



Rys. 17. Koszty budowy obiektu - cena przęsła i podpór [zł/m<sup>2</sup>]

W celu dokładniejszego porównania obiektów, ceny przeliczono na metr kwadratowy pomostu obiektu (przęsła). W Tab. 25 zestawiono koszty budowy dla wszystkich obiektów poddanych analizie tj. mostów, wiaduktów, estakad, kładek. W dalszej części opisu skupiono się na pierwszych trzech, gdyż są to obiekty o podobnym charakterze. Przedstawione w próbie badawczej kładki, ze względu na zupełnie inny charakter obciążeń nie stanowią dobrego materiału do statystyki, mogąc ją zaburzać. Zdecydowano o ich pominięciu przy analizie wyników, pozostawiając je w tabelach, w celach informacyjnych.

Jeśli chodzi o podpory, najdroższe, w przeliczeniu na metr kwadratowy pomostu, mają obiekty swobodnie podparte, zaś najtańsze są zazwyczaj obiekty o schemacie belki ciągłej. Nie można znaleźć korelacji pomiędzy ceną podpór, a szerokością czy długością obiektu. Wynika to z tego, że podpory nie zależą bezpośrednio od dwóch powyższych elementów, a raczej z warunków gruntowych i terenowych, schematu statycznego, wysokości konstrukcji nad przeszkodą, ich kształtu czy decyzji projektanta.

W przedstawionej Tab. 25 widać, że koszty wykonania 1m<sup>2</sup> przęsła znacznie odbiegają od siebie. W najtańszym obiekcie W004 cena przęsła wyniosła 552.47zł, a w najdroższym obiekcie W025, aż 4621.09zł. Różnica jest więc ośmiokrotna. W zestawieniu przodują obiekty swobodnie podparte i ciągłe. Obiekty o schemacie statycznym ramy znajdują się w większości na końcu zestawienia. Jeśli chodzi o konstrukcje obiektu trudno wskazać lidera. Obiekty zespolone znajdują się jednak w znacznej mierze pod koniec zestawienia, czyli ekonomicznie wychodzą drożej niż pozostałe. Tańsze są ogólnie pojęte obiekty betonowe. Dzielnąc obiekty ze względu na rodzaj przęsła, tj. obiekty swobodnie podparte, obiekty o schemacie belki ciągłej, obiekty ramowe, średnie ceny za metr kwadratowy przęsła wynoszą odpowiednio 1280zł, 1333zł, 1764zł. Dzielnąc próbę ze względu na konstrukcje mamy średnią cenę metra kwadratowego przęsła dla obiektów żelbetonowych 1265zł, sprężonych 1176zł, prefabrykowanych 1191zł, zespolonych stalowo-betonowych 2499zł. Średnia cena za metr kwadratowy konstrukcji przęsła w całej próbie badawczej wynosi około 1460zł. Bazując na tej wartości, określając skrajne rozwiązania najdroższe i najtańsze, przyjęto optymalny koszt budowy przęsła na metr kwadratowy w przedziale 1000-1600. Obiekty te pokazano w Tab. 26.

Tab. 26. Obiekty z przedziału 1000-1600

Numer obiektu	Cena podpór [zł]	Cena podpór [zł/m <sup>2</sup> ]	Schemat statyczny przęsta	Konstrukcja przęsta	Cena przęsta [zł]	Cena przęsta [zł/m <sup>2</sup> ]	Cena sumaryczna (podpory +przęsto) [zł]	Cena sumaryczna (podpory +przęsto) [zł/m <sup>2</sup> ]
M022	459 927.96	2 019.99	swob. podp.	żelb.	228 254.00	1 002.49	688 181.96	3 022.48
W003	841 345.18	882.22	ciągł.	spręż.	966 213.25	1 013.15	1 807 558.43	1 895.37
E002	1 890 890.76	433.46	rama	żelb.	4 474 140.22	1 025.63	6 365 030.98	1 459.09
M024	1 245 109.10	2 458.75	swob. podp.	spręż.	520 123.65	1 027.10	1 765 232.75	3 485.85
E005	832 394.82	578.02	rama	żelb.	1 494 287.46	1 037.65	2 326 682.28	1 615.67
E003	1 899 379.33	286.61	ciągł.	spręż.	6 887 086.84	1 039.23	8 786 466.17	1 325.84
W011	492 105.33	1 349.56	swob. podp.	pref.	381 120.77	1 045.20	873 226.10	2 394.76
W001	923 950.44	634.69	ciągł.	spręż.	1 532 034.98	1 052.41	2 455 985.42	1 687.10
M020	2 074 459.94	3 053.28	swob. podp.	pref.	715 032.79	1 052.42	2 789 492.74	4 105.70
W029	2 500 704.24	3 972.42	swob. podp.	żelb.	669 153.98	1 062.97	3 169 858.22	5 035.39
W013	489 808.60	2 016.46	rama	żelb.	279 561.75	1 150.91	769 370.34	3 167.37
E008	3 299 596.27	424.45	ciągł.	spręż.	8 969 200.39	1 153.77	12 268 796.66	1 578.22
M016	5 894 874.49	591.32	ciągł.	spręż.	11 529 925.80	1 156.57	17 424 800.29	1 747.88
M010	1 773 196.54	1 411.79	swob. podp.	spręż.	1 466 608.64	1 167.69	3 239 805.18	2 579.47
W022	2 367 928.09	1 175.35	ciągł.	spręż.	2 360 611.58	1 171.72	4 728 539.67	2 347.08
M011	665 731.99	446.24	ciągł.	pref.	1 749 620.44	1 172.78	2 415 352.43	1 619.03
W020	1 075 904.55	1 567.61	ciągł.	spręż.	811 601.34	1 182.51	1 887 505.89	2 750.12
M008	423 145.17	1 344.68	swob. podp.	pref.	386 892.81	1 229.47	810 037.98	2 574.15
M015	3 348 989.74	1 277.54	ciągł.	spręż.	3 227 318.93	1 231.12	6 576 308.67	2 508.66
M023	1 599 883.54	2 449.69	swob. podp.	żelb.	804 493.94	1 231.82	2 404 377.47	3 681.51
W019	2 371 593.31	1 811.44	swob. podp.	spręż.	1 625 103.37	1 241.27	3 996 696.68	3 052.71
W018	1 661 576.37	1 904.12	swob. podp.	pref.	1 088 106.53	1 246.94	2 749 682.90	3 151.07
W012	2 676 310.37	2 904.61	swob. podp.	pref.	1 156 291.16	1 254.93	3 832 601.53	4 159.54
W016	2 623 098.77	3 006.00	swob. podp.	pref.	1 103 145.90	1 264.18	3 726 244.67	4 270.18
M009	238 289.40	637.92	swob. podp.	pref.	480 799.48	1 287.14	719 088.88	1 925.07
W028	1 004 955.19	791.30	ciągł.	żelb.	1 651 627.95	1 300.49	2 656 583.14	2 091.80
W006	665 148.28	793.02	ciągł.	spręż.	1 131 710.87	1 349.28	1 796 859.15	2 142.31
W007	686 074.45	848.84	ciągł.	spręż.	1 106 393.26	1 368.88	1 792 467.72	2 217.71
E006	3 008 259.55	1 030.18	ciągł.	spręż.	4 193 689.29	1 436.13	7 201 948.84	2 466.30
W027	1 507 165.10	597.84	ciągł.	żelb.	3 709 713.94	1 471.52	5 216 879.03	2 069.37
M002	2 609 640.53	3 986.29	swob. podp.	żelb.	968 846.52	1 479.94	3 578 487.05	5 466.23
W015	775 016.43	833.71	ciągł.	żelb.	1 376 567.21	1 480.81	2 151 583.64	2 314.52
M014	967 798.55	1 434.71	rama	żelb.	1 000 892.97	1 483.77	1 968 691.52	2 918.48
M021	711 238.47	1 901.63	swob. podp.	pref.	555 522.85	1 485.29	1 266 761.32	3 386.92
E004	5 280 180.47	604.94	ciągł.	spręż.	13 097 522.23	1 500.55	18 377 702.71	2 105.48
M019	2 459 967.65	1 533.82	swob. podp.	spręż.	2 435 953.48	1 518.85	4 895 921.13	3 052.67
M012	622 982.75	1 645.37	swob. podp.	pref.	580 371.48	1 532.82	1 203 354.24	3 178.19
W008	1 310 928.17	1 244.35	rama	żelb.	1 644 526.33	1 561.01	2 955 454.50	2 805.36
W005	3 280 114.19	1 023.14	ciągł.	pref.	5 015 114.88	1 564.32	8 295 229.07	2 587.46
W021	1 868 744.55	1 276.01	swob. podp.	spręż.	2 318 843.00	1 583.34	4 187 587.55	2 859.35

M017	4 826 478.45	1 274.58	ciągł.	spręż.	6 077 896.92	1 605.06	10 904 375.36	2 879.64
------	--------------	----------	--------	--------	--------------	----------	---------------	----------

W Tab. 26 widać, że obiekty mają bardzo zbliżoną cenę za metr kwadratowy powierzchni przęsta. Można zatem stwierdzić, że biorąc pod uwagę koszt materiałów do budowy w takim zakresie powinna zawierać się cena optymalnie zaprojektowanego obiektu mostowego. W tej grupie znalazło się 14 obiektów o schemacie belki swobodnie podpartej, 14 obiektów ciągłych i 4 obiektów ramowych. Wszystkie obiekty są obiektami betonowymi. W tabeli (Tab. 26) znajduje się 11 obiektów żelbetowych, 14 obiektów sprężonych, 8 obiektów prefabrykowanych. W zestawieniu brak jest obiektów zespolonych. Zatem, statystycznie optymalnymi biorąc pod uwagę koszty materiałów do budowy przęsta i robocizny z tym związanej, są obiekty sprężone o przęstach swobodnie podpartych lub ciągłych. W zestawieniu znajduje się 9 obiektów wybudowanych na autostradach, 14 na drogach ekspresowych, 7 na drogach krajowych, 7 na drogach wojewódzkich, 3 na drogach powiatowych, 1 na drodze gminnej. Zależność ilościowa tych obiektów wynika raczej z całościowego stosunku ilości obiektów na danej kategorii drogi, tj. w próbie badawczej znajduje się najwięcej obiektów autostradowych i na drogach szybkiego ruchu. Jeśli chodzi o długość obiektu, wszystkie obiekty mają długość powyżej 15 m. W zawężonym do 1000-1600 zł/m<sup>2</sup> przedziale kosztów jest 6 obiektów o długości w zakresie 15-20, 10 obiektów z przedziału 20-30, tylko 2 obiekty o długości 30-40 m i aż 23 obiekty o długości powyżej 40 m.

#### 5.1.5.2 Koszty utrzymania

Na koszty utrzymania składa się cena wymiany urządzeń dylatacyjnych, łożysk, nawierzchni, przęsta oraz odnowienia zabezpieczenia antykorozyjnego. Ceny uwzględniają koszty materiału, robocizny i sprzętu. Szczegółowe informacje na temat kosztów utrzymania zawarto w punktach 5.1.4.2 oraz 5.1.4.6. Koszty utrzymania przedstawiono w Tab. 27.

Tab. 27. Koszt utrzymania obiektu [zł]

Lp.	Numer obiektu	Koszt [zł]					
		Koszt utrzymania dylatacji	Koszt utrzymania łożysk	Koszt utrzymania nawierzchni	Koszt utrzymania zabezpieczenia antykorozyjnego	Koszt wymiany przęsta	Całkowity koszt utrzymania
1	M001	1 970.76	0.00	46 853.27	32 318.25	106 279.97	187 422.26
2	M002	68 915.17	11 007.21	118 697.21	9 832.69	95 782.90	304 235.18
3	M003	2 090.19	0.00	29 908.43	21 800.61	118 783.15	172 582.39
4	M004	3 372.04	0.00	28 137.88	11 842.80	107 875.23	151 227.95
5	M005	60 466.02	10 589.14	108 614.00	25 596.28	83 568.65	288 834.08
6	M006	65 945.51	8 255.41	117 636.22	12 810.00	68 919.96	273 567.10
7	M007	107 194.99	23 973.05	145 368.97	18 072.51	81 864.90	376 474.42
8	M008	20 576.84	4 127.71	29 947.37	14 237.79	38 249.31	107 139.02
9	M009	3 335.51	9 652.61	22 411.50	5 353.64	47 533.19	88 286.46
10	M010	70 984.35	28 537.16	242 074.66	25 959.32	144 993.06	512 548.55
11	M011	37 971.07	19 262.63	80 895.90	30 700.59	172 972.41	341 802.59
12	M012	2 743.57	5 503.61	28 890.64	16 917.55	57 377.16	111 432.53
13	M013	23 718.93	5 294.57	32 889.01	12 303.05	49 428.65	123 634.21
14	M014	4 237.82	0.00	54 229.59	0.00	98 951.10	157 418.50
15	M015	61 309.02	33 654.29	429 395.90	50 109.52	319 061.84	893 530.57
16	M016	212 242.58	130 197.75	1 602 896.32	182 717.18	1 139 880.95	3 267 934.78
17	M017	102 825.90	75 331.33	730 394.86	62 364.10	600 878.01	1 571 794.21

18	M018	64 949.24	26 039.55	348 702.61	34 049.10	432 525.07	906 265.58
19	M019	68 896.01	33 822.08	254 953.06	36 354.28	240 825.22	634 850.65
20	M020	61 692.20	21 309.38	110 598.80	26 089.00	70 690.16	290 379.53
21	M021	3 009.12	6 879.51	29 021.75	15 981.86	54 920.55	109 812.79
22	M022	2 158.07	2 751.80	23 909.55	3 808.46	22 565.83	55 193.72
23	M023	65 102.51	21 309.38	109 869.90	12 891.57	79 534.54	288 707.90
24	M024	3 897.94	8 255.41	90 428.31	9 611.51	51 420.89	163 614.05
25	M025	60 466.02	10 589.14	142 749.83	39 881.60	85 643.07	339 329.66
26	W001	30 788.62	25 366.56	128 312.21	29 128.35	151 461.29	365 057.04
27	W002	4 024.33	0.00	80 349.45	49 569.42	382 547.49	516 490.70
28	W003	22 109.56	16 911.04	68 585.67	25 225.38	95 522.56	228 354.22
29	W004	87 940.12	23 867.27	149 343.97	39 764.85	52 897.78	353 813.99
30	W005	96 119.86	85 611.47	491 262.95	71 064.65	495 808.39	1 239 867.33
31	W006	26 343.72	12 683.28	41 263.42	16 349.50	111 884.12	208 524.05
32	W007	25 385.77	12 683.28	41 263.42	15 917.09	109 381.15	204 630.72
33	W008	2 419.35	0.00	166 830.54	7 108.66	162 582.51	338 941.05
34	W009	62 573.52	35 297.14	550 380.12	100 460.49	1 002 890.91	1 751 602.18
35	W010	27 244.19	10 654.69	68 644.83	9 254.11	53 359.15	169 156.99
36	W011	32 953.60	6 879.51	59 376.40	14 113.38	37 678.67	151 001.56
37	W012	65 140.83	26 636.72	138 960.68	42 021.93	114 314.20	387 074.36
38	W013	2 239.91	0.00	12 054.81	3 239.39	27 638.26	45 172.36
39	W014	5 243.77	0.00	110 128.11	66 554.86	345 752.72	527 679.45
40	W015	3 044.39	10 589.14	77 778.50	13 621.11	136 091.31	241 124.45
41	W016	61 692.20	21 309.38	138 960.68	34 319.38	109 060.11	365 341.74
42	W017	2 928.33	16 510.82	299 597.16	63 611.91	92 321.01	474 969.23
43	W018	61 692.20	21 309.38	138 960.68	39 741.65	107 573.28	369 277.18
44	W019	67 248.33	28 537.16	213 223.07	26 510.74	160 662.30	496 181.60
45	W020	21 458.16	10 701.43	54 959.91	3 183.06	80 237.20	170 539.76
46	W021	68 570.30	33 822.08	257 826.53	32 582.26	229 247.35	622 048.53
47	W022	48 944.68	28 249.25	252 966.55	41 145.97	233 376.71	604 683.16
48	W023	67 593.19	26 636.72	181 866.72	41 312.52	58 206.05	375 615.21
49	W024	73 120.58	31 964.06	137 467.47	20 816.82	135 095.93	398 464.86
50	W025	28 780.82	11 007.21	197 697.51	39 824.36	408 537.12	685 847.03
51	W026	3 888.25	0.00	55 302.22	8 985.89	195 749.00	263 925.37
52	W027	84 078.80	67 775.75	424 155.17	79 491.57	366 752.77	1 022 254.06
53	W028	34 573.35	28 537.16	177 972.53	18 254.78	163 284.59	422 622.40
54	W029	64 566.06	23 867.27	136 694.80	10 358.25	66 154.45	301 640.82
55	W030	64 144.56	11 007.21	52 811.39	7 944.09	88 493.02	224 400.27
56	E001	88 464.48	49 940.02	726 750.16	73 955.93	364 161.28	1 303 271.86
57	E002	123 614.62	54 960.89	654 150.09	75 562.86	442 326.11	1 350 614.56
58	E003	168 804.90	80 039.54	305 961.15	124 256.87	680 876.81	1 359 939.26
59	E004	268 558.48	117 177.98	709 617.14	96 371.45	1 294 857.94	2 486 582.99
60	E005	47 232.85	21 138.80	204 628.78	23 967.11	147 729.47	444 697.01
61	E006	62 094.54	44 872.38	434 678.70	58 377.29	414 599.94	1 014 622.85
62	E007	41 785.93	24 911.59	90 574.71	41 574.99	376 606.18	575 453.41
63	E008	171 832.24	115 351.10	1 365 437.99	125 098.77	886 720.42	2 664 440.51
64	E009	140 685.62	83 063.82	372 613.12	77 922.60	1 271 690.99	1 945 976.15

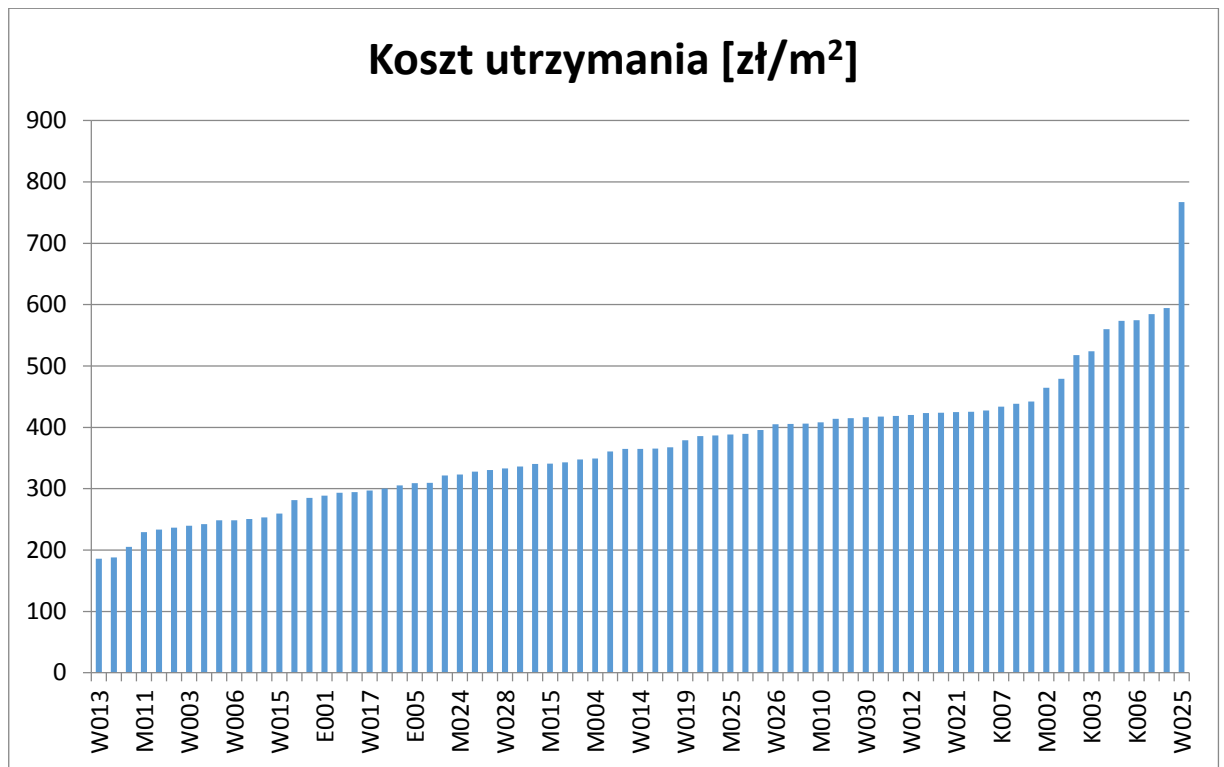
65	K001	9 158.03	5 966.82	67 637.20	5 574.40	49 248.38	137 584.83
66	K002	6 705.67	3 217.54	64 491.17	5 206.59	21 109.97	100 730.95
67	K003	6 705.67	3 217.54	54 576.45	9 321.17	36 236.34	110 057.17
68	K004	5 692.68	3 217.54	75 862.72	7 108.72	53 647.64	145 529.30
69	K005	8 640.74	2 681.28	44 093.23	3 514.31	15 186.43	74 115.98
70	K006	9 924.40	5 327.34	42 751.55	6 863.04	75 036.87	139 903.21
71	K007	760.08	2 145.02	23 892.36	2 168.75	9 308.84	38 275.05
72	K008	10 537.78	2 751.80	46 935.75	5 245.85	54 692.58	120 163.76
73	K009	0.00	7 705.30	125 525.84	381.30	72 782.81	206 395.25

Tab. 28. Koszt utrzymania obiektu w przeliczeniu na 1m2 [zł/m2]

Lp.	Numer obiektu	Koszty na m2 obiektu [zł/m2]					Całkowity koszt utrzymania
		Koszt utrzymania dylatacji	Koszt utrzymania łóżysk	Koszt utrzymania nawierzchni	Koszt utrzym. zabezp. antykor.	Koszt wymiany przęsta	
1	M001	4.47	0.00	106.29	73.32	241.11	425.19
2	M002	105.27	16.81	181.31	15.02	146.31	464.73
3	M003	4.07	0.00	58.23	42.45	231.27	336.01
4	M004	7.79	0.00	64.99	27.35	249.15	349.28
5	M005	69.17	12.11	124.24	29.28	95.59	330.39
6	M006	87.89	11.00	156.77	17.07	91.85	364.58
7	M007	109.77	24.55	148.87	18.51	83.83	385.53
8	M008	65.39	13.12	95.17	45.25	121.55	340.47
9	M009	8.93	25.84	60.00	14.33	127.25	236.35
10	M010	56.52	22.72	192.74	20.67	115.44	408.08
11	M011	25.45	12.91	54.23	20.58	115.94	229.11
12	M012	7.25	14.54	76.30	44.68	151.54	294.31
13	M013	36.04	8.04	49.97	18.69	75.11	187.86
14	M014	6.28	0.00	80.39	0.00	146.69	233.36
15	M015	23.39	12.84	163.80	19.12	121.71	340.85
16	M016	21.29	13.06	160.79	18.33	114.34	327.81
17	M017	27.15	19.89	192.88	16.47	158.68	415.08
18	M018	31.41	12.59	168.63	16.47	209.16	438.25
19	M019	42.96	21.09	158.97	22.67	150.16	395.84
20	M020	90.80	31.36	162.78	38.40	104.04	427.39
21	M021	8.05	18.39	77.59	42.73	146.84	293.60
22	M022	9.48	12.09	105.01	16.73	99.11	242.41
23	M023	99.68	32.63	168.23	19.74	121.78	442.06
24	M024	7.70	16.30	178.57	18.98	101.54	323.09
25	M025	69.17	12.11	163.29	45.62	97.97	388.15
26	W001	21.15	17.43	88.14	20.01	104.04	250.77
27	W002	2.86	0.00	57.12	35.24	271.97	367.19
28	W003	23.18	17.73	71.92	26.45	100.16	239.45
29	W004	90.80	24.64	154.20	41.06	54.62	365.33
30	W005	29.98	26.70	153.24	22.17	154.65	386.74
31	W006	31.41	15.12	49.20	19.49	133.39	248.61
32	W007	31.41	15.69	51.05	19.69	135.33	253.18

33	W008	2.30	0.00	158.36	6.75	154.33	321.73
34	W009	21.24	11.98	186.83	34.10	340.43	594.58
35	W010	45.35	17.73	114.26	15.40	88.81	281.56
36	W011	90.37	18.87	162.84	38.70	103.33	414.11
37	W012	70.70	28.91	150.81	45.61	124.07	420.09
38	W013	9.22	0.00	49.63	13.34	113.78	185.97
39	W014	3.63	0.00	76.14	46.02	239.05	364.84
40	W015	3.27	11.39	83.67	14.65	146.40	259.38
41	W016	70.70	24.42	159.25	39.33	124.98	418.67
42	W017	1.83	10.33	187.40	39.79	57.75	297.10
43	W018	70.70	24.42	159.25	45.54	123.28	423.18
44	W019	51.36	21.80	162.86	20.25	122.72	378.99
45	W020	31.26	15.59	80.08	4.64	116.91	248.48
46	W021	46.82	23.09	176.05	22.25	156.53	424.74
47	W022	24.29	14.02	125.56	20.42	115.84	300.14
48	W023	70.10	27.63	188.62	42.85	60.37	389.56
49	W024	105.27	46.02	197.91	29.97	194.49	573.66
50	W025	32.18	12.31	221.08	44.53	456.85	766.96
51	W026	5.97	0.00	84.90	13.79	300.51	405.17
52	W027	33.35	26.88	168.25	31.53	145.48	405.50
53	W028	27.22	22.47	140.14	14.37	128.57	332.77
54	W029	102.56	37.91	217.14	16.45	105.09	479.16
55	W030	119.00	20.42	97.98	14.74	164.17	416.31
56	E001	19.60	11.07	161.05	16.39	80.70	288.82
57	E002	28.34	12.60	149.95	17.32	101.40	309.61
58	E003	25.47	12.08	46.17	18.75	102.74	205.21
59	E004	30.77	13.42	81.30	11.04	148.35	284.88
60	E005	32.80	14.68	142.10	16.64	102.59	308.80
61	E006	21.26	15.37	148.86	19.99	141.98	347.46
62	E007	26.17	15.60	56.73	26.04	235.90	360.45
63	E008	22.10	14.84	175.65	16.09	114.06	342.74
64	E009	22.07	13.03	58.45	12.22	199.48	305.24
65	K001	37.27	24.29	275.29	22.69	200.45	559.99
66	K002	27.02	12.97	259.89	20.98	85.07	405.93
67	K003	31.93	15.32	259.89	44.39	172.55	524.08
68	K004	22.87	12.93	304.79	28.56	215.54	584.69
69	K005	49.40	15.33	252.11	20.09	86.83	423.77
70	K006	40.76	21.88	175.60	28.19	308.21	574.65
71	K007	8.61	24.30	270.72	24.57	105.48	433.68
72	K008	45.38	11.85	202.14	22.59	235.54	517.50
73	K009	0.00	15.60	254.08	0.77	147.32	417.77



Rys. 18. Koszty utrzymania [zł/m<sup>2</sup>]

Koszty utrzymania urządzenia dylatacyjnego w przeliczeniu na metr kwadratowy obiektu są najniższe są dla obiektów ramowych, rosną w przypadku obiektów o schemacie belki ciągłej, najdroższe są w przypadku obiektów swobodnie podpartych. Sytuacja wygląda podobnie w przypadku utrzymania łożysk. Zastosowanie nawierzchni z asfaltu twardolanego podnosi koszty utrzymania obiektu. Sytuacja przedstawia się korzystniej przy stosowaniu betonu asfaltowego i mastyksu grysowego (SMA). Koszt zabezpieczenia antykorozyjnego jest niższy w przypadku obiektów żelbetowych i sprężonych. Koszty rosną przy zastosowaniu pręseł zespolonych i prefabrykowanych. W przypadku obiektów zespolonych wynika to z większe koszty zabezpieczeń powierzchniowych (farb). W przypadku obiektów prefabrykowanych zastosowanie wielu, ułożonych obok siebie belek typu „T” powoduje wzrost stosunku powierzchni zabezpieczenia antykorozyjnego do powierzchni przęsła. Koszty utrzymania przęsła są związane z kosztami budowy przęsła. Po przeliczeniu wartości pieniądza na tzw. present value, dalej najdroższymi obiektami są obiekty zespolone i ramowe.

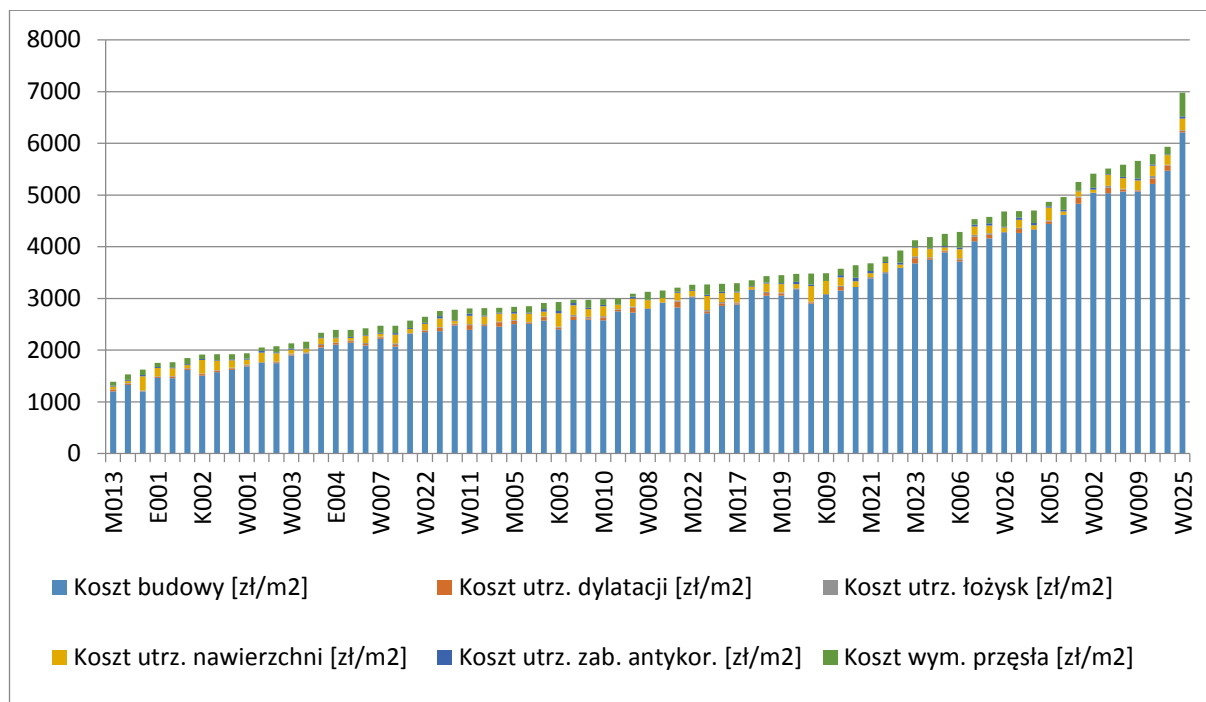
## 5.1.5.3 Zestawienie kosztów

W Tab. 29 zestawiono koszty budowy, utrzymania i całkowite wraz z przeliczeniem na wartość procentową w koszcie całkowitym życia obiektu.

Tab. 29. Zestawienie kosztów utrzymani i budowy

L.p.	Numer obiektu	Koszt budowy [zł]		Koszt utrzymania dylatacji [zł, %]		Koszt utrzymania łóżysk [zł, %]		Koszt utrzymania nawierzchni [zł, %]		Koszt utrzymania zabezpieczenia antykorozyjnego [zł, %]		Koszt wymiany przęsta [zł, %]		Koszt całkowity	Koszt całkowity na metr kwadrat
1	M001	1 419 175	88.3	1 971	0.1	0	0.0	46 853	2.9	32 318	2.0	106 280	6.6	1 606 598	3 645
2	M002	3 578 487	92.2	68 915	1.8	11 007	0.3	118 697	3.1	9 833	0.3	95 783	2.5	3 882 722	5 931
3	M003	1 843 944	91.4	2 090	0.1	0	0.0	29 908	1.5	21 801	1.1	118 783	5.9	2 016 527	3 926
4	M004	1 997 009	93.0	3 372	0.2	0	0.0	28 138	1.3	11 843	0.6	107 875	5.0	2 148 237	4 962
5	M005	2 189 671	88.3	60 466	2.4	10 589	0.4	108 614	4.4	25 596	1.0	83 569	3.4	2 478 505	2 835
6	M006	1 840 626	87.1	65 946	3.1	8 255	0.4	117 636	5.6	12 810	0.6	68 920	3.3	2 114 193	2 818
7	M007	2 758 626	88.0	107 195	3.4	23 973	0.8	145 369	4.6	18 073	0.6	81 865	2.6	3 135 101	3 211
8	M008	810 038	88.3	20 577	2.2	4 128	0.5	29 947	3.3	14 238	1.6	38 249	4.2	917 177	2 915
9	M009	719 089	89.1	3 336	0.4	9 653	1.2	22 412	2.8	5 354	0.7	47 533	5.9	807 375	2 161
10	M010	3 239 805	86.3	70 984	1.9	28 537	0.8	242 075	6.5	25 959	0.7	144 993	3.9	3 752 354	2 988
11	M011	2 415 352	87.6	37 971	1.4	19 263	0.7	80 896	2.9	30 701	1.1	172 972	6.3	2 757 155	1 848
12	M012	1 203 354	91.5	2 744	0.2	5 504	0.4	28 891	2.2	16 918	1.3	57 377	4.4	1 314 787	3 472
13	M013	791 094	86.5	23 719	2.6	5 295	0.6	32 889	3.6	12 303	1.3	49 429	5.4	914 728	1 390
14	M014	1 968 692	92.6	4 238	0.2	0	0.0	54 230	2.6	0	0.0	98 951	4.7	2 126 110	3 152
15	M015	6 576 309	88.0	61 309	0.8	33 654	0.5	429 396	5.7	50 110	0.7	319 062	4.3	7 469 839	2 850
16	M016	17 424 800	84.2	212 243	1.0	130 198	0.6	1 602 896	7.7	182 717	0.9	1 139 881	5.5	20 692 735	2 076
17	M017	10 904 375	87.4	102 826	0.8	75 331	0.6	730 395	5.9	62 364	0.5	600 878	4.8	12 476 170	3 295
18	M018	7 755 368	89.5	64 949	0.7	26 040	0.3	348 703	4.0	34 049	0.4	432 525	5.0	8 661 633	4 189
19	M019	4 895 921	88.5	68 896	1.2	33 822	0.6	254 953	4.6	36 354	0.7	240 825	4.4	5 530 772	3 449
20	M020	2 789 493	90.6	61 692	2.0	21 309	0.7	110 599	3.6	26 089	0.8	70 690	2.3	3 079 872	4 533
21	M021	1 266 761	92.0	3 009	0.2	6 880	0.5	29 022	2.1	15 982	1.2	54 921	4.0	1 376 574	3 681
22	M022	688 182	92.6	2 158	0.3	2 752	0.4	23 910	3.2	3 808	0.5	22 566	3.0	743 376	3 265
23	M023	2 404 377	89.3	65 103	2.4	21 309	0.8	109 870	4.1	12 892	0.5	79 535	3.0	2 693 085	4 124
24	M024	1 765 233	91.5	3 898	0.2	8 255	0.4	90 428	4.7	9 612	0.5	51 421	2.7	1 928 847	3 809
25	M025	2 070 619	85.9	60 466	2.5	10 589	0.4	142 750	5.9	39 882	1.7	85 643	3.6	2 409 948	2 757
26	W001	2 455 985	87.1	30 789	1.1	25 367	0.9	128 312	4.5	29 128	1.0	151 461	5.4	2 821 042	1 938
27	W002	7 093 633	93.2	4 024	0.1	0	0.0	80 349	1.1	49 569	0.7	382 547	5.0	7 610 124	5 410
28	W003	1 807 558	88.8	22 110	1.1	16 911	0.8	68 586	3.4	25 225	1.2	95 523	4.7	2 035 913	2 135
29	W004	2 641 096	88.2	87 940	2.9	23 867	0.8	149 344	5.0	39 765	1.3	52 898	1.8	2 994 910	3 092
30	W005	8 295 229	87.0	96 120	1.0	85 611	0.9	491 263	5.2	71 065	0.7	495 808	5.2	9 535 096	2 974
31	W006	1 796 859	89.6	26 344	1.3	12 683	0.6	41 263	2.1	16 350	0.8	111 884	5.6	2 005 383	2 391
32	W007	1 792 468	89.8	25 386	1.3	12 683	0.6	41 263	2.1	15 917	0.8	109 381	5.5	1 997 098	2 471
33	W008	2 955 454	89.7	2 419	0.1	0	0.0	166 831	5.1	7 109	0.2	162 583	4.9	3 294 396	3 127
34	W009	14 919 535	89.5	62 574	0.4	35 297	0.2	550 380	3.3	100 460	0.6	1 002 891	6.0	16 671 137	5 659
35	W010	1 234 428	87.9	27 244	1.9	10 655	0.8	68 645	4.9	9 254	0.7	53 359	3.8	1 403 585	2 336
36	W011	873 226	85.3	32 954	3.2	6 880	0.7	59 376	5.8	14 113	1.4	37 679	3.7	1 024 228	2 809
37	W012	3 832 602	90.8	65 141	1.5	26 637	0.6	138 961	3.3	42 022	1.0	114 314	2.7	4 219 676	4 580
38	W013	769 370	94.5	2 240	0.3	0	0.0	12 055	1.5	3 239	0.4	27 638	3.4	814 543	3 353
39	W014	6 268 992	92.2	5 244	0.1	0	0.0	110 128	1.6	66 555	1.0	345 753	5.1	6 796 672	4 699

40	W015	2 151 584	89.9	3 044	0.1	10 589	0.4	77 778	3.3	13 621	0.6	136 091	5.7	2 392 708	2 574
41	W016	3 726 245	91.1	61 692	1.5	21 309	0.5	138 961	3.4	34 319	0.8	109 060	2.7	4 091 586	4 689
42	W017	2 802 578	85.5	2 928	0.1	16 511	0.5	299 597	9.1	63 612	1.9	92 321	2.8	3 277 547	2 050
43	W018	2 749 683	88.2	61 692	2.0	21 309	0.7	138 961	4.5	39 742	1.3	107 573	3.4	3 118 960	3 574
44	W019	3 996 697	89.0	67 248	1.5	28 537	0.6	213 223	4.7	26 511	0.6	160 662	3.6	4 492 878	3 432
45	W020	1 887 506	91.7	21 458	1.0	10 701	0.5	54 960	2.7	3 183	0.2	80 237	3.9	2 058 046	2 999
46	W021	4 187 588	87.1	68 570	1.4	33 822	0.7	257 827	5.4	32 582	0.7	229 247	4.8	4 809 636	3 284
47	W022	4 728 540	88.7	48 945	0.9	28 249	0.5	252 967	4.7	41 146	0.8	233 377	4.4	5 333 223	2 647
48	W023	2 490 056	86.9	67 593	2.4	26 637	0.9	181 867	6.3	41 313	1.4	58 206	2.0	2 865 672	2 972
49	W024	3 622 841	90.1	73 121	1.8	31 964	0.8	137 467	3.4	20 817	0.5	135 096	3.4	4 021 306	5 789
50	W025	5 552 616	89.0	28 781	0.5	11 007	0.2	197 698	3.2	39 824	0.6	408 537	6.5	6 238 464	6 976
51	W026	2 788 012	91.4	3 888	0.1	0	0.0	55 302	1.8	8 986	0.3	195 749	6.4	3 051 937	4 685
52	W027	5 216 879	83.6	84 079	1.3	67 776	1.1	424 155	6.8	79 492	1.3	366 753	5.9	6 239 133	2 475
53	W028	2 656 583	86.3	34 573	1.1	28 537	0.9	177 973	5.8	18 255	0.6	163 285	5.3	3 079 206	2 425
54	W029	3 169 858	91.3	64 566	1.9	23 867	0.7	136 695	3.9	10 358	0.3	66 154	1.9	3 471 499	5 515
55	W030	2 604 940	92.1	64 145	2.3	11 007	0.4	52 811	1.9	7 944	0.3	88 493	3.1	2 829 341	5 249
56	E001	6 606 218	83.5	88 464	1.1	49 940	0.6	726 750	9.2	73 956	0.9	364 161	4.6	7 909 490	1 753
57	E002	6 365 031	82.5	123 615	1.6	54 961	0.7	654 150	8.5	75 563	1.0	442 326	5.7	7 715 646	1 769
58	E003	8 786 466	86.6	168 805	1.7	80 040	0.8	305 961	3.0	124 257	1.2	680 877	6.7	10 146 405	1 531
59	E004	18 377 703	88.1	268 558	1.3	117 178	0.6	709 617	3.4	96 371	0.5	1 294 858	6.2	20 864 286	2 390
60	E005	2 326 682	84.0	47 233	1.7	21 139	0.8	204 629	7.4	23 967	0.9	147 729	5.3	2 771 379	1 924
61	E006	7 201 949	87.7	62 095	0.8	44 872	0.5	434 679	5.3	58 377	0.7	414 600	5.0	8 216 572	2 814
62	E007	6 207 231	91.5	41 786	0.6	24 912	0.4	90 575	1.3	41 575	0.6	376 606	5.6	6 782 684	4 248
63	E008	12 268 797	82.2	171 832	1.2	115 351	0.8	1 365 438	9.1	125 099	0.8	886 720	5.9	14 933 237	1 921
64	E009	15 803 178	89.0	140 686	0.8	83 064	0.5	372 613	2.1	77 923	0.4	1 271 691	7.2	17 749 154	2 784
65	K001	666 716	82.9	9 158	1.1	5 967	0.7	67 637	8.4	5 574	0.7	49 248	6.1	804 301	3 274
66	K002	374 667	78.8	6 706	1.4	3 218	0.7	64 491	13.6	5 207	1.1	21 110	4.4	475 398	1 916
67	K003	504 839	82.1	6 706	1.1	3 218	0.5	54 576	8.9	9 321	1.5	36 236	5.9	614 896	2 928
68	K004	721 625	83.2	5 693	0.7	3 218	0.4	75 863	8.7	7 109	0.8	53 648	6.2	867 155	3 484
69	K005	776 990	91.3	8 641	1.0	2 681	0.3	44 093	5.2	3 514	0.4	15 186	1.8	851 106	4 866
70	K006	904 321	86.6	9 924	1.0	5 327	0.5	42 752	4.1	6 863	0.7	75 037	7.2	1 044 224	4 289
71	K007	104 952	73.3	760	0.5	2 145	1.5	23 892	16.7	2 169	1.5	9 309	6.5	143 227	1 623
72	K008	1 176 417	90.7	10 538	0.8	2 752	0.2	46 936	3.6	5 246	0.4	54 693	4.2	1 296 580	5 584
73	K009	1 516 104	88.0	0	0.0	7 705	0.4	125 526	7.3	381	0.0	72 783	4.2	1 722 499	3 487

Rys. 19. Podsumowanie kosztów [zł/m<sup>2</sup>]

Koszty budowy i utrzymania kształtują się różnie w stosunku do kosztów całkowitych. Koszty budowy wahają się od około 73% do 94%, koszt utrzymania urządzenia dylatacyjnego od 0.05% do 3.5%, koszt utrzymania łożysk 0% do 1.5% nawierzchni od 1.1% do 16.7%, koszt utrzymania zabezpieczenia antykorozyjnego 0% do 2.0%, koszt wymiany przęsła 1.8% do 7.2%. W najgorszym przypadku koszty utrzymania sięgają do 27% kosztów całkowitych życia obiektu. Średnio koszty utrzymania obiektu wynoszą 14% kosztów całkowitych.

#### 5.1.6 Podsumowanie i wnioski

Z przeprowadzonych analiz wynika, że koszty utrzymania mogą stanowić znaczną część kosztów całkowitych życia obiektu. W analizie nie uwzględniono kosztów użytkowników co zwiększyłoby stosunek kosztów utrzymania do kosztów całkowitych. Analizy przyjmują optymistyczne podejście do trwałości obiektu. W praktyce obiekty mostowe, a raczej ich elementy takie jak łożyska i urządzenia dylatacyjne nie spełniają swojej funkcji przez okres jaki zakłada Rozporządzenie [7]. Wpływ na to ma wiele czynników, między innymi niedokładności montażu, głównie w przypadku urządzenia dylatacyjnego. Zmniejszona trwałość tych elementów zwiększy koszty utrzymania. Należy zatem projektować obiekty, których utrzymanie będzie jak najłatwiejsze. Podejście takie należy stosować zwłaszcza w przypadku obiektów długich, których zamknięcie na czas remontu może powodować duże uciążliwości dla użytkowników. Z wykonanej analizy wynika, że najtańszymi w budowie są obiekty betonowe, które wiodą prym w Polsce. Należy mieć jednak na uwadze, że projektowanie obiektów mostowych jest zagadnieniem indywidualnym. Zarówno dobór materiałów jak i ich ilość w głównej mierze zależy od decyzji projektanta, a w mniejszym stopniu podyktowana wymaganiami inwestora. Na końcu znajdują się obiekty ramowe, jednak wpływ na te wyniki ma fakt, że w próbie badawczej ramy są konstrukcjami zespolonymi stalowo-betonowymi. Obiekty mostowe z przęsłami o dźwigarach stalowych kosztują więcej niż obiekty betonowe. Wyniki analizy LCCA zostały poddane dalszej statystyce w punkcie 5.4.24 i 5.4.25.

## 5.2 Środowiskowa ocena cyklu życia LCA

### 5.2.1 Wstęp

LCA jest procesem oceny efektów, jaki dany wyrób wywiera na środowisko podczas całego życia, poprzez wzrost efektywnego zużycia zasobów i zmniejszenie obciążeń środowiska. Badania metody LCA zapoczątkowano w końcu lat 60-tych XX wieku [20, 28, 29]. Dotyczyły one ograniczonego zasobu danych i analiz – najczęściej zużycia energii i materiałów. Informacje literaturowe dotyczące wykorzystywania tej techniki w szerszym zakresie pojawiły się w latach 90-tych ubiegłego stulecia. Analizowano wówczas przy jej pomocy negatywne oddziaływania dotyczące materiałów i energii przy produkowaniu i użytkowaniu wyrobów o określonych, porównywalnych parametrach. Dodatkowym impulsem do rozwoju tej techniki były szerokie badania zjawisk takich jak: efekt cieplarniany, zanik warstwy ozonowej, kwaśne deszcze i smog. Efektem doskonalenia metody było wprowadzenie kolejnych stałych elementów, aż do oceny wpływu cyklu życia wyrobu na środowisko (LCIA, ang. Life Cycle Impact Assessment) i interpretacji wyników. Równocześnie znormalizowano stosowane pojęcia oraz technikę i w chwili obecnej stanowi ona kluczowy element zarządzania środowiskowego bazujący na systemie norm PN-EN od 14040 do 14049. Na przestrzeni ostatnich lat obserwuje się coraz szersze stosowanie technik LCA w odniesieniu do doskonalenia wyrobów pod kątem minimalizacji oddziaływania na środowisko jako całość, bez przenoszenia wzrostu niektórych oddziaływań między komponentami. Przejawem tego wykorzystania są także kolejne prace normalizacyjne, których efektem są najnowsze normy dotyczące np. oceny obiektów budowlanych PN-EN15804:2012 [25]. Obecne podejście do analiz LCA wpisuje się w podstawowe zasady ochrony środowiska, w szczególności w zasadę zrównoważonego rozwoju, kompleksowości i przezorności.

### 5.2.2 Metody badań i narzędzia badawcze

#### 5.2.2.1 Metody badań

Podstawę dla określenia metod badawczych stanowiły normy mające zastosowanie do tego typu analiz, a w szczególności:

- PN-EN ISO 14040 [23],
- PN-EN ISO 14044 [24].

LCA dotyczy aspektów środowiskowych oraz możliwych wpływów na środowisko (np. zużycie surowców i konsekwencje środowiskowe uwolnień) w okresie cyklu życia wyrobu począwszy od pozyskania surowców, przez produkcję, użytkowanie, przetwarzanie, po wycofaniu z eksploatacji, recykling, aż do ostatecznej likwidacji (tj. „od kotłyszki do grobu”) [23]. Dzięki użyciu w ogólnej definicji pojęcia „wyrobu” jest możliwe zastosowanie tej metody zarówno w odniesieniu do produktu, jak i usługi czy procesu.

Badania mogą być wykonywane na trzech podstawowych poziomach szczegółowości:

- wariant koncepcyjny – wykorzystywany gdy nacisk jest położony na szybkość analizy,
- wariant uproszczony – wykorzystywany w procesach decyzyjnych związanych z rozwojem wyrobu,
- wariant szczegółowy – stosowany do pełnej oceny oraz badań porównawczych.

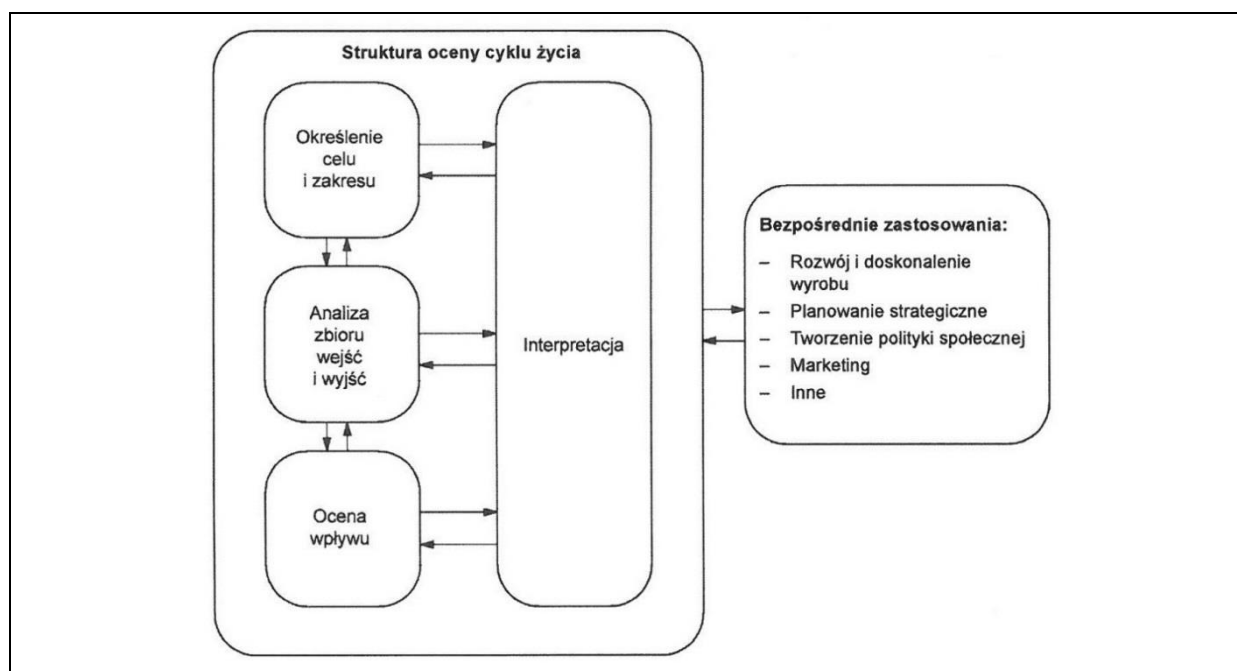
W ramach niniejszej analizy ustalono wymagany poziom szczegółowości. Ponieważ opracowanie ma służyć w procesach decyzyjnych Zarządców dróg publicznych oraz doskonaleniu procesu realizacji i utrzymania obiektów inżynierskich przyjęto jako wariant podstawowy – wariant uproszczony. Z uwagi na dodatkowy cel opracowania jakim jest analiza porównawcza różnych rozwiązań konstrukcyjnych i materiałowych w odniesieniu do

obiektów inżynierskich zdecydowano także o wykonaniu badań porównawczych – charakterystycznych dla wariantu szczegółowego.

W ramach wykonanych prac wyróżniono cztery fazy badania LCA przedstawione schematycznie na rysunku (Rys. 20):

- Faza określenia celu i zakresu,
- Faza analizy zbioru wejść i wyjść,
- Faza oceny wpływu,
- Faza interpretacji,

Fazy te są także zgodne z obowiązującymi normami. W ramach każdej fazy wykonano zgodnie z wymogami norm właściwe dla niej czynności, określając kolejno cel działania i zakres prowadzonych badań, co determinuje zarówno jednostkę funkcjonalną rozumianą jako ilościowy efekt systemu wyrobu stosowany jako jednostka odniesienia, jak i system wyrobu czyli zbiór procesów jednostkowych wraz ze strumieniami elementarnymi i strumieniami wyrobu, które spełniają jedną lub więcej określonych funkcji i modelują cykl życia wyrobu. Na tej podstawie dokonano analizy zbioru wejść, czyli wszystkich wyrobów, materiałów lub strumieni energii, które wchodzi do procesu jednostkowego i wyjść rozumianych jako wyrób, materiał lub strumień energii opuszczający proces jednostkowy. W wyniku tej analizy otrzymano obraz przepływów przekraczających granice systemu, co z kolei stanowi punkt początkowy do oceny wpływu cyklu życia.

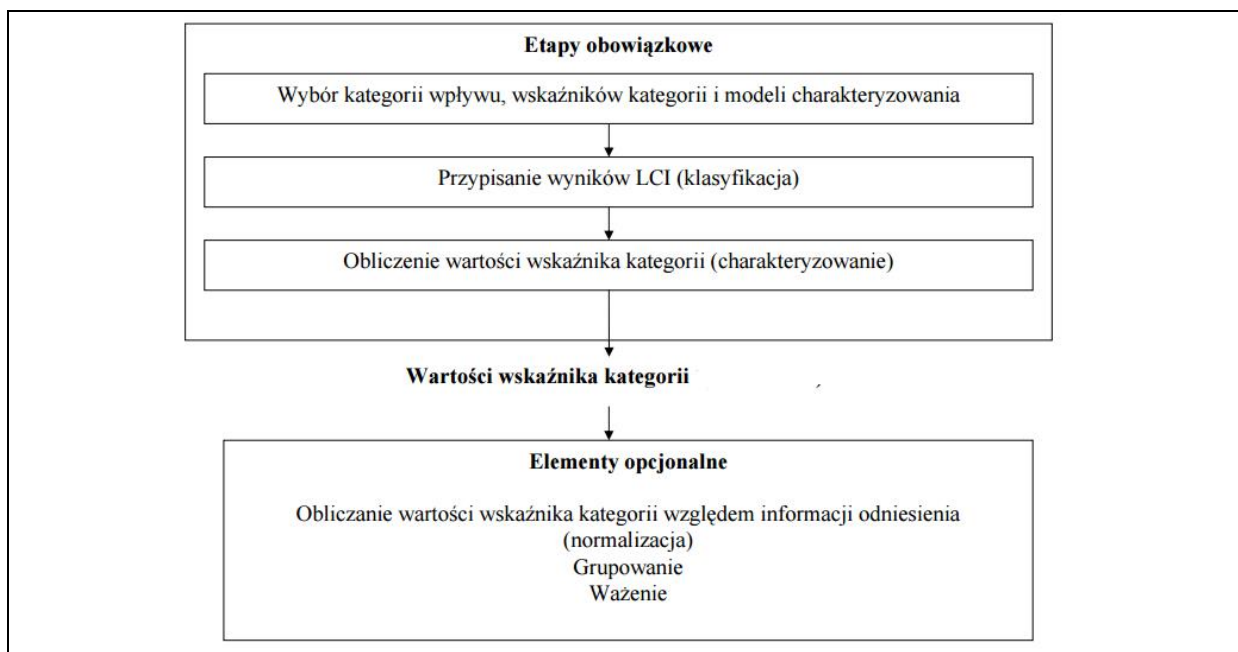


Rys. 20. Fazy LCA wg [23]

Ocena wpływu cyklu życia – LCIA – to trzecia faza LCA, faza oceny ukierunkowana na zrozumienie i ocenę wielkości oraz znaczenia możliwych wpływów systemu wyrobu na środowisko w całym cyklu życia wyrobu [23]. Celem tej fazy było dostarczenie dodatkowych informacji pomocnych w ocenie wyników analizy zbioru wejść i wyjść systemu wyrobu w celu lepszego zrozumienia ich znaczenia środowiskowego [23]. Faza ta obejmuje:

- etapy obowiązkowe, w wyniku których otrzymujemy wartości wskaźników kategorii wpływu,
- etapy opcjonalne, umożliwiające dokonywanie porównań.

Etapy te przedstawiono na kolejnym rysunku (Rys. 21).



Rys. 21. Elementy fazy LCIA wg [23]

Wśród kategorii wpływu wyróżniono: globalne ocieplenie, zubożenie warstwy ozonowej, zakwaszenie, zużycie zasobów naturalnych, zajęcie terenu, poziom eutrofizacji, ekotoksyczność. Każda z tych kategorii wpływu została określana w jednostce właściwej dla danego komponentu. W kolejnym kroku dokonano klasyfikacji wyników i obliczenia wartości dla wskaźnika kategorii wpływu zamieniając przy pomocy parametru charakteryzowania jednostkę określonego wyniku na jednostkę ogólną danej kategorii wpływu. Dokonując agregacji przekształconych w ten sposób wyników otrzymujemy wartość wskaźnika kategorii, co jest ostatnim elementem obowiązkowym w ramach LCIA.

W kolejnych etapach (fakultatywnych) dokonano porównania wyników. W tym celu niezbędne było wykonanie dalszych etapów LCIA, a w szczególności grupowania i normalizowania, które polega na ustaleniu wartości liczbowej interpretowanej jako udział określonej kategorii wpływu w jednym z trzech głównych elementów środowiska: człowieka, jakości ekosystemu i zasobów. Zastosowano jedną z najczęściej stosowanych metod – ekowskaźnika (ECO-INDICATOR 99). Grupowanie, a następnie normalizowanie obejmuje następujące kategorie wpływów:

- zużycie surowców mineralnych i paliw mierzone w jednostce MJ definiowanej jako ilość dodatkowej energii potrzebnej do przyszłego wydobycia minerałów i paliw kopalnych,
- zajęcie terenu, eutrofizacja/zakwaszenie, ekotoksyczność – dla których jednostką jest  $\text{PDF} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{rok}$ , definiowany jako potencjalnie zanikająca ilość gatunków roślin (Potentially Disappeared Fraction of plant species),
- ubytek warstwy ozonowej, zmiany klimatu, raketwórczość, smog, promieniowanie – mierzone w jednostkach DALY definiowanych jako skorygowana przez niepełnosprawność długość życia człowieka (Disability Adjusted Life Years).

W fazie oceny wpływu LCIA różne wartości wskaźnika kategorii zostały poddane obliczeniom polegającym na normalizacji i sumowaniu, co umożliwiło uzyskanie wielkości oddziaływania na środowisko w ujęciu całościowym prezentowanym w formie wskaźnika opartego na jednolitych punktach wskaźnikowych (jednostka określona jako Pt).

Ostatnim etapem LCA była interpretacja wyników obejmująca określenie elementów szczególnie istotnych, o dużym zagrożeniu, analizę wrażliwości tych elementów, określenie sposobu minimalizacji zagrożeń, czy też ustalenie priorytetów i możliwych zmian. Wyniki

uzyskane w toku interpretacji wykonanych w ramach niniejszego opracowania mogą posłużyć do doskonalenia wyrobu pod kątem zmniejszenia wpływu na środowisko, ale także wskazują na możliwości minimalizacji tego wpływu.

Procesy realizowane w poszczególnych etapach cyklu życia obiektów inżynierskich tj. produkcja, użytkowanie, końcowe zagospodarowanie ma miejsce na terenie Polski. Ponieważ przeprowadzona analiza LCA miała charakter porównawczy, poszczególne obiekty inżynierskie były oceniane w porównywalny sposób w odniesieniu do zakresu oraz szczegółowości analizy LCA oraz jakości danych. Wszystkie analizy sięgają do tego samego poziomu, tj. budowy obiektów. Podstawą analizy było wykazanie zmian w wielkości oddziaływania na środowisko wynikających głównie ze zmian w zakresie budowy i eksploatacji (materiały i konstrukcja). W analizie uwzględniono te same zakresy czasowe użytkowania obiektów (100-letni cykl życia produktów) oraz konieczne z punktu widzenia zastosowanych materiałów i rozwiązań konstrukcyjnych, okresy i zakresy robót utrzymaniowych wynikające z użytych materiałów i konstrukcji.

Za jednostkę funkcjonalną przyjęto 1 obiekt inżynierski o właściwych dla niego parametrach. Narzędziem do wykonywania analiz LCA są programy komputerowe, w ramach których jest opracowany szereg baz danych dla materiałów i energii oraz procesów stosowanych w ramach produkcji, czy też realizacji usług i inwestycji. Prowadzone badania dotyczą rozwoju i precyzowania tych baz, co umożliwi coraz szersze i bardziej dokładne obliczenia wpływu wyrobu na środowisko, a przede wszystkim optymalizacji wyrobu pod kątem zapewnienia zrównoważonego rozwoju. Obliczenia w ramach niniejszego opracowania wykonano z wykorzystaniem oprogramowania SimaPro 8, wykorzystywanego do tego typu analiz od wielu lat i stale aktualizowanego [22, 19]. Oprogramowanie to umożliwia wykorzystanie szerokiej bazy danych odnoszących się do oddziaływania na środowisko szeregu procesów i materiałów jednostkowych, co umożliwia dostosowanie do specyfiki polskich warunków. Ponadto oprogramowanie to jest powszechnie wykorzystywane w tego typu analizach, przy czym analizy porównawcze wykonywane do tej pory obejmowały analogiczne obiekty lub warianty tego samego obiektu [22, 19, 26, 27].

### 5.2.3 Cel analizy

Celem przeprowadzonej analizy jest wytypowanie najlepszych rozwiązań konstrukcji obiektów mostowych pod względem oddziaływania na środowisko. Dla realizacji tego celu nie tylko ustalono rodzaj i skalę oddziaływania, ale także wykonano porównanie oddziaływań środowiskowych dla różnych rozwiązań poszczególnych grup obiektów inżynierskich. Porównano grupy obiektów pod względem konstrukcji i stosowanych materiałów, z których składają się poszczególne elementy obiektów.

### 5.2.4 Zakres badania

Procesy realizowane w poszczególnych etapach cyklu życia obiektów inżynierskich tj. budowa i użytkowanie mają miejsce na terenie Polski. Ponieważ przeprowadzona analiza LCA miała na celu wyodrębnienie najkorzystniejszych rozwiązań obiektów, uwzględniono etap porównawczy. Z tego względu istotne jest, aby granice systemu były spójne z celem badania i nie zmieniały znacząco ogólnych wyników. Poszczególne obiekty były oceniane w porównywalny sposób w odniesieniu do zakresu, szczegółowości analizy LCA oraz jakości danych. Wszystkie analizy sięgają do tego samego poziomu, tj. poziomu budowy. Podstawą analizy było wykazanie zmian w wielkości oddziaływania na środowisko wynikających głównie ze zmian w zakresie materiałów i konstrukcji. W analizie uwzględniono te same zakresy czasowe użytkowania obiektów (100-letni cykl życia) oraz konieczne z punktu



widzenia zastosowanej technologii, okresy i zakresy robót utrzymaniowych charakterystyczne dla tych materiałów i konstrukcji.

W analizie uwzględniono:

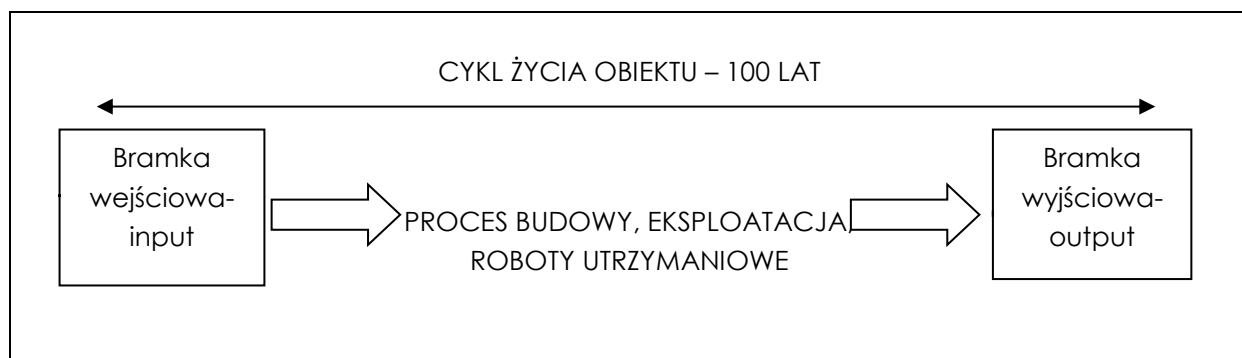
- budowę obiektu,
- roboty utrzymaniowe (remonty, wymiana elementów) w okresie eksploatacji w analizowanym okresie cyklu życia obiektu.

Analizie poddano 5 grup obiektów inżynierskich:

- Grupa 1-mosty:
  - betonowe sprężone,
  - betonowe prefabrykowane,
  - betonowe żelbetowe,
  - zespolone.
- Grupa 2-wiadukty
  - betonowe sprężone,
  - betonowe prefabrykowane,
  - betonowe żelbetowe
  - zespolone.
- Grupa 3-estakady
  - betonowe sprężone,
  - betonowe żelbetowe
  - zespolone.
- Grupa 4-kładki
  - drewniana,
  - zespolone,
  - żelbetowe,
  - łukowe.
- Grupa 5-przepusty
  - z rur PEHD,
  - stalowe
  - żelbetowe

Granice systemu stanowiły obiekty w określonych lokalizacjach i perspektywie czasowej 100 lat. Analizowano całe obiekty o określonych parametrach, w ramach porównań dane odnoszono do jednostki powierzchni obiektu inżynierskiego. Analizę dla obiektów mostowych wykonano przy uwzględnieniu wymaganych remontów i robót utrzymaniowych (analiza „cradle to gate”).

Zakres analizy LCA przedstawiono na rysunku za pomocą 2 bramek: bramka wejściowa – input oraz bramka wyjściowa – output, co zobrazowano poniżej (Rys. 22).



Rys. 22. Granice systemu w cyklu życia

## 5.2.5 Analiza zbioru

### 5.2.5.1 Dane ogólne

Granice systemu przyjęte do badań określono w taki sposób, aby przeanalizowane zostały te same elementy kolejnych badanych obiektów. W przypadku mostów i wiaduktów, estakad oraz kładek analizie poddane zostały:

- Fundamenty,
- Podpory,
- Ustrój nośny,
- Urządzenia dylatacyjne,
- Łożyska,
- Roboty utrzymaniowe (remonty i wymiana elementów konstrukcyjnych).

W przypadku przepustów analizie poddane zostały:

- Część przelotowa przepustu,
- Założono, że w całym cyklu życia produktu nie prowadzi się napraw obiektu, tylko następuje wymiana na nowy po skończonym cyklu życia.

W opracowanych modelach LCA dokonano kilku wyłączeń. Pominięto m in. szczegółową analizę związaną z fazą wydobycia i przetwarzania surowców, przyjmując dane uśrednione dla rodzaju użytych materiałów z dostępnej bazy danych w ramach wykorzystywanego oprogramowania. W analizie nie objęto również emisyjnych oraz energochłonnych procesów związanych z budową mostów takich jak praca pojazdów budowy, praca agregatów prądotwórczych, procesy spawania itp. Informacje dotyczące wszystkich procesów i materiałów oraz związanych z nimi emisji zaczerpnięto z baz danych zawartych w programie SimaPro 8.

### 5.2.5.2 Mosty, wiadukty, estakady

W Tab. 30 przedstawiono procesy uwzględnione w analizie środowiskowej cyklu życia dla wariantów budowy mostów, wiaduktów i estakad.

Tab. 30. Uwzględnione fazy cyklu życia i dane wejściowe w analizie środowiskowej dla mostów, wiaduktów oraz estakad

Faza cyklu życia	Most, wiadukt, estakada (betonowe)	Most, wiadukt, estakada (zespalone)
Budowa	Zużycie betonu	Zużycie betonu
	Zużycie stali zbrojeniowej	Zużycie stali zbrojeniowej
	Zużycie stali konstrukcyjnej	Zużycie stali konstrukcyjnej
	Zużycie stali sprężającej	-
	Produkcja i wbudowanie prefabrykowanych belek typu "T" i Kujan NG	-
Eksploatacja i utrzymanie	Wymiana ustroju nośnego	Wymiana ustroju nośnego
	Wymiana łożysk i urządzenia dylatacyjnego	Wymiana łożysk i urządzenia dylatacyjnego

Przyjęte strategie utrzymaniowe dla poszczególnych wariantów w określonych ramach czasowych przyjęto zgodnie z Tab. 31 oraz strategią utrzymaniową przyjętą w analizie LCCA w Tab. 18.

Tab. 31. Strategie utrzymaniowe dla poszczególnych wariantów

Strategie utrzymaniowe dla poszczególnych wariantów		
Czas cyklu życia [rok]	Most, wiadukt, estakada (betonowe)	Most, wiadukt, estakada (zespolone)
T=0	Budowa	Budowa
T+30	Całkowita wymiana dylatacji oraz łożysk	Całkowita wymiana dylatacji
T+60	-Wymiana ustroju nośnego - całkowita wymiana przęseł	-Wymiana ustroju nośnego - całkowita wymiana przęseł
T+60	Całkowita wymiana urządzenia dylatacyjnego oraz łożysk	Całkowita wymiana urządzenia dylatacyjnego oraz łożysk
T+100	Granica systemu (output)	Granica systemu (output)

### 5.2.5.3 Kładki

W Tab. 32 przedstawiono procesy uwzględnione w analizie środowiskowej cyklu życia dla wariantów budowy kładek.

Tab. 32. Uwzględnione fazy cyklu życia i dane wejściowe w analizie środowiskowej dla kładek

Faza cyklu życia	Kładka drewniana	Kładka zespolona	Kładka żelbetowa	Kładka łukowa
Budowa	Zużycie betonu	Zużycie betonu	Zużycie betonu	Zużycie betonu
	Zużycie stali zbrojeniowej	Zużycie stali zbrojeniowej	Zużycie stali zbrojeniowej	Zużycie stali zbrojeniowej
	Zużycie stali konstrukcyjnej	Zużycie stali konstrukcyjnej	-	Zużycie stali konstrukcyjnej i sprężającej
	Zużycie drewna	-	-	-
Eksploatacja i utrzymanie	Wymiana ustroju nośnego	Wymiana ustroju nośnego	Wymiana ustroju nośnego	Wymiana ustroju nośnego
	Wymiana łożysk	Wymiana łożysk i urządzenia dylatacyjnego	Wymiana łożysk i urządzenia dylatacyjnego	Wymiana łożysk i urządzenia dylatacyjnego

Przyjęte zostały strategie utrzymaniowe dla poszczególnych wariantów w określonych ramach czasowych Tab. 33.

Tab. 33. Strategie utrzymaniowe dla poszczególnych wariantów

Strategie utrzymaniowe dla poszczególnych wariantów		
Czas cyklu życia [rok]	Kładka drewniana	Kładka zespolona, żelbetowa, łukowa
T=0	Budowa	Budowa
T+30	Całkowita wymiana łożysk i urządzenia dylatacyjnego	Całkowita wymiana łożysk i urządzenia dylatacyjnego
T+60	Wymiana ustroju nośnego	Wymiana ustroju nośnego
T+60	Całkowita wymiana łożysk i urządzenia dylatacyjnego	Całkowita wymiana łożysk i urządzenia dylatacyjnego
T+100	Granica systemu (output)	Granica systemu (output)

### 5.2.5.4 Przepusty

W Tab. 34 przedstawiono procesy uwzględnione w analizie środowiskowej cyklu życia dla wariantów budowy przepustów.

Tab. 34. Uwzględnione fazy cyklu życia i dane wejściowe w analizie środowiskowej przepustów

Faza cyklu życia	Przepusty stalowe	Przepusty żelbetowe	Przepusty z rur PEHD
Budowa	Zużycie stali	Zużycie betonu	Zużycie rur PEHD
	-	-	-
	Zużycie stali konstrukcyjnej	-	Zużycie stali konstrukcyjnej
Eksploatacja i utrzymanie	Wymiana przepustu po skończonym cyklu życia	Wymiana przepustu po skończonym cyklu życia	Wymiana przepustu po skończonym cyklu życia

Przyjęte strategie utrzymaniowe dla poszczególnych wariantów w określonych ramach czasowych Tab. 35.

Tab. 35. Strategie utrzymaniowe dla poszczególnych wariantów

Czas cyklu życia [rok]	Przepusty stalowe, żelbetowe, z rur PEHD
T=0	Budowa
T+100	Granica systemu (output)

### 5.2.6 Ocena wpływu cyklu życia

Przeanalizowano wejścia i wyjścia. W ramach tego etapu sporządzono drzewa procesów przedstawiające przepływy materiałów i energii w ramach całego cyklu życia objętego analizą. W każdym przypadku ograniczono poziom oddziaływania odpowiednio od 0-1%. Poprzez ograniczenie poziomu oddziaływania należy rozumieć przedstawienie wyników, których oddziaływania są większe od zadanej procentowej wielkości wpływu. Zmiana procentowego poziomu wpływu dla składowych może wywierać istotne znaczenie dla konstrukcji drzewa procesów, ale nie ma praktycznego znaczenia dla otrzymanych wyników. Niemniej w prezentacji danych może w skrajnym przypadku sugerować pominięcie pewnych procesów.

#### 5.2.6.1 Podstawowe założenia

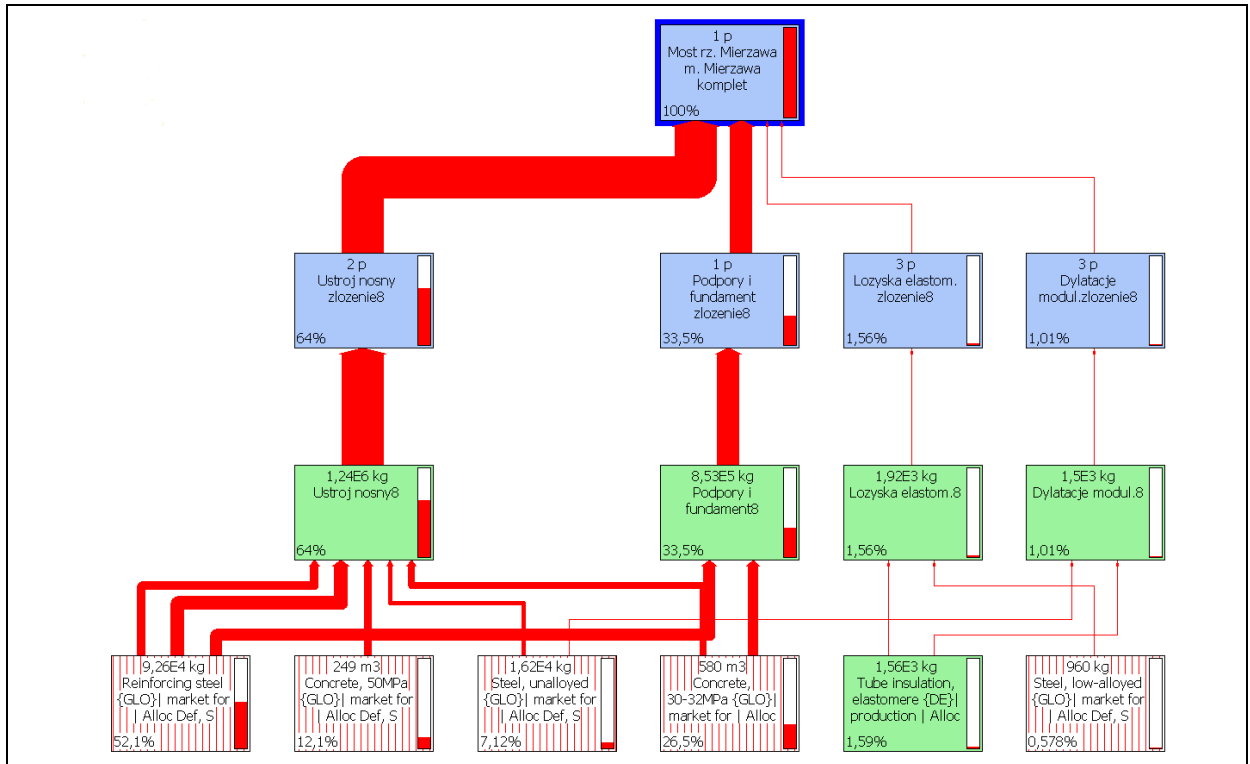
Do wykonania analizy LCA (Life Cycle Assessment) wykorzystano program SimaPro8. Analizę przeprowadzono dla 5 grup obiektów inżynierskich o różnych parametrach. Obiekty te są obiektami istniejącymi, zlokalizowanymi na terenie Polski. Do analizy przyjęto materiały, z jakich wykonane zostały poszczególne obiekty, biorąc pod uwagę ustrój nośny, podpory i fundamenty, urządzenia dylatacyjne i łożyska. Ponieważ istniejące obiekty, są obiektami m.in. o różnej powierzchni, w obliczeniach przyjęto jednostkę obciążenia środowiska przypadającą na 1m<sup>2</sup> przęsta obiektu [Pt/m<sup>2</sup>] (z wyłączeniem przepustów). Jeżeli chodzi o przepusty, w obliczeniach przyjęto jednostkę obciążenia środowiska przypadającą na 1m długości obiektu [Pt/m].

Program obliczył dla każdego analizowanego obiektu wielkość obciążenia środowiska wyrażonego w jednostkach [Pt]. Dokonano analizy poszczególnych grup obiektów jak i połączono 3 grupy obiektów o podobnej charakterystyce: mosty, wiadukty i estakady na jednym wykresie. Przedstawione wyniki dla poszczególnych kategorii wpływu umożliwiają liczbowe określenie skali oddziaływania danego obiektu na środowisko.

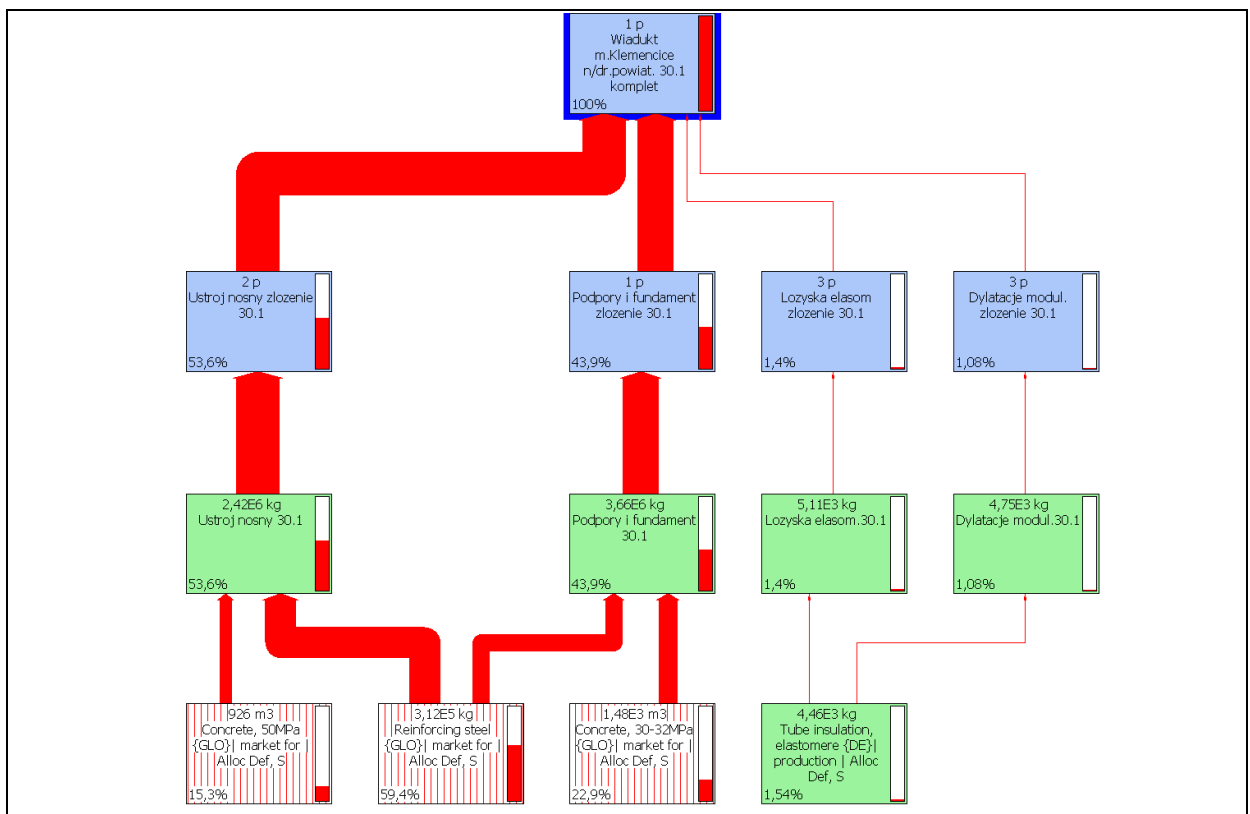
Pogrupowanie, a następnie normalizacja umożliwiają określenie oddziaływania w jednolitej skali punktów wskaźnikowych [Pt] na środowisko jako całość oraz w podziale na trzy główne elementy: człowieka, jakość ekosystemu i dostępność zasobów naturalnych dla przyszłych pokoleń.

5.2.6.2 Drzewa procesów

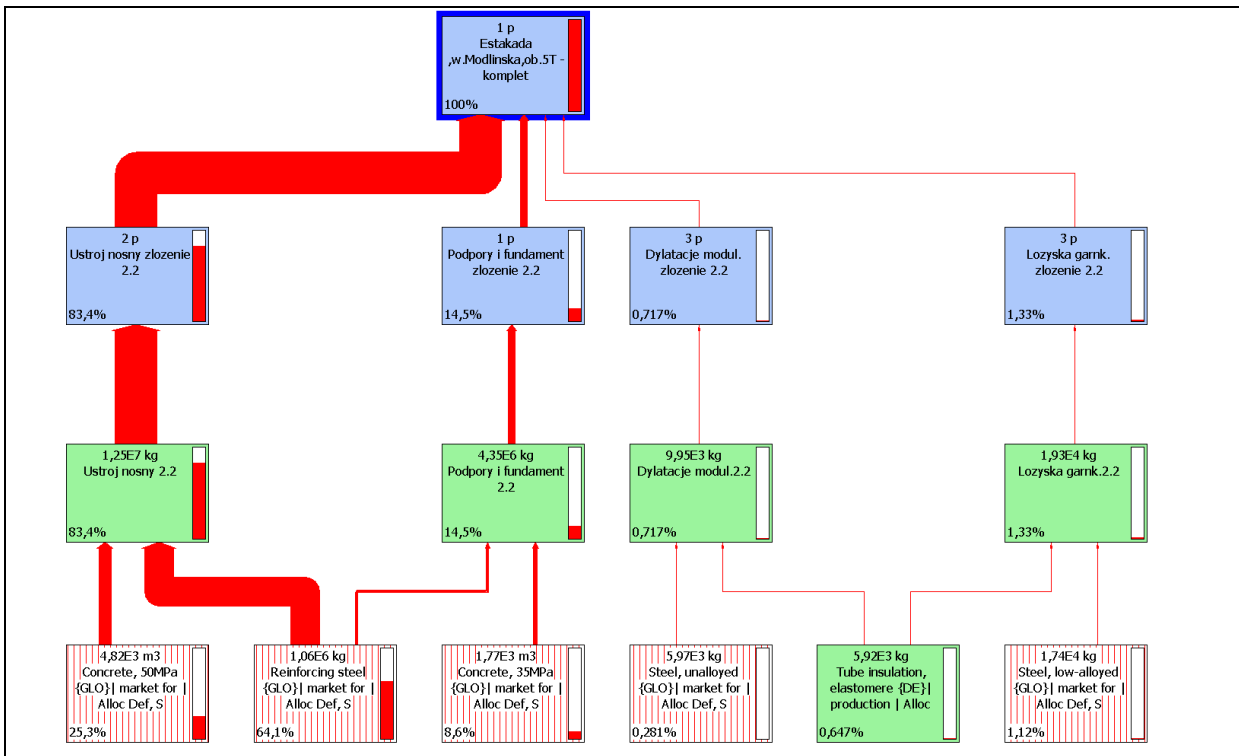
Poniżej na kolejnych rysunkach (Rys. 23, Rys. 24, Rys. 25, Rys. 26, Rys. 27) przedstawiono przykładowe drzewa procesów dla analizowanych obiektów.



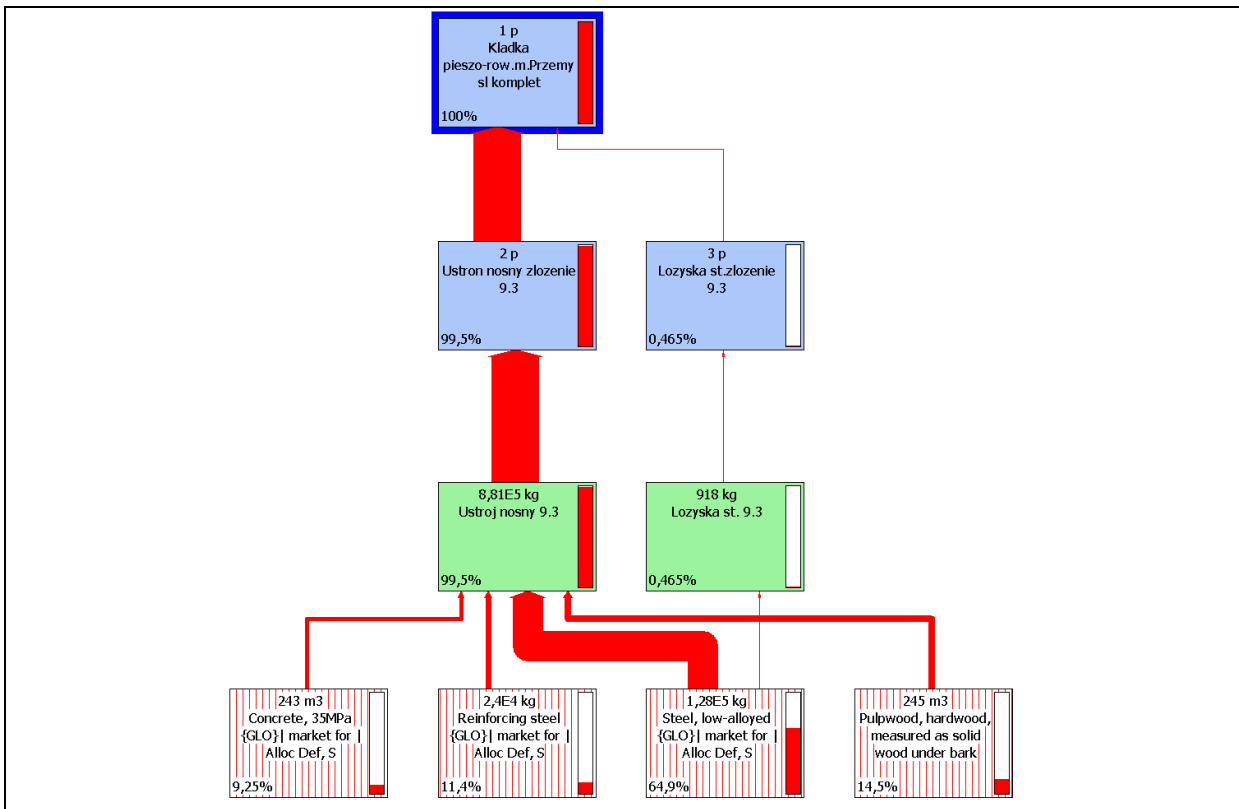
Rys. 23. M008 Most przez rzekę Mierzawa m. Mierzawa (ograniczenie 0%)



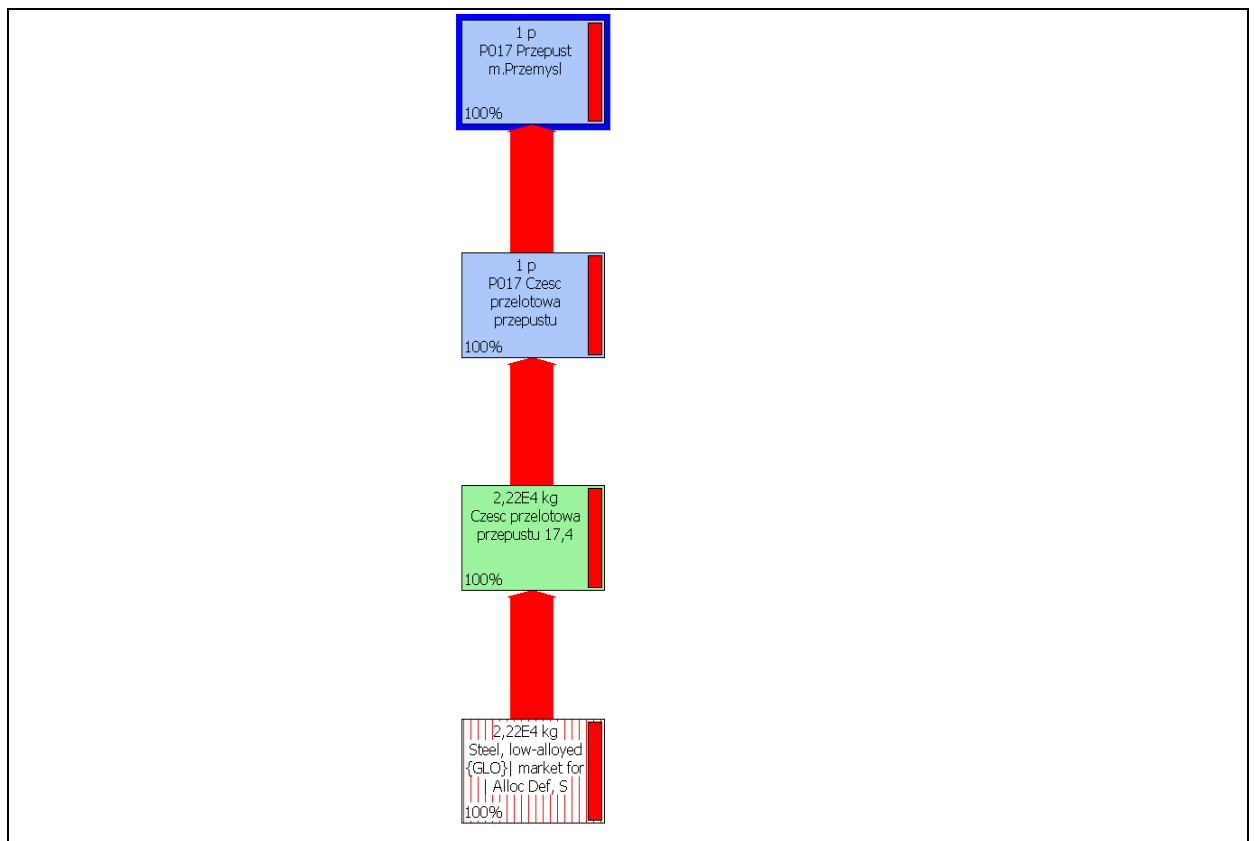
Rys. 24. W030 Wiadukt w m. Klemencice nad DP (ograniczenie 1%)



Rys. 25. E002 Estakada na węźle Modlińska (ograniczenie 0%)



Rys. 26. K009 Kładka pieszo-rowerowa w m. Przemyśl (ograniczenie 0%)

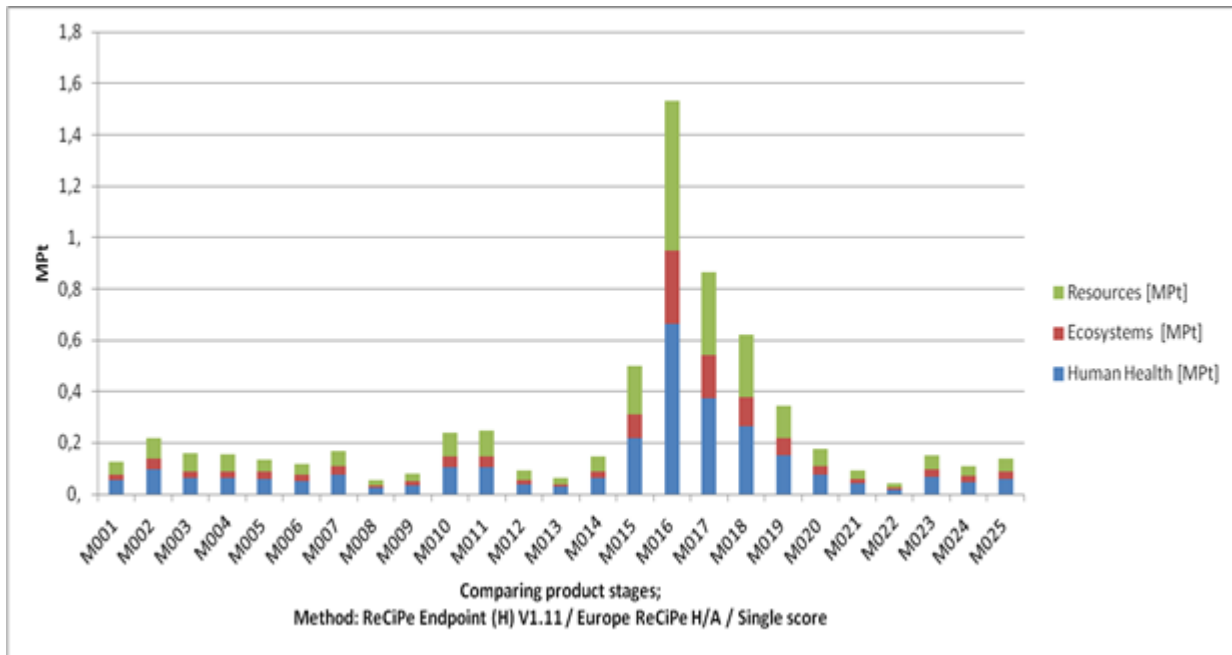


Rys. 27. P017 Przepust w m. Przemysł (ograniczenie 0%)

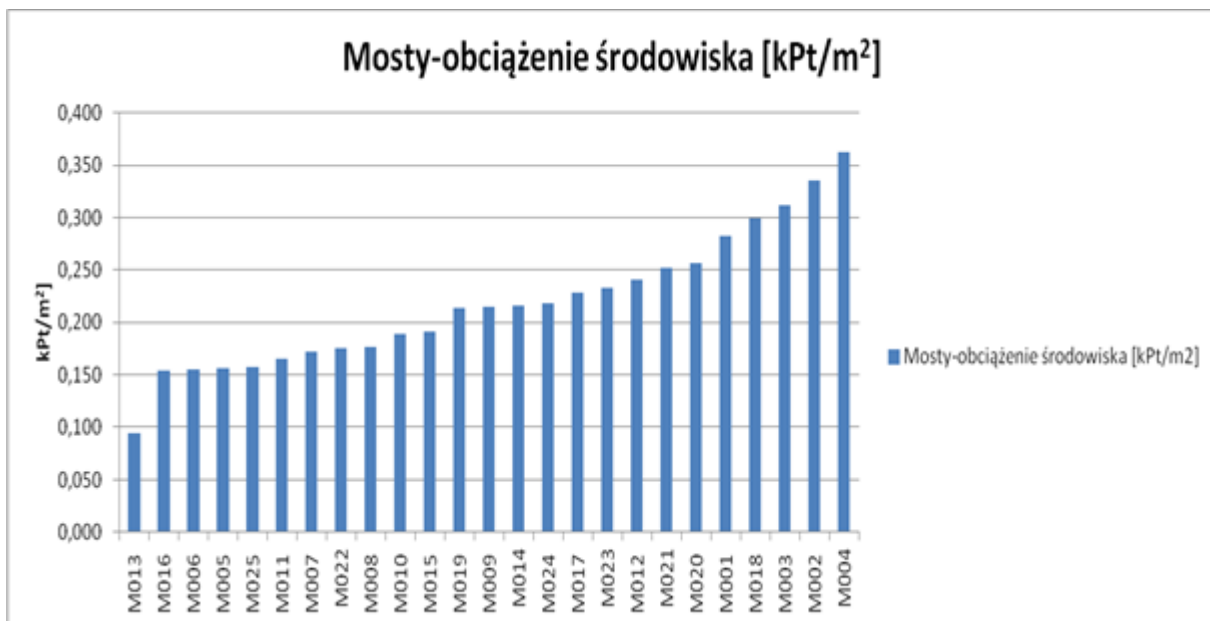
### 5.2.6.3 Obciążenie środowiska

W następnym etapie analizy LCA porównano wybrane scenariusze analizowanych obiektów mostowych i przepustów oraz ich oddziaływanie na zdrowie ludzkie, ekosystem oraz zasoby naturalne wyrażone w jednolitej skali punktów wskaźnikowych [Pt] oraz sumę obciążenia środowiska analizowanych obiektów wyrażoną w jednostkach [kPt/m<sup>2</sup>].

Porównanie zobrazowano na kolejnych rysunkach.



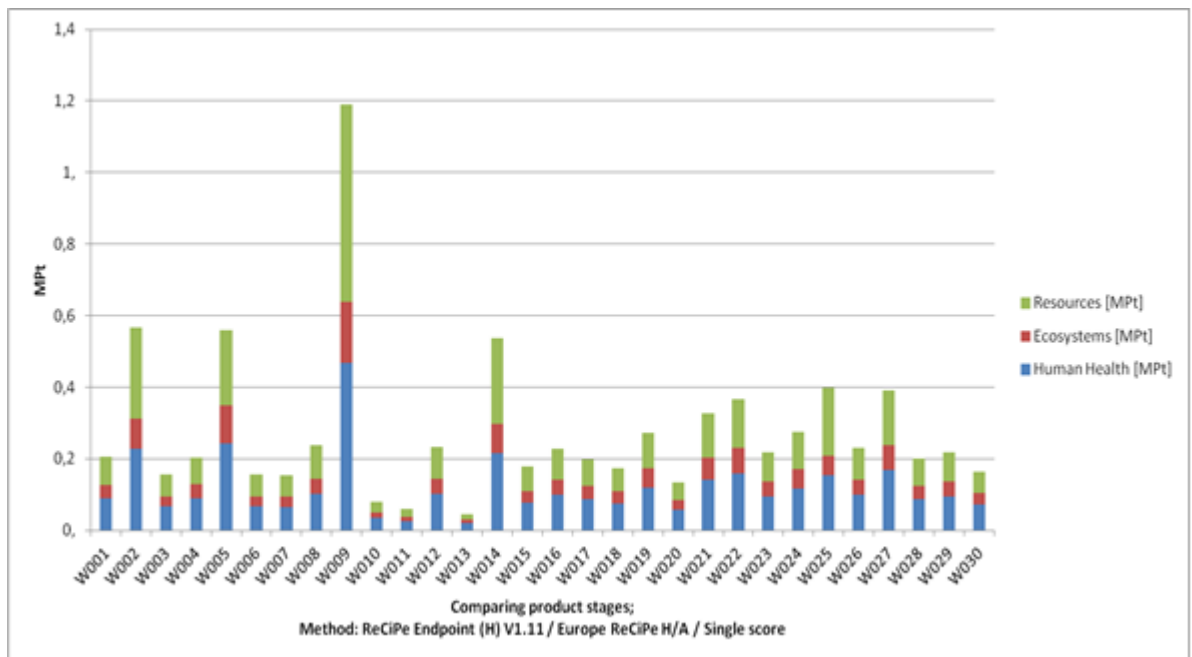
Rys. 28. Zestawienie analizowanych mostów względem obciążenia środowiska wyrażone w punktach wskaźnikowych [MPt]



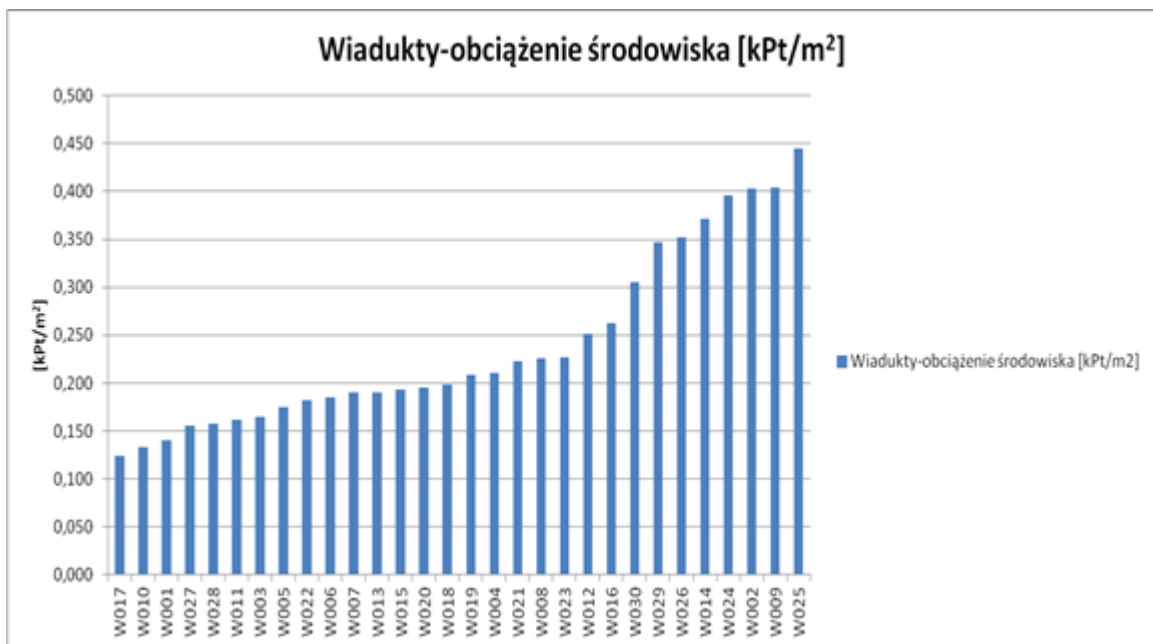
Rys. 29. Porównanie analizowanych mostów pod względem obciążenia środowiska przypadającego na 1m2 powierzchni obiektu

Obciążenie środowiska w przypadku analizowanych obiektów typu wiadukt przedstawia się następująco:



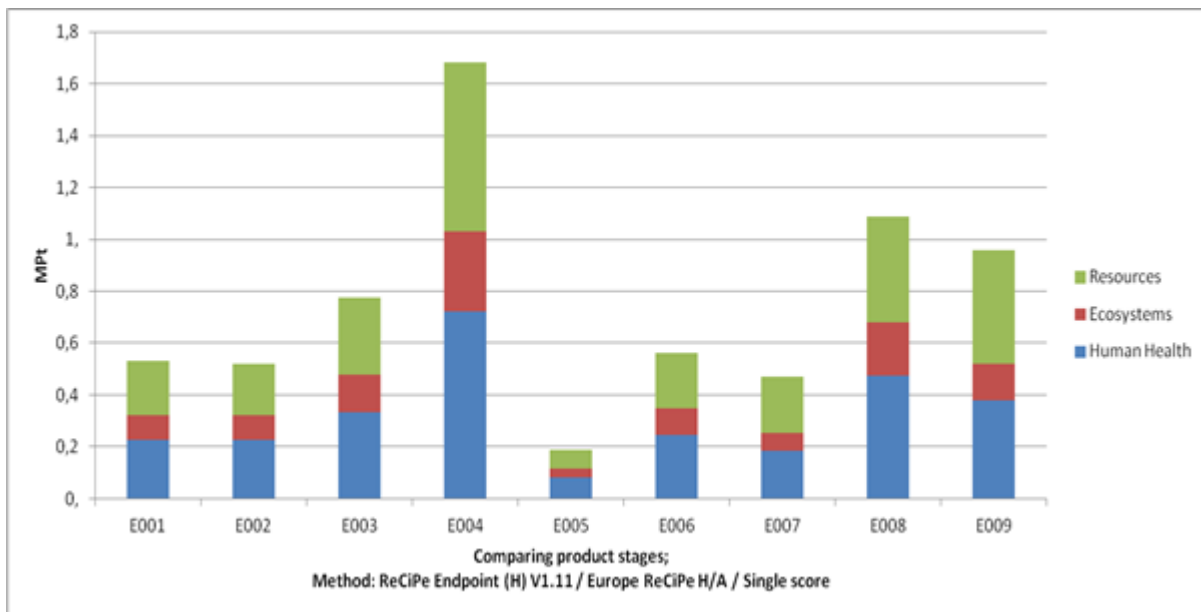


Rys. 30. Zestawienie analizowanych wiaduktów względem obciążenia środowiska wyrażone w punktach wskaźnikowych [MPT]



Rys. 31. Porównanie analizowanych wiaduktów pod względem obciążenia środowiska przypadającego na 1m2 powierzchni obiektu

Porównanie obciążenia środowiska w przypadku analizowanych estakad przedstawiono na poniższych wykresach.

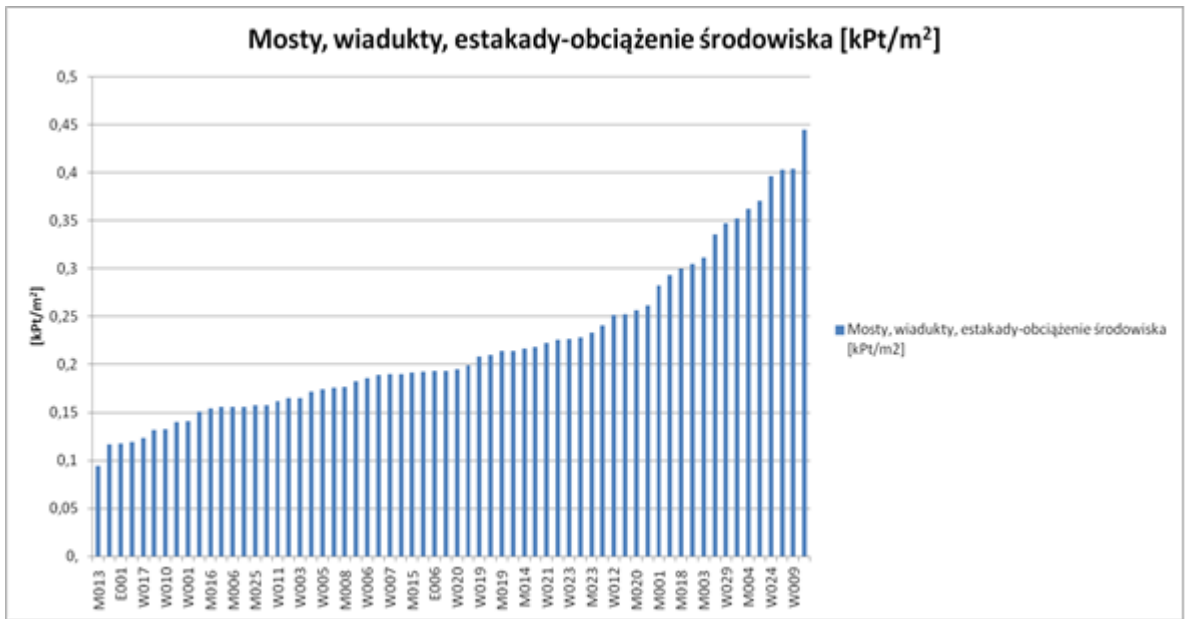


Rys. 32. Zestawienie analizowanych estakad względem obciążenia środowiska wyrażone w punktach wskaźnikowych [MPt]



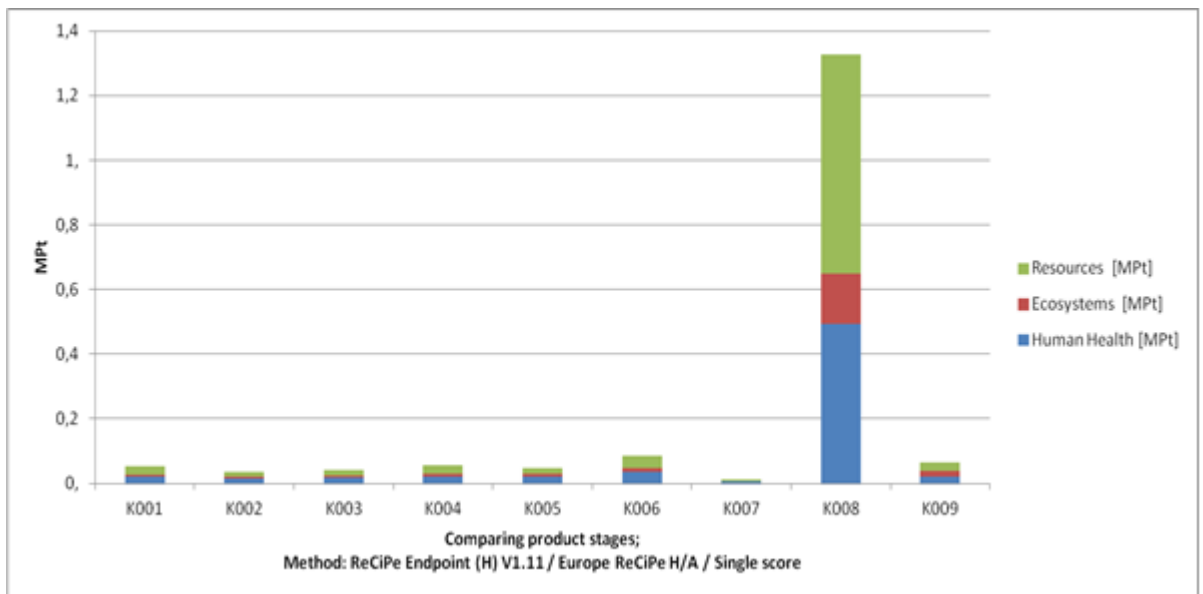
Rys. 33. Porównanie analizowanych estakad pod względem obciążenia środowiska przypadającego na 1m<sup>2</sup> powierzchni obiektu

Z uwagi na to, iż powyżej prezentowane obiekty (mosty, wiadukty, estakady) należą do obiektów inżynierskich o podobnej charakterystyce przedstawiono ich zbiorcze porównanie.

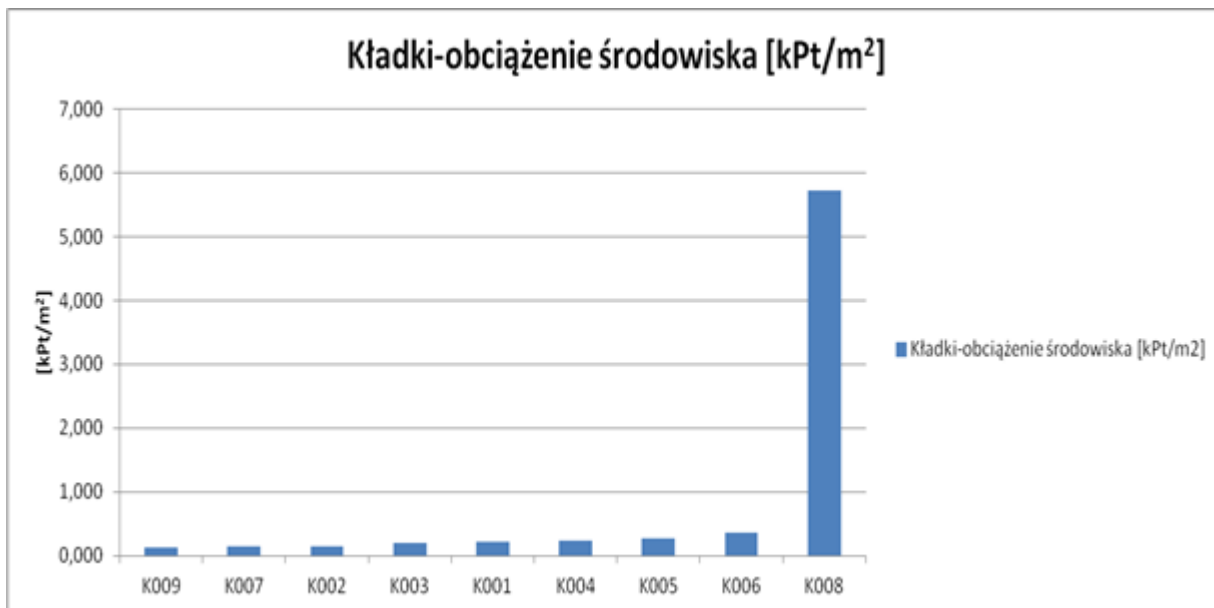


Rys. 34. Porównanie 3 grup analizowanych obiektów: mostów, wiaduktów i estakad pod względem obciążenia środowiska przypadającego na 1m2 powierzchni danego obiekt

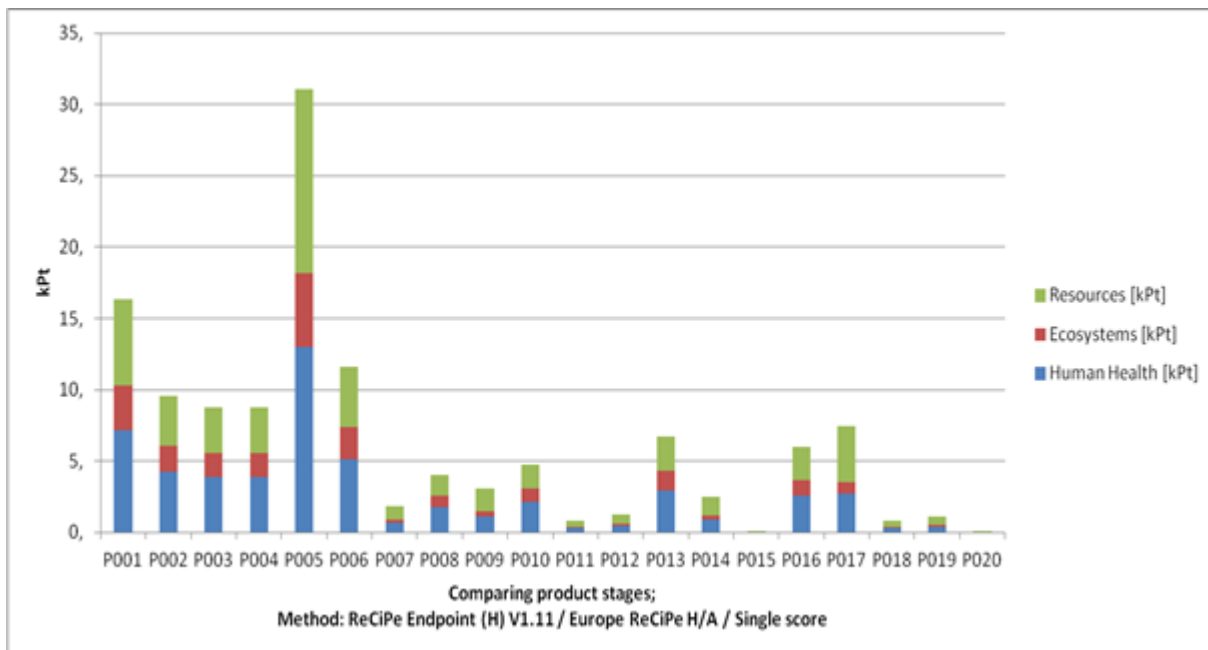
W przypadku porównania analizowanych obiektów typu kładki sytuację zobrazowano na poniższych dwu wykresach:



Rys. 35. Zestawienie analizowanych kładek względem obciążenia środowiska wyrażone w punktach wskaźnikowych [MPt]



Rys. 36. Porównanie analizowanych kładek pod względem obciążenia środowiska przypadającego na 1m<sup>2</sup> powierzchni obiektu



Rys. 37. Porównanie obciążenia środowiska analizowanych przepustów względem zdrowia ludzkiego, ekosystemu oraz zasobów naturalnych wyrażone w jednostkach [kPt]



Rys. 38. Porównanie obciążenia środowiska analizowanych przepustów wyrażone w jednostkach [kPt/m]

### 5.2.7 Interpretacja wyników

Analizując wykres (Rys. 29) można zauważyć, że most M013 na rzece Stobnicy w m. Brzozów najmniej obciąża środowisko w odniesieniu do wskaźnika definiowanego na 1m<sup>2</sup> powierzchni obiektu (jednostką funkcjonalną jest 1 m<sup>2</sup> obiektu), jego obciążenie wynosi 0,094 [kPt/m<sup>2</sup>]. Na (Rys. 28) sytuacja przedstawia się nieco inaczej. W tym przypadku porównano analizowane obiekty mostowe jako całość (jednostką funkcjonalną jest obiekt inżynierski), z podziałem obciążenia na: zdrowie ludzkie, ekosystem oraz zasoby środowiska. Most M013 jako cały obiekt znacznie bardziej wpływa na środowisko niż pozostałe obiekty. Wpływ na taki stan mają większe gabaryty tego mostu. Analiza ta wskazuje, że most M004 jest najbardziej obciążającym środowisko biorąc pod uwagę wielkość tego obiektu (jest to jeden z mostów o najmniejszych gabarytach). Wykonana analiza wskazuje na zastosowanie w przypadku części obiektów o wysokim oddziaływaniu mało optymalnych rozwiązań konstrukcyjno -materiałowych.

Po przeprowadzonej analizie LCA w przypadku wiaduktów stwierdza się, że wiadukt W025 w miejscowości Dąbrowa najbardziej obciąża środowisko. W jego przypadku obciążenie wynosiło 0,44 [kPt/m<sup>2</sup>], zaś w przypadku wiaduktu W017 o najmniejszym obciążeniu środowiska wynosiło ono 0,12 [kPt/m<sup>2</sup>]. Ze względu na obserwowane różnice można przypuszczać, że dla wiaduktu W025 zostały zastosowane nieoptymalne rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe.

Wykonana analiza LCA w przypadku estakad wykazała, że estakada E007 w m. Przemysł najbardziej obciąża środowisko. W jej przypadku obciążenie wynosiło 0,29 [kPt/m<sup>2</sup>], zaś w przypadku estakady E003 o najmniejszym obciążeniu środowiska wynosiło 0,12 [kPt/m<sup>2</sup>]. Ze względu na obserwowane różnice można przypuszczać, że dla estakady E007 zostały zastosowane nieoptymalne rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe.

Analizując kładki stwierdzono, iż kładka K008 w miejscowości Występa najbardziej obciąża środowisko. W jej przypadku obciążenie wynosiło 5,72 [kPt/m<sup>2</sup>], zaś w przypadku kładki K009 najmniejsze obciążenie środowiska wynosiło 0,13 [kPt/m<sup>2</sup>]. Ze względu na obserwowane znaczne różnice można przypuszczać, że przy projekcie kładki K008 zostały zastosowane znacznie przewymiarowane rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe.

Analizując rysunki (Rys. 37, Rys. 38), zamieszczone w pkt. 5.2.6.3 można stwierdzić, że w skali oddziaływania wyrażonej w przeliczeniu na 1m oraz dla całego obiektu, tylko nieznacznie się

różnią pomiędzy sobą. Biorąc pod uwagę wartości oddziaływania uszeregowane od najmniejszej do największej można stwierdzić, że na obciążenie środowiska ma także wpływ wielkość obiektu, ale nie jest to wpływ decydujący o wielkości oddziaływania.

W przypadku analizy wszystkich typów przepustów obciążenie środowiska wyrażono w jednostkach [Pt/m]. Z przeprowadzonej analizy wynika, że najmniej obciążającymi dla środowiska okazały się przepusty P020 oraz P015 zbudowane z rur PEHD. Na drugim miejscu znalazły się obiekty zbudowane z rur stalowych, zaś na trzecim obiekty zbudowane z żelbetowych prefabrykatów skrzynkowych. Najbardziej niekorzystne wyniki występują w przypadku przepustu P005, który jest monolityczny, posiada żelbetowy ustrój ramowy. Można przypuszczać, że obiekt ten został nieoptymalnie zaprojektowany. Tego typu obiekt najbardziej obciąża środowisko.

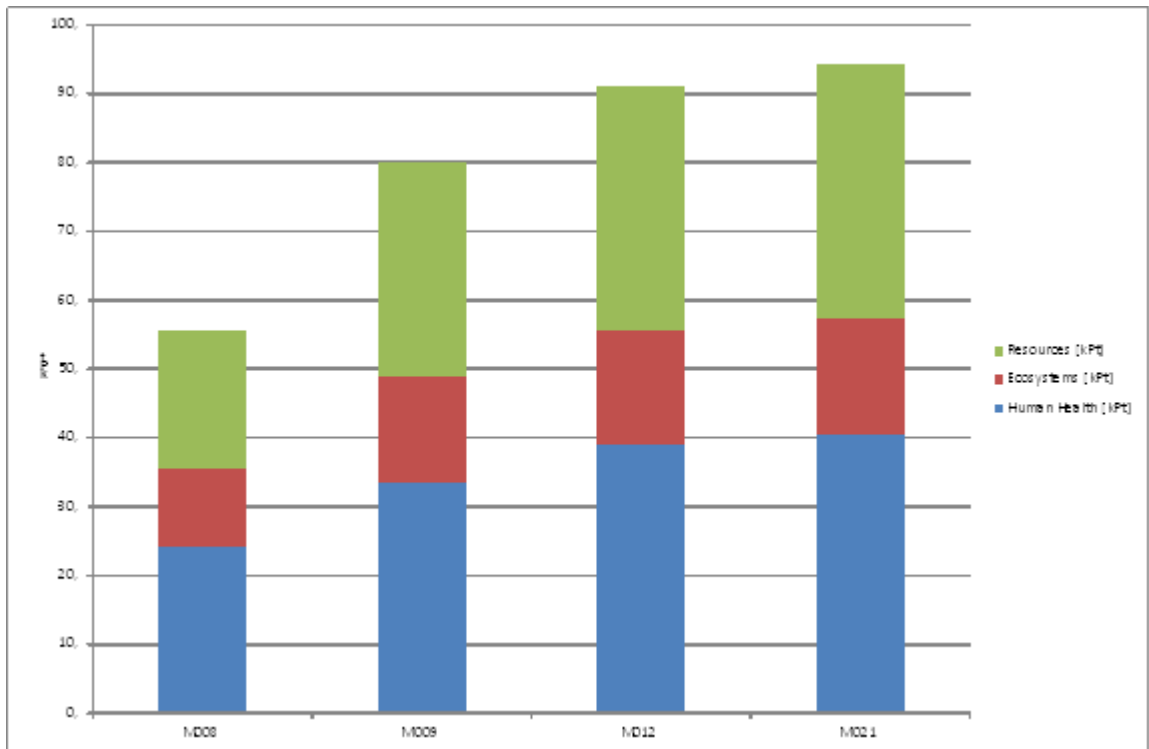
#### 5.2.8 Analiza wrażliwości

Analizę wrażliwości wykonano biorąc pod uwagę cztery badane mosty posiadające zbliżoną powierzchnię oraz należące do tego samego typu obiektu (mosty betonowe prefabrykowane). Badanie przeprowadzono dla oceny w jaki sposób na otrzymane wyniki wpływa uwzględnianie, bądź brak ujęcia w badaniu części elementów konstrukcji.

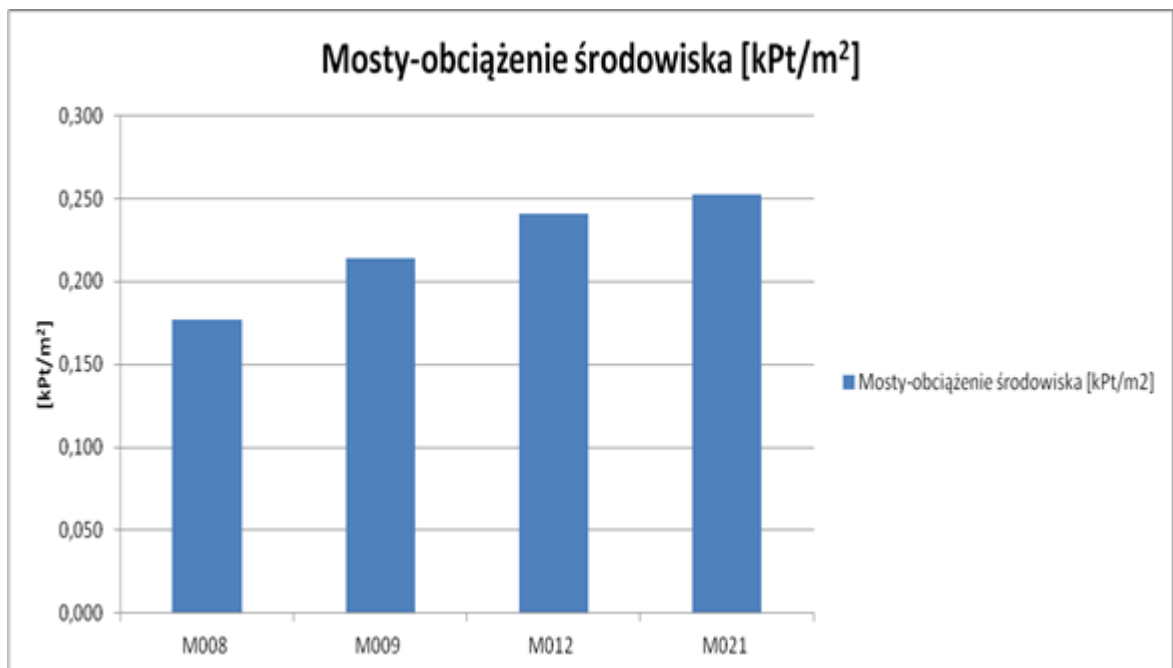
Badanie wykonano w dwu wariantach:

- uwzględniając podpory oraz fundamenty,
- z pominięciem podpór i fundamentów.

W przypadku rozpatrywania wszystkich składowych tych obiektów (tj. z uwzględnieniem podpór i fundamentów) najbardziej obciążający dla środowiska okazał się most M021 przez starorzecze rz. San w miejscowości Jarosław. Ma on największą masę podpór wraz z fundamentami spośród analizowanych obiektów, co znacznie wpływa na uzyskane wyniki. Badanie wpływu jaki ma pominięcie części konstrukcji na zaburzenia wyników przy porównaniu wybranych scenariuszy mostowych i ich oddziaływań na zdrowie ludzkie, ekosystem oraz zasoby naturalne wyrażone w jednolitej skali punktów wskaźnikowych [kPt] przedstawiono na rysunku (Rys. 39) oraz na rysunku (Rys. 40) jako sumę obciążenia środowiska wyrażoną w jednostkach [kPt/m<sup>2</sup>].

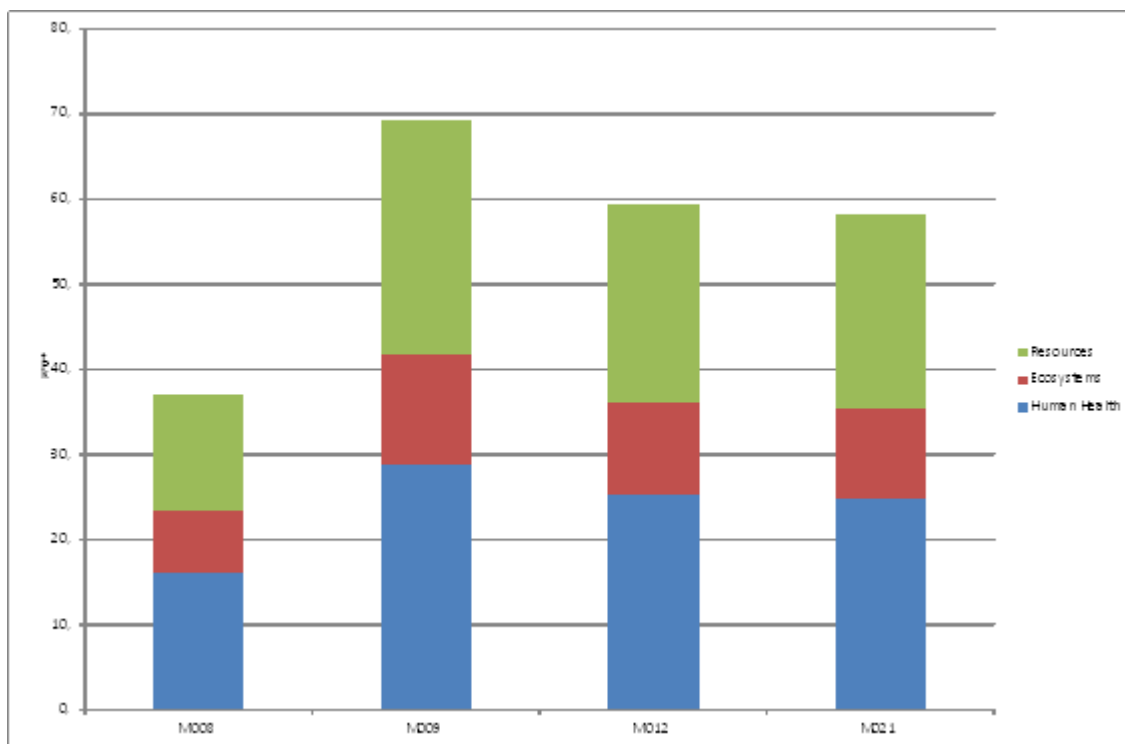


Rys. 39. Porównanie obciążenia środowiska w przypadku czterech mostów wyrażone w punktach wskaźnikowych [kPt]

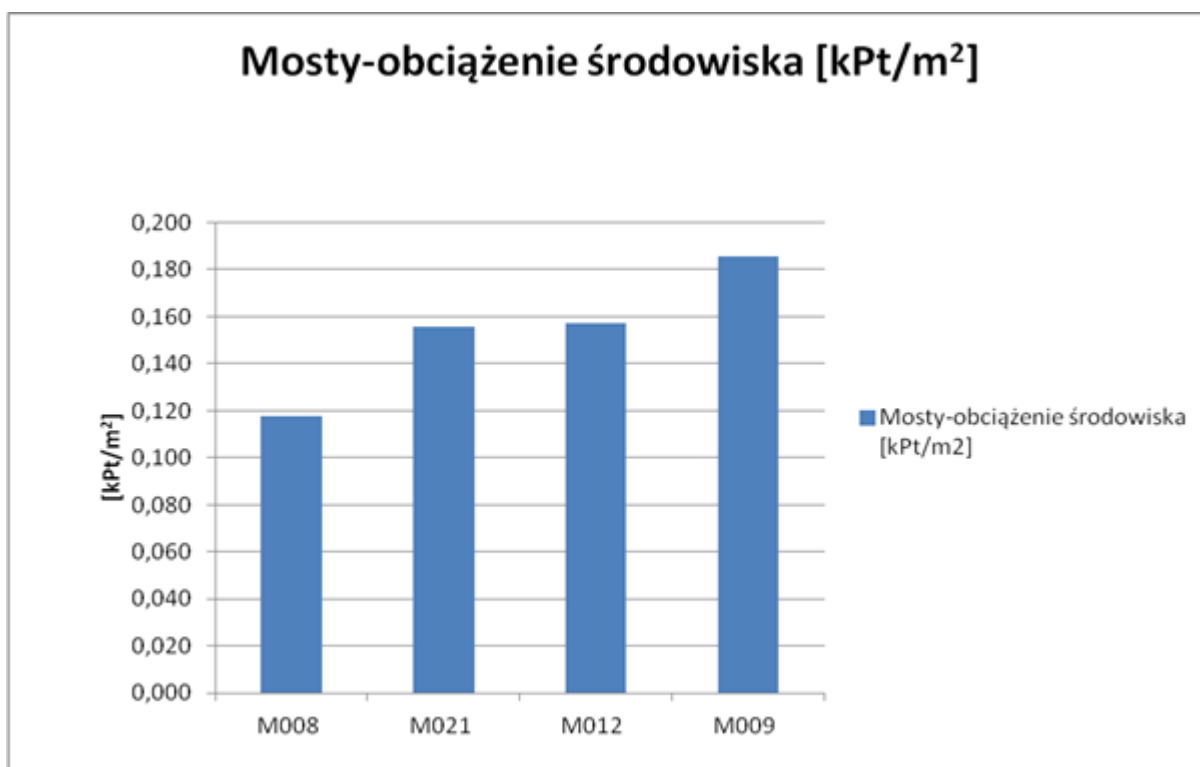


Rys. 40. Porównanie obciążenia środowiska w przypadku czterech mostów wyrażone w punktach wskaźnikowych [kPt/m<sup>2</sup>]

Na rysunkach poniżej (Rys. 41, Rys. 42) przedstawiono scenariusz analizy LCA bez uwzględniania w obliczeniach podpór i fundamentów.



Rys. 41. Zestawienie czterech mostów betonowych prefabrykowanych względem obciążenia środowiska – wyłączeniem podpór wraz z fundamentami wyrażone w punktach wskaźnikowych [kPt]



Rys. 42. Zestawienie czterech mostów betonowych prefabrykowanych względem obciążenia środowiska z wyłączeniem podpór i fundamentów wyrażone w punktach wskaźnikowych [kPt/m²]

W ramach tej analizy przedstawiono wyniki badań dla tych samych mostów tj.: M008, M012, M009, M021 bez uwzględniania w obliczeniach podpór obiektu wraz z fundamentami. Otrzymane wyniki nieznacznie się różnią od otrzymanych z uwzględnieniem podpór



z fundamentami ale można zauważyć, że obiekt M008 w każdym przypadku najmniej oddziałuje na środowisko, niezależnie od wariantu obliczeniowego. Na tej podstawie można stwierdzić, że dla tego obiektu przyjęto optymalne rozwiązania, a obiekt jest najmniej obciąża środowisko.

#### 5.2.9 Podsumowanie i wnioski

- 1) Wśród przedstawionych obiektów biorąc pod uwagę obiekty typu: mosty, wiadukty, estakady, przyjmując jednostkę funkcjonalną 1 m<sup>2</sup> obiektu najbardziej obciążające środowisko to obiekty zespolone: W025, W009, W002. Kolejnym obiektem najbardziej obciążającym środowisko jest obiekt betonowy prefabrykowany W024 oraz kolejno obiekty zespolone W014 i M004. Wśród obiektów opisanych powyżej estakada zajmuje 13 miejsce pod względem obciążenia środowiska i jest to estakada E007, która jest obiektem zespolonym. Spośród pozostałych obiektów najbardziej obciążającym środowisko jest kładka K008 - jest to kładka o konstrukcji łukowej. Wśród obiektów typu przepust, biorąc pod uwagę jednostkę funkcjonalną 1 m długości obiektu najbardziej obciążającym jest obiekt P005, monolityczny o żelbetowym ustroju ramowym.
- 2) Zarówno literatura jak i wyniki otrzymane w ramach przeprowadzonych badań wskazują, że analiza LCA powinna obejmować porównanie obiektów o takich samych parametrach, znajdujących się w identycznej lokalizacji lecz zbudowanych z różnych materiałów np. porównanie trzech różnych wariantów wykonania danego obiektu w tej samej lokalizacji.
- 3) Przeprowadzona analiza LCA wykazała, że nie da się wnioskować przy porównywaniu obiektów jedynie w poszczególnych kategoriach, bez uwzględniania ich gabarytów, ponieważ różne parametry obiektów znacząco wpływają na otrzymane wyniki. Zunifikowanie jednostki funkcjonalnej (1m<sup>2</sup> obiektu mostowego lub 1mb przepustu) i obliczenie obciążenia środowiska dla wskaźnika [Pt/m<sup>2</sup>] umożliwi wykonanie analiz porównawczych.
- 4) Analiza wrażliwości wskazuje, że nie zawsze zmiana granic systemu wpływa na otrzymane wyniki. Obiekt najmniej obciążający środowisko (prawdopodobnie zaprojektowany i wykonany najbardziej optymalnie) był niewrażliwy na zmianę tych granic. W pozostałych przypadkach wyniki znacząco się różniły.
- 5) Na wyniki analizy znacznie będą wpływać warunki zewnętrzne takie jak np. posadowienie obiektów, warunki gruntowo-wodne, ukształtowanie terenu oraz szereg innych czynników w tym elementy powodujące dodatkowe obciążenie (np. ekrany akustyczne na obiektach).
- 6) Na podstawie wykonanych badań można stwierdzić, że do każdego obiektu trzeba podejść w sposób indywidualny, ponieważ wymagania szczegółowe mogą znacząco wpływać na wyniki analizy.
- 7) Unifikacja w postaci jednostki funkcjonalnej 1m<sup>2</sup> nie może być traktowana jako jedyna właściwa. Nie tylko powierzchnia ma wpływ na obciążenie środowiska w odniesieniu do danego obiektu. Ważną rolę stanowi także ilość surowców przeznaczonych do budowy obiektu oraz przewidziane późniejszych napraw oraz remontów. Jeżeli analiza LCA obiektu pod względem sumarycznej ilości obciążenia na 1m<sup>2</sup> wskazuje na korzystnie małe oddziaływanie, może być mniej korzystna w przypadku zużycia materiałów do procesu budowy oraz remontów. Wraz z wykorzystaniem większej ilości wbudowywanych materiałów/surowców rośnie obciążenie dla środowiska, które oddziałuje na poszczególne kategorie takie jak: zdrowie ludzkie, ekosystem oraz zasoby naturalne.
- 8) Biorąc pod uwagę trzy grupy obiektów tj.: mosty, wiadukty oraz estakady można wywnioskować, że obiekty z konstrukcją zespoloną wywierają największy wpływ na środowisko i poszczególne komponenty.

- 9) Analizując obciążenie środowiska dla obiektów zawierających w swej budowie łożyska jest prawdopodobne, że łożyska gankowe bardziej obciążają środowisko. Porównując dwa typy łożysk (gankowe i elastomerowe) stwierdza się, że w przypadku łożysk gankowych ilość stali użyta do jego budowy jest znacząco większa w stosunku do wykorzystania elastomeru. W łożyskach elastomerowych ilość stali niskostopowej oraz elastomeru jest porównywalna. Decyduje to o znacznie mniejszym oddziaływaniu na środowisko tego typu łożysk.
- 10) Rozpatrując użycie dylatacji bitumicznych lub modułowych urządzeń dylatacyjnych najmniejszym ekowskaźnikiem charakteryzują się bitumiczne urządzenia dylatacyjne.
- 11) W 100 letnim cyklu życia obiektu przewidziane są remonty, naprawy, wymiany: ustroju nośnego, dylatacji i łożysk. Biorąc pod uwagę te aspekty można wywnioskować z analizy LCA, że wymiana ustroju nośnego w ciągu cyklu życia obiektu oddziałuje w znaczącej mierze na środowisko.
- 12) Należy dążyć do zmniejszenia oddziaływania obiektu na środowisko. W tym celu zaleca się wzięcie pod uwagę optymalnych rozwiązań konstrukcyjnych i materiałowych nie tylko w odniesieniu do głównych elementów konstrukcyjnych, ale także elementów wyposażenia, takich jak dylatacje czy łożyska.

## 5.3 Ocena trwałości obiektów

### 5.3.1 Wstęp

Trwałość obiektu mostowego zgodnie z definicją Rozporządzenia [7] rozumiana jest jako „*zdolność użytkowania obiektu przy zachowaniu cech wytrzymałościowych i eksploatacyjnych, których miernikiem są stany graniczne nośności i stany graniczne użytkowania*”. Jak wynika z powyższej definicji, utrata trwałości jest zależna od osiągnięcia przez konstrukcję jednego ze stanów granicznych, co jest równoznaczne z wystąpieniem stanu awaryjnego konstrukcji. Dodatkowo zgodnie z normą PN-EN 1990:2004 [8] „*Konstrukcje należy w taki sposób projektować, aby zmiany następujące w projektowym okresie użytkowania, z uwzględnieniem wpływów środowiska i przewidywanego poziomu utrzymania, nie obniżyły właściwości użytkowych konstrukcji poniżej zamierzonego poziomu.*”

Trwałość obiektu mostowego jest funkcją zależności (zmiennych) zawartych w dwóch zbiorach. Pierwszy zbiór stanowią szeroko pojęte, obligatoryjne wymagania techniczne, takie jak: rozporządzenia, zarządzenia, normy, które określają stany graniczne użytkowania i nośności, dopuszczalne obciążenia, nośność i stateczność podłoża, częstotliwości drgań własnych, warunki bezpieczeństwa ruchu, itp. Drugi zbiór zmiennych stanowią czynniki środowiskowe takie jak: warunki klimatyczne, lokalizacja obiektu, agresywność środowiska, natężenie i struktura ruchu, rodzaj zabezpieczeń antykorozyjnych elementów konstrukcyjnych i wyposażenia, rodzaj i stan wyposażenia w szczególności nawierzchni, izolacji, urządzeń dylatacyjnych, a także sposób utrzymania i zarządzania infrastrukturą (Road Asset Management). Trwałość obiektu określana jako wartości funkcji dla obu zbiorów jest zmienna w czasie w sposób ciągły.

Zgodnie z powyższym, można stwierdzić, że trwałość obiektu mostowego „T” jest to okres czasu, w którym obiekt mostowy jest zdolny do pełnienia funkcji użytkowych tj. bezawaryjnego przeprowadzenia ruchu przez przeszkodę, przy spełnieniu zadanych wymagań technicznych oraz określonych warunków środowiskowych pracy konstrukcji. Ponadto ocena trwałości obiektu powinna być decydującym elementem planowania nakładów finansowych na utrzymanie i odnowienie obiektu w celu utrzymania jego właściwości użytkowych.

### 5.3.2 Metodyka

Trwałość głównych elementów obiektów tj. przęseł wyznaczono na podstawie analityczno – empirycznej metody oceny trwałości mostów drogowych, opracowanej przez H. Czudka [9] oraz modyfikacji tej metody zaproponowanej przez zespół H. Zobla [10]. Metoda określania trwałości obiektów mostowych bazuje na czterech kategoriach trwałościowych: materiałowej, konstrukcyjnej, obciążeniowej oraz utrzymaniowo – środowiskowej. Trwałość obiektu mostowego określa się zgodnie z poniższym wzorem:

$$T = \frac{T_0}{\lambda_B \cdot \lambda_C \cdot \lambda_D}$$

gdzie:

$T_0$  – czas eksploatacji określany w kategorii materiałowej A

$\lambda_B$  – współczynnik określany w kategorii konstrukcyjnej B

$\lambda_C$  – współczynnik określany w kategorii obciążeniowej C

$\lambda_D$  – współczynnik określany w kategorii utrzymaniowo - środowiskowej D

#### 5.3.2.1 Kategoria materiałowa A

Kategoria materiałowa A – jest podstawowym elementem określania trwałości wyjściowej. W kategorii A przyjmuje się maksymalną trwałość materiału, z którego wykonano główne elementy konstrukcyjne obiektu mostowego. Czas „ $T_0$ ” eksploatacji współczesnych materiałów konstrukcyjnych podano w Tab. 36. Jako początek czasu eksploatacji przyjmuje się wcześniejszą z dat, tj. próbnego obciążenia lub oddania obiektu do użytkowania. W niniejszej analizie przyjęto zredukowany czas eksploatacji, uwzględniając datę określoną przez Administratora jako datę budowy obiektu w odniesieniu do roku 2018.

Tab. 36. Trwałość wyjściowa  $T_0$  materiałów konstrukcyjnych

Materiał	Czas eksploatacji [lat]
Stal	120
Beton	80
Drewno tradycyjne	30
Drewno klejone	50
Aluminium	100
Kompozyty polimerowe	100
Kamień	1000
Cegła	100

#### 5.3.2.2 Kategoria konstrukcyjna B

Kategoria konstrukcyjna B – określa wpływ materiału głównych elementów konstrukcyjnych i szczegółów ukształtowania konstrukcji na trwałość obiektu mostowego, rozumianą jako trwałość zmęczeniowa. W kategorii B wyszczególniono trzy dominujące materiały konstrukcyjne takie jak: stal, beton zbrojony oraz beton sprężony. W przypadku obiektów stalowych 0, jako kryterium konstrukcyjne przyjmuje się rodzaj pomostu. Rodzaj pomostu jest wyróżnikiem karbów występujących w przęsłach stalowych, mających wpływ na wytrzymałość zmęczeniową. W ramach klas konstrukcji stalowych zakwalifikowano również konstrukcje zespolone stalowo – betonowe oraz obiekty wykonane ze stal współczesnych jak i historycznych.

Tab. 37. Klasy konstrukcyjne mostów stalowych

Klasa	Rodzaj przęsła	$\lambda_{Bs}$
1	nitowane wykonane ze stali zgrzewanej lub stali zlewnej wyprodukowanej przed 1920r.	1.25
2	z pomostami innego typu niż stalowe uźebrowane i zespolone	1.20
3	ze stalowymi pomostami uźebrowanymi	1.10
4	zespolone typu stal - beton	1.00

W odniesieniu do obiektów betonowych, zbrojonych i sprężonych (Tab. 38 oraz Tab. 39) ich trwałość wytrzymałościowa zależy zarówno od wytrzymałości zmęczeniowej stali zbrojeniowej lub sprężającej jak również od właściwości fizyko-chemicznych betonu oraz stopnia ochrony stali przed korozją. Jako wyróżnik karbu dla klasy konstrukcji obiektów betonowych przyjmuje się klasę betonu, grubość elementu oraz rozwartość rys.

Tab. 38. Klasy konstrukcji mostów żelbetonowych

Klasa	Rodzaj przęsła	$\lambda_{Bb}$
1	z betonu klasy C25/30 < 30 - mający niektóre lub wszystkie elementy grubości $d < 18$ cm - z rysami o rozwartościach $r > 0.2$ mm	1.29
2	z betonu klasy C25/30 $\geq 30$ - mający niektóre lub wszystkie elementy grubości $d < 18$ cm - z rysami o rozwartościach $r > 0.2$ mm	1.26
3	z betonu klasy C25/30 < 30 - mający niektóre lub wszystkie elementy grubości $d \geq 18$ cm - z rysami o rozwartościach $r > 0.2$ mm	1.23
4	z betonu klasy C25/30 $\geq 30$ - mający niektóre lub wszystkie elementy grubości $d \geq 18$ cm - z rysami o rozwartościach $r > 0.2$ mm	1.20
5	z betonu klasy C25/30 < 30 - mający niektóre lub wszystkie elementy grubości $d < 18$ cm - z rysami o rozwartościach $r \leq 0.2$ mm	1.09
6	z betonu klasy C25/30 $\geq 30$ - mający niektóre lub wszystkie elementy grubości $d < 18$ cm - z rysami o rozwartościach $r \leq 0.2$ mm	1.06
7	z betonu klasy C25/30 < 30 - mający niektóre lub wszystkie elementy grubości $d \geq 18$ cm - z rysami o rozwartościach $r \leq 0.2$ mm	1.03
8	z betonu klasy C25/30 $> 30$ - mający niektóre lub wszystkie elementy grubości $d \geq 18$ cm - z rysami o rozwartościach $r \leq 0.2$ mm	1.00

Tab. 39. Klasy konstrukcyjne sprężonych mostów betonowych

Klasa	Rodzaj przęsła	$\lambda_{Bbs}$
1	z betonu klasy C30/37 < 30 - mający niektóre lub wszystkie elementy grubości $d < 18$ cm - z rysami o rozwartościach $r > 0.1$ mm	1.29
2	z betonu klasy C30/37 $\geq 30$ - mający niektóre lub wszystkie elementy grubości $d < 18$ cm - z rysami o rozwartościach $r > 0.1$ mm	1.26
3	z betonu klasy C30/37 < 30 - mający niektóre lub wszystkie elementy grubości $d \geq 18$ cm - z rysami o rozwartościach $r > 0.1$ mm	1.23
4	z betonu klasy C30/37 $\geq 30$ - mający niektóre lub wszystkie elementy grubości $d \geq 18$ cm - z rysami o rozwartościach $r > 0.1$ mm	1.20
5	z betonu klasy C30/37 < 30 - mający niektóre lub wszystkie elementy grubości $d < 18$ cm - z rysami o rozwartościach $r \leq 0.1$ mm	1.09

6	z betonu klasy C30/37 $\geq 30$ - mający niektóre lub wszystkie elementy grubości $d < 18$ cm - z rysami o rozwartościach $r \leq 0.1$ mm	1.06
7	z betonu klasy C30/37 $< 30$ - mający niektóre lub wszystkie elementy grubości $d \geq 18$ cm - z rysami o rozwartościach $r \leq 0.1$ mm	1.03
8	z betonu klasy C30/37 $\geq 30$ - mający niektóre lub wszystkie elementy grubości $d \geq 18$ cm - z rysami o rozwartościach $r \leq 0.1$ mm	1.00

### 5.3.2.3 Kategoria obciążeniowa C

Kategoria obciążeniowa C – odnosi się do rzeczywistego natężenia ruchu kołowego, prowadzonego przez obiekt. Kategoria obciążeniowa odzwierciedla wpływ „objętości” obciążenia tzw. widmo obciążeń, które przenosi obiekt w ciągu swojego „życia”, rozumiane jako sumaryczne naciski osi obliczeniowych jakie przejął obiekt w ciągu całego okresu eksploatacji. Wartości widma obciążenia z podziałem na klasy obciążenia podano w Tab. 40. Ze względu na brak szczegółowych danych z prognoz ruchu, obejmujących przewidywane okresy eksploatacji obiektów, przyjęto następujący podział klas obciążenia w odniesieniu do kategorii drogi w ciągu której zlokalizowany jest dany obiekt:

- Klasa obciążenia 1 – drogi krajowe klasy A
- Klasa obciążenia 2 – drogi krajowe klasy S, GP
- Klasa obciążenia 3 – drogi wojewódzkie
- Klasa obciążenia 4 – drogi powiatowe
- Klasa obciążenia 5 – drogi gminne

Tab. 40. Wartości współczynnika  $\lambda_c$

Klasa obciążenia	1	2	3	4	5
KV	$15 \cdot 10^6$	$10 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	$0,2 \cdot 10^6$
$\lambda_c$	1.96	1.71	1.26	1	0.465

### 5.3.2.4 Kategoria utrzymaniowo – środowiskowa D

Kategoria utrzymaniowo – środowiskowa D – łączy dwa różne od siebie czynniki tj. utrzymanie zależne od sposobu zarządzania obiektem oraz wpływ środowiska. Połączenie obu tych czynników jest możliwe gdyż niemal zawsze obserwuje się interakcje pomiędzy nimi. Jako przykłady można podać zależność np.:

- Brak utrzymania obiektu – różna intensywność propagacji uszkodzeń w zależności od agresywności środowiska,
- Agresywność środowiska – indywidualne dostosowanie strategii utrzymaniowej obiektu.

Kategoria D rozumiana jest jako wpływ utrzymania obiektu oraz oddziaływań środowiskowych na zmniejszenie wytrzymałości zmęczeniowej elementów stalowych konstrukcji obiektów mostowych wyrażona współczynnikiem  $\lambda_D$  – będący iloczynem współczynników cząstkowych opisanych poniżej:

$$\lambda_D = \lambda_{DS} \times \lambda_{DU} \times \lambda_{DUD} \times \lambda_{DIZ} \times \lambda_{DSO}$$

Zmniejszenie wytrzymałości zmęczeniowej dotyczy zarówno obiektów stalowych jak i betonowych w odniesieniu do stali zbrojeniowej jak i sprężającej. Współczynniki wpływu agresywności środowiska korozyjnego podano w 0.

Tab. 41. Współczynnik  $\lambda_{DS}$  zależny od stopnia agresywności środowiska

Klasa agresywności środowiska wg. PN-EN ISO 12944:2001 [11]		Wartość współczynnika $\lambda_{DS}$
Kategoria korozyjności	Przykłady typowych środowisk	
<b>C1</b> bardzo mała	atmosfery w małym stopniu zanieczyszczone - głównie tereny wiejskie	1.01
<b>C2</b> mała	atmosfery miejskie i przemysłowe, średnie zanieczyszczenie tlenkiem siarki (IV) - obszary przybrzeżne o małym zasoleniu	1.02
<b>C3</b> średnia	obszary przemysłowe i obszary przybrzeżne o średnim zasoleniu	1.031
<b>C4</b> duża	obszary przemysłowe o dużej wilgotności i agresywnej atmosferze	1.042
<b>C5-I</b> bardzo duża (przemysłowa)	obszary przemysłowe o dużej wilgotności i agresywnej atmosferze	1.053
<b>C5-M</b> bardzo duża (morska)	obszary przybrzeżne i oddalone od brzegu w stronę morza o dużym zasoleniu	

Jako interakcja w stosunku do agresywności środowiska występuje odporność materiału (wynikająca z cech fizyko – chemicznych) jak również zabiegi utrzymaniowe w postaci kształtowania konstrukcji oraz zabezpieczenia antykorozyjnego. Dla obiektów o przęsłach stalowych, dla których zniszczeniu uległo zabezpieczenie antykorozyjne przyjmuje się rodzaj propagacji korozji oraz jej wpływ na zmianę położenia osi obojętnej przekrojów nośnych zgodnie z Tab. 42. Natomiast dla nowych lub wyremontowanych obiektów stalowych przyjmuje się współczynnik zależny od stopnia ochrony antykorozyjnej oraz klas środowiska (miejskie, wiejskie i przemysłowe) zgodnie z Tab. 44.

Tab. 42. Współczynnik  $\lambda_{DU}$  w zależności od rodzaju korozji

Rodzaj korozji	Współczynnik $\lambda_{DU}$
Nierównomierna wżerowa	IDU przyjmując jako średnią arytmetyczną $W_i$ parametru korozyjnego dźwigarów obliczoną ze wzorów $W_{id}=W_{id\ norm} / W_{id\ kor}$ oraz $W_{ig}=W_{ig\ norm}$
Równomierna	1.031
Podpowłokowa	1.01
Szczelinowa	
Przyspoinowa	
$W_{id}$ , $W_{ig}$ - parametry korozyjne dźwigara $W_{id\ kor}$ , $W_{ig\ kor}$ - wskaźniki wytrzymałości przekroju na zginanie skorodowanego dźwigara względem włókien dolnych i górnych $W_{id\ norm}$ , $W_{ig\ norm}$ - wskaźniki wytrzymałości przekroju za zginanie nieskorodowanego dźwigara względem włókien dolnych i górnych	

Dla obiektów betonowych (żelbetonowych i sprężonych) występują zależności wpływu grubości otuliny betonowej oraz jej jakości (np. pH betonu, zawartość chlorków, porowatość, nasiąkliwość) na ochronę prętów zbrojeniowych i stali sprężającej. W tym przypadku wartości współczynnika należy przyjmować zgodnie z tabelą 0.

Tab. 43. Współczynnik  $\lambda_{DU}$  w przypadku mostów betonowych

Otulina d [mm]	Środowisko Ś		
	przemysłowe P	miejskie M	wiejskie W
0.5	7.1600	1.5922	1.4460
1.0	3.3985	1.3298	1.0702
2.0	1.6132	1.1110	1.0006
3.0	1.0432	1.0000	0.9621
4.0	0.7658	0.9279	0.9356
5.0	0.6023	0.8756	0.9156
10.0	0.2858	0.7312	0.8560

Tab. 44. Wartość współczynnika  $\lambda_{DU}$  w przypadku zab. antykorozyjnych mostów stalowych

Rodzaj ochrony	Wartość współczynnika $\lambda_{DU}$ w środowisku		
	przemysłowe P	miejskie M	wiejskie W
Cynkowanie C	0.962	0.927	0.983
Kadmowanie K	1.000	0.963	0.927
Malowanie M	1.041	1.000	0.962
Bez ochrony O	7.160	1.593	1.145

Bardzo duży wpływ na trwałość obiektu mostowego ma jego stan techniczny. W przypadku nowych konstrukcji pierwsze objawy pogarszającego się stanu technicznego widoczne są w niesprawnym systemie odwodnienia, uszkodzeniu izolacji oraz urządzeń dylacyjnych. W ocenie trwałości każdy z wymienionych wyżej trzech elementów wyposażenia obiektów należy poddać ocenie zgodnie z przyjętą 5 punktową skalą i przyjąć odpowiedni współczynnik zgodnie z tabelą Tab. 45.

Tab. 45. Wartość współczynników  $\lambda_{DSO}$ ,  $\lambda_{DIZ}$ ,  $\lambda_{DUD}$  w zależności od oceny stanu technicznego elementów wyposażenia

Ocena stanu technicznego	Wartość współczynników $\lambda_{DSO}$ , $\lambda_{DIZ}$ , $\lambda_{DUD}$
0	1.111
1	1.064
2	1.042
3	1.020
4	1.010
5	1.000

### 5.3.3 Założenia do oceny próby badawczej

Ocenie trwałości obiektów z pośród próby badawczej poddano jedynie mosty, wiadukty i estakady. W analizie pominięto kładki oraz przepusty. Kładki z „definicji” nie są obiektami drogowymi, po których odbywa się ruch kołowy. Natomiast przepusty są obiektami o odmiennym konstrukcji niż zakłada metoda określania trwałości. Współczynniki redukujące trwałość odnoszą się do typowych konstrukcji przęsłowych. Zastosowanie procedury określenia trwałości dla tego typu obiektów (kładki i przepusty) dałoby niemiernodajne wyniki. W analizie przyjęto zredukowaną trwałość „T<sub>o</sub>” tj. trwałość materiału pomniejszoną o wiek obiektu. Wszystkie współczynniki techniczno – środowiskowe przyjęto na podstawie

---

dokumentacji technicznych obiektów próby badawczej [30] zestawionych w kartach obiektów w Załączniku. Ponieważ obiekty są stosunkowo „nowe” oraz w celu wyeliminowania subiektywnych odczuć dot. oceny stanu technicznego wyposażenia, założono, że wszystkie analizowane obiekty nie wykazują uszkodzeń – ich stan techniczny oceniono na 5.



5.3.4 Wyniki analizy trwałości obiektów próby badawczej

Wyniki analizy trwałościowej obiektów próby badawczej przedstawiono w tabelach poniżej:

Tab. 46. Ocena trwałości mostów

LP	Oznaczenie obiektu	Typ obiektu	Nazwa obiektu	Kategoria A			Kategoria B					Kategoria C		Kategoria D											Trwałość mostu [lat]								
				Materiał [Tab 1]	Trwałość T <sub>0</sub> [lat]	Wiek obiektu [lat]	Trwałość zredukowana T <sub>0</sub> [lat]	Klasa konstrukcyjna mostów stalowych [Tab 2]	Współczynnik λ <sub>abs</sub>	Klasa konstrukcyjna mostów żelbetonowych [Tab 3]	Współczynnik λ <sub>abs</sub>	Klasa konstrukcyjna sprężonych mostów betonowych [Tab 4]	Współczynnik λ <sub>abs</sub>	Klasa obciążenia [Tab 5]	Współczynnik λ <sub>c</sub>	Typ środowiska	Kategoria korozyjności [Tab 6]	Współczynnik λ <sub>OS</sub>	Rodzaj korozji [Tab 7]	Współczynnik λ <sub>OU</sub>	Grubość otuliny d [cm] [Tab 8]	Współczynnik λ <sub>OU</sub>	Rodzaj ochrony [Tab 9]	Współczynnik λ <sub>OU</sub>		Ocena stanu technicznego odowdnienia [Tab 10]	Współczynnik λ <sub>OSO</sub>	Ocena stanu technicznego izolacji [Tab 10]	Współczynnik λ <sub>OZ</sub>	Ocena stanu technicznego urządzenia dyfuzyjnego [Tab 10]	Współczynnik λ <sub>OUO</sub>		
1	M001	most drogowy	Most przez rz. Iłownica w m. Czechowice - Dziedzice	Beton	80	5	75	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	Nie dotyczy	1,000	4	1,000	miejskie M	C2 mała	1,020	Brak	1,000	3	1,000	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	73,5
2	M002	most drogowy	Most przez potok bez nazwy w m. Korczowa	Beton	80	2	78	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	Nie dotyczy	1,000	1	1,960	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	3	0,962	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	41,0
3	M003	most drogowy	Most przez rz. Ostawicę w m. Rzepedź	Stal	120	5	115	4	1,000	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	3	1,260	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	Nie dotyczy	1,000	Cynkowanie C	0,983	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	91,9
4	M004	most drogowy	Most przez potok Barbarka w m. Komańcza	Stal	120	5	115	4	1,000	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	3	1,260	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	Nie dotyczy	1,000	Cynkowanie C	0,983	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	91,9
5	M005	most drogowy	Most przez rz. Młynówka w m. Mierzawa	Beton	80	1	79	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	2	1,710	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	3	0,962	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	47,5
6	M006	most drogowy	Most przez rz. Mozgawka w m. Wodzisław	Beton	80	1	79	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	2	1,710	miejskie M	C2 mała	1,020	Brak	1,000	3	1,000	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	45,3
7	M007	most drogowy	Most przez starorzecze rz. Wisłok w m. MA/PZ 65	Beton	80	2	78	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	1	1,960	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	3	0,962	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	41,0
8	M008	most drogowy	Most przez rz. Mierzawa w m. Mierzawa	Beton	80	1	79	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	4	1,000	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	3	0,962	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	81,3
9	M009	most drogowy	Most przez potok Gnojnica w m. Góra Ropczycka	Beton	80	7	73	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	2	1,710	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	3	0,962	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	43,9
10	M010	most drogowy	Most przez ciek łęg Rokietnicki w m. M/PZ-24	Beton	80	5	75	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	1	1,960	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	3	0,962	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	39,4
11	M011	most drogowy	Most przez rz. Taneń w m. Harasiuki	Beton	80	6	74	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	3	1,260	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	3	0,962	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	60,4
12	M012	most drogowy	Most przez starorzecze rz. San w m. Jarosław	Beton	80	6	74	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	2	1,710	miejskie M	C2 mała	1,020	Brak	1,000	3	1,000	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	42,4
13	M013	most drogowy	Most przez rz. Stobnica w m. Brzozów	Beton	80	3	77	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	5	0,465	miejskie M	C2 mała	1,020	Brak	1,000	3	1,000	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	162,3
14	M014	most drogowy	Most przez potok Czarna (Mrowla) w m. Mrowla	Beton	80	5	75	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	Nie dotyczy	1,000	2	1,710	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	3	0,962	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	45,1
15	M015	most drogowy	Most przez potok Szabaśoka w m. Krogulcza Sucha	Beton	80	1	79	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	2	1,710	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	3	0,962	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	47,5
16	M016	most drogowy	Most przez rz. Oronka w m. Orońsko	Beton	80	1	79	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	2	1,710	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	3	0,962	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	47,5
17	M017	most drogowy	Most przez rz. Rudka w m. M/PZ-30	Beton	80	5	75	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	1	1,960	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	3	0,962	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	39,4
18	M018	most drogowy	Most przez rz. rzenię Sawa w m. Dębina	Beton	80	2	78	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	1	1,960	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	3	0,962	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	41,0
19	M019	most drogowy	Most przez potok Zołynka w m. Dębina	Beton	80	2	78	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	1	1,960	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	3	0,962	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	41,0

Tab. 47. Ocena trwałości mostów - c.d.

LP	Oznaczenie obiektu	Typ obiektu	Nazwa obiektu	Kategoria A			Kategoria B					Kategoria C		Kategoria D											Trwałość mostu [lat]								
				Materiał [Tab 1]	Trwałość $T_0$ [lat]	Wiek obiektu [lat]	Trwałość zredukowana $T_0$ [lat]	Klasa konstrukcyjna mostów stalowych [Tab 2]	Współczynnik $\lambda_{bs}$	Klasa konstrukcyjna mostów żelbetonowych [Tab 3]	Współczynnik $\lambda_{bs}$	Klasa konstrukcyjna sprężonych mostów betonowych [Tab 4]	Współczynnik $\lambda_{bs}$	Klasa obciążenia [Tab 5]	Współczynnik $\lambda_c$	Typ środowiska	Kategoria korozyjności [Tab 6]	Współczynnik $\lambda_{os}$	Rodzaj korozji [Tab 7]	Współczynnik $\lambda_{ou}$	Grubość otuliny d [cm] [Tab 8]	Współczynnik $\lambda_{ou}$	Rodzaj ochrony [Tab 9]	Współczynnik $\lambda_{ou}$		Ocena stanu technicznego odowdnienia [Tab 10]	Współczynnik $\lambda_{oso}$	Ocena stanu technicznego izolacji [Tab 10]	Współczynnik $\lambda_{oiz}$	Ocena stanu technicznego urządzenia dylatacyjnego [Tab 10]	Współczynnik $\lambda_{oud}$		
20	M020	most drogowy	Most przez rów bez nazwy w m. Dobrut	Beton	80	1	79	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	2	1,710	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	3	0,962	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	47,5
21	M021	most drogowy	Most przez starorzecze rz. San w m. Jarosław	Beton	80	6	74	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	2	1,710	miejskie M	C2 mała	1,020	Brak	1,000	3	1,000	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	42,4
22	M022	most drogowy	Most przez potok Krzywań w ciągu Drogi Wojewódzkiej nr 962	Beton	80	5	75	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	3	1,260	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	3	0,962	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	61,3
23	M023	most drogowy	Most przez kanał Mirosiński w m. Budy Przeworskie	Beton	80	2	78	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	Nie dotyczy	1,000	1	1,960	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	3	0,962	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	41,0
24	M024	most drogowy	Most przez rz. Sufraganiec w m. Kielce	Beton	80	5	75	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	2	1,710	miejskie M	C2 mała	1,020	Brak	1,000	3	1,000	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	43,0
25	M025	most drogowy	Most przez rz. Mierzawa w m. Mierzawa	Beton	80	1	79	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	2	1,710	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	3	0,962	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	47,5

Tab. 48. Ocena trwałości wiaduktów

LP	Oznaczenie obiektu	Typ obiektu	Nazwa obiektu	Kategoria A			Kategoria B					Kategoria C		Kategoria D											Trwałość mostu [lat]								
				Materiał [Tab 1]	Trwałość $T_0$ [lat]	Wiek obiektu [lat]	Trwałość zredukowana $T_0$ [lat]	Klasa konstrukcyjna mostów stalowych [Tab 2]	Współczynnik $\lambda_{bs}$	Klasa konstrukcyjna mostów żelbetonowych [Tab 3]	Współczynnik $\lambda_{bs}$	Klasa konstrukcyjna sprężonych mostów betonowych [Tab 4]	Współczynnik $\lambda_{bs}$	Klasa obciążenia [Tab 5]	Współczynnik $\lambda_c$	Typ środowiska	Kategoria korozyjności [Tab 6]	Współczynnik $\lambda_{os}$	Rodzaj korozji [Tab 7]	Współczynnik $\lambda_{ou}$	Grubość otuliny d [cm] [Tab 8]	Współczynnik $\lambda_{ou}$	Rodzaj ochrony [Tab 9]	Współczynnik $\lambda_{ou}$		Ocena stanu technicznego odowdnienia [Tab 10]	Współczynnik $\lambda_{oso}$	Ocena stanu technicznego izolacji [Tab 10]	Współczynnik $\lambda_{oiz}$	Ocena stanu technicznego urządzenia dylatacyjnego [Tab 10]	Współczynnik $\lambda_{oud}$		
1	W001	wiadukt drogowy	Wiadukt drogowy w m. Zarcze nad linią kolejową LHS nr 65	Beton	80	5	75	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	3	1,260	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	3	0,962	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	61,3
2	W002	wiadukt drogowy	Wiadukt drogowy w m. Przemysł nad linią kolejową nr 102	Stal	120	3	117	4	1,000	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	3	1,260	miejskie M	C2 mała	1,020	Brak	1,000	Nie dotyczy	1,000	Cynkowanie C	0,927	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	98,2
3	W003	wiadukt drogowy	Wiadukt drogowy w m. Rudna Mała nad drogą wojewódzką nr 869	Beton	80	3	77	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	2	1,710	przemysłowe P	C2 mała	1,020	Brak	1,000	3	1,043	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	42,3
4	W004	wiadukt drogowy	Wiadukt drogowy w m. Ząbki nad ul. Pustelnicką	Beton	80	1	79	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	2	1,710	miejskie M	C2 mała	1,020	Brak	1,000	3	1,000	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	45,3
5	W005	wiadukt drogowy	Wiadukt drogowy w m. Zielonka nad drogą wojewódzką nr 631	Beton	80	1	79	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	2	1,710	miejskie M	C2 mała	1,020	Brak	1,000	3	1,000	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	45,3
6	W006	wiadukt drogowy	Wiadukt drogowy w m. Kobyka nad drogą ekspresową	Beton	80	1	79	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	4	1,000	miejskie M	C2 mała	1,020	Brak	1,000	3	1,000	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	77,5
7	W007	wiadukt drogowy	Wiadukt drogowy w m. Kobyka nad drogą ekspresową	Beton	80	1	79	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	5	0,465	miejskie M	C2 mała	1,020	Brak	1,000	3	1,000	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	166,6
8	W008	wiadukt drogowy	Wiadukt drogowy w m. Jędrzejów nad drogą wojewódzką nr 728	Beton	80	6	74	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	Nie dotyczy	1,000	2	1,710	miejskie M	C2 mała	1,020	Brak	1,000	3	1,000	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	42,4

Tab. 49. Ocena trwałości wiaduktów - c.d.1

LP	Oznaczenie obiektu	Typ obiektu	Nazwa obiektu	Kategoria A				Kategoria B				Kategoria C			Kategoria D										Trwałość mostu [lat]								
				Materiał [Tab 1]	Trwałość $T_0$ [lat]	Wiek obiektu [lat]	Trwałość zredukowana $T_0$ [lat]	Klasa konstrukcyjna mostów stalowych [Tab 2]	Współczynnik $\lambda_{Rb}$	Klasa konstrukcyjna mostów żelbetonowych [Tab 3]	Współczynnik $\lambda_{Rb}$	Klasa konstrukcyjna sprężonych mostów betonowych [Tab 4]	Współczynnik $\lambda_{Rbs}$	Klasa obciążenia [Tab 5]	Współczynnik $\lambda_c$	Typ środowiska	Kategoria korozyjności [Tab 6]	Współczynnik $\lambda_{ES}$	Rodzaj korozji [Tab 7]	Współczynnik $\lambda_{OU}$	Grubość otuliny d [cm] [Tab 8]	Współczynnik $\lambda_{OU}$	Rodzaj ochrony [Tab 9]	Współczynnik $\lambda_{OS}$		Ocena stanu technicznego odowdnienia [Tab 10]	Współczynnik $\lambda_{OSO}$	Ocena stanu technicznego izolacji [Tab 10]	Współczynnik $\lambda_{OIZ}$	Ocena stanu technicznego urządzenia dylatacyjnego [Tab 10]	Współczynnik $\lambda_{OUD}$		
10	W010	wiadukt drogowy	Wiadukt drogowy w m. Leżajsk nad drogą wojewódzką nr 877	Beton	80	5	75	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	Nie dotyczy	1,000	2	1,710	miejskie M	C2 mała	1,020	Brak	1,000	3	1,000	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	43,0
11	W011	wiadukt drogowy	Wiadukt drogowy w m. Czarnków nad drogą lokalną	Beton	80	3	77	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	3	1,260	miejskie M	C2 mała	1,020	Brak	1,000	3	1,000	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	59,9
12	W012	wiadukt drogowy	Wiadukt drogowy w m. Krogulcza Sucha nad drogą gminną	Beton	80	1	79	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	2	1,710	wiejskie W	C2 mała	1,020	Brak	1,000	3	0,962	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	47,1
13	W013	wiadukt drogowy	Wiadukt drogowy w m. Rudna Mała nad linią kolejową	Beton	80	3	77	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	Nie dotyczy	1,000	3	1,260	miejskie M	C2 mała	1,020	Brak	1,000	3	1,000	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	59,9
14	W014	wiadukt drogowy	Wiadukt drogowy w m. Świlcza nad drogą krajową	Stal	120	5	115	4	1,000	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	2	1,710	miejskie M	C2 mała	1,020	Brak	1,000	Nie dotyczy	1,000	Cynkowanie C	0,927	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	71,1
15	W015	wiadukt drogowy	Wiadukt drogowy w m. Jarosław nad ul. Grodziszczarską	Beton	80	6	74	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	Nie dotyczy	1,000	2	1,710	miejskie M	C2 mała	1,020	Brak	1,000	3	1,000	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	42,4
16	W016	wiadukt drogowy	Wiadukt drogowy w m. Dobrut nad drogą gminną	Beton	80	1	79	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	2	1,710	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	3	0,962	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	47,5
17	W017	wiadukt drogowy	Wiadukt drogowy w m. Szczukowice nad drogą wojewódzką	Beton	80	5	75	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	2	1,710	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	3	0,962	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	45,1
18	W018	wiadukt drogowy	Wiadukt drogowy w m. Szydłowiec w ciągu drogi ekspresowej	Beton	80	1	79	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	2	1,710	miejskie M	C2 mała	1,020	Brak	1,000	3	1,000	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	45,3
19	W019	wiadukt drogowy	Wiadukt drogowy w m. Łanicut nad drogą wojewódzką	Beton	80	2	78	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	1	1,960	miejskie M	C2 mała	1,020	Brak	1,000	3	1,000	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	39,0
20	W020	wiadukt drogowy	Wiadukt drogowy w m. Łąka nad autostradą	Beton	80	2	78	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	4	1,000	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	3	0,962	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	80,3
21	W021	wiadukt drogowy	Wiadukt drogowy w m. Radymno nad drogą krajową	Beton	80	5	75	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	1	1,960	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	3	0,962	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	39,4
22	W022	wiadukt drogowy	Wiadukt drogowy w m. Kluszkowce nad drogami lokalnymi	Beton	80	6	74	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	3	1,260	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	3	0,962	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	60,4
23	W023	wiadukt drogowy	Wiadukt drogowy w m. Pawłosiów nad drogą wojewódzką	Beton	80	5	75	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	1	1,960	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	3	0,962	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	39,4
24	W024	wiadukt drogowy	Wiadukt drogowy w m. Jankowice nad drogą gminną	Beton	80	5	75	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	1	1,960	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	3	0,962	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	39,4

Tab. 50. Ocena trwałości wiaduktów - c.d.2

LP	Oznaczenie obiektu	Typ obiektu	Nazwa obiektu	Kategoria A				Kategoria B				Kategoria C			Kategoria D										Trwałość mostu [lat]								
				Materiał [Tab 1]	Trwałość T <sub>0</sub> [lat]	Wiek obiektu [lat]	Trwałość zredukowana T <sub>0</sub> [lat]	Klasa konstrukcyjna mostów stalowych [Tab 2]	Współczynnik λ <sub>BS</sub>	Klasa konstrukcyjna mostów żelbetonowych [Tab 3]	Współczynnik λ <sub>BS</sub>	Klasa konstrukcyjna sprężonych mostów betonowych [Tab 4]	Współczynnik λ <sub>BS</sub>	Klasa obciążenia [Tab 5]	Współczynnik λ <sub>c</sub>	Typ środowiska	Kategoria korozyjności [Tab 6]	Współczynnik λ <sub>OS</sub>	Rodzaj korozji [Tab 7]	Współczynnik λ <sub>OU</sub>	Grubość otuliny d [cm] [Tab 8]	Współczynnik λ <sub>OU</sub>	Rodzaj ochrony [Tab 9]	Współczynnik λ <sub>OU</sub>		Ocena stanu technicznego odowdnienia [Tab 10]	Współczynnik λ <sub>OSO</sub>	Ocena stanu technicznego izolacji [Tab 10]	Współczynnik λ <sub>OIZ</sub>	Ocena stanu technicznego urządzenia dylatacyjnego [Tab 10]	Współczynnik λ <sub>OUD</sub>		
25	W025	wiadukt drogowy	Wiadukt drogowy w m. Dąbrowa nad drogą serwisową	Stal	120	5	115	4	1,000	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	2	1,710	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	Nie dotyczy	1,000	Cynkowanie C	0,983	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	67,7
26	W026	wiadukt drogowy	Wiadukt drogowy w m. Jarosław nad ul. Kurhel Pełkiński	Beton	80	6	74	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	Nie dotyczy	1,000	2	1,710	miejskie M	C2 mała	1,020	Brak	1,000	3	1,000	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	42,4
27	W027	wiadukt drogowy	Wiadukt w ciągu Trasy Armii Krajowej w Warszawie, węzeł Włostowska, obiekt 54T	Beton	80	3	77	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	Nie dotyczy	1,000	2	1,710	miejskie M	C2 mała	1,020	Brak	1,000	3	1,000	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	44,1
28	W028	wiadukt drogowy	Wiadukt w ciągu Trasy Armii Krajowej w Warszawie, węzeł Włostowska, obiekt 51T	Beton	80	3	77	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	Nie dotyczy	1,000	2	1,710	miejskie M	C2 mała	1,020	Brak	1,000	3	1,000	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	44,1
29	W029	wiadukt drogowy	Wiadukt w m. Orły nad drogą dojazdową	Beton	80	5	75	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	1	1,960	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	3	0,962	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	39,4
30	W030	wiadukt drogowy	Wiadukt w m. Klemenice nad drogą powiatową	Beton	80	1	79	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	Nie dotyczy	1,000	2	1,710	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	3	0,962	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	47,5

Tab. 51. Ocena trwałości estakad

LP	Oznaczenie obiektu	Typ obiektu	Nazwa obiektu	Kategoria A				Kategoria B				Kategoria C			Kategoria D										Trwałość mostu [lat]								
				Materiał [Tab 1]	Trwałość T <sub>0</sub> [lat]	Wiek obiektu [lat]	Trwałość zredukowana T <sub>0</sub> [lat]	Klasa konstrukcyjna mostów stalowych [Tab 2]	Współczynnik λ <sub>BS</sub>	Klasa konstrukcyjna mostów żelbetonowych [Tab 3]	Współczynnik λ <sub>BS</sub>	Klasa konstrukcyjna sprężonych mostów betonowych [Tab 4]	Współczynnik λ <sub>BS</sub>	Klasa obciążenia [Tab 5]	Współczynnik λ <sub>c</sub>	Typ środowiska	Kategoria korozyjności [Tab 6]	Współczynnik λ <sub>OS</sub>	Rodzaj korozji [Tab 7]	Współczynnik λ <sub>OU</sub>	Grubość otuliny d [cm] [Tab 8]	Współczynnik λ <sub>OU</sub>	Rodzaj ochrony [Tab 9]	Współczynnik λ <sub>OU</sub>		Ocena stanu technicznego odowdnienia [Tab 10]	Współczynnik λ <sub>OSO</sub>	Ocena stanu technicznego izolacji [Tab 10]	Współczynnik λ <sub>OIZ</sub>	Ocena stanu technicznego urządzenia dylatacyjnego [Tab 10]	Współczynnik λ <sub>OUD</sub>		
1	E001	estakada	Estakada na węzle MODLIŃSKA w ciągu łącznicy L02P, obiekt 6T	Beton	80	3	77	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	Nie dotyczy	1,000	2	1,710	miejskie M	C2 mała	1,020	Brak	1,000	3	1,000	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	44,1
2	E002	estakada	Estakada na węzle MODLIŃSKA w ciągu łącznicy L04L, obiekt 5T	Beton	80	3	77	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	Nie dotyczy	1,000	2	1,710	miejskie M	C2 mała	1,020	Brak	1,000	3	1,000	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	44,1
3	E003	estakada	Estakada w m. Dobczyce w ciągu drogi wojewódzkiej	Beton	80	6	74	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	3	1,260	miejskie M	C2 mała	1,020	Brak	1,000	3	1,000	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	57,6
4	E004	estakada	Estakada w m. Marki w ciągu drogi ekspresowej S8	Beton	80	1	79	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	2	1,710	miejskie M	C2 mała	1,020	Brak	1,000	3	1,000	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	45,3
5	E005	estakada	Estakada na węzle MODLIŃSKA w ciągu łącznicy L04L, obiekt 4T	Beton	80	3	77	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	Nie dotyczy	1,000	2	1,710	miejskie M	C2 mała	1,020	Brak	1,000	3	1,000	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	44,1
6	E006	estakada	Estakada w m. Występa w ciągu drogi ekspresowej S7	Beton	80	7	73	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	2	1,710	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	3	0,962	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	43,9
7	E007	estakada	Estakada w m. Przemysł	Stal	120	6	114	4	1,000	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	2	1,710	miejskie M	C2 mała	1,020	Brak	1,000	Nie dotyczy	1,000	Cynkowanie C	0,927	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	70,5
8	E008	estakada	Estakada w miejscowości Korczowa w ciągu autostrady A4	Beton	80	5	75	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	8	1,000	1	1,960	wiejskie W	C1 bardzo mała	1,010	Brak	1,000	3	0,962	Nie dotyczy	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	39,4
9	E009	estakada	Estakada w miejscowości Przemysł	Stal	120	6	114	4	1,000	Nie dotyczy	1,000	Nie dotyczy	1,000	2	1,710	miejskie M	C2 mała	1,020	Brak	1,000	Nie dotyczy	1,000	Cynkowanie C	0,927	5	1,000	5	1,000	5	1,000	5	1,000	70,5

### 5.3.5 Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzana analiza jednoznacznie wskazuje, że czynnikami wpływającym w znaczący sposób na trwałość obiektu poza trwałością początkową (zależną od materiału konstrukcyjnego) są:

- Obciążenie ruchem drogowym. Współczynnik zależny od obciążenia ruchem drogowym przedkłada się bezpośrednio na obniżenie wytrzymałości zmęczeniowej materiału konstrukcyjnego. Zmniejszenie trwałości początkowej w tym przypadku może dochodzić do 51% dla obiektów w ciągu dróg o największym natężeniu, a w przypadku dróg o niskim natężeniu współczynnik wpływa na zwiększenie trwałości o 215%.
- Stan techniczny obiektu. W niniejszej analizie ze względu na wiek obiektów pominięto ten aspekt, jednakże iloczyn współczynników redukujących trwałość ze względu na stan techniczny niewrażliwych elementów wyposażenia może dochodzić do 37%.
- Rodzaj konstrukcji obiektu. W zależności od wyboru rodzaju konstrukcji przez Projektanta redukcja trwałości początkowej konstrukcji może dochodzić do 25% (obiekty stalowe) oraz do 29% (obiekty betonowe). Biorąc pod uwagę fakt, że wszystkie obiekty z próby badawczej zostały zaprojektowane zgodnie ze współczesnymi normami i przepisami rzeczywisty stopień redukcji nie powinien przekraczać 10%, niezależnie od przyjętego typu konstrukcji obiektu.
- Korozyjność środowiska. Wpływa w sposób bierny na redukcję trwałości wyjściowej o nie więcej niż 5%.
- Zabezpieczenie antykorozyjne. Rozumiane jako rodzaj zabezpieczenia stali konstrukcyjnej oraz jako grubość otuliny zbrojenia w mostach żelbetonowych i sprężonych. W niniejszej analizie ze względu na spełnienie przez obiekty wymogów normowych odrzucono skrajne wartości współczynników redukujących. Ostatecznie stopień redukcji trwałości początkowej nie przekracza maksymalnego poziomu 4% dla wszystkich typów mostów.

Ocenę trwałości przeprowadzono na podstawie analityczno – empirycznych metod, bazujących na wieloletnich doświadczeniach, badaniach oraz zgromadzonych danych ewidencyjnych obiektów mostowych. Określone wartości trwałości obiektów wyznaczono na poziomie ufności 95%. Oznacza to, że po upływie wyznaczonego okresu trwałości dla danego obiektu w co najmniej w 5% elementów konstrukcyjnych mogą pojawić się uszkodzenia w znaczący sposób powodujące spadek trwałości tego obiektu. Dopiero po wyczerpaniu okresu trwałości należy wykonać prace remontowe wykraczające poza przyjęte standardy utrzymaniowe obiektu.

Mając na uwadze cele jakimi ma służyć niniejsza analiza tj. wskazanie najtrwalszych systemów konstrukcji obiektów mostowych należy stwierdzić, że takie stanowią obiekty stalowe. Wynika to z faktu, iż mają one trwałość początkową większą o 50% w porównaniu do obiektów z betonu. Pozostałe aspekty takie jak kształtowanie konstrukcji oraz szeroko pojęte zabezpieczenie antykorozyjne nie wpływa na zróżnicowanie trwałości (pomiędzy rodzajami konstrukcji), gdyż dla obiektów projektowanych w oparciu o współczesne normy i przepisy, wartości współczynników redukujących są na tym samym poziomie. Istotnymi czynnikami, które w największym stopniu decydują o zmniejszeniu trwałości obiektów są: natężenie ruchu oraz stan techniczny. Pierwszy jest niezależny od Projektanta, czy Zarządcy. Natomiast w przypadku drugiego w głównej mierze zależy od Zarządcy tj. jakości utrzymania obiektu. Odnosząc powyższe do oceny trwałości należy wybierać te konstrukcje, które są łatwiejsze w utrzymaniu.

Szczegółowe zestawienia statystyczne dotyczące trwałości obiektów próby badawczej przedstawiono w pkt. 0.

## 5.4 Statystyka danych

### 5.4.1 Wieloparametryczna ocena obiektów mostowych.

Wieloparametrycznej analizie poddano 93 drogowe obiekty mostowe, które stanowią próbę badawczą niniejszego opracowania zgodnie z Tab. 1. Przeprowadzona analiza przyjętej próby badawczej została podzielona na cztery aspekty zgodnie z przedmiotem zamówienia: aspekt techniczny/ technologiczny, aspekt funkcjonalny (ruchowy), aspekt ekonomiczny (m.in. „whole life cost”, tj. LCCA) oraz aspekt środowiskowy wraz z środowiskową oceną cyklu życia (LCA).

Poniżej wymieniono wszystkie analizy, które zostały przeprowadzone w niniejszym punkcie:

1. Aspekt techniczny/ technologiczny:
  - podział próby badawczej ze względu na schemat statyczny;
  - schemat statyczny konstrukcji a rodzaj obiektu (tj. mosty, wiadukty, estakady, kładki);
  - podział próby badawczej ze względu na maksymalną rozpiętość przęsła;
  - rozpiętość przęsła a rodzaj obiektu mostowego i przepustów;
  - schemat statycznych a rozpiętość przęsła;
  - rodzaj konstrukcji przęsła a schemat statyczny;
2. Aspekt funkcjonalny (ruchowy):
  - szerokość pasa ruchu a klasa drogi;
  - szerokość użytkowa chodnika a klasa drogi;
  - rodzaj konstrukcji przęsła a lokalizacja w terenie zabudowanym/niezabudowanym dla poszczególnych rodzajów obiektów inżynierskich;
  - rodzaj konstrukcji przęsła a rodzaj przeszkody dla poszczególnych rodzajów obiektów inżynierskich;
  - rodzaj konstrukcji przęsła w ciągu danej klasy drogi dla poszczególnych rodzajów obiektów inżynierskich;
  - rodzaj konstrukcji przęsła a szerokością całkowitą obiektu dla poszczególnych rodzajów obiektów mostowych;
  - przeznaczenie kładek a szerokość całkowita konstrukcji;
  - klasa obciążenia obiektu mostowego a kategoria drogi dla poszczególnych rodzajów obiektów mostowych;
3. Aspekt ekonomiczny:
  - koszt budowy wraz z kosztami utrzymania, eksploatacji w całym cyklu życia obiektu (LCCA) a rodzaj konstrukcji przęsła;
  - koszt budowy wraz z kosztami utrzymania, eksploatacji w całym cyklu życia obiektu (LCCA) a schemat statyczny;
  - trwałość obiektu a rodzaj konstrukcji przęsła;
  - trwałość obiektu a klasa drogi.
4. Aspekt środowiskowy wraz z środowiskową oceną cyklu życia (LCA):
  - rozpiętość przęsła a lokalizacja obiektu (obszar chroniony / obszar niechroniony);
  - schemat statyczny a lokalizacja obiektu (obszar chroniony / obszar niechroniony);
  - technologia budowy a lokalizacja obiektu (obszar chroniony / obszar niechroniony);
  - schemat statyczny a ukształtowanie terenu (teren nizinny, wyżynny, górski);
  - środowiskowa ocena cyklu życia (LCA) a rodzaj konstrukcji przęsła;
  - środowiskowa ocena cyklu życia (LCA) a schemat statyczny;

Ze względu na różne korelacje pomiędzy parametrami technicznymi/technologicznymi, funkcjonalnymi (ruchowymi), ekonomicznymi czy środowiskowymi obiektów uwzględnionych w próbie badawczej, w celu uzyskania rzetelnych informacji z przeprowadzonych badań, niniejszą próbę badawczą modyfikowano, m.in. poprzez wyłączenie z niej przepustów, bądź obiektów danego typu czy rodzaju np. obiektu podwieszanego. Poszczególne modyfikacje, które zostały dokonane podczas poszczególnych analiz, zostaną szczegółowo opisane w dalszej części niniejszego opracowania.

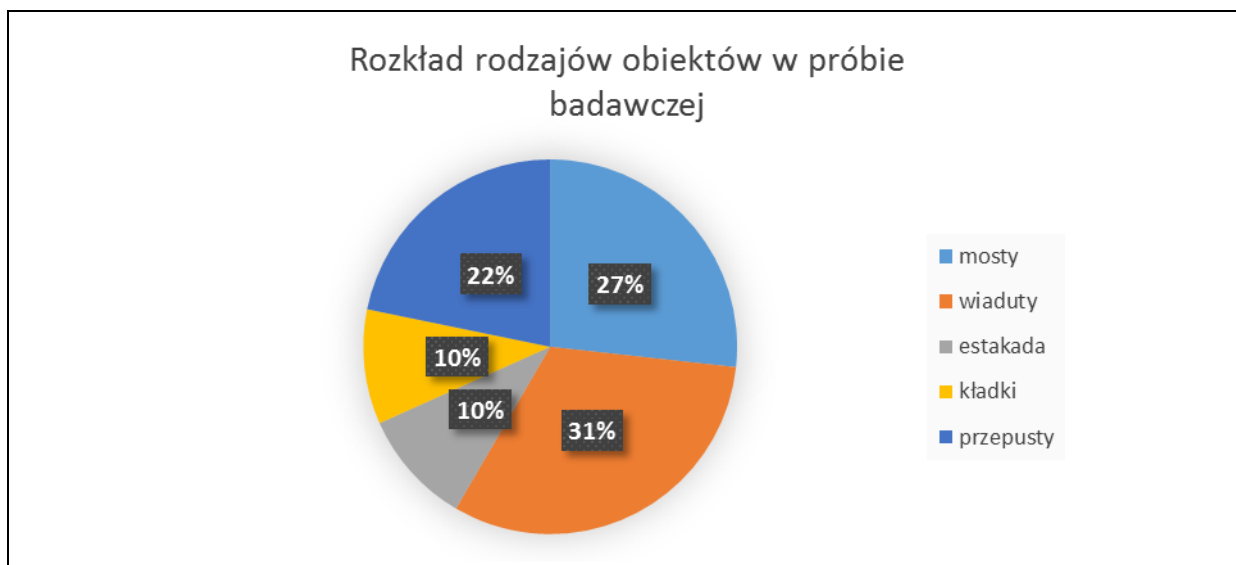
Zgodnie ze złożoną ofertą analizie poddano 25 mostów, 30 wiaduktów, 9 estakad, 9 kładek i 20 przepustów, które stanowią niniejszą próbę badawczą dobraną na podstawie wcześniej omówionych parytetów.

Procentowy udział każdego z ww. rodzajów obiektów w całej próbie badawczej przedstawiono w Tab. 52, z której wynika, że z całej próby badawczej mosty stanowią 27% , wiadukty – 32%, estakady i kładki - po 10 % natomiast przepusty – 22%. Niniejszy rozkład przedstawiono na rysunku (Rys. 43).

Powyższy rozkład oraz ilość poszczególnych rodzajów obiektów mostowych jest wynikiem złożonej przez Wykonawcę oferty na etapie przetargu.

Tab. 52. Rozkład rodzajów obiektów mostowych

Lp.	RODZAJ OBIEKTU	Próba badawcza	
		[szt.]	[%]
1.	mosty	25	27%
2.	wiadukty	30	32%
3.	estakada	9	10%
4.	kładki	9	10%
5.	przepusty	20	22%
6.	SUMA	93	100%



Rys. 43. Rozkład rodzajów obiektów w próbie badawczej

## 5.4.2 Podział próby badawczej ze względu na schemat statyczny

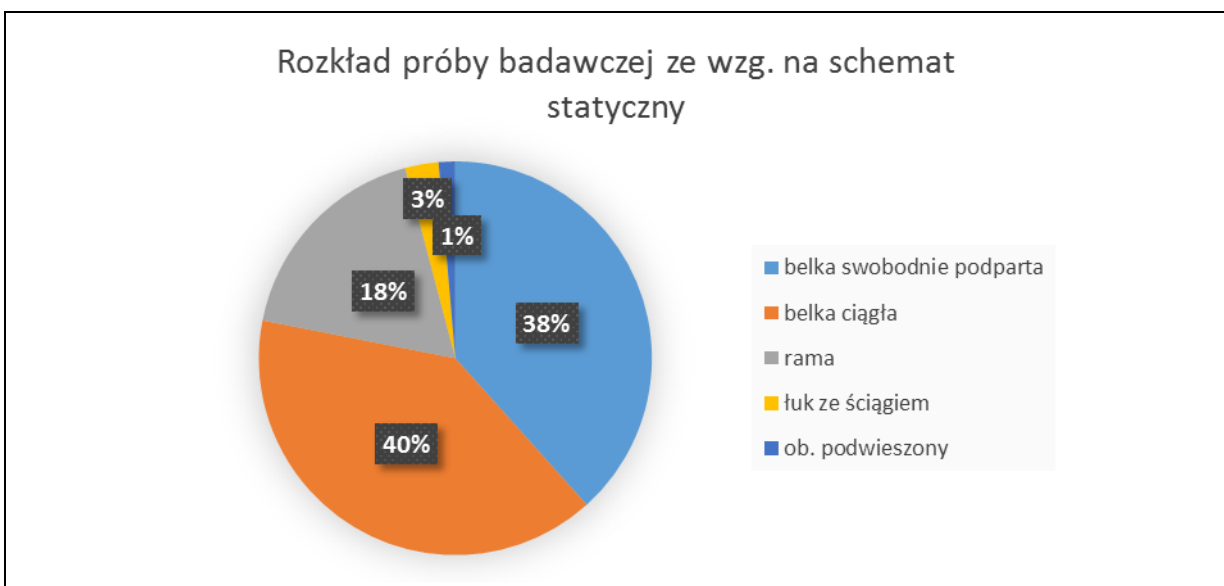
Próbkę badawczą przeanalizowano m.in. pod względem schematów statycznych. W niniejszej analizie, z próby badawczej, wyłączono przepusty, które z powodu schematu statycznego ramowego zaburzałyby wyniki dla drogowych obiektów mostowych. W związku z powyższym w tym przypadku próba badawcza po wyłączeniu przepustów stanowi 73 obiekty mostowe.

Konstrukcje mostowe o schemacie statycznym belki ciągłej stanowią największą część zredukowanej próby badawczej, tj. 40% (29 szt.). Niewiele mniejszą część zajmują obiekty o schemacie statycznym belki swobodnie podpartej: 38% (28 szt.). Na trzecim miejscu znajdują się konstrukcje ramowe stanowiące 18 % (13 szt.). W skład niniejszej próby badawczej weszły dwie konstrukcje łukowe (kładki) oraz jeden obiekt podwieszony (kładka), które po zsumowaniu stanowią 4% (3 szt.) w próbie badawczej z wyłączeniem przepustów. Biorąc pod uwagę całą próbkę badawczą, tj. 93 konstrukcje, te trzy obiekty stanowią 3% całości. Niniejsze obiekty zostały zakwalifikowane jako obiekty nietypowe.

W dalszych analizach, gdzie jednym z parametrów będzie schemat statyczny, ww. konstrukcje nietypowe będą wyłączone z próby badawczej, ze względu na swoją nietypową „formę”.

Tab. 53. Rozkład próby badawczej ze względu na schemat statyczny

Lp.	Schemat statyczny	Obiekty mostowe	
		[szt.]	[%]
1.	belka swobodnie podparta	28	38%
2.	belka ciągła	29	40%
3.	rama	13	18%
4.	łuk ze ściągiem	2	3%
5.	podwieszony	1	1%
6.	SUMA	73	100%



Rys. 44. Rozkład próby badawczej ze względu na schemat statyczny



Podsumowanie:

Z powyższej analizy wynika, iż pod względem schematu statycznego najbardziej typowymi obiektami w Polsce są konstrukcje o schemacie statycznym belki ciągłej i belki swobodnie podpartej, które stanowią aż 78% analizowanej w tym punkcie próby badawczej. Na trzecim miejscu wśród obiektów mostowych znajdują się konstrukcje o schemacie ramowym. Wyłączone z analizy przepusty, których schemat statyczny w 100% stanowi układ ramowy, zaburzałyby wyniki z przeprowadzonych badań wśród drogowych obiektów mostowych.

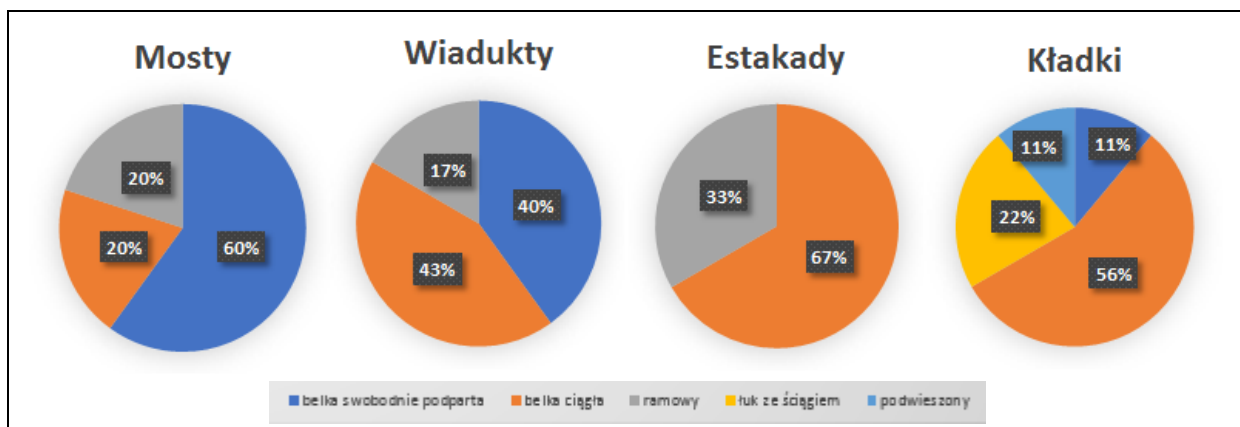
#### 5.4.3 Analiza zależności pomiędzy schematem statycznym a rodzajem obiektu

Powyższa analiza dot. ilościowego rozkładu próby badawczej ze względu na schemat statyczny została poszerzona o rodzaje obiektu mostowego. Poniżej przeanalizowano zależność: schemat statyczny a rodzaj obiektu: mosty, wiadukty, estakady i kładki. Z zestawienia, które przedstawiono w tabeli Tab. 54 wynika, że w przypadku mostów dominującym schematem statycznym wśród tego rodzaju obiektów jest belka swobodnie podparta. Mosty o tym schemacie statycznym stanowią aż 60% (15 szt.) wśród wszystkich mostów znajdujących się w próbie badawczej. W przypadku wiaduktów brak jest wyraźnej nadrzędności jednego schematu statycznego. W wyniku analizy otrzymano zbliżone wyniki dla schematu statycznego belki ciągłej oraz belki swobodnie podpartej, które wynoszą odpowiednio 43% (13szt.) i 40 % (12 szt.). W przypadku estakad oraz kładek znaczną przewagę wykazują obiekty o schemacie statycznym belki ciągłej, które stanowią 67% (6szt.) w przypadku estakad oraz 56% (5szt.) w przypadku kładek.

Więcej szczegółów dotyczących powyższym zależności przedstawiono w Tab. 54 oraz na rysunku (Rys. 45).

Tab. 54. Schemat statyczny a rodzaj obiektu

Lp.	Schemat statyczny	mosty		wiadukty		estakady		kładki		CAŁOŚĆ	
		[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]
1.	belka swobodnie podparta	15	60%	12	40%	0	0%	1	11%	28	38%
2.	belka ciągła	5	20%	13	43%	6	67%	5	56%	29	40%
3.	ramowy	5	20%	5	17%	3	33%	0	0%	13	18%
4.	łuk ze ściągiem	0	0%	0	0%	0	0%	2	22%	2	3%
5.	podwieszony	0	0%	0	0%	0	0%	1	11%	1	1%
6.	SUMA:	25	100%	30	100%	9	100%	9	100%	73	100%



Rys. 45. Schemat statyczny a rodzaj obiektu

## Podsumowanie:

Z przeprowadzonych badań wynika, że w przypadku mostów najczęściej projektowano konstrukcje o schemacie statycznym belki swobodnie podpartej – 60%, natomiast estakady i kładki zaprojektowano jako obiekty o układzie konstrukcyjnym belki ciągłej – 67% i 56%. Tak wyraźna dominacja jednego schematu statycznego w przypadku wiaduktów nie występuje. Wyniki pokazują, że w zbliżonych proporcjach występują zarówno wiadukty o schemacie statycznym belki ciągłej (43%), jak również o schemacie belki swobodnie podpartej (40%).

Powyższe wartości są wynikiem m.in. charakteru jakie pełnią poszczególne obiekty mostowe, a mianowicie mosty są konstrukcjami mającymi na celu przeprowadzenie ciągu komunikacyjnego nad ciekim wodnym, natomiast estakady to obiekty mostowe spełniające częściowo funkcję wiaduktu a częściowo wysokiego nasypu.

W przypadku kładek nadrzędność schematu statycznego belki ciągłej nad pozostałymi układami konstrukcyjnymi wynika z rodzaju przeszkody. Wśród badanych kładek przeważająca ilość to konstrukcje nad drogami klasy S.

#### 5.4.4 Podział próby badawczej ze względu na maksymalną rozpiętość przęsła

Próbie badawczą przeanalizowano również pod względem maksymalnej rozpiętości przęsła. Należy w tym miejscu zaznaczyć, iż wykonano dwa badania ze względu na próbę badawczą. W przypadku pierwszego badania próba badawcza objęła drogowe obiekty mostowe wraz z przepustami, tj. 93 konstrukcje, natomiast podczas drugiego badania w próbie badawczej nie uwzględniono przepustów.

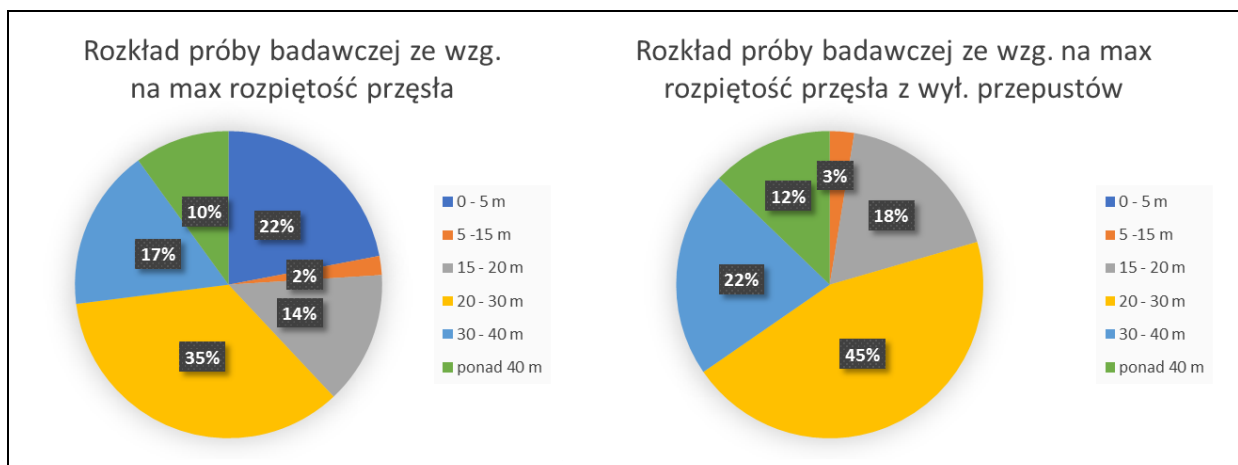
Obiekty przypisano odpowiednio do jednego z sześciu przedziałów, które definiują maksymalne rozpiętości przęseł. Wyodrębniono następujące przedziały: 0 – 5 m, 5 – 15 m, 15 – 20 m, 20 – 30 m, 30 – 40 m oraz ponad 40 m.

W pierwszym przypadku analiza obejmowała zarówno drogowe obiekty mostowe, jak i przepusty. W wyniku badania otrzymano wyniki, które wskazują, iż największą część w niniejszej analizie zajmują konstrukcje o maksymalnej rozpiętości przęsła od 20 – 30 m – 35% (33 szt.), na drugim miejscu znalazły się konstrukcje z przedziału 0 – 5 m – 22% (20 szt.). Na kolejnych miejscach znalazły się obiekty z przedziału 30 – 40 m – 17% (16 szt.) oraz 15 – 20 m – 14% (13 szt.).

W związku z tym, iż na drugim miejscu w ww. analizie znalazły się konstrukcje o maksymalnej rozpiętości przęsła od 0 do 5 m, które w 100% stanowią przepusty. Ponownie przeprowadzono powyższą ocenę z pominięciem przepustów w próbie badawczej (próbę badawczą w tym przypadku stanowiło 73 drogowe obiekty mostowe). Podczas ponownej analizy otrzymano następujące wyniki: 45% (33 szt.) obiektów zakwalifikowano do przedziału 20 – 30 m, 22% (16 szt.) do przedziału 30 – 40 m, 18% (13 szt.) do przedziału 15 – 20 m o maksymalnej rozpiętości przęsła. Powyższa analiza została przedstawiona w Tab. 55 w dwóch wariantach. Na Rys. 35 przedstawiono w sposób graficzny wyniki niniejszego badania.

Tab. 55. Podział próby badawczej ze względu na maksymalną rozpiętość przęsła

Lp	Próba badawcza	Całość		0 - 5 m		5 - 15 m		15 - 20 m		20 - 30 m		30 - 40 m		ponad 40 m	
		[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]
1.	z przepustami	93	100 %	20	22 %	2	2%	13	14 %	33	35 %	16	17 %	9	10 %
2.	bez przepustów	73	100 %	0	0%	2	3%	13	18 %	33	45 %	16	22 %	9	12 %



Rys. 46. Rozkład próby badawczej ze względu na maksymalną rozpiętość przęsła oraz rozkład próby badawczej ze względu na maksymalną rozpiętość z wyłączeniem przepustów

Podsumowanie:

Podział próby badawczej ze względu na maksymalną rozpiętość przęsła wykazał, iż przęsła o rozpiętości od 20 – 30 m są najczęściej występującymi konstrukcjami wśród analizowanej, reprezentatywnej grupy obiektów. Natomiast objekty z przedziału od 0 do 5 m, które stanowią najmniejszą część w próbie badawczej, tj. 2%/3%, stanowią przepusty. Obiekty mostowe o maksymalnej rozpiętości przęsła do 40 m stanowią 83% konstrukcji w całej próbie badawczej.

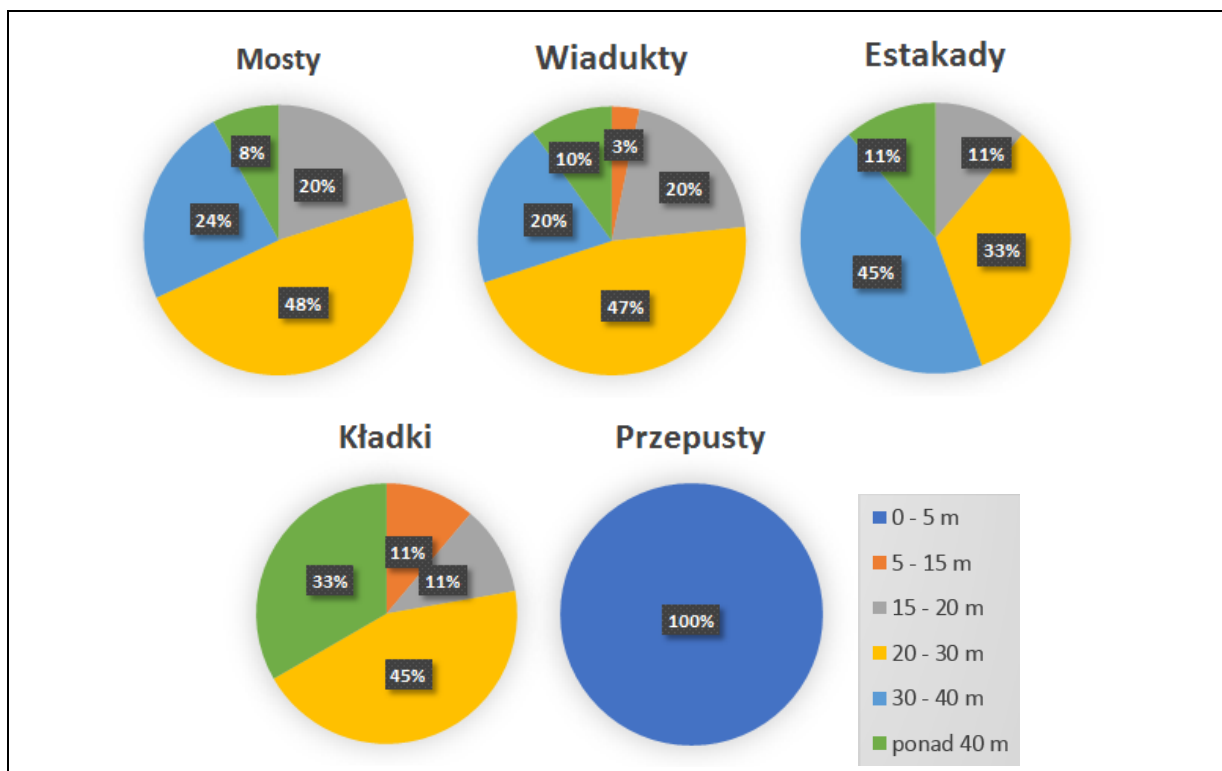
#### 5.4.5 Analiza zależności pomiędzy maksymalną rozpiętością przęsła a rodzajem obiektu mostowego i przepustów

Powyższą analizę uszczegółowiono o rodzaje obiektów wchodzące w skład próby badawczej.

Poniżej przedstawiono zależność pomiędzy maksymalną rozpiętością przęsła w rodzajem obiektu mostowego, tj. mostu, wiaduktu, estakady, kładki i przepustu. Z wartości które otrzymano wynika, że dla mostów, wiaduktów i kładek typowa (najczęściej występująca) rozpiętość przęsła to przedział pomiędzy 20 a 30 m. Procentowy udział poszczególnych rodzajów obiektów plasuje się następująco: dla mostów – 48% (12 szt.), dla wiaduktów – 47% (14 szt.), dla kładek – 44% (4 szt.). W przypadku estakad – 44% (4 szt.) stanowią przęsła o rozpiętości 30 – 40 m, natomiast przepusty w 100% (20 szt.) zawierają się w przedziale od 0 do 5 m. Szczegółową analizę dla pozostałych rozpiętości przęsła w zależności od rodzaju obiektu przedstawiono w Tab. 56 oraz na rysunku (Rys. 47).

Tab. 56. Maksymalna rozpiętość przęsła a rodzaj obiektu

Lp.	Max. rozpiętość przęsła	mosty		wiadukty		estakady		kładki		przepusty	
		[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]
1.	0 - 5 m	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	20	100%
2.	5 - 15 m	0	0%	1	3%	0	0%	1	11%	0	0%
3.	15 - 20 m	5	20%	6	20%	1	11%	1	11%	0	0%
4.	20 - 30 m	12	48%	14	47%	3	33%	4	44%	0	0%
5.	30 - 40 m	6	24%	6	20%	4	44%	0	0%	0	0%
6.	ponad 40 m	2	8%	3	10%	1	11%	3	33%	0	0%
7.	<b>SUMA:</b>	<b>25</b>	<b>100%</b>	<b>30</b>	<b>100%</b>	<b>9</b>	<b>100%</b>	<b>9</b>	<b>100%</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>



Rys. 47. Maksymalna rozpiętość przęsła a rodzaj obiektu

Podsumowanie:

Z powyższej analizy wynika, iż konstrukcje o rozpiętości przęsła od 0 do 5 m w 100 % stanowią przepusty. W przypadku mostów, wiaduktów i kładek najbardziej typowa rozpiętość przęsła zawiera się w przedziale 20 -30 m, natomiast w przypadku estakad przedział ten to 30 – 40 m.

#### 5.4.6 Analiza zależności pomiędzy maksymalną rozpiętością przęsła a schematem statycznym

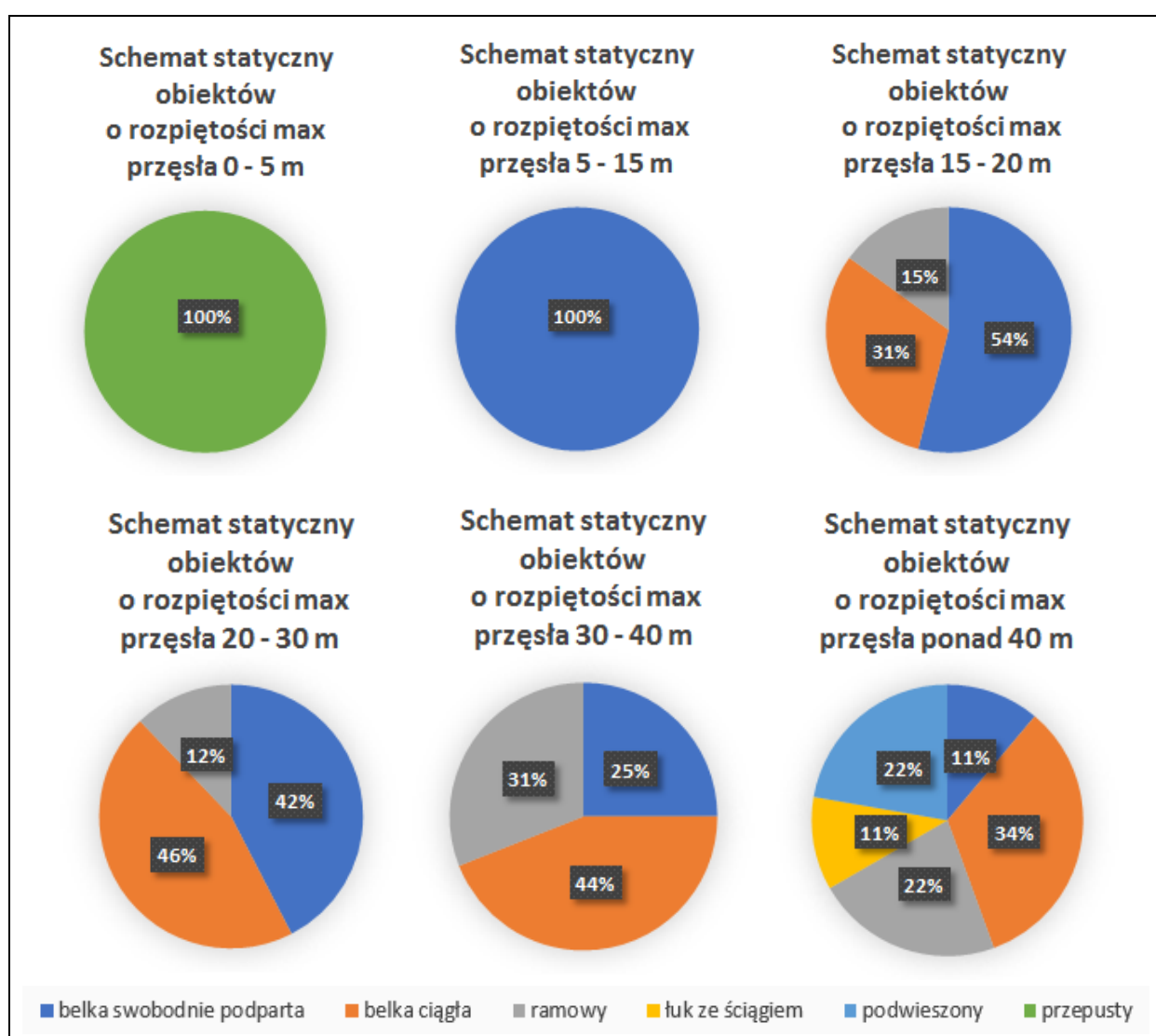
Przeanalizowano również obiekty ze względu na schemat statyczny w poszczególnych przedziałach dot. rozpiętości przęsła. Wśród obiektów o rozpiętości przęsła:

- 0 – 5 m, 100 % (20 szt.) stanowią przepusty o układzie ramowym-skrzynka zamknięta;
- 5 -15 m, 100% (2 szt.) stanowią obiekty o schemacie statycznym belki swobodnie podpartej;
- 15 – 20 m, 54 % (7 szt.) stanowią obiekty o schemacie statycznym belki swobodnie podpartej;
- 20 – 30 m, 45 % (15 szt.) stanowią obiekty o schemacie statycznym belki ciągłej;
- 30 – 40 m, 44 % (7 szt.) stanowią obiekty o schemacie statycznym belki ciągłej;
- ponad 40 m, 33 % (3 szt.) to obiekty o schemacie statycznym belki ciągłej.

Szczegółowe zestawienie powyższych założeń zawarto w Tab. 57 oraz na rysunku (Rys. 48). W celu nie zaburzania wyników w przypadku konstrukcji o schemacie statycznym ramowy przepusty zostały wyodrębnione z niniejszego zestawienia.

Tab. 57. Maksymalna rozpiętość przęsa a schemat statyczny

Lp.	Schemat statyczny	0 - 5 m		5 - 15 m		15 - 20 m		20 - 30 m		30 - 40 m		ponad 40 m	
		[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]
1.	belka swobodnie podparta	0	0%	2	100%	7	54%	14	42%	4	25%	1	11%
2.	belka ciągła	0	0%	0	0%	4	31%	15	45%	7	44%	3	33%
3.	ramowy	0	0%	0	0%	2	15%	4	12%	5	31%	2	22%
4.	łuk ze ściągami	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1	11%
5.	podwieszony	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	2	22%
6.	przepusty	20	100%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
7.	<b>SUMA:</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>	<b>2</b>	<b>100%</b>	<b>13</b>	<b>100%</b>	<b>33</b>	<b>100%</b>	<b>16</b>	<b>100%</b>	<b>9</b>	<b>100%</b>



Rys. 48. Maksymalna rozpiętość przęsa a schemat statyczny

**Podsumowanie:**

Ponownie zostało potwierdzone, iż konstrukcje o rozpiętości przęsa do 5 m stanowią przepusty. W przypadku obiektów o rozpiętości przęsa od 5 m do 20 m najczęściej występującymi konstrukcjami są obiekty o schemacie statycznym belki swobodnie podpartej.

Dla obiektów o długości przęseł od 20 do 40 m i wyżej typowym układem konstrukcyjnym jest belka ciągła. Kolejną zależnością, która wynika z powyższej analizy jest fakt, że w przypadku zwiększającej się rozpiętości przęsa obiekty mostowe o schemacie belki swobodnie podpartej ustępują miejsca konstrukcjom o układzie ramowym.

#### 5.4.7 Analiza zależności pomiędzy rodzajem konstrukcji przęsa a schematem statycznym

Kolejną ocenę obiektów wybranych do próby badawczej z wyłączeniem przepustów zbadano w zależności: rodzaj konstrukcji przęsa, tj. konstrukcja żelbetowa monolityczna z podziałem na rodzaj dźwigara płytowego lub belkowego, konstrukcja sprężona monolityczna z podziałem na rodzaj dźwigara płytowego lub belkowego, na dźwigary prefabrykowane z rozbiem na belki typu T i Kujan, konstrukcja zespolona z podziałem na dźwigary blachownicowe spawane, walcowane i skrzynki stalowe, a schemat statyczny obiektu.

Podobnie jak we wcześniejszych przypadkach, gdzie jednym z parametrów był schemat statyczny, próbę badawczą ograniczono do 73 obiektów wyłączając przepusty.

Na podstawie przeprowadzonej analizy można stwierdzić, że obiekty sprężone monolityczne belkowe stanowią największą część w niniejszej próbie badawczej, tj. 33% (24 szt.). Kolejne miejsce zajęły konstrukcje monolityczne żelbetowe z przewagą dźwigarów płytowych nad dźwigarami belkowymi. Grupa obiektów monolitycznych żelbetowych stanowi 25% (18 szt.) w całej próbie badawczej. Niewiele mniej bo 22 % (16 szt.) stanowią konstrukcje prefabrykowane, a dokładniej obiekty o dźwigarach prefabrykowanych typu T i Kujan. Proporcje wśród tych dwóch rodzajów dźwigarów wynoszą 81% do 19% na rzecz belki typu T. Wśród obiektów zespolonych mających 16% (12 szt.) udział w całej próbie badawczej, obiekty zespolone o dźwigarach blachownicowych stanowią 58%, o dźwigarach walcowanych 33%, natomiast o dźwigarach skrzynkowych 9%.

Ponadto z niniejszej analizy wynika, że wśród konstrukcji o dźwigarach prefabrykowanych największą część stanowią obiekty w schemacie statycznym belki swobodnie podpartej, dla konstrukcji sprężonych monolitycznych jest to układ belki ciągłej, natomiast dla obiektów żelbetowych monolitycznych to układ ramowy.

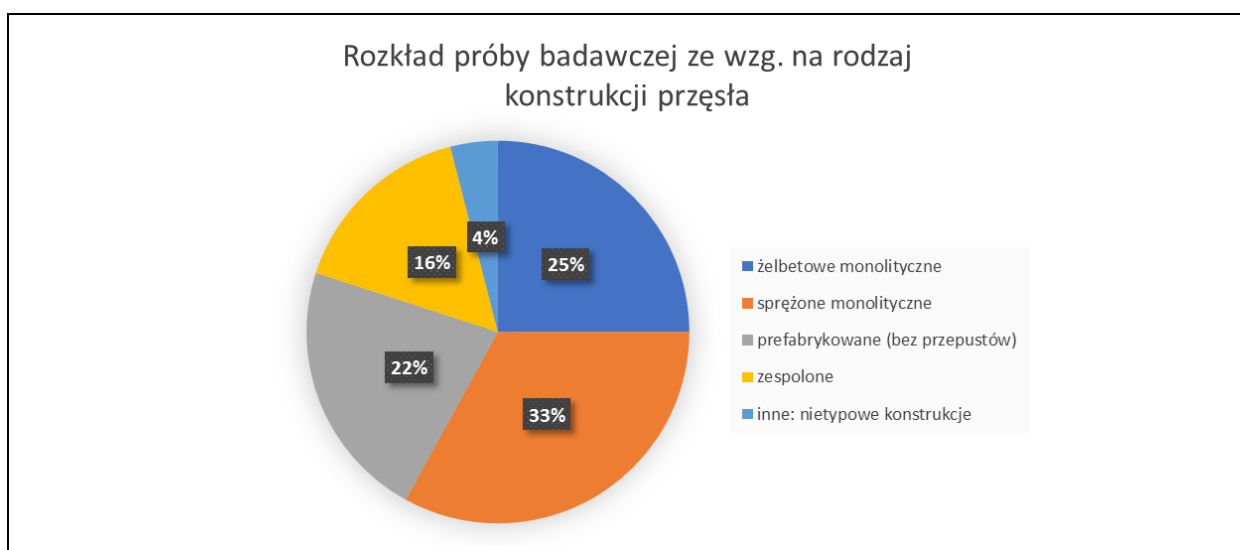
Obiekty o schemacie statycznym podwieszonym (1 kładka) oraz łukowym (2 kładki) stanowiące w pomniejszonej o przepusty próbie badawczej 4% zostały zakwalifikowane jako obiekty nie spełniające kryteriów. Dlatego podczas kolejnych analiz nie były dot. zależności rodzaju konstrukcji przęsa od innych parametrów, nie były brane pod uwagę.

Więcej szczegółów dot. zależności rodzaj konstrukcji przęsa a schemat statyczny zestawiono w Tab. 58.

Tab. 58. Rodzaj konstrukcji przęsa a schemat statyczny

Rodzaj konstrukcji przęsa	Belka swobodnie podparta		Belka ciągła		Układ ramowy		Całość	
	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%
<b>żelbetowe monolityczne</b>	<b>4</b>	<b>5%</b>	<b>6</b>	<b>8%</b>	<b>8</b>	<b>11%</b>	<b>18</b>	<b>25%</b>
płyta	2	2,7%	4	5,5%	5	6,8%	11	15%
belka	2	2,7%	2	2,7%	3	4,1%	7	10%
<b>sprężony monolityczne</b>	<b>9</b>	<b>12%</b>	<b>14</b>	<b>19%</b>	<b>1</b>	<b>1%</b>	<b>24</b>	<b>33%</b>
płyta	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0%
belka	9	12,3%	14	19,2%	1	1,4%	24	33%
<b>prefabrykaty</b>	<b>13</b>	<b>18%</b>	<b>3</b>	<b>4%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>16</b>	<b>22%</b>

belka T	10	13,7%	3	4,1%	0	0%	13	18%
Kujan	3	4,1%	0	0,0%	0	0%	3	4%
<b>zespólony</b>	<b>2</b>	<b>3%</b>	<b>6</b>	<b>8%</b>	<b>4</b>	<b>5%</b>	<b>12</b>	<b>16%</b>
dźwigary blachownicowe spawane	0	0,0%	3	4,1%	4	5,5%	7	10%
dźwigary walcowane	2	2,7%	1	1,4%	0	0,0%	3	4%
skrzynka stalowa	0	0,0%	2	2,7%	0	0,0%	2	3%
<b>inne: nietypowe konstrukcje</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>3</b>	<b>4%</b>
łuk ze ściągiem	x	x	x	x	x	x	2	3%
podwieszony	x	x	x	x	x	x	1	1%
<b>SUMA (próba badawcza z wyłączeniem przepustów):</b>							<b>73</b>	<b>100%</b>



Rys. 49. Rozkład próby badawczej ze względu na rodzaj konstrukcji przęsła

## Podsumowanie:

Powyższa analiza wykazała, że najczęściej występującymi obiektami w próbie badawczej są konstrukcje sprężone monolityczne belkowe. Ten rodzaj konstrukcji stanowi aż 33 % całej ocenianej grupy obiektów. Następnie obiekty żelbetowe monolityczne, który mają 25% udział w próbie badawczej oraz obiekty o dźwigarach prefabrykowanych o udziale 22%. Ponadto analiza wykazała, że występuje zależność pomiędzy rodzajem konstrukcji a schematem statycznym, a mianowicie: najczęściej stosowanym schematem statycznym dla obiektów o dźwigarach prefabrykowanych jest układ belki swobodnie podpartej, dla obiektów sprężonych monolitycznych belkowych jest schemat statyczny belki ciągłej, natomiast dla obiektów żelbetowych monolitycznych układ ramowych.

Dodatkowym spostrzeżeniem z powyższego badania jest fakt, iż konstrukcje betonowe (żelbetowe czy sprężone) mają wyraźną przewagę nad konstrukcjami ze stali konstrukcyjnej. Obiekty zespolone (o konstrukcji żelbetowej płyty i stalowych dźwigarów) wśród analizowanej grupy obiektów stanowi 16 %.

Powyższą analizę zależności pomiędzy rodzajem konstrukcji przęsła a schematem statycznym rozbudowano o maksymalne rozpiętości przęseł w każdym z tych układów. Ze względu na czytelność wyników, poniżej przedstawiono trzy tabele dla poszczególnych schematów

statycznych, tj. dla belki swobodnie podparte, dla belki ciągłej i układu ramowego. W tym przypadku podsumowanie zostało przedstawione po przeanalizowaniu wszystkich trzech układów statycznych.

#### 5.4.7.1 Analiza zależności pomiędzy rodzajem konstrukcji przęsła a maksymalną rozpiętością przęsła w schemacie statycznym belki swobodnie podpartej

W próbie badawczej 28 obiektów to konstrukcje o schemacie statycznym belki swobodnie podpartej. W niniejszej analizie te 28 obiektów stanowi naszą próbę badawczą.

Dominującą konstrukcją wśród obiektów mostowych o schemacie belki swobodnie podpartej są obiekty o dźwigarach prefabrykowanych, które stanowią aż 47% wszystkich obiektów w tym układzie statycznym. Typowa rozpiętość przęseł tego rodzaju konstrukcji to głównie przedział od 20 – 30 m oraz 15 – 20 m. W analizowanej grupie obiektów o dźwigarach prefabrykowanych, belki typu T stanowią 77% a belki typu „Kujan” 23%.

W drugiej kolejności najczęściej występującymi konstrukcjami o schemacie belki swobodnie podpartej są przęsła sprężone monolityczne, belkowe. Obiekty te stanowią 32% w niniejszym badaniu. Podobnie jak w przypadku belek prefabrykowanych, największa część tego rodzaju konstrukcji posiada rozpiętości przęseł w przedziale od 20 do 30 m, niewiele mniej w przypadku przęseł o rozpiętości 30 – 40 m.

Na trzecim miejscu uplasowały się obiekty żelbetowe monolityczne zarówno belkowe jak i płytowe, które wśród obiektów o schemacie statycznym belki swobodnie podpartej oscylują w granicy 14%. Rozpiętość przęseł konstrukcji żelbetowych monolitycznych to głównie 15 – 20 m, w nieco mniejszym stopniu 5 – 15 m.

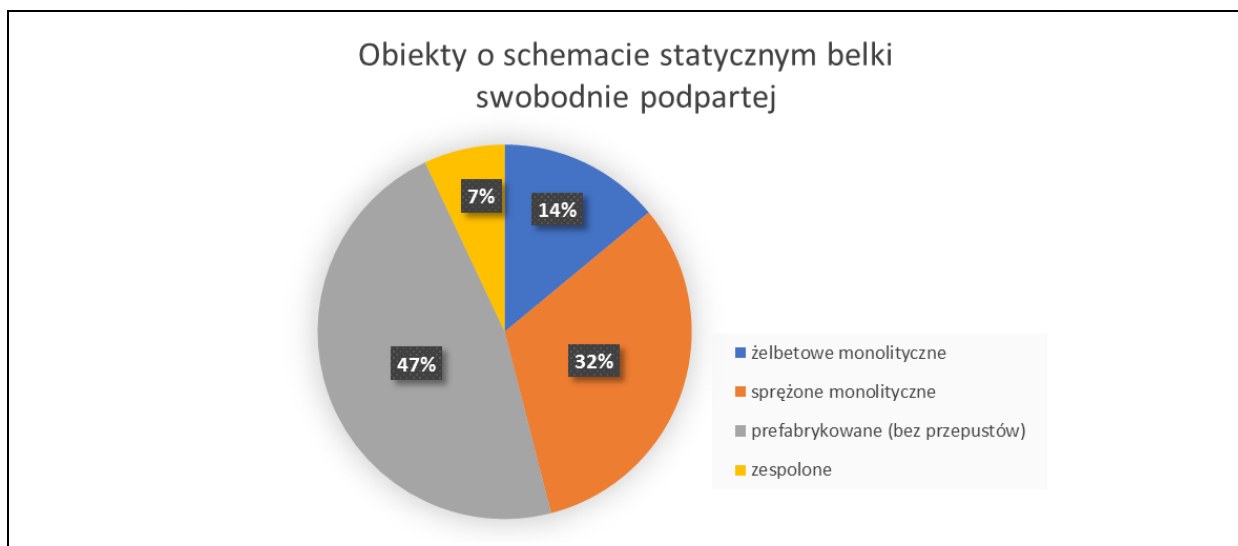
Obiekty zespolone w tym układzie statycznym stanowią 7% (2 szt.) i są to obiekty o dźwigarach walcowanych. Jeden o rozpiętości przęsła w przedziale 5 – 15 m, drugi w przedziale 30 – 40 m.

Powyższe informacje zostały przedstawione w poniższej Tab. 59.

Tab. 59. Rodzaj konstrukcji przęsła a maksymalna rozpiętością przęsła w schemacie statycznym belki swobodnie podpartej

Rodzaj konstrukcji przęsła	Belka swobodnie podparta											
	5 - 15 m		15 - 20 m		20 - 30 m		30 - 40 m		ponad 40 m		Suma:	
	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%
<b>żelbetowe monolityczne</b>	<b>1</b>	<b>3,5</b>	<b>3</b>	<b>10,7</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>	<b>4</b>	<b>14</b>
płyta	1	3,5	1	3,6	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	7
belka	0	0,0	2	7,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	7
<b>sprężone monolityczne</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>	<b>1</b>	<b>3,6</b>	<b>4</b>	<b>14,3</b>	<b>3</b>	<b>10,5</b>	<b>1</b>	<b>4,0</b>	<b>9</b>	<b>32</b>
płyta	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0
belka	0	0,0	1	3,6	4	14,3	3	10,5	1	4,0	9	32
<b>prefabrykowane</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>	<b>3</b>	<b>10,7</b>	<b>10</b>	<b>35,7</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>	<b>13</b>	<b>47</b>
belka T	0	0,0	0	0,0	10	35,7	0	0,0	0	0,0	10	36
Kujan	0	0,0	3	10,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3	11
<b>zespolone</b>	<b>1</b>	<b>3,5</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>	<b>1</b>	<b>3,5</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>	<b>2</b>	<b>7</b>
dźwigary blachownicowe spawane	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0
dźwigary walcowane	1	3,5	0	0,0	0	0,0	1	3,5	0	0,0	2	7
skrzynka stalowa	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0
<b>Suma:</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>25</b>	<b>14</b>	<b>50</b>	<b>4</b>	<b>14</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>28</b>	<b>100</b>





Rys. 50. Rodzaj konstrukcji przęsa a maksymalna rozpiętością przęsa w schemacie statycznym belki swobodnie podpartej

#### 5.4.7.2 Analiza zależności pomiędzy rodzajem konstrukcji przęsa a maksymalną rozpiętością przęsa w schemacie statycznym belki ciągłej

W przypadku obiektów o schemacie statycznym belki ciągłej na próbę badawczą złożyło się 29 konstrukcji.

Wśród tych obiektów największą część stanowią konstrukcje sprężone monolityczne belkowe – aż 48 % (14 szt.). W tym układzie statycznym najbardziej typowymi przedziałami rozpiętości dla tego rodzaju konstrukcji przęsa są: 20 – 30 m oraz 30 – 40 m. Występują również przęsa o długości powyżej 40 m.

Jednakowy udział w obiektach o schemacie statycznym belki ciągłej po 21% (6 szt.) mają konstrukcje żelbetowe monolityczne (głównie płytowe) oraz konstrukcje zespolone. W przypadku obiektów żelbetowych monolitycznych występują przede wszystkim jako konstrukcje o rozpiętości przęsa od 15 do 20 m, w mniejszym stopniu o rozpiętości 20 – 30 m. Natomiast obiekty zespolone to głównie konstrukcje o rozpiętości przęsa od 20 – 30 m, w mniejszym zakresie od 30 do 40 m.

Obiekty mostowe o konstrukcji dźwigarów prefabrykowanych w układzie ciągłym to zaledwie 10% (3 szt.) całej analizowanej grupy.

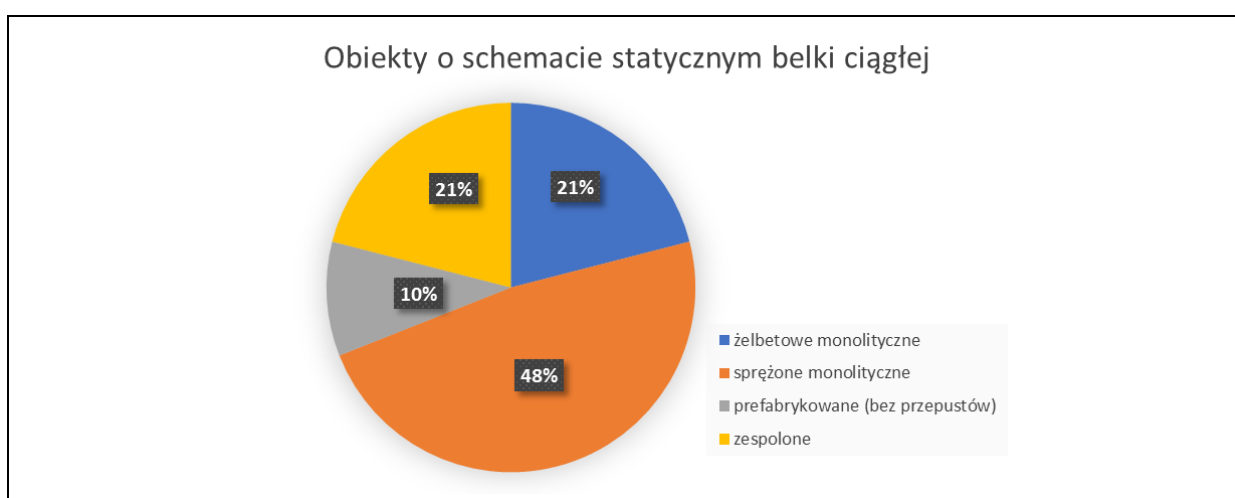
Szczegółowe wyniki zostały przedstawione w Tab. 60.

Tab. 60. Rodzaj konstrukcji przęsa a maksymalna rozpiętością przęsa w schemacie statycznym belki ciągłej

Rodzaj konstrukcji przęsa	Belka ciągła											
	5 - 15 m		15 - 20 m		20 - 30 m		30 - 40 m		ponad 40 m		Całość	
	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%
<b>żelbetowe monolityczne</b>	0	0,0%	4	14,0%	2	6,9%	0	0,0%	0	0,0%	6	21%
płyta	0	0,0%	3	10,5%	1	3,5%	0	0,0%	0	0,0%	4	14%
belka	0	0,0%	1	3,5%	1	3,5%	0	0,0%	0	0,0%	2	7%
<b>sprężony monolityczne</b>	0	0,0%	0	0,0%	6	20,8%	5	17,1%	3	10,0%	14	48%
płyta	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0%

## Ocena obiektów mostowych

belka	0	0,0%	0	0,0%	6	20,8%	5	17,1%	3	10,0%	14	48%
<b>prefabrykaty</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>3</b>	<b>10,4%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>3</b>	<b>10%</b>
belka T	0	0,0%	0	0,0%	3	10,4%	0	0,0%	0	0,0%	3	10%
Kujan	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0%
<b>zespólny</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>4</b>	<b>13,9%</b>	<b>2</b>	<b>6,9%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>6</b>	<b>21%</b>
dźwigary blachownicowe spawane	0	0,0%	0	0,0%	3	10,4%	0	0,0%	0	0,0%	3	10%
dźwigary walcowane	0	0,0%	0	0,0%	1	3,5%	0	0,0%	0	0,0%	1	3%
skrzynka stalowa	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	6,9%	0	0,0%	2	7%
<b>SUMA:</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>4</b>	<b>14%</b>	<b>15</b>	<b>52%</b>	<b>7</b>	<b>24%</b>	<b>3</b>	<b>10%</b>	<b>29</b>	<b>100%</b>



Rys. 51. Rodzaj konstrukcji przęsta a maksymalna rozpiętością przęsta w schemacie statycznym belki ciągłej

### 5.4.7.3 Analiza zależności pomiędzy rodzajem konstrukcji przęsta a maksymalną rozpiętością przęsta w układzie ramowym

Ostatnią grupę stanowią obiekty w układzie ramowym. Po wyłączeniu z badanej grupy przepustów, drogowych obiektów mostowych jest 13 i liczba ta stanowi w tym przypadku analizowaną próbę badawczą.

W konstrukcjach o schemacie statycznym ramowym wyraźną przewagę nad pozostałymi konstrukcjami mają przęsta żelbetowe monolityczne stanowiące aż 62% (8 szt.) w tej próbie badawczej. Obiekty tego typu przede wszystkim występują o rozpiętości przęseł 20 – 30 m (głównie konstrukcje żelbetowe monolityczne belkowe) oraz 30 – 40 m (głównie konstrukcje żelbetowe monolityczne płytowe). Mniejszy aczkolwiek znaczący udział mają również obiekty o rozpiętości 15 – 20 m.

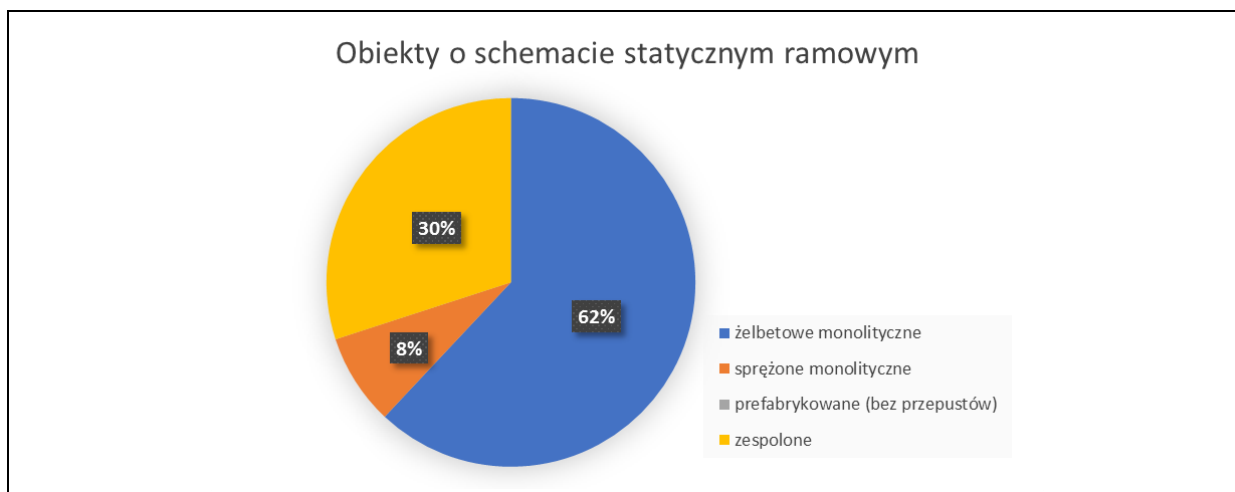
Drugie miejsce w układzie statycznym ramowym zajęły przęsta o konstrukcji zespolonej stanowiące 30 % (4 szt.) w badanej grupie obiektów. Są to ramy zespolone o dźwigarach blachownicowych spawanych. Najczęściej występujące rozpiętości przęseł dla tego typu obiektów w układzie ramowym to 30 – 40 m oraz rozpiętości ponad 40 m.

W niniejszej próbie badawczej obiekty o dźwigarach prefabrykowanych nie wystąpiły.

W Tab. 61 przedstawiono szczegółowe wyniki niniejszej analizy.

Tab. 61. Rodzaj konstrukcji przęsła a maksymalna rozpiętością przęsła w układzie ramowym

Rodzaj konstrukcji przęsła	Układ ramowy											
	5 - 15 m		15 - 20 m		20 - 30 m		30 - 40 m		ponad 40 m		Całość	
	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%
<b>żelbetowe monolityczne</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>2</b>	<b>15,0%</b>	<b>3</b>	<b>23,3%</b>	<b>3</b>	<b>22,8%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>8</b>	<b>62%</b>
płyta	0	0,0%	1	7,5%	1	7,8%	3	22,8%	0	0,0%	5	38%
belka	0	0,0%	1	7,5%	2	15,5%	0	0,0%	0	0,0%	3	23%
<b>sprężony monolityczne</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>1</b>	<b>7,8%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>1</b>	<b>8%</b>
płyta	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0%
belka	0	0,0%	0	0,0%	1	7,8%	0	0,0%	0	0,0%	1	8%
<b>prefabrykaty</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>
belka T	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0%
Kujan	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0%
<b>zespólony</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>0</b>	<b>0,0%</b>	<b>2</b>	<b>15,2%</b>	<b>2</b>	<b>15,0%</b>	<b>4</b>	<b>30%</b>
dźwigary blachownicowe spawane	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	2	15,2%	2	15,0%	4	30%
dźwigary walcowane	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0%
skrzynka stalowa	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0%
<b>SUMA:</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>2</b>	<b>15%</b>	<b>4</b>	<b>31%</b>	<b>5</b>	<b>38%</b>	<b>2</b>	<b>15%</b>	<b>13</b>	<b>100%</b>



Rys. 52. Rodzaj konstrukcji przęsła a maksymalna rozpiętością przęsła w schemacie statycznym ramowym

Podsumowanie:

Z niniejszej analizy wynika, że wśród drogowych obiektów mostowych o schemacie statycznym belki swobodnie podpartej, typowymi rozwiązaniami są obiekty o dźwigarach prefabrykowanych, następnie obiekty o konstrukcji sprężonej monolitycznej. Oba rodzaje konstrukcji przęseł przede wszystkim stosowane były w przypadkach rozpiętości przęsła od 20 do 30 m.

W przypadku obiektów o schemacie statycznym belki ciągłej prawie połowę konstrukcji stanowią przęsła sprężone monolityczne. Znaczący udział w tej grupie miały również objekty żelbetowe monolityczne oraz zespolone. Rozpiętości przęseł to głównie zakres od 20 do 30 m. Ponadto w przypadku konstrukcji sprężonych monolitycznych znacząca część obiektów występuje w przedziale rozpiętości od 30 do 40 m.

Trzecia grupa obiektów, tj. konstrukcje o schemacie statycznym ramowym w przeważającej ilości (62%) stanowią konstrukcje żelbetowe monolityczne. Zaraz za nimi występują objekty zespolone (30%). Konstrukcje żelbetowe monolityczne, w tym układzie statycznym, obejmują trzy przedziały rozpiętości przęseł, a mianowicie: 15 – 20 m, 20 – 30 m oraz 30 – 40 m. Natomiast w obiektach zespolonych o schemacie statycznym ramowym najczęściej występujący przedział rozpiętości przęseł to 30 – 40 m oraz ponad 40 m.

#### 5.4.8 Analiza zależności klasy drogi a szerokości użytkowej pasa ruchu drogowego

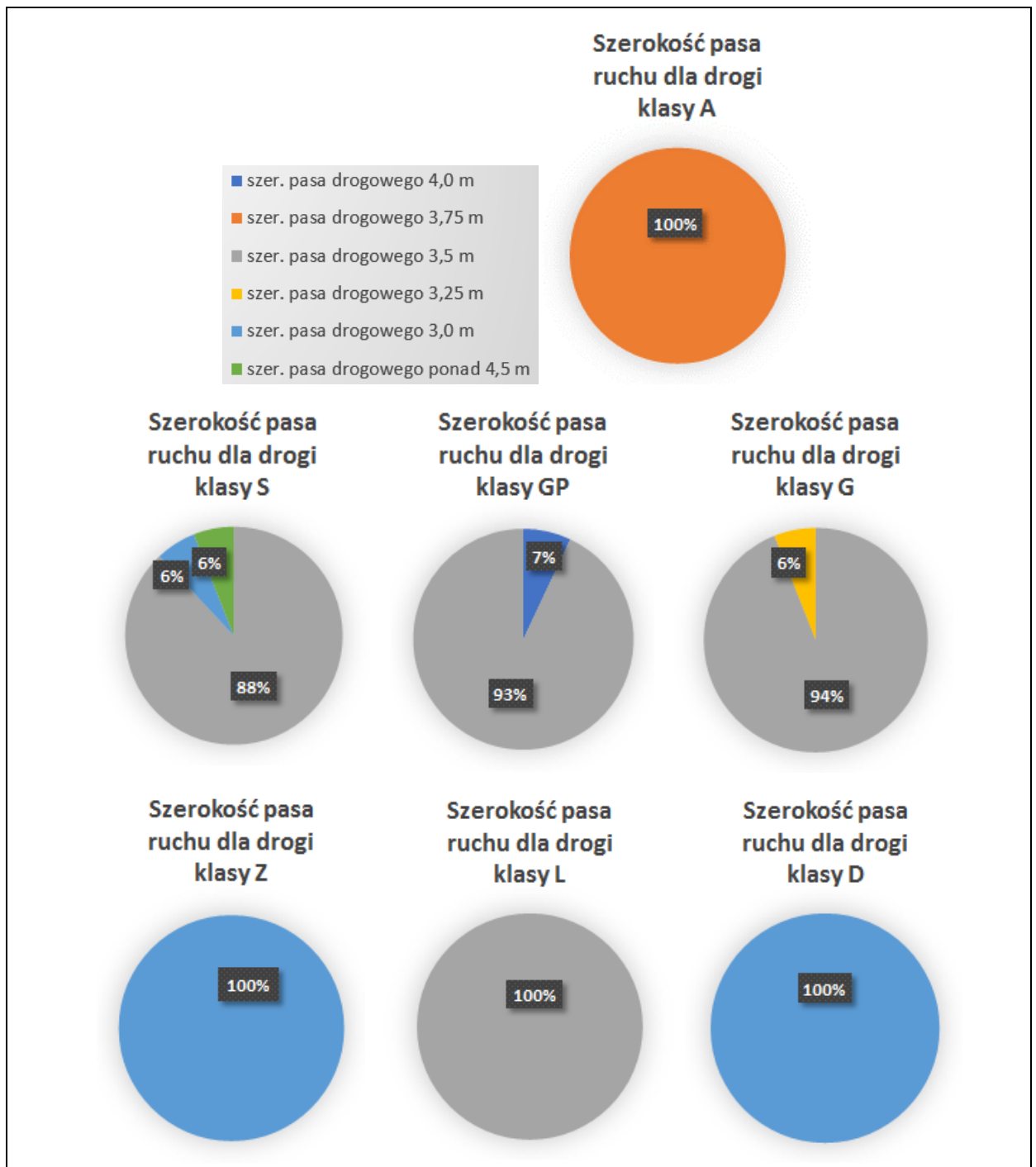
Obiekty wchodzące w skład próby badawczej przeanalizowano również pod względem szerokości pasa ruchu a klasy drogi. Z oczywistych względów w tym przypadku próbę badawczą pomniejszono o 9 kładek, zatem wyniosła 84 objekty.

Zgodnie z przeprowadzoną analizą, której wyniki zostały zawarte w tabeli (Tab. 62). Otrzymano następujące wyniki:

- dla klasy drogi A szerokość pasa ruchu wynosi 3,75 m – co stanowi 100 % obiektów w niniejszej próbie badawczej w danej klasie drogi,
- dla klasy drogi S szerokość pasa ruchu wynosi 3,5 m, 3,0 m, ponad 4,5 m – co stanowi odpowiednio 88 %, 6 % i 6 % obiektów w niniejszej próbie badawczej w danej klasie drogi,
- dla klasy drogi GP szerokość pasa ruchu wynosi 3,5 m oraz 4,0 m – co stanowi odpowiednio 93 % oraz 7 % obiektów w niniejszej próbie badawczej w danej klasie drogi,
- dla klasy drogi G szerokość pasa ruchu wynosi 3,5 m oraz 3,25 m – co stanowi odpowiednio 94 % oraz 6 % obiektów w niniejszej próbie badawczej w danej klasie drogi,
- dla klasy drogi Z szerokość pasa ruchu wynosi 3,0 m – co stanowi 100 % obiektów w niniejszej próbie badawczej w danej klasie drogi,
- dla klasy drogi L szerokość pasa ruchu wynosi 3,5 m – co stanowi 100 % obiektów w niniejszej próbie badawczej w danej klasie drogi,
- dla klasy drogi D szerokość pasa ruchu wynosi 3,0 m – co stanowi 100 % obiektów w niniejszej próbie badawczej w danej klasie drogi.

Tab. 62. Klasa drogi a szerokość użytkowa pasa ruchu drogowego

Klasa drogi	Szerokość użytkowa pasa ruchu													
	4 m		3,75 m		3,5 m		3,25 m		3,0 m		ponad 4,5 m		SUMA	
	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%
<b>A</b>	0	0%	13	100%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	13	100%
<b>S</b>	0	0%	0	0%	31	88%	0	0%	2	6%	2	6%	35	100%
<b>GP</b>	1	7%	0	0%	14	93%	0	0%	0	0%	0	0%	15	100%
<b>G</b>	0	0%	0	0%	15	94%	1	6%	0	0%	0	0%	16	100%
<b>Z</b>	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%	0	0%	2	100%
<b>L</b>	0	0%	0	0%	2	100%	0	0%	0	0%	0	0%	2	100%
<b>D</b>	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1	100%	0	0%	1	100%
<b>SUMA (próba badawcza z wyłączeniem kładek)</b>													<b>84</b>	



Rys. 53. Szerokość pasa ruchu dla dróg różnych klas

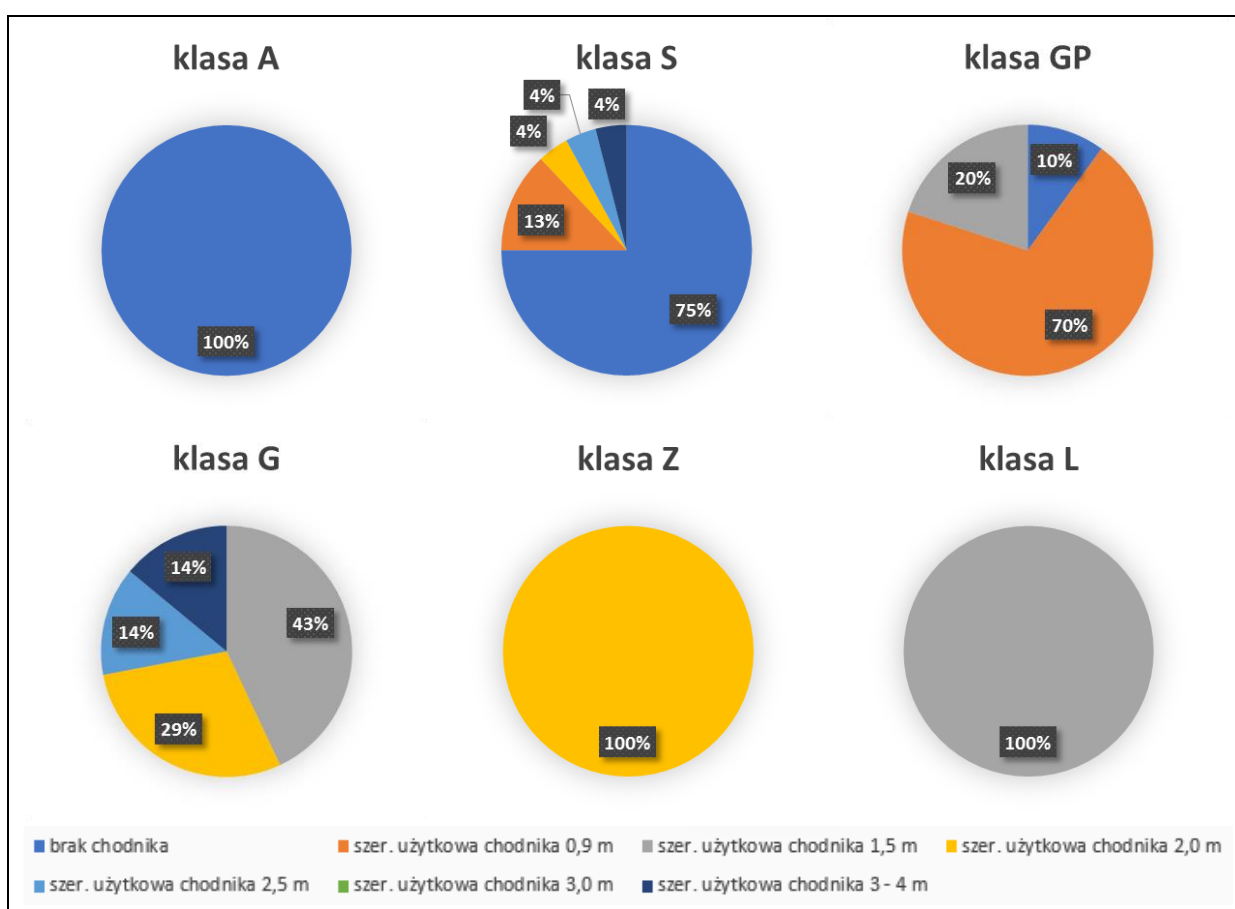
Podsumowanie:

Po przeanalizowaniu ww. grupy badawczej wynika, iż szerokość pasa ruchu dla drogi klasy „A” wynosi 3,75 m. W przypadku dróg klasy S, GP i G w przeważającej większości szerokość pasa ruchu wyniosła 3,5 m. Dla klasy dróg Z i D - 3,0 m, natomiast dla klasy drogi L - 3,5 m. W tym miejscu należy zaznaczyć, iż szerokości pasów ruchu dla poszczególnych klas dróg determinują zapisy Rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie [6].

## 5.4.9 Analiza zależności klasy drogi a szerokości użytkowej chodników na obiekcie mostowych

Tab. 63. Klasa drogi a szerokość użytkowa chodników na obiekcie mostowych

Klasa drogi	Szerokość użytkowa chodnika														SUMA	
	brak		0,9 m		1,5 m		2 m		2,5 m		3 m		3 - 4 m			
	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%
<b>A</b>	13	100%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	<b>13</b>	<b>100%</b>
<b>S</b>	18	75%	3	13%	0	0%	1	4%	1	4%	0	0%	1	4%	<b>24</b>	<b>100%</b>
<b>GP</b>	1	10%	7	70%	2	20%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	<b>10</b>	<b>100%</b>
<b>G</b>	0	0%	0	0%	6	43%	4	29%	2	14%	0	0%	2	14%	<b>14</b>	<b>100%</b>
<b>Z</b>	0	0%	0	0%	0	0%	1	100%	0	0%	0	0%	0	0%	<b>1</b>	<b>100%</b>
<b>L</b>	0	0%	0	0%	2	100%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	<b>2</b>	<b>100%</b>
<b>SUMA</b>															<b>64</b>	



Rys. 54. Szerokość użytkowa chodnika dla dróg różnych klas

## Podsumowanie:

Powyższa analiza wykazuje, iż na obiektach zlokalizowanych w ciągu dróg najwyższych klas, w przeważającej większości, nie stosuje się chodników, lub chodnik przeznaczony jest jedynie dla obsługi. Na obiektach zlokalizowanych w ciągu dróg klasy G szerokość chodnika jest zróżnicowana od 1,5 do 4m, i uzależniona najprawdopodobniej od warunków terenowych. W obiektach ma drogach klas niższych zazwyczaj stosuje się chodniki o najmniejszych szerokościach użytkowych, tj. 1,5 i 2,0m.

#### 5.4.10 Analiza zależności pomiędzy rodzajem konstrukcji przęsła a lokalizacją w terenie zabudowanym/niezabudowanym dla poszczególnych rodzajów obiektów inżynierskich

Po przeprowadzeniu analizy wynika, że 16% (15 szt.) obiektów objętych próbą badawczą zostało zlokalizowanych na obszarze zabudowanym, a 84% (78 szt.) na terenie niezabudowanym.

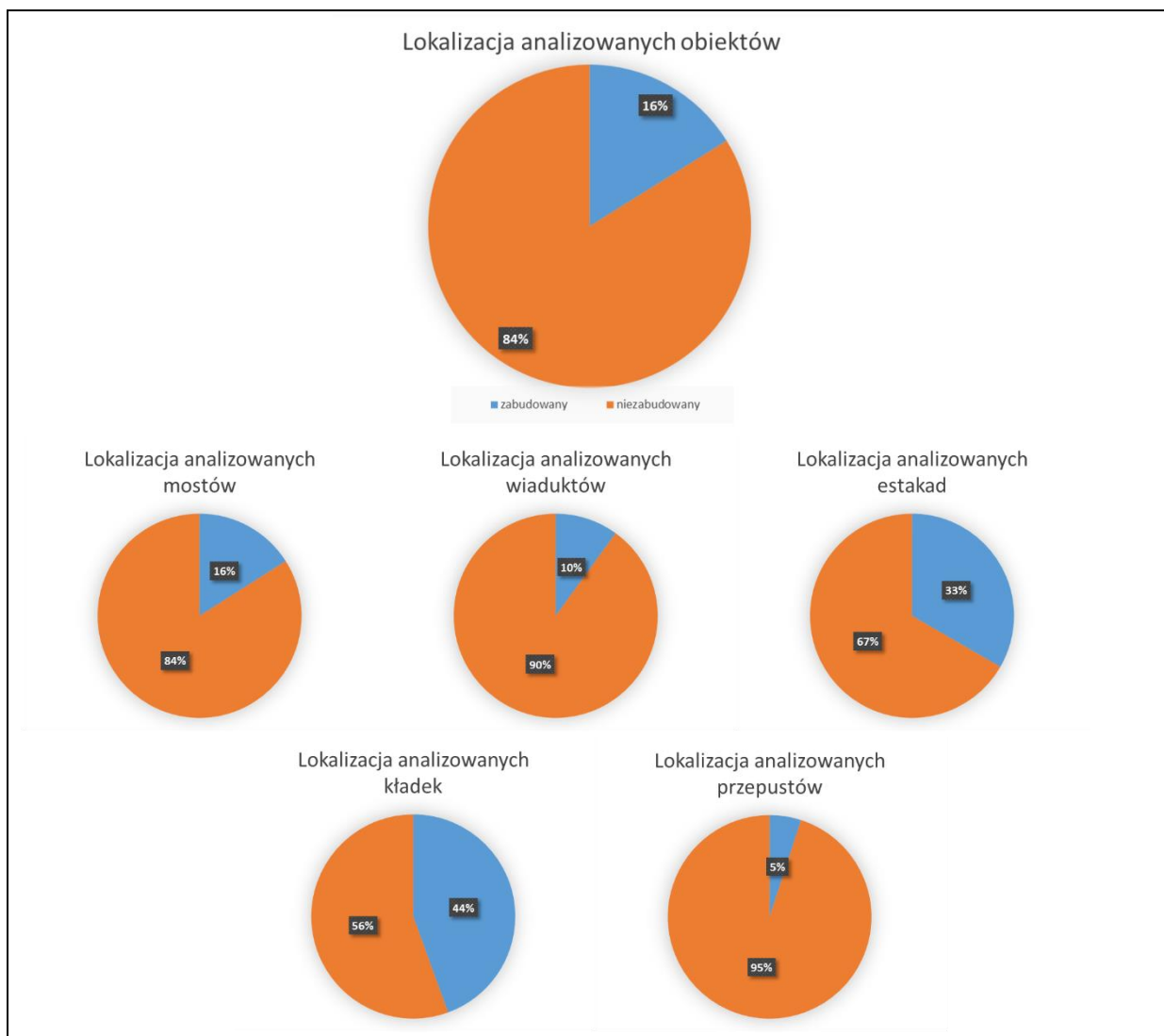
Tab. 64. Lokalizacja w terenie zabudowanym/niezabudowanym dla całej próby badawczej

Obszar	Próba badawcza	
	szt.	%
Zabudowany	15	16%
Niezabudowany	78	84%
<b>SUMA:</b>	<b>93</b>	<b>100%</b>

Uszczegóławiając niniejszą analizę o rodzaj obiektów, tj. mosty, wiadukty, estakady, kładki i przepusty można zauważyć, iż na obszarze niezabudowanym to głównie przepusty, wiadukty i mosty determinują większy udział próby badawczej na tym obszarze, jest to odpowiednio 95%, 90% i 84%. W przypadku kładek i estakad ta dysproporcja jest mniejsza i wynosi: w przypadku kładek 56% zlokalizowanych jest na terenie niezabudowanym, natomiast w przypadku estakad jest to 67%.

Tab. 65. Lokalizacja w terenie zabudowanym/niezabudowanym dla poszczególnych rodzajów obiektów inżynierskich

Obszar	Mosty		Wiadukty		Estakady		Kładki		Przepusty	
	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%
Zabudowany	4	16%	3	10%	3	33%	4	44%	1	5%
Niezabudowany	21	84%	27	90%	6	67%	5	56%	19	95%
<b>SUMA:</b>	<b>25</b>	<b>100%</b>	<b>30</b>	<b>100%</b>	<b>9</b>	<b>100%</b>	<b>9</b>	<b>100%</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>



Rys. 55. Lokalizacja w terenie zabudowanym/niezabudowanym

Mając powyższe informacje dokonano kolejnego uszczegółowienia. Przeanalizowano jaki rodzaj konstrukcji przęsła został zastosowany dla poszczególnych rodzajów obiektów mostowych (mostów, wiaduktów, estakad, kładek) na terenie zabudowanym, a jaki poza terenem zabudowanym. W przypadku mostów zlokalizowanych w obszarze zabudowanym równy udział, tj. po 25% przypadł dla konstrukcji żelbetowych płytowych, sprężonych belkowych, prefabrykowanych belek typu T oraz konstrukcji zespolonych o dźwigarach blachownicowych. Natomiast dla konstrukcji przęseł mostów zlokalizowanych na obszarach niezabudowanych 52% stanowią obiekty o konstrukcji belki sprężonej, 19% obiekty na belkach prefabrykowanych typu T, po 10% przypadło dla przęseł żelbetowych płytowych oraz sprężonych belkowych.

W przypadku wiaduktów zlokalizowanych na obszarze zabudowanym w 67% są to konstrukcje sprężone belkowe, a pozostałe 33% zespolone o dźwigarach blachownicowych. Analizując ten sam rodzaj obiektów na obszarze niezabudowanym wyróżniają się trzy konstrukcje przęseł, tj. przęsła na belkach prefabrykowanych typu T - 30% w niniejszej grupie, przęsła żelbetowe płytowe - 26% oraz obiekty sprężone belkowe - 22%. Pozostałą część stanowią belki „Kujan” - 7%, oraz belkowe żelbetowe i zespolone blachownicowe po 4%.

Wyniki otrzymane po przeprowadzeniu analizy dotyczącej estakad z podziałem na konstrukcje przęsła wynika, że 33% stanowią konstrukcje żelbetowe belkowe zarówno na obszarze zabudowanym jak i niezabudowanym. Pozostałe 67% w przypadku estakad na



terenie zabudowanym stanowią konstrukcje zespolone skrzynkowe, natomiast na obszarze niezabudowanym konstrukcje sprężone belkowe.

W przypadku kładek na obszarze zabudowanym po 25% stanowią konstrukcje żelbetowe belkowe, zespolone o dźwigarach blachownicowych, łukowe i podwieszane. Kładki zlokalizowane poza obszarem zabudowanym to w 40% konstrukcje zespolone o dźwigarach blachownicowych oraz po 20% przęsta żelbetowe belkowe, zespolone na dźwigarach walcowanych i konstrukcje łukowe.

Tab. 66. Rodzaj konstrukcji przęsta a lokalizacja w terenie zabudowanym/niezabudowanym dla mostów, wiaduktów, estakad i kładek

Rodzaj obiektu	Obszar	żelbetowy				sprężony belkowy				prefabrykaty				zespolony				nietypowe				Suma		
		płyta		belka		belka typu "I"		belka typu "Kujan"		dźwigary blachownicowe		dźwigary walcowane		skrzynkowy		łukowy		podwieszony						
		szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%			
MOST	Zab.	1	25	0	0	1	25	1	25	0	0	1	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	100
	Niezab.	2	10	2	10	11	52	4	19	1	5	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	100
WIADUKT	Zab.	0	0	0	0	2	67	0	0	0	0	1	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	100
	Niezab.	7	26	1	4	6	22	8	30	2	7	1	4	2	7	0	0	0	0	0	0	0	2	100
ESTAKADA	Zab.	0	0	1	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	67	0	0	0	0	0	3	100
	Niezab.	0	0	2	33	4	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	100
KŁADKA	Zab.	0	0	1	25	0	0	0	0	0	0	1	25	0	0	0	0	1	25	1	25	4	100	
	Niezab.	0	0	1	20	0	0	0	0	0	0	2	40	1	20	0	0	1	20	0	0	5	100	

Biorąc pod uwagę przepusty, z przeprowadzonej analizy wynika, że dla obszarów niezabudowanych 53% przepustów to konstrukcje skrzynkowe żelbetowe, 37% prefabrykowane stalowe, natomiast pozostałe 11% stanowią konstrukcje prefabrykowane PEHD. Na terenie zabudowanym 100% (1 szt.) to konstrukcje prefabrykowane stalowe.

Tab. 67. Rodzaj konstrukcji przęsta a lokalizacja w terenie zabudowanym/niezabudowanym dla przepustów

Obszar	Typ przepustu						Suma	
	skrzynka żelbetowa		prefabrykowany stalowy		prefabrykowany PEHD			
	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%
Zabudowany	0	0%	1	100%	0	0%	1	100%
Niezabudowany	10	53%	7	37%	2	11%	19	100%

## Podsumowanie

Drogowe obiekty mostowe i przepusty, które stanowią próbę badawczą, występują w 16% na terenie zabudowanym i w 84% na obszarze niezabudowanym. Największą część obiektów na terenie niezabudowanym stanowią przepusty, następnie wiadukty i mosty. Dysproporcja, pomiędzy obszarem zabudowanym i niezabudowanym, w przypadku kładek i estakad się zaciera. Wyniki po przeprowadzeniu analizy pomiędzy poszczególnymi grupami obiektów (mosty, wiadukty, estakady, kładki, przepusty) w terenie zabudowanym i poza nim w odniesieniu do rodzajów konstrukcji przęseł wskazują, iż wśród analizowanych mostów występujących w obszarze zabudowanym brak jest wyraźnego wskazania na jeden rodzaj konstrukcji przęsła. Równy udział przypadł na konstrukcje żelbetowe płytowe, sprężone belkowe, prefabrykowane belki typu T oraz zespolone o dźwigarach blachownicowych. Wśród mostów zlokalizowanych poza terenem zabudowanym dominującą konstrukcją jest przęsło sprężone belkowe – 52%. Ten sam rodzaj konstrukcji, tj. przęsło sprężone belkowe, stanowi 67% w przypadku wiaduktów na terenie zabudowanym. Poza terenem zabudowanym, biorąc pod uwagę wiadukty najczęściej spotykamy obiekty z belek typu T lub płyt żelbetowych.

W przypadku estakad usytuowanych na obszarze zabudowanym i niezabudowanym można wyróżnić jeden rodzaj konstrukcji, odpowiednio: na terenie zabudowanym – konstrukcje zespolone skrzynkowe stanowiące 67%, na obszarze niezabudowanym obiekty sprężone belkowe – również 67%.

Analizując konstrukcje kładek zlokalizowanych na terenie zabudowanym można stwierdzić, iż w 50% są to konstrukcje, które we wcześniejszym etapie analizy zostały zakwalifikowane jako nietypowe, tj. konstrukcje podwieszane i łukowe. W przypadku kładek usytuowanych poza obszarem zabudowanym dominującą konstrukcją stanowią przęsła zespolone o dźwigarach blachownicowych – 40%.

W przypadku przepustów zlokalizowanych poza obszarem zabudowanym, dominującym rodzajem konstrukcji są przepusty skrzynkowe żelbetowe 53%. Na terenie zabudowanym w niniejszej próbie badawczej wystąpił jeden przepust, o konstrukcji prefabrykowanej stalowej.

#### 5.4.11 Analiza zależności pomiędzy rodzajem konstrukcji przęsła a rodzajem przeszkody dla poszczególnych rodzajów obiektów inżynierskich

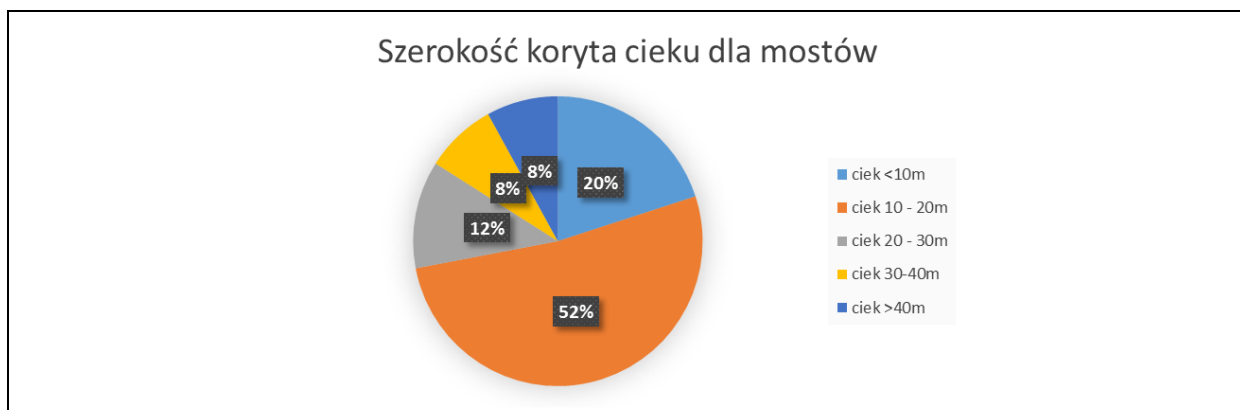
Powyższą analizę rozpoczęto od zestawienia rodzaju obiektów od rodzaju przeszkody, a w przypadku mostów od szerokości przeszkody (cieku).

W przypadku mostów podział próby badawczej w zależności od szerokości cieku przedstawia się następująco: mosty zlokalizowane nad ciekami o szerokości poniżej 10m stanowią 20% obiektów wśród analizowanej grupy, 52% to mosty nad ciekami o szerokości 10 -20m, 12% nad ciekami o szerokości 20 – 30m, dla przedziału 30 – 40m i ponad 40m mosty stanowią po 8%.

Tab. 68. Rodzaj konstrukcji przęsła a rodzaj przeszkody dla mostów

Rodz. obiektu	Przeszkoda	Liczba obiektów	
		szt.	%
Most	ciek <10m	5	20%
	ciek 10 - 20m	13	52%
	ciek 20 - 30m	3	12%
	ciek 30-40m	2	8%
	ciek >40m	2	8%

<b>SUMA:</b>	<b>25</b>	<b>100%</b>
--------------	-----------	-------------

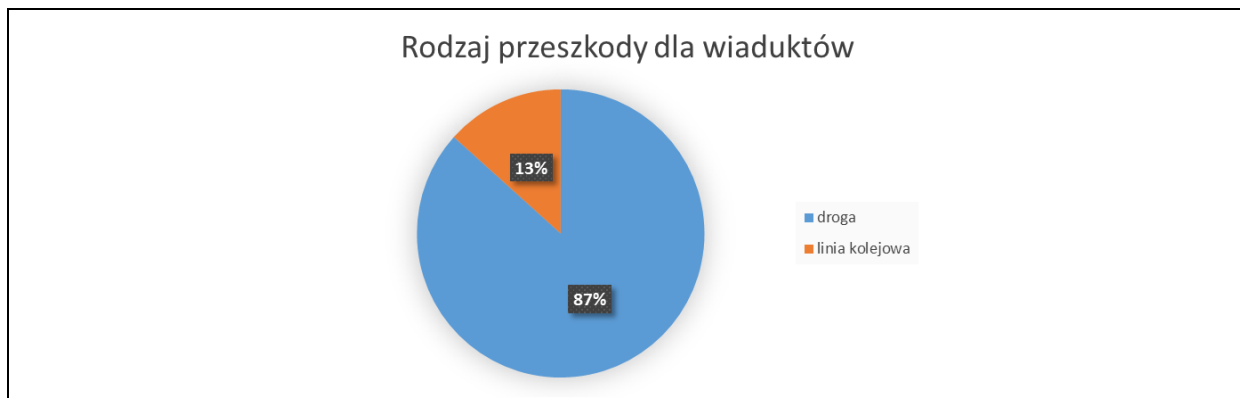


Rys. 56. Szerokość koryta ciek dla mostów

Kolejną grupę obiektów mostowych wśród analizowanej grupy z próby badawczej stanowią wiadukty. W przypadku tego rodzaju obiektów 87% stanowią wiadukty usytuowane nad istniejącymi drogami, natomiast w 13% to wiadukty drogowe nad linią kolejową.

Tab. 69. Rodzaj konstrukcji przęsła a rodzaj przeszkody dla wiaduktów

Rodz. obiektu	Przeszkoda	Liczba obiektów	
		szł.	%
Wiadukt	droga	26	87%
	linia kolejowa	4	13%
<b>SUMA:</b>		<b>30</b>	<b>100%</b>

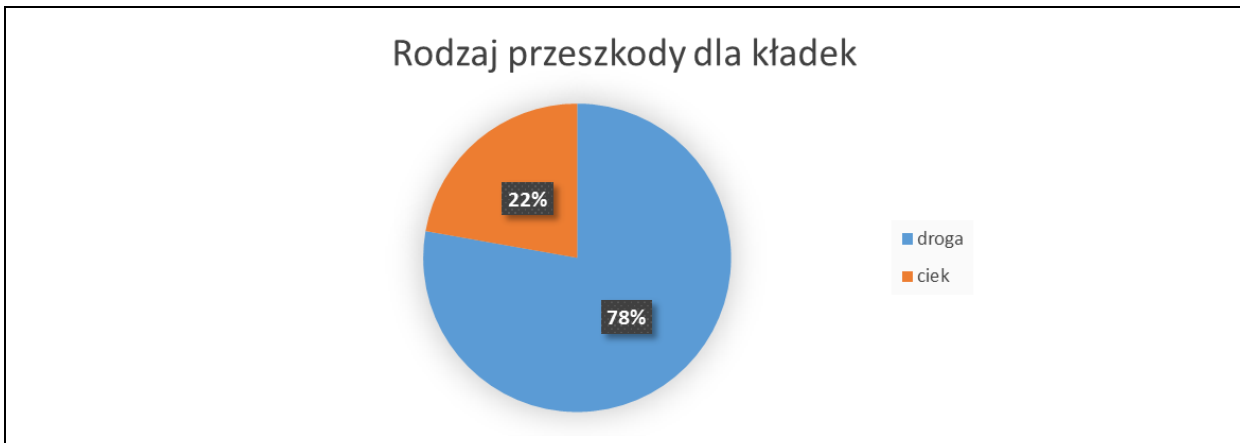


Rys. 57. Rodzaj przeszkody dla wiaduktów

W przypadku kładek 78% z nich znajduje się nad istniejącymi drogami, natomiast 22% nad ciekami.

Tab. 70. Rodzaj konstrukcji przęsła a rodzaj przeszkody dla kładek

Rodz. obiektu	Przeszkoda	Liczba obiektów	
		szł.	%
Kładka	droga	7	78%
	ciek	2	22%
<b>SUMA:</b>		<b>9</b>	<b>100%</b>



Rys. 58. Rodzaj przeszkody dla kładek

Wśród analizowanych przepustów 80% z nich przeprowadza ciek na drugą stronę nasypu drogowego, natomiast 20% stanowi szlak migracji zwierząt.

Tab. 71. Rodzaj konstrukcji przęsta a rodzaj przeszkody dla przepustów

Rodz. obiektu	Przeszkoda	Liczba obiektów	
		szt.	%
Przepust	ciek	16	80%
	szlak migracji zwierząt	4	20%
SUMA:		20	100%



Rys. 59. Rodzaj przeszkody dla przepustów

Rozbudowując powyższe analizy o rodzaj konstrukcji obiektów inżynierskich otrzymano następujące dane:

Konstrukcje przęsa mostów zlokalizowanych nad ciekami o szerokości mniejszej niż 10m w 40% stanowią obiekty sprężone belkowe, w 40% to konstrukcje żelbetowe monolityczne (po 20% dla przęsa żelbetowych płytowych i belkowych), w 20% są to prefabrykowane belki typu T. Mosty nad ciekami o szerokości 10 -20m to głównie konstrukcje żelbetowe sprężone – 54%, w dalszej kolejności prefabrykowane belki 23% (belka typu T – 15%, belka typu Kujan – 8%), 16% przypadło w udziale obiektom żelbetowym monolitycznym ( płytowym – 8%, belkowym – 8%), ostatnie 8% to konstrukcje zespolone o dźwigarach blachownicowych.

Kolejny przedział to obiekty nad ciekami o szerokości 20 - 30m. Równy udział 33% przypadł dla konstrukcji żelbetowych płytowych, na belkach prefabrykowanych typu T oraz zespolonych na dźwigarach blachownicowych.

Mosty zlokalizowane nad ciekami o szerokości 30 - 40m to przęsła sprężone belkowe – 50% oraz prefabrykowane belki typu T – 50%.

W przypadku, gdy szerokość cieku przekracza 40m, w próbie badawczej wystąpiły konstrukcje sprężone belkowe – 100% (2szt.).

Kolejną analizowaną grupę stanowią wiadukty nad istniejącymi drogami. W tym przypadku 39% konstrukcji stanowią belki prefabrykowane (31% belki typu T, 8% belki typu Kujan), 27% przęsła sprężone belkowe oraz kolejne 27% konstrukcje żelbetowe monolityczne ( 23% żelbetowe płytowe, 4% żelbetowe belkowe). Najmniejszy udział przypadł przęslom zespolonym – 8%.

Natomiast dla wiaduktów usytuowanych nad linią kolejową 50% stanowią przęsła na belkach prefabrykowanych (25% belka typu T, 25% belka typu Kujan). Po 25% przypadło dla konstrukcji żelbetowej płytowej i belkowej sprężonej.

W przypadku estakad zlokalizowanych nad istniejącym terenem 44% stanowią obiekty o przęsłach sprężonych belkowych, 33% o przęsłach żelbetowych belkowych oraz 22% konstrukcje zespolone skrzynkowe.

Kolejny rodzaj obiektów stanowią kładki usytuowane nad istniejącymi drogami i nad ciekami. Wśród konstrukcji znajdujących się nad drogami w 43% są to konstrukcje zespolone o dźwigarach blachownicowych, w 29% to konstrukcje żelbetowe belkowe, kolejne 29% stanowią konstrukcje łukowe.

Tab. 72. Rodzaj konstrukcji przęsta a rodzaj przeszkody dla poszczególnych obiektów inżynierskich z podziałem na typ konstrukcji

Rodzaj obiektu	Przeszkoda	żelbetowy				sprężony belkowy	prefabrykaty				zespólny				nietypowe				Suma					
		płyta		belka			belka typu "I"		belka typu "Kujan"		dźwigary blachownicowe		dźwigary walcowane		skrzynkowy		łukowy				podwieszony			
		szt.	%	szt.	%		szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%			szt.	%		
Most	ciek <10m	1	20	1	20	2	40	1	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	100
	ciek 10- 20m	1	8	1	8	7	54	2	15	1	8	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	100
	ciek 20- 30m	1	33	0	0	0	0	1	33	0	0	1	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	100
	ciek 30-40m	0	0	0	0	1	50	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	100
	ciek >40m	0	0	0	0	2	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	100
Wiadukt	droga	6	23	1	4	7	27	8	31	2	8	1	4	1	4	0	0	0	0	0	0	0	26	100
	linia kolejowa	1	25	0	0	1	25	0	0	0	0	1	25	1	25	0	0	0	0	0	0	0	4	100
Estakada	istniejący teren	0	0	3	33	4	44	0	0	0	0	0	0	0	0	2	22	0	0	0	0	0	9	100
Kładka	droga	0	0	2	29	0	0	0	0	0	0	3	43	0	0	0	0	2	29	0	0	0	7	100
	ciek	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	50	0	0	0	0	1	50	2	100	

Przepustów, które za zadanie mają zachować ciągłość cieku pod nasypem drogowym, to w 44% konstrukcje skrzynkowe, kolejne 44% stanowią konstrukcje prefabrykowane stalowe, pozostałą część stanowią przepusty prefabrykowane PEHD. W przypadku przepustów przeznaczonych do przeprowadzenia zwierząt pod nasypem drogowym 75% tego rodzaju obiektów inżynierskich stanowią skrzynki żelbetowe, pozostałe 25% to przepusty prefabrykowane stalowe.

Tab. 73. Rodzaj konstrukcji przęsta a rodzaj przeszkody dla przepustów z podziałem na typ konstrukcji

Przeszkoda	Przepusty						Suma	
	skrzynka żelbetowa		prefabrykowane stalowe		prefabrykowane PEHD			
	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%
ciek	7	44%	7	44%	2	13%	16	100%
szlak migracji zwierząt	3	75%	1	25%	0	0%	4	100%

### Podsumowanie

Podsumowując powyższą analizę zależności szerokości cieku, w przypadku mostów, oraz rodzaju przeszkody, w przypadku pozostały obiektów inżynierskich, w stosunku do rodzaju konstrukcji przęseł. W przypadku mostów zlokalizowanych nad ciekami o szerokości powyżej 40m, jako wiodące można wyróżnić obiekty o konstrukcji sprężonej belkowej, dla cieków o szerokości 30 – 40m – konstrukcje sprężone belkowe oraz belki prefabrykowane typu „T”. Kolejny przedział stanowią mosty usytuowane nad ciekami o szerokości 20 – 30m w tej grupie brak jednego wyróżniającego się rodzaju konstrukcji przęsła, w równych częściach stanowią je konstrukcje żelbetowe płytowe, prefabrykowane belki typu T oraz konstrukcje zespolone o dźwigarach blachownicowych. W przypadków rodzaju konstrukcji mostów występujących nad ciekami o szerokości 10 – 20m to głównie obiekty sprężone belkowe. Ostatnią grupę stanowią mosty zlokalizowane na ciekach o szerokości poniżej 10m, są to głównie obiekty o konstrukcji sprężonej belkowej i obiekty żelbetowe.

Kolejną analizowaną grupą obiektów były wiadukty w rozbiu na wiadukty zlokalizowane nad istniejącymi drogami oraz nad liniami kolejowymi. Wśród wiaduktów usytuowanych nad istniejącymi drogami największą część stanowią obiekty o konstrukcji przęseł z belek prefabrykowanych. W przypadku wiaduktów nad liniami kolejowymi brak jest wiodącego typu konstrukcji (cztery typy po 25%).

Estakady, dla których główną przeszkodą jest ukształtowanie terenu to w większości obiekty o konstrukcji sprężonej belkowej.

Ostatnią grupę obiektów mostowych stanowią kładki, które zostały zlokalizowane nad istniejącymi drogami oraz ciekami wodnymi. W pierwszym przypadku dominującym rodzajem konstrukcji są obiekty zespolone na dźwigarach blachownicowych. W przypadku kładek usytuowanych nad ciekami wodnymi to w 50% obiekty zespolone na dźwigarach walcowanych, a w 50% konstrukcje podwieszane.

W przypadku przepustów, które mają za zadanie zachowanie ciągłości szlaków migracji zwierząt, są to konstrukcje skrzynkowe żelbetowe. Dla przepustów przeprowadzające cieki na drugą stronę korony drogi to w równych częściach konstrukcje skrzynkowe żelbetowe oraz prefabrykowane stalowe.

#### 5.4.12 Analiza zależności pomiędzy rodzajem konstrukcji przęsła w ciągu danej klasy drogi dla poszczególnych rodzajów obiektów inżynierskich

W niniejszej analizie wyłączone kładki ze względu na to, iż nie są to obiekty nad, a nie w ciągu dróg.

W poniżej tabeli przeanalizowano rodzaje konstrukcji przęseł występujące w ciągu poszczególnych klas dróg. Dla klasy A: 62% obiektów stanowią konstrukcje sprężone belkowe, 23% to konstrukcje prefabrykowane (z podziałem na belki typu T – 8% oraz Kujan – 15%) oraz 15% konstrukcje żelbetowe (po połowie płytowe i belkowe).

Konstrukcje zlokalizowane w ciągu drogi klasy S nie mają tak wyraźnego zróżnicowania jak w przypadku obiektów w ciągu drogi klasy A. Obiekty z przęsłem o konstrukcji żelbetowej monolitycznej (płytowe i belkowe), sprężone belkowe oraz prefabrykowane z belek typu „T” stanowią po 29% obiektów w niniejszej klasie drogi. Pozostałą część, tj. 13%, stanowią konstrukcje zespolone. Konstrukcje obiektów mostowych występujące w ciągu drogi klasy GP to po 40% przęsła żelbetowe monolityczne (z przewagą płytowych - 30%) oraz konstrukcje na belkach prefabrykowanych (z przewagą belki typu T – 30%). Pozostałe 20% stanowią obiekty o przęsłach sprężonych belkowych. W przypadku obiektów lokalizowanych w ciągu dróg klasy G po 36% stanowią konstrukcje sprężone belkowe i zespolone. Pozostałą część

## Ocena obiektów mostowych

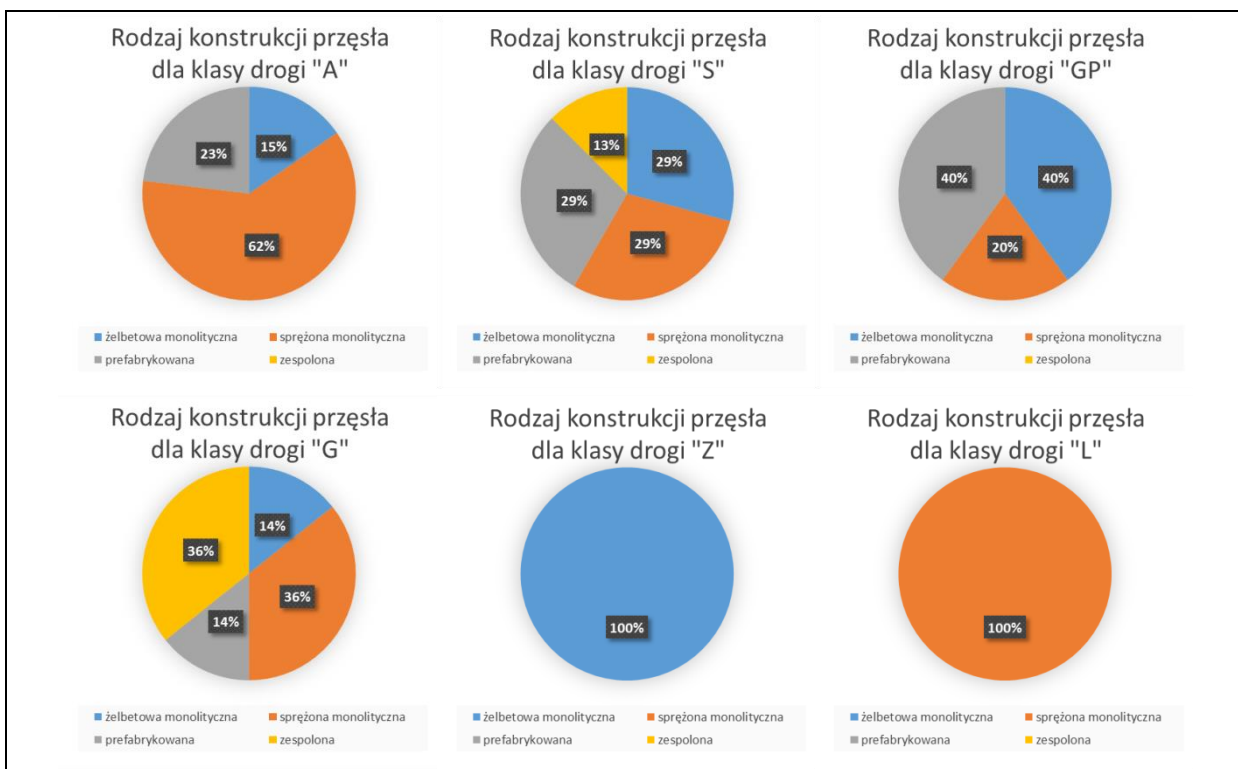
stanowią obiekty żelbetowe monolityczne (w równej części belkowe i płytowe) oraz prefabrykowane belki typu T – po 14%.

Dla obiektów mostowych w ciągu pozostałych klas dróg, tj. Z i L odpowiednio dla klasy Z - 100% (1 szt.) stanowią konstrukcje żelbetowe płytowe, natomiast dla drogi klasy L - 100% to konstrukcje sprężone belkowe.

W niniejszej próbie badawczej nie występują obiekty mostowe w ciągu klasy drogi D.

Tab. 74. Rodzaj konstrukcji przęsta w ciągu danej klasy drogi dla mostów, wiaduktów i estakad (łącznie)

Konstrukcja przęsta	Klasa drogi											
	A		S		GP		G		Z		L	
	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%
żelbetowa monolityczna		15		29		40		14		100		0
płyta	1	8	4	17	3	30	1	7	1	100	0	0
belka	1	8	3	13	1	10	1	7	0	0	0	0
sprężona monolityczna		62		29		20		36		0		100
płyta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
belka	8	62	7	29	2	20	5	36	0	0	2	100
prefabrykowana		23		29		40		14		0		0
belka T	1	8	7	29	3	30	2	14	0	0	0	0
„Kujan”	2	15	0	0	1	10	0	0	0	0	0	0
zespolona		0		13		0		36		0		0
dźwigary blachownicowe	0	0	1	4	0	0	3	21	0	0	0	0
dźwigary walcowane	0	0	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0
skrzynka stalowa	0	0	0	0	0	0	2	14	0	0	0	0
	13	100%	24	100%	10	100%	14	100%	1	100%	2	100%



Rys. 60. Rodzaj konstrukcji przęsta dla dróg poszczególnych klas



Powyższą analizę uszczegółowiono o rodzaje obiektów mostowych, tj. mosty, wiadukty i estakady. Z wyników tej analizy można stwierdzić, że mosty zlokalizowane w ciągu drogi klasy A to w 71% obiekty o konstrukcji przęsta sprężonej belkowej, a po 14% - żelbetowe płytowe i belkowe. Podobnie sytuacja wygląda w przypadku mostów występujących w ciągu klasy drogi S, tj. 71% to konstrukcje sprężone belkowe, 14% to konstrukcje żelbetowe płytowe, natomiast kolejne 14% stanowią przęsta na belkach prefabrykowanych typu T. Dla klasy drogi GP mosty o konstrukcji przęsta z belek prefabrykowanych typu T stanowią 50%, pozostała część w równych proporcjach, tj. po 25% przypadła dla konstrukcji sprężonych belkowych oraz prefabrykowanych belek typu Kujan. W przypadku mostów zlokalizowanych w ciągu drogi klasy G po 40% stanowią konstrukcje na prefabrykowanych belkach typu „T” oraz obiekty zespolone o dźwigarach blachownicowych. W 20% są to przęsta o konstrukcji belkowej żelbetowej.

Mosty zlokalizowane w ciągu dróg niższych klas, tj. Z i L, w analizowanej próbie badawczej stanowią odpowiednio: 100% (1szt.) dla konstrukcji żelbetowych płytowych oraz 100% (1szt.) dla konstrukcji sprężonych belkowych.

Analizując rodzaj konstrukcji przęsta dla kolejnej grupy obiektów mostowych, czyli wiaduktów, można stwierdzić, że w przypadku dróg klasy A po 40% stanowią konstrukcje sprężone belkowe oraz przęsta z prefabrykowanych belek typu Kujan. Pozostałe 20% to wiadukty również o przęstach z prefabrykowanych belek, tym razem typu T. Dla kolejnej klasy drogi, tj. S, wiadukty o konstrukcji przęsta prefabrykowanego na belkach typu T stanowią 50%, 25% to konstrukcje żelbetowe płytowe oraz 25% stanowią konstrukcje zespolone z podziałem: 17% konstrukcje zespolone na dźwigarach walcowanych, 8% konstrukcje zespolone o dźwigarach blachownicowych. W przypadku wiaduktów wybudowanych w ciągu dróg klasy GP 67% stanowią przęsta żelbetowe monolityczne z podziałem 50% dla żelbetowych płytowych i 17% żelbetowych belkowych. Pozostała część obiektów w tej grupie stanowią konstrukcje sprężone belkowe oraz prefabrykowane belki typu T, tj. po 17%. Wiadukty usytuowane w ciągu drogi klasy G to w 67% konstrukcje sprężone belkowe, oraz po 17% żelbetowe płytowe oraz zespolone na dźwigarach blachownicowych. W niniejszej próbie nadawczej występuje jeden wiadukt (100%) w ciągu drogi klasy L o konstrukcji przęsta sprężonej belkowej.

Ostatnia grupa omawianych obiektów mostowych w niniejszej próbie badawczej to estakady, które występują w ciągu trzech klas dróg: A, S i G. Estakady występujące w ciągu drogi klasy A to w 100% (1szt.) obiekty o konstrukcji przęsta sprężonej belkowej. W przypadku obiektów w ciągu drogi klasy S w 60% to obiekty żelbetowe belkowe, w 40% sprężone belkowe. Dla klasy G konstrukcje przęsta zespolone skrzynkowe stanowią 67%, a 33% sprężone belkowe.

Tab. 75. Rodzaj konstrukcji przęsła w ciągu danej klasy drogi z podziałem na mosty, wiadukty i estakady

Rodzaj obiektu	Klasa drogi	żelbetowy				sprężony belkowy	prefabrykaty				zespolony						nietypowe				Suma			
		płyta		belka			belka typu "T"		belka typu "Kujan"		dźwigary blachownicowe		dźwigary walcowane		skrzynkowy		łukowy		podwieszony					
		szt.	%	szt.	%		szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%			szt.	%
Most	L	0	0	0	0	1	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	100
	Z	1	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	100
	G	0	0	1	20	0	0	2	40	0	0	2	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	100
	GP	0	0	0	0	1	25	2	50	1	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	100
	S	1	14	0	0	5	71	1	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	100
	A	1	14	1	14	5	71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	100
Wiadukt	L	0	0	0	0	1	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	100
	Z	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	0	-
	G	1	17	0	0	4	67	0	0	0	0	1	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	100
	GP	3	50	1	17	1	17	1	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	100
	S	3	25	0	0	0	0	6	50	0	0	1	8	2	17	0	0	0	0	0	0	0	12	100
	A	0	0	0	0	2	40	1	20	2	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	100
Estakada	L	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	0	-
	Z	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	0	-
	G	0	0	0	0	1	33	0	0	0	0	0	0	0	0	2	67	0	0	0	0	0	3	100
	GP	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	0	-
	S	0	0	3	60	2	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	100
	A	0	0	0	0	1	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	100

Wśród przepustów uwzględnionych w próbie badawczej te o konstrukcji skrzynki żelbetowej stanowią 82% wśród przepustów występujących w ciągu drogi klasy S, 18% stanowią przepusty prefabrykowane stalowe. Dla dróg klasy GP przepusty o konstrukcji prefabrykowanej stalowej stanowią 100% (5 szt.). W przypadku tego rodzaju obiektów inżynierskich usytuowanych w ciągu drogi klasy G w 50% to konstrukcje skrzynkowe żelbetowe i prefabrykowane stalowe. Dla dróg klasy Z i D przepusty prefabrykowane PEHD stanowią 100% (1 szt.).

Tab. 76. Rodzaj konstrukcji przęsta w ciągu danej klasy drogi dla przepustów

Klasa drogi	przepusty						Suma	
	skrzynka żelbetowa		Prefabrykowane stalowe		Prefabrykowane PEHD			
	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%
D	0	0	0	0	1	100	1	100
L	0	-	0	-	0	-	0	-
Z	0	0	0	0	1	100	1	100
G	1	50	1	50	0	0	2	100
GP	0	0	5	100	0	0	5	100
S	9	82	2	18	0	0	11	100
A	0	-	0	-	0	-	0	-

#### Podsumowanie

Po przeprowadzonej analizie rodzaju konstrukcji w zależności od klasy drogi w ciągu której występują, należy nadmienić, iż obiekty sprężone belkowe występujące w ciągu drogi klasy „A” stanowią 62% wśród wszystkich rodzajów konstrukcji. Dla drogi klasy S nie ma już tak wyraźnych wskazań co do rodzaju konstrukcji, po 29% przypadło w udziale obiektom żelbetowym monolitycznym, sprężonym monolitycznym oraz belkom prefabrykowanym typu T. Obiekty mostowe usytuowane w ciągu drogi klasy GP, które weszły w skład próby badawczej to w 40% konstrukcje żelbetowe monolityczne oraz prefabrykowane. Dla drogi klasy G są to głównie przęsta sprężone belkowe oraz zespolone. W przypadku analizy rodzaju konstrukcji dla obiektów w ciągu drogi klasy Z, wynik otrzymano na podstawie jednego obiektu o konstrukcji żelbetowej płytowej. Obiekty mostowe, które znalazły się w próbie badawczej i zostały zlokalizowane w ciągu drogi klasy L, to obiekty o konstrukcji sprężonej belkowej.

Odnosząc się do poszczególnych grup obiektów można nadmienić, że w przypadku mostów zlokalizowanych najczęściej występują:

- w ciągu drogi klasy A i S - obiekty sprężone belkowe;
- w ciągu drogi klasy GP i G - konstrukcje prefabrykowane belkowe, dodatkowo w przypadku mostów w ciągu klasy G - obiekty zespolone o dźwigarach blachownicowych;
- w ciągu drogi klasy Z - konstrukcje żelbetowe płytowe;
- w ciągu drogi klasy L - przęsta sprężone belkowe.

W przypadku wiaduktów najczęściej stosowano:

- w ciągu drogi klasy A i S – konstrukcje prefabrykowane belkowe;
- w ciągu drogi klasy GP – konstrukcje żelbetowe monolityczne;
- w ciągu drogi klasy G i L – konstrukcje sprężone belkowe.

W przypadku estakad można wymienić, jako główne rodzaje konstrukcji następujące:

- w ciągu drogi klasy A – obiekty sprężone belkowe;
- w ciągu drogi klasy S – obiekty żelbetowe belkowe;
- w ciągu drogi klasy G – obiekty zespolone skrzynkowe.

Przepusty zlokalizowane w ciągu dróg klasy S to głównie konstrukcje skrzynkowe żelbetowe, w ciągu dróg klasy GP to konstrukcje prefabrykowane stalowe. W przypadku przepustów usytuowanych w ciągu dróg klasy G to zarówno przepusty skrzynkowe żelbetowe, jak również prefabrykowane stalowe. Dla dróg niższych klas tj. Z i D wbudowano przepusty prefabrykowane PEHD.

### 5.4.13 Analiza zależności pomiędzy rodzajem konstrukcji przęsła a szerokością całkowitą obiektu dla poszczególnych rodzajów obiektów mostowych

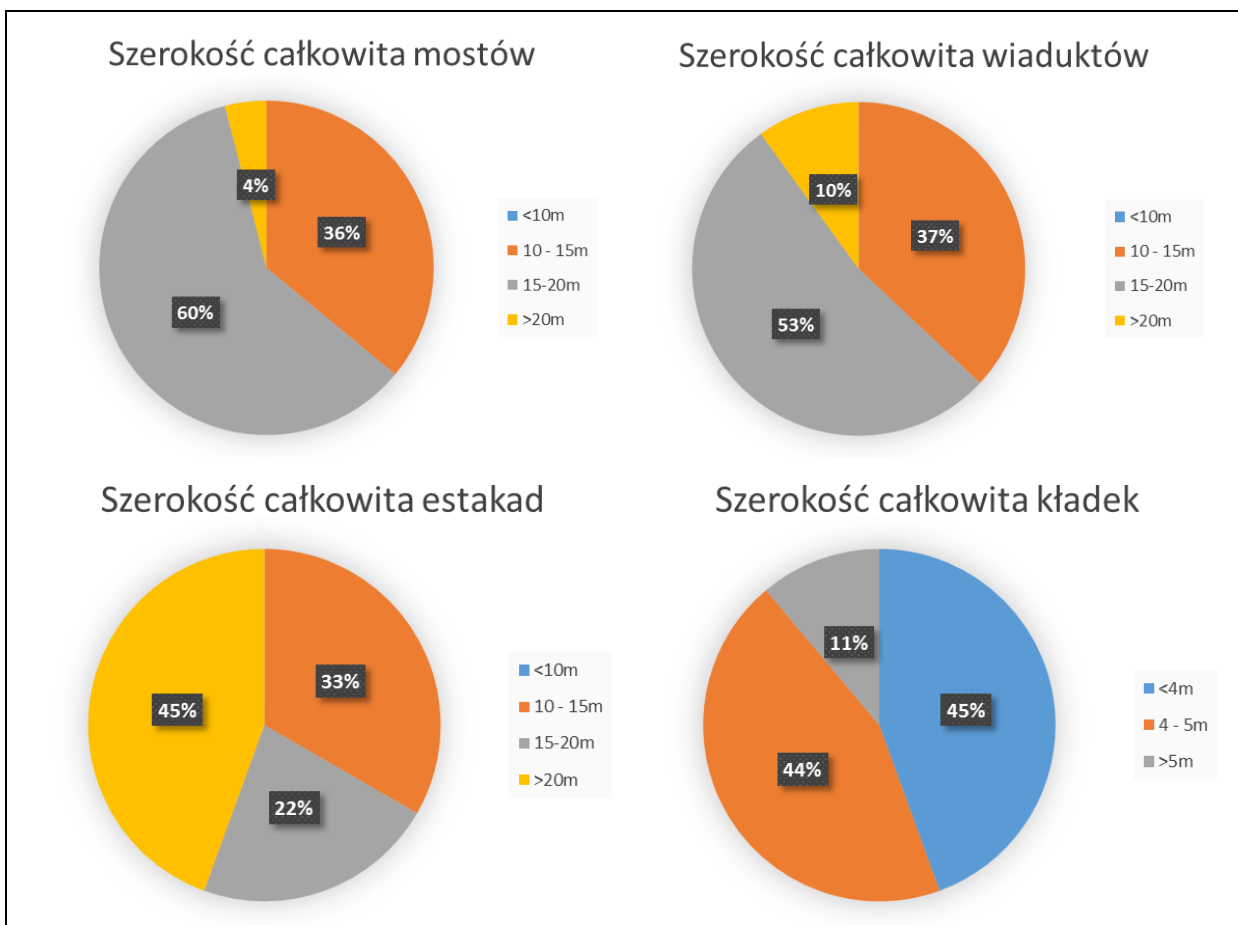
Analizując zależność pomiędzy szerokością całkowitą obiektu a jego rodzaj, zaczynając od mostów można zaobserwować, iż 60% mostów to konstrukcje o szerokości całkowitej 15 – 20m, 36% stanowią obiekty o szerokości 10 – 15m, natomiast 4% to mosty o szerokości całkowitej powyżej 20m.

Zbliżony procentowy rozkład występuje w przypadku wiaduktów. W 53% przypadkach to konstrukcje o szerokości całkowitej 15 -20m, 37% obiekty o szerokości w przedziale 10 -15m oraz pozostałe 10% stanowią wiadukty o szerokości całkowitej ponad 20m.

W przypadku estakad 44% stanowią konstrukcje o szerokości całkowitej ponad 20m, 33% obiekty z przedziału 10 -15m, pozostałe 22% stanowią estakady o szerokości całkowitej pomiędzy 15 a 20m.

Tab. 77. Rodzaj konstrukcji przęsła a szerokość całkowita obiektu dla mostów, wiaduktów i estakad

Szerokość całkowita obiektu	Most		Wiadukt		Estakada	
	szt.	%	szt.	%	szt.	%
<10m	0	0%	0	0%	0	0%
10 - 15m	9	36%	11	37%	3	33%
15-20m	15	60%	16	53%	2	22%
>20m	1	4%	3	10%	4	44%
SUMA:	25	100%	30	100%	9	100%



Rys. 61. Szerokość całkowita obiektów dla mostów, wiaduktów i kładek.

W przypadku kładek 44% z nich stanowią konstrukcje o szerokości całkowitej poniżej 4 m oraz konstrukcje zawierające się w przedziale od 4 – 5 m. Pozostałe 11% stanowią kładki o szerokości całkowitej ponad 5 m.

**Tab. 78.** Rodzaj konstrukcji przęsta a szerokość całkowitą obiektu dla kładek

Szerokość całkowita obiektu	Kładka	
	szt.	%
<4m	4	44%
4 - 5m	4	44%
>5m	1	11%
SUMA:	9	100%

Uszczegóławiając powyższe dane o rodzaj konstrukcji dla poszczególnych grup obiektów otrzymano następujące wyniki.

W grupie mostów o szerokości całkowitej 10 -15m, 33% to konstrukcje żelbetowe monolityczne (22% płytowe, 11% belkowe), po 22% stanowią konstrukcje sprężone belkowe, prefabrykowane belki typu T oraz zespolone na dźwigarach blachownicowych. W przedziale szerokości całkowitej obiektu 15 – 20m mosty o przęsłach sprężonych belkowych stanowią 60%, 27% to konstrukcje prefabrykowane (20% belki typu T, 7% belki typu Kujan), 14% stanowią mosty żelbetowe monolityczne (7% płytowe, 7% belkowe). Mosty których szerokość całkowita przekroczyła 20m to przęsta sprężone belkowe – 100% (1 szt.).

Kolejną grupę obiektów mostowych stanowią wiadukty. Obiekty te o szerokości całkowitej 10 – 15 m to w 45% konstrukcje sprężone belkowe, w 36% żelbetowe monolityczne (27% płytowe, 9% belkowe), 18% stanowią wiadukty o przęsłach zespolonych (po 9% blachownice i walcowane) . W przypadku wiaduktów o szerokości całkowitej 15 – 20m, 57% stanowią obiekty o przęsłach prefabrykowanych (44% belka typu T, 13% belka typu Kujan), w 19% to konstrukcje sprężone belkowe, a w 13% to przęsta żelbetowe płytowe. W grupie wiaduktów o szerokości całkowitej ponad 20m, konstrukcje żelbetowe płytowe stanowią 67%, pozostałe 33% to wiadukty i przęsłach prefabrykowanych – belki typu T.

Wśród estakad o szerokości całkowitej 10 – 15m, konstrukcje żelbetowe monolityczne belkowe stanowią 67%, 33% to przęsta belkowe sprężone. W przypadku estakad o szerokości całkowitej 15 – 20m, w tej grupie obiektów 50% to konstrukcje sprężone belkowe oraz w 50% konstrukcje zespolone skrzynkowe. Niniejsza grupa obiektów o szerokości całkowitej powyżej 20m to głównie estakady o przęsłach sprężonych belkowych stanowiące 50%, po 25% przypadło dla konstrukcji żelbetowych belkowych oraz zespolonych skrzynkowych.

Analizując kolejną grupę obiektów, tj. kładki o szerokości całkowitej poniżej 4 m w 50% są to konstrukcje zespolone o dźwigarach blachownicowych, w 25% obiekty żelbetowe belkowe. Kolejne 25% przypadło w udziale konstrukcji podwieszanej. W przypadku kładek o szerokości od 4 do 5 m konstrukcje zespolone stanowią 50% (po 25% blachownicowe i walcowane), po 25% stanowią obiekty o przęsłach żelbetowych płytowych oraz łukowych. Wśród kładek o szerokości całkowitej powyżej 5m 100% (1 szt.) to konstrukcje łukowe.

**Tab. 79.** Rodzaj konstrukcji przęsa a szerokość całkowita obiektu dla poszczególnych rodzajów obiektów mostowych z podziałem na typ konstrukcji

Rodzaj obiektu	Szerokość całkowita obiektu	żelbetowy				sprężony belka	prefabrykaty				zespolony						nietypowe				Suma		
		płyta		belka			belka typu "T"		belka typu "Kujana"		dźwigiary blachownicowe		dźwigiary walcowane		skrzynkowy		łukowy		podwieszony				
		szt.	%	szt.	%		szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%			szt.
Most	<10m	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
	10- 15m	2	22	1	11	2	22	2	22	0	0	2	22	0	0	0	0	0	0	0	0	9	100
	15-20m	1	7	1	7	9	60	3	20	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	100
	>20m	0	0	0	0	1	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	100
Wiadukt	<10m	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
	10 - 15m	3	27	1	9	5	45	0	0	0	0	1	9	1	9	0	0	0	0	0	0	11	100
	15-20m	2	13	0	0	3	19	7	44	2	13	1	6	1	6	0	0	0	0	0	0	16	100
	>20m	2	67	0	0	0	0	1	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	100
Estakada	<10m	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
	10- 15m	0	0	2	67	1	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	100
	15-20m	0	0	0	0	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	1	50	0	0	0	0	2	100
	>20m	0	0	1	25	2	50	0	0	0	0	0	0	0	0	1	25	0	0	0	0	4	100
Kładka	<4m	0	0	1	25	0	0	0	0	0	0	2	50	0	0	0	0	0	0	1	25	4	100
	4 - 5m	0	0	1	25	0	0	0	0	0	0	1	25	1	25	0	0	1	25	0	0	4	100
	>5m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	100	0	0	1	100	

## Podsumowanie

Z przeprowadzonej analizy dotyczącej zależności szerokości całkowitej obiektu od rodzaju obiektów można zauważyć, że w niniejszej próbie badawczej największy procentowy udział wśród grupy mostów i wiaduktów mają obiekty o szerokości całkowitej 15 – 20m, dla estakad są to konstrukcje o szerokości całkowitej ponad 20m. W przypadku kładek dominują konstrukcje o szerokościach całkowitych do 5m.

Po przeprowadzeniu szczegółowej analizy w rozbiciu na rodzaje konstrukcji w poszczególnych grupach obiektów o odpowiedniej szerokości całkowitej przęsa, można zaobserwować, że w przypadku:

- mostów o szerokości całkowitej przęsa 10-15m największy udział mają konstrukcje żelbetowe monolityczne;
- mostów o szerokości całkowitej przęsa 15–20m i powyżej 20m to głównie konstrukcje sprężone belkowe;
- wiaduktów o szerokości całkowitej przęsa 10-15m to przede wszystkim konstrukcje sprężone belkowe;
- wiaduktów o szerokości całkowitej przęsa 15-20m to przede wszystkim konstrukcje z belek prefabrykowanych;
- wiaduktów o szerokości całkowitej przęsa ponad 20m to przede wszystkim konstrukcje żelbetowe płytowe;
- estakad o szerokości całkowitej przęsa 10-15m w 67% są to obiekty żelbetowe belkowe;
- estakad o szerokości całkowitej przęsa 15-20m w 50% to obiekty sprężone belkowe oraz w 50% zespolone skrzynkowe;

- estakad o szerokości całkowitej przęsta ponad 20m to przede wszystkim konstrukcje sprężone belkowe;
- kładek o szerokości całkowitej obiektu poniżej 4m to głównie konstrukcje zespolone na dźwigarach blachownicowych;
- kładek o szerokości całkowitej obiektu 4-5m największy udział mają konstrukcje zespolone;
- kładek o szerokości całkowitej obiektu powyżej 5 m to konstrukcja łukowa.

#### 5.4.14 Analiza przeznaczenia kładek a szerokość całkowita konstrukcji

Analizując funkcję przeznaczenia kładek należy podkreślić, iż w skład niniejszej próby badawczej 78% obiektów pełni funkcje przeprowadzania ruchu pieszych natomiast 22% służy do zachowania ciągłości ruchu pieszo – rowerowego.

Przeanalizowano również zależność przeznaczenia kładki od jej całkowitej szerokości. W przypadku kładek dla pieszych po 43% stanowią konstrukcje o szerokości całkowitej z przedziału do 4 m oraz z przedziału 4 – 5 m, pozostałe 14% to obiekty o szerokości powyżej 5 m.

Kładki pieszo – rowerowe stanowią po 50% wśród obiektów o szerokości całkowitej do 4 m oraz w przedziale 4 -5 m.

**Tab. 80.** Przeznaczenia kładek a szerokość całkowita konstrukcji

Przeznaczenie	SUMA:		Szerokość całkowita obiektu						SUMA:	
			<4m		4 - 5m		>5m			
	sz.	%	sz.	%	sz.	%	sz.	%	sz.	%
Kładka dla pieszych	7	78%	3	43%	3	43%	1	14%	7	100%
Kładka pieszo - rowerowa	2	22%	1	50%	1	50%	0	0%	2	100%
SUMA:	9	100%								



Rys. 62. Przeznaczenie kładek

#### Podsumowanie

Powyższa analiza wykazała, że na szerokość całkowitą kładek, w analizowanej próbie badawczej, nie ma wpływu jej przeznaczenie. Zarówno w przypadku kładek dla pieszych, jak i dla kładek pieszo – rowerowych największą część stanowią konstrukcje o szerokości całkowitej do 5 m.

## 5.4.15 Analiza zależności klasy drogi a klasy obciążenia taborem samochodowym.

Na początku niniejszej oceny należy zaznaczyć, że zostały z niej wyłączone kładki dla pieszych oraz przepusty. Kładki dla pieszych są projektowane na obciążenie taborem. Wśród przepustów występują tylko 10% (2 obiekty) zaprojektowane na klasę B. Są to przepusty wykonane z PEHD. Pozostałe 18 przepustów, tj. 90% zaprojektowano na klasę A.

Przeprowadzając analizę zależności pomiędzy klasą drogi a klasą obciążenia drogowego obiektu mostowego taborem samochodowym otrzymano następujące wyniki: 100% obiektów zlokalizowanych w ciągu dróg klasy A, S, GP zostało zaprojektowanych na najwyższą klasę obciążenia wg PN – 85/S – 10030, tj. klasę A. W przypadku obiektów zlokalizowanych w ciągu drogi klasy G 93% to konstrukcje mostowe zaprojektowane na klasę obciążenia A, a 7% na klasę obciążenia B.

Drogowe obiekty mostowe usytuowane w ciągu drogi klasy L zostały zaprojektowane zarówno na klasę obciążenia A, jak i B, po 50%.

Tab. 81. Klasa drogi a klasa obciążenia taborem samochodowym

Klasa drogi	Klasa obciążenia taborem samochodowym obiektów inżynierskich				SUMA:	
	A		B			
	szk.	‰	szk.	‰	szk.	‰
A	13	100%	0	0%	13	100%
S	24	100%	0	0%	24	100%
GP	10	100%	0	0%	10	100%
G	13	93%	1	7%	14	100%
Z	0	0%	1	100%	1	100%
L	1	50%	1	50%	2	100%
D	0	-	0	-	0	-

Z przeprowadzonej analizy dot. zależności klasy obciążenia obiektów wg normy [15] można zauważyć, że w zakresie próby badawczej 1,5% obiektów zaprojektowana została na klasę „B” obciążenia. Natomiast 98,5% obiektów próby badawczej spełnia wymagania nośności najwyższej klasy obciążenia „A”. Analizując rozkład próby w poszczególnych klasach drogi widać wyraźną zgodność z Rozporządzeniem [7]. Wyjątek stanowi jeden obiekt na drodze klasy G, który został zaprojektowany na niższą klasę niż wymaga Rozporządzenie [7]. Ponadto jak wynika z próby 50% obiektów zlokalizowanych na drogach klasy L zostało zaprojektowane na wyższą klasę obciążenia niż zalecana minimalna klasa „B”.



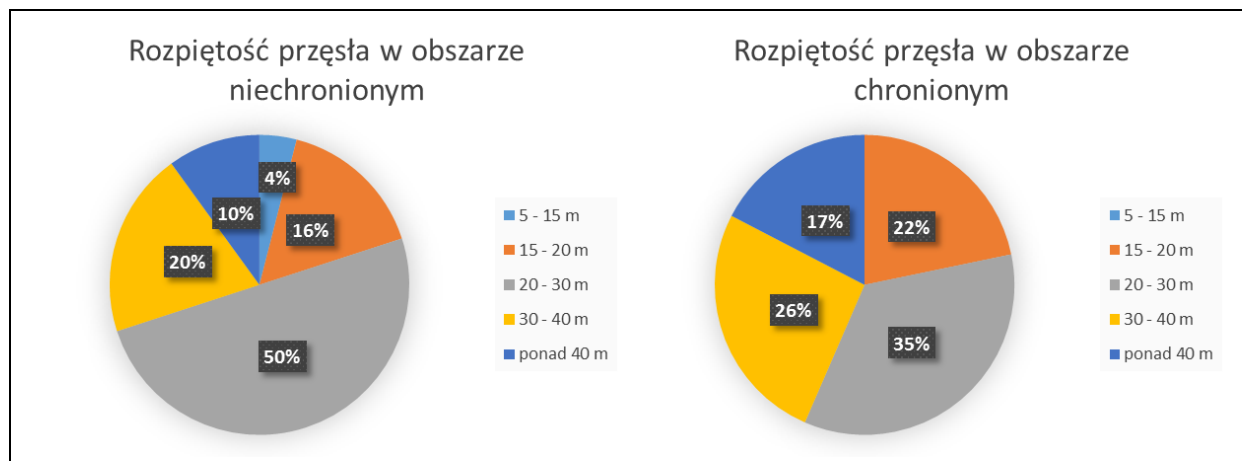
#### 5.4.16 Analiza zależności rozpiętości przęsła od lokalizacji obiektu w obszarze chronionym /niechronionym

Przeanalizowano rozpiętości przęseł obiektów mostowych w zależności od ich lokalizacji, tj. w terenie chronionym i poza nim. W tym przypadku również pominięto przepusty, w celu otrzymania wiarygodnych danych, ponieważ przepusty stanowią 100% konstrukcji o rozpiętości 0 – 5 m a ich procentowy udział w próbie badawczej to aż 22%.

Analizując poniższe wyniki można stwierdzić, iż w przypadku rozpiętości przęseł powyżej 30 m, na terenach chronionych ich udział procentowy jest większy i wynosi 43%, w stosunku do obiektów o tej rozpiętości na terenach niechronionych – 30%. Ta zależność inaczej kształtuje się w przypadku rozpiętości przęseł w przedziale 15 – 20 m, gdzie na terenach chronionych ich udział w analizowanej grupie jest większy (22%) niż w przypadku terenów niechronionych (16%).

Tab. 82. Rozpiętość przęsła od lokalizacji obiektu w obszarze chronionym/niechronionym

Lp.	Max. rozpiętość przęsła	obszary niechronione		obszary chronione	
		[szt.]	[%]	[szt.]	[%]
1.	5 - 15 m	2	4%	0	0%
2.	15 - 20 m	8	16%	5	22%
3.	20 - 30 m	25	50%	8	35%
4.	30 - 40 m	10	20%	6	26%
5.	ponad 40 m	5	10%	4	17%
6.	<b>SUMA:</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>	<b>23</b>	<b>100%</b>



Rys. 63. Rozpiętość przęsła obiektu w obszarze niechronionym i chronionym

Podsumowanie:

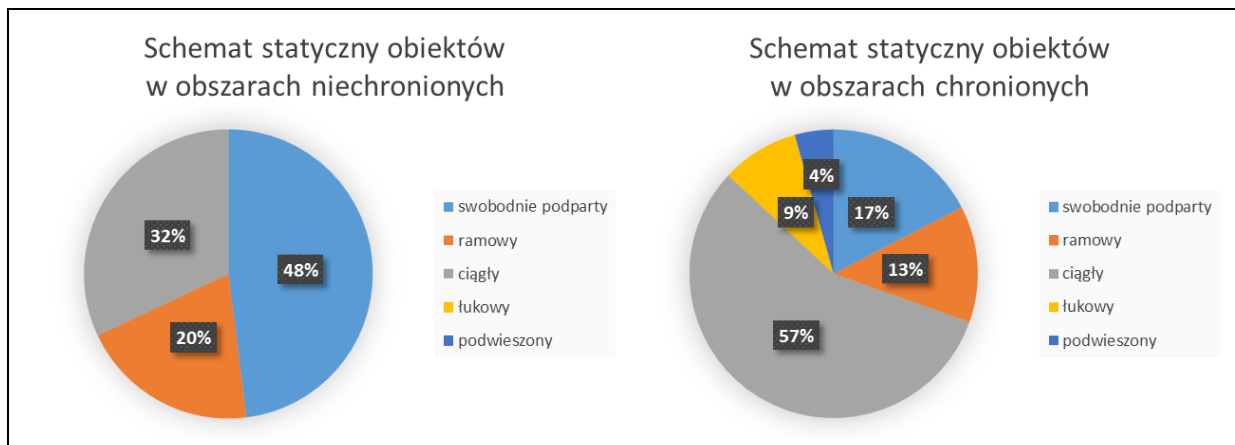
Z powodu braku regularności pomiędzy zależnością rozpiętość przęsła a lokalizacją obiektu, nie można jednoznacznie stwierdzić, iż na terenach chronionych rozpiętości przęseł są dłuższe niż w przypadku terenów niechronionych, co wydawałoby się racjonalnym rozwiązaniem ze względów na ingerencje w środowisko poprzez dodatkowe podpory pośrednie i ich posadowienie.

## 5.4.17 Analiza zależności schematu statycznego od lokalizacji obiektu w obszarze chronionym /niechronionym

Odnosnie środowiska również przeanalizowano zależność: schemat statyczny a lokalizacja obiektu na terenie chronionym oraz niechronionym. W poniższej tabeli zestawiono wyniki, które wskazują, iż na terenach chronionych konstrukcje o schemacie statycznym belki ciągłej stanowią aż 57% w całej grupie obiektów zlokalizowanych na tym terenie, natomiast obiekty o ww. schemacie poza terenami chronionymi to 32%. Odwrotna sytuacja ma miejsce w przypadku schematu statycznego belki swobodnie podpartej. Obiekty w tym układzie statycznym na terenach chronionych stanowią 17%, natomiast na terenach niechronionych ich udział procentowy wyniósł 48%. Podobne wyniki otrzymano w przypadku obiektów o układzie ramowym: procentowa przewaga tego typu obiektów występuje na obszarach niechronionych i wynosi 20%, w stosunku do obiektów na obszarach chronionych, gdzie udział procentowy tego typu obiektów to 13%.

Tab. 83. Schemat statyczny obiektów w obszarze niechronionym i chronionym

Lp.	schemat statyczny	obszary niechronione		obszary chronione	
		[szt.]	[%]	[szt.]	[%]
1.	swobodnie podparty	24	48%	4	17%
2.	ramowy	10	20%	3	13%
3.	ciągły	16	32%	13	57%
4.	łukowy	0	0%	2	9%
5.	podwieszony	0	0%	1	4%
6.	<b>SUMA:</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>	<b>23</b>	<b>100%</b>



Rys. 64. Schemat statyczny obiektów w obszarze niechronionym i chronionym

Podsumowanie:

W powyższych danych wynika, iż na obszarach chronionych (obszarach ochrony przyrody) częściej występują obiekty mostowe o schemacie statycznym belki ciągłej, natomiast na obszarach niechronionych konstrukcje o schemacie belki swobodnie podpartej oraz ramowej.

Powyzsza zależność wydaje się być racjonalnym rozwiązaniem, gdyż obiekty o schemacie statycznym belki ciągłej, występujące w drogowym ciągu komunikacyjnym pozwalają na pokonanie większych odległości, jedynie ingerując punktowo na podłoże (podpory pośrednie). Odwrotna sytuacja ma miejsce w przypadku obiektów w układzie belki swobodnie podpartej, gdzie długości całkowite obiektów są mniejsze przez co zwiększa się długość nasypów drogowych w ciągu komunikacyjnym, co za tym idzie powstaje naturalna

bariera dla zwierząt. Obiekty o schemacie belki swobodnie podpartym powinny być rzadziej stosowane na terenach chronionych.

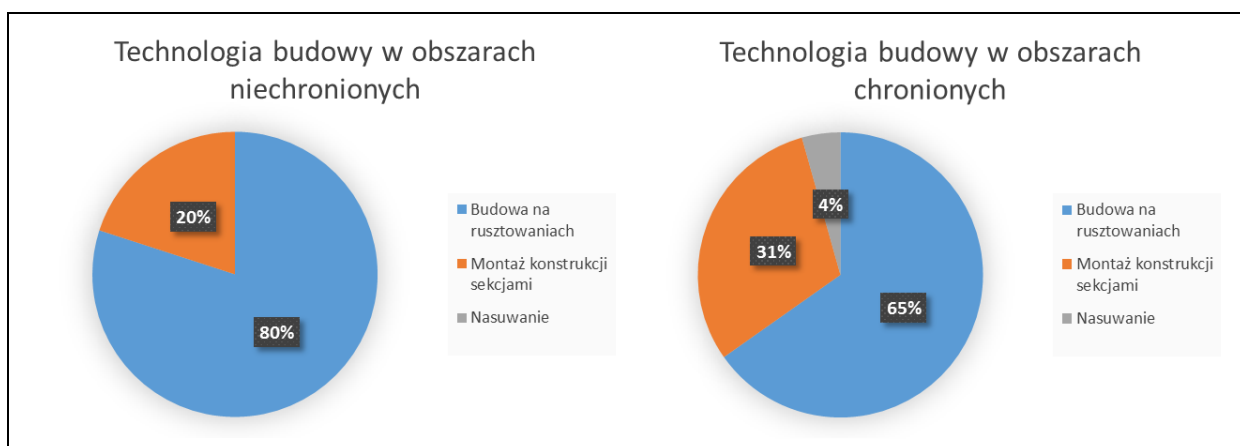
#### 5.4.18 Analiza zależności technologii budowy od lokalizacji obiektu w obszarze chronionym /niechronionym

Kolejnym czynnikiem, który może mieć wpływ na środowisko to technologia budowy obiektu. Porównując grupy obiektów na obszarach chronionych i poza nimi wynika, że na obszarach niechronionych, aż 80% obiektów zostało wybudowanych w technologii „na rusztowaniach” (pełne deskowanie), gdy ta sama technologia budowy w przypadku obiektów na terenach chronionych stanowi 65%.

Większy udział procentowy na obszarach chronionych miała technologia montażu konstrukcji sekcjami – 30 % oraz technologia budowy poprzez nasuwanie – 4%, gdzie w przypadku obiektów na terenach niechronionych ich udział procentowy wyniósł odpowiednio 20% i 0%.

Tab. 84. Technologia budowy obiektu w obszarze niechronionym i chronionym

Lp.	schemat statyczny	obszary niechronione		obszary chronione	
		[szt.]	[%]	[szt.]	[%]
1.	Budowa na rusztowaniach	40	80%	15	65%
2.	Montaż konstrukcji sekcjami	10	20%	7	30%
3.	Nasuwanie	0	0%	1	4%
4.	<b>SUMA:</b>	<b>50</b>	<b>100%</b>	<b>23</b>	<b>100%</b>



Rys. 65. Technologia budowy obiektu w obszarze niechronionym i chronionym

Podsumowanie:

Podobnie jak w przypadku schematu statycznego konstrukcji, również technologia budowy obiektów wiąże się z mniejszą lub większą ingerencją w podłoże. Z powyższych danych wynika, że w przypadku obiektów mostowych wybudowanych na obszarach chronionych częściej stosowano technologię budowy mniej inwazyjną w środowisko.

#### 5.4.19 Analiza zależności schematu statycznego od ukształtowania terenu

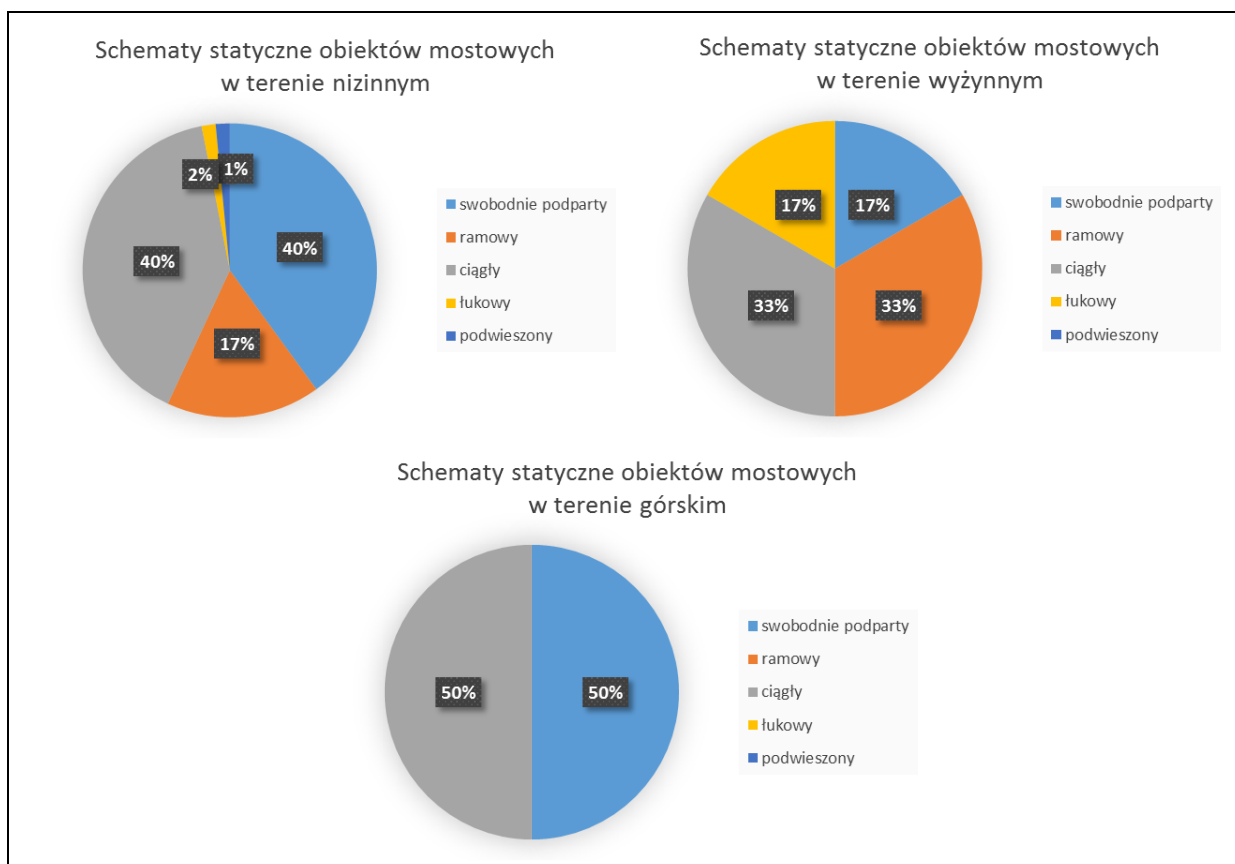
Analizując zależność schematu statycznego obiektów w próbie badawczej do ukształtowania terenu, tj. tereny nizinne, wyżynne i górskie, wynika, że na obszarach nizinnych i górskich głównie wybudowano obiekty o układzie statycznym belki swobodnie podpartej i ciągłej. Na terenach nizinnych stanowią 80% obiektów w tym obszarze (po 40% w układzie

swobodnie podpartym i ciągłym) oraz 100 % na terenach górskich (po 50% w układzie swobodnie podpartym i ciągłym). Schemat statyczny konstrukcji na terenie wyżynnym kształtuje się następująco: po 33% obiektów z tej grupy została wykonana w schemacie statycznym belki ciągłej oraz ramowym, natomiast w układzie belki swobodnie podpartej konstrukcje stanowią 17% wśród analizowanych konstrukcji.

Zgodnie z wcześniej przeprowadzonymi analizami, obiekty o schemacie statycznym łukowym o podwieszonym zostały pominięte.

Tab. 85. Schemat statyczny obiektu a ukształtowanie terenu

Lp.	schemat statyczny	nizinne		wyżynne		górskie	
		[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]
1.	swobodnie podparty	26	40%	1	17%	1	50%
2.	ramowy	11	17%	2	33%	0	0%
3.	ciągły	26	40%	2	33%	1	50%
4.	łukowy	1	2%	1	17%	0	0%
5.	podwieszony	1	2%	0	0%	0	0%
6.	<b>SUMA:</b>	<b>65</b>	<b>100%</b>	<b>6</b>	<b>100%</b>	<b>2</b>	<b>100%</b>



Rys. 66. Schemat statyczny obiektu a ukształtowanie terenu

#### Podsumowanie:

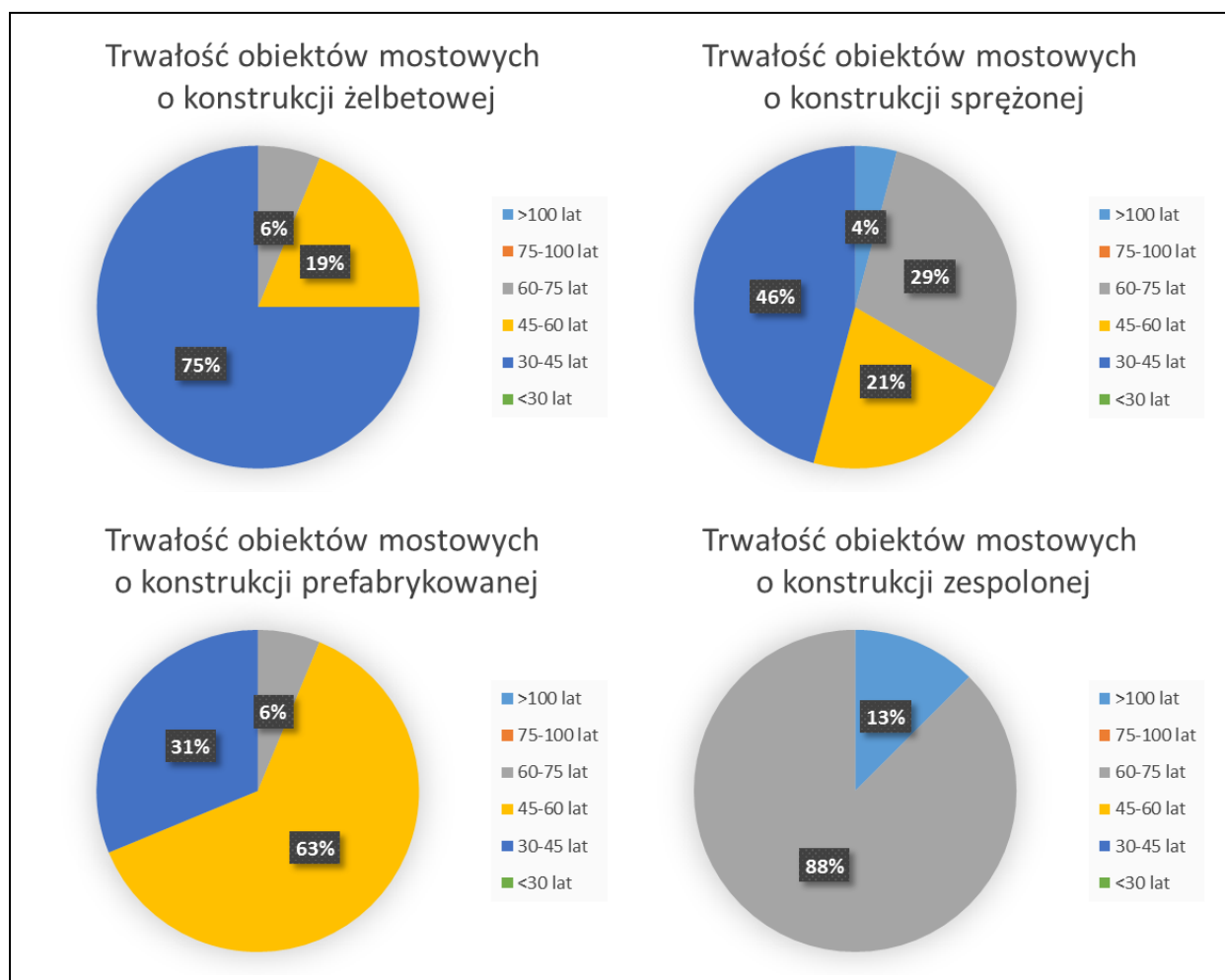
Analiza zależności parametrów ukształtowanie terenu a schemat statyczny konstrukcji nie wykazuje jednoznacznych powiązań, które pozwoliłyby na wyciągnięcie ewidentnych wniosków.

## 5.4.20 Analiza zależności trwałości obiektów od rodzaju konstrukcji przęsła

Kolejną analizą dotyczącą aspektu środowiskowego jest ocena zależności pomiędzy konstrukcją przęsła a jego trwałością. Analizując konstrukcje przęseł od tych o najdłuższej trwałości na pierwszym miejscu znajdują się obiekty zespolone. Z tej grupy obiektów aż 88% zawiera się w przedziale 60 – 75 lat. Następnie są obiekty prefabrykowane, których trwałość dla 63% konstrukcji wyniosła 45 – 60 lat. Na kolejnych miejscach znalazły się obiekty sprężone monolityczne – 46% w okresie 30 – 45 lat oraz konstrukcje żelbetowe monolityczne, których trwałość dla 75% obiektów wyniosła 30 – 45 lat.

Tab. 86. Zależność trwałości obiektów od rodzaju konstrukcji przęsła

trwałość [lat]	konstrukcja przęsła							
	żelbetowa		sprężona		prefabrykowana		zespolona	
	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]
>100 lat	0	0%	1	4%	0	0%	1	13%
75-100 lat	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
60-75 lat	1	6%	7	29%	1	6%	7	88%
45-60 lat	3	19%	5	21%	10	63%	0	0%
30-45 lat	12	75%	11	46%	5	31%	0	0%
<30 lat	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
<b>SUMA:</b>	<b>16</b>	<b>100%</b>	<b>24</b>	<b>100%</b>	<b>16</b>	<b>100%</b>	<b>8</b>	<b>100%</b>



Rys. 67. Zależność trwałości obiektów od rodzaju konstrukcji przęsła

Podsumowanie:

Powyższa analiza wykazała, iż trwałość obiektu jest powiązana z rodzajem konstrukcji przęsła. Najdłuższą trwałość mają obiekty o zespolonej konstrukcji przęsła, następnie prefabrykowanej. Najkrótszą trwałość mają obiekty monolityczne żelbetowe oraz sprężone.

#### 5.4.21 Analiza zależności trwałości obiektów od klasy drogi

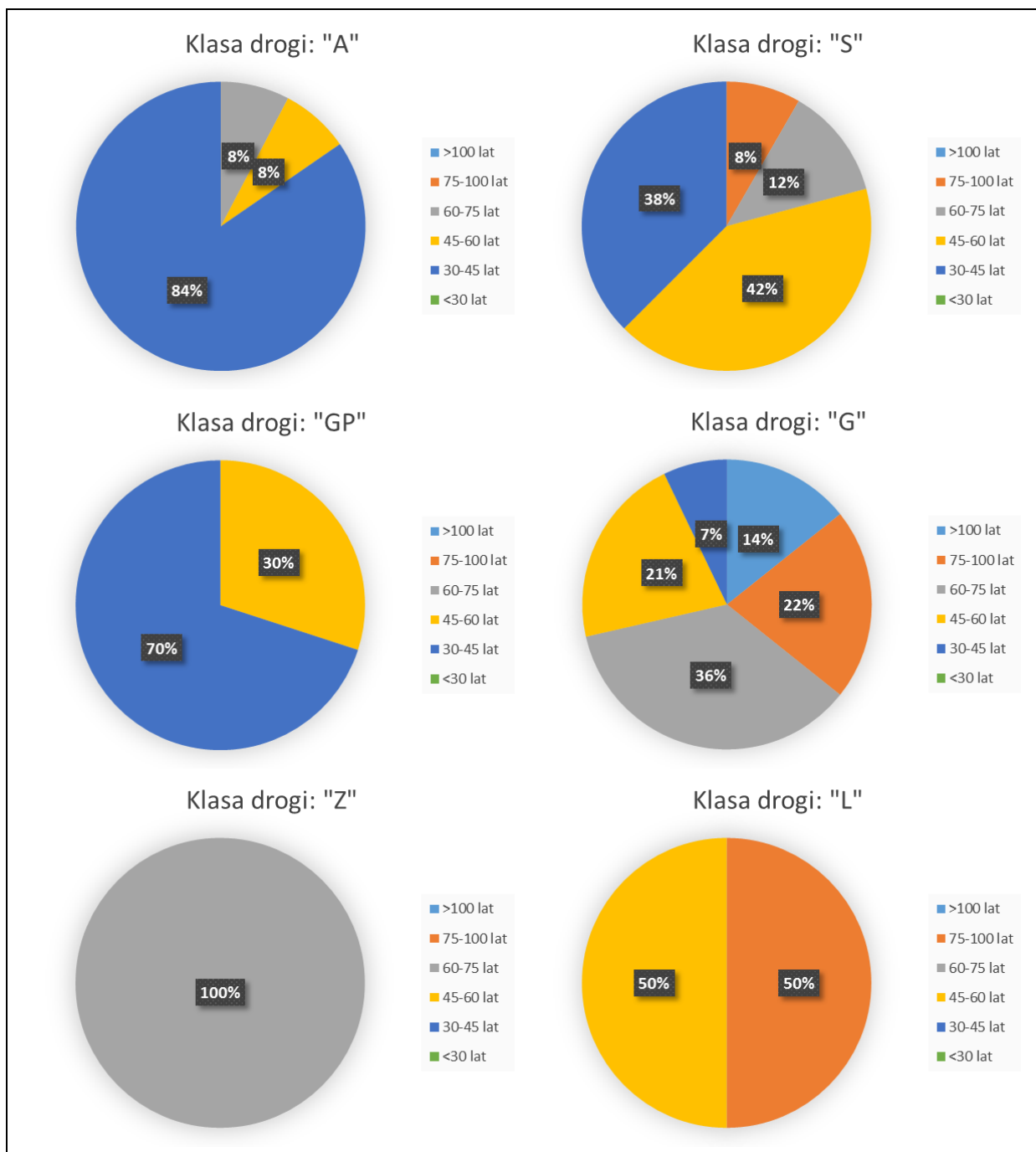
Zgodnie z wcześniejszymi informacjami zawartymi w niniejszym opracowaniu, podczas wyznaczania trwałości obiektów mostowych nie wzięto pod uwagę kładek oraz przepustów, stąd w niniejszej analizie w skład próby badawczej weszło 64 obiekty, które zostały podzielone wg klasy drogi.

Analiza zależności trwałości obiektu od klasy drogi kształtuje się następująco:

- dla obiektów występujących w ciągu klasy drogi A: dla 85% obiektów trwałość oscyluje w przedziale 30 – 45 lat,
- dla obiektów występujących w ciągu klasy drogi S: w 42% konstrukcji trwałość obiektów szacuje się na 45 -60 lat, natomiast dla 38 % to przedział 30 – 45 lat;
- dla obiektów występujących w ciągu klasy drogi GP: trwałość 70% obiektów znajduje się w przedziale 30 – 40 lat, natomiast dla 30% konstrukcji to 45 – 60 lat;
- dla obiektów występujących w ciągu klasy drogi G: trwałość 36% obiektów znajduje się w przedziale 60 – 75 lat, dla 21% konstrukcji to 45 – 60 lat oraz dla kolejnych 21% to przedział 75 – 100 lat;
- dla obiektów występujących w ciągu klasy drogi Z: dla 100% obiektów trwałość wynosi 60 – 75 lat;
- dla obiektów występujących w ciągu klasy drogi L: wynik rozkładu trwałości jest następujący 50% dla 45 – 60 lat oraz 50% dla 75 – 100 lat.

Tab. 87. Zależność trwałości obiektów od klasy drogi

Lp.	trwałość [lat]	klasa drogi											
		A		S		GP		G		Z		L	
		[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]
1.	>100 lat	0	0%	0	0%	0	0%	2	14%	0	0%	0	0%
2.	75-100 lat	0	0%	2	8%	0	0%	3	21%	0	0%	1	50%
3.	60-75 lat	1	8%	3	13%	0	0%	5	36%	1	100%	0	0%
4.	45-60 lat	1	8%	10	42%	3	30%	3	21%	0	0%	1	50%
5.	30-45 lat	11	85%	9	38%	7	70%	1	7%	0	0%	0	0%
6.	<30 lat	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
7.	<b>SUMA:</b>	<b>13</b>	<b>100%</b>	<b>24</b>	<b>100%</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>	<b>14</b>	<b>100%</b>	<b>1</b>	<b>100%</b>	<b>2</b>	<b>100%</b>



Rys. 68. Zależność trwałości obiektów od klasy drogi

Podsumowanie:

Krótszą trwałość mają obiekty mostowe w ciągu dróg o wyższej klasie, tj. A, S, GP. Wraz ze "spadkiem" klasy drogi trwałość obiektu powinna rosnąć. Zaburzenia, które wynikają z porównania obiektów w klasie drogi S i GP oraz Z i L wynikają z wcześniejszej analizy dotyczącej zależności pomiędzy trwałością a rodzajem konstrukcji przęsła.

#### 5.4.22 Analiza zależności środowiskowej oceny cyklu życia (LCA) obiektu od rodzaju konstrukcji przęsła

W celu interpretacji wyników zawartych w Tab. 88 dot. LCA, należy skomentować pojęcie „wartości LCA”. Jest to wielkość obciążenia środowiska wyrażona w jednostce Pt, które na potrzeby niniejszej analizy porównawczej dla grupy obiektów zostały zestawione na m<sup>2</sup>

powierzchni przęsta. Im mniejsza jednostka Pt/m<sup>2</sup> tym konstrukcja inżynierska jest „przyjaźniejsza” dla środowiska.

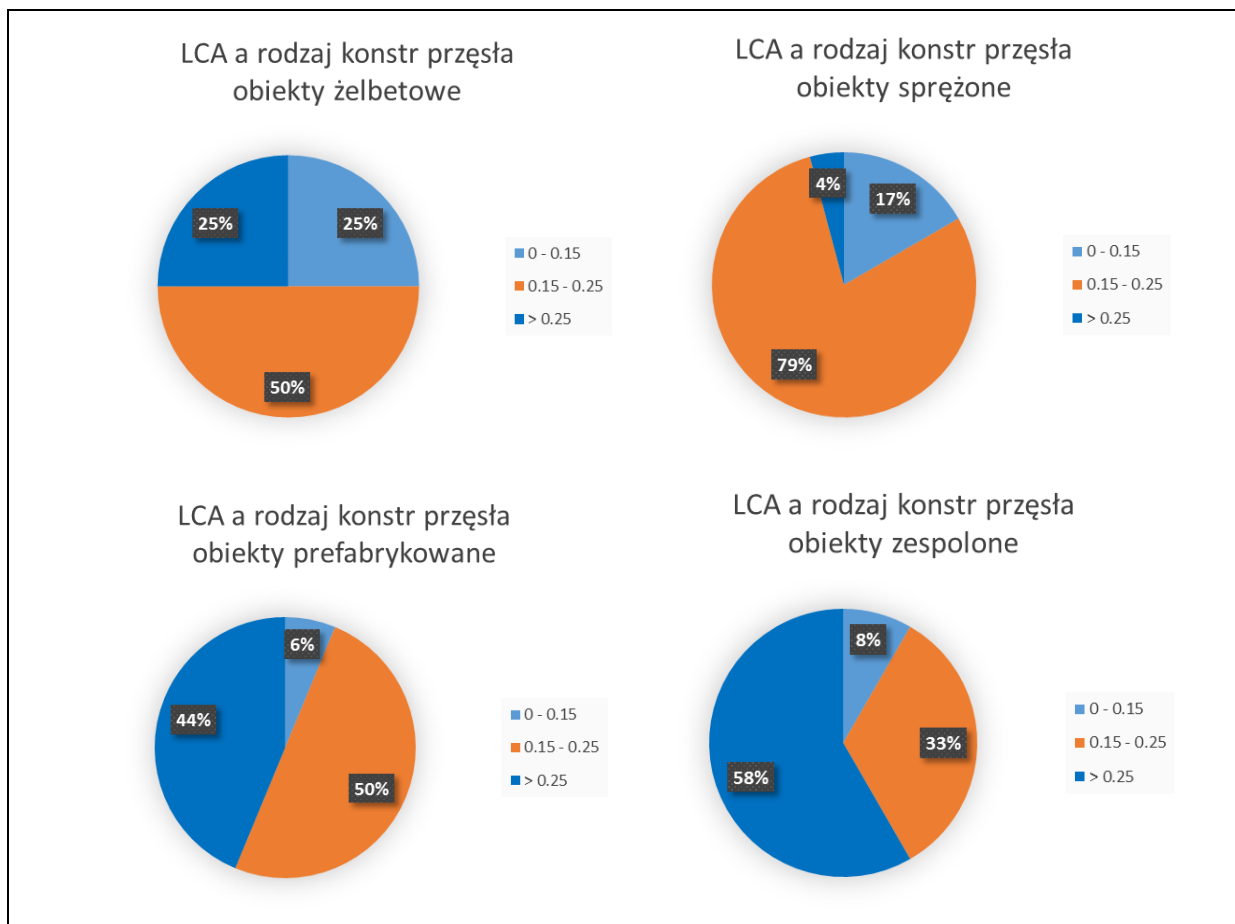
W poniższej tabeli zestawiono wyniki dla zależności pomiędzy LCA (środowiskową oceną cyklu życia obiektu) a rodzajem konstrukcji przęsta, z których wynika, że obiekty o konstrukcji przęsta żelbetowej monolitycznej są najkorzystniejszym rozwiązaniem pod względem obciążenia środowiska. 25% obiektów z tej grupy znajduje się w pierwszym, najkorzystniejszym przedziale 0 – 0,15 kPt/m<sup>2</sup>, a 50% w drugim przedziale 0,15 – 0,25 kPt/m<sup>2</sup>.

Zaraz za konstrukcjami żelbetowymi najkorzystniej wypadły obiekty sprężone monolityczne, następnie konstrukcje na belkach prefabrykowanych.

Obiekty zespolone w tym zestawieniu wypadają najmniej korzystnie, co oznacza, że zgodnie z analizą LCA generują największe obciążenie środowiska. 58% obiektów z tej grupy zawiera się w przedziale powyżej 0,25 kPt/m<sup>2</sup>, 33% konstrukcji w przedziale 0,15 – 0,25 kPt/m<sup>2</sup>.

Tab. 88. Zależność oceny cyklu życia (LCA) obiektu od rodzaju konstrukcji przęsta

Lp.	Wartość LCA [kPt/m <sup>2</sup> ]	konstrukcja przęsta							
		żelbetowa		sprężona		prefabrykowan a		zespolona	
		[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]
1.	0 - 0.15	4	25%	4	17%	1	6%	1	8%
2.	0.15 - 0.25	8	50%	19	79%	8	50%	4	33%
3.	> 0.25	4	25%	1	4%	7	44%	7	58%
4.	<b>SUMA:</b>	<b>16</b>	<b>100%</b>	<b>24</b>	<b>100%</b>	<b>16</b>	<b>100%</b>	<b>12</b>	<b>100%</b>



Rys. 69. Zależność oceny cyklu życia (LCA) obiektu od rodzaju konstrukcji przęsta



Podsumowanie:

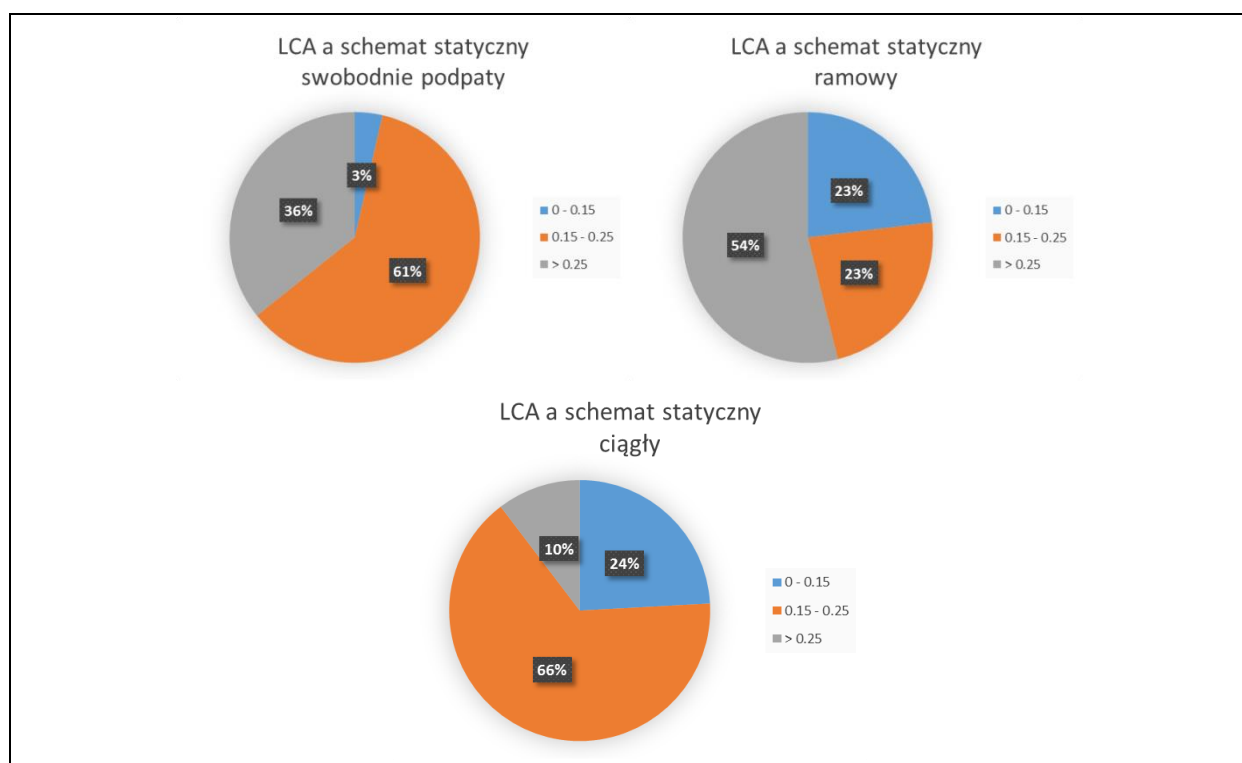
Analizując konstrukcję przęseł obiektów niniejszej próby badawczej przez pryzmat środowiskowej oceny cyklu życia (LCA) wynika, iż konstrukcje żelbetowe monolityczne są najkorzystniejszymi rozwiązaniami ze względu na wielkość obciążenia środowiska. Najmniej korzystnie w niniejszej analizie wypadły obiekty zespolone. Głównym czynnikiem, który determinuje taki stan rzeczy jest wpływ stali konstrukcyjnej na środowisko.

#### 5.4.23 Analiza zależności środowiskowej oceny cyklu życia (LCA) obiektu od schematu statycznego

Dodatkowo przeanalizowano środowiskową ocenę cyklu życia obiektu (LCA) w powiązaniu ze schematem statycznym obiektu mostowego. Wyniki z niniejszej analizy przedstawiono w Tab. 89, z których wynika, że obiekty o schemacie statycznym ciągłym są najkorzystniejszym rozwiązaniem ze względu na aspekt środowiskowy, tzn. wykazują najmniejszą wartość obciążenia środowiska. 24% obiektów w układzie ciągłym zakwalifikowano do przedziału 0 – 0,15 kPt/m<sup>2</sup> i 66% do przedziału 0,15 – 0,25 kPt/m<sup>2</sup>. Bardzo zbliżone wyniki otrzymano w przypadku obiektów o schemacie ramowym i belki swobodnie podpartej, z niewielką przewagą ram jako konstrukcji mniej obciążających środowisko. Szczegółowe wyniki przedstawiono w poniższej tabeli.

Tab. 89. Zależność oceny cyklu życia (LCA) obiektu od schematu statycznego

Lp.	LCA	schemat statyczny					
		swobodnie podparty		ramowy		ciągły	
	[kPt/m <sup>2</sup> ]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]
1.	0 - 0.15	1	4%	3	23%	7	24%
2.	0.15 - 0.25	17	61%	3	23%	19	66%
3.	> 0.25	10	36%	7	54%	3	10%
4.	<b>SUMA:</b>	<b>28</b>	100%	<b>13</b>	100%	<b>29</b>	100%



Rys. 70. Zależność oceny cyklu życia (LCA) obiektu od schematu statycznego

### Podsumowanie:

W wyniku analizy zależności pomiędzy parametrem LCA (środowiskowej oceny cyklu życia obiektu) a schematem statycznym wynika, że obiekty mostowe o schemacie statycznym belki ciągłej są konstrukcjami najkorzystniejszymi ze względu na najmniejszy udział w obciążeniu środowiska w czasie jego cyklu życia. Natomiast w przypadku dwóch pozostałych układów statycznych, tj. belki swobodnie podpartej oraz ramy otrzymane wyniki są zbieżne. Jednak należy pamiętać, iż w przypadku obiektów ramowych 30% z nich to konstrukcje zespolone. Ten fakt w powiązaniu z wynikami wyżej przeprowadzanej analizy dot. zależności pomiędzy LCA a rodzajem konstrukcji przęsta, dają pełen obraz oceny układów ramowych. Tzn. duży wpływ na niniejszy wynik obiektów ramowych ma zastosowanie stali konstrukcyjnej w 30% obiektów w próbie badawczej, co jest jednym z głównych powodów obniżenia „wartości” konstrukcji w układzie ramowym w niniejszej analizie LCA.

### 5.4.24 Analiza zależności kosztów życia obiektu (LCCA) od rodzaju konstrukcji przęsta

Analizę kosztów życia obiektu, wyrażonych w zł/m<sup>2</sup> przęsta, podzielono na trzy części w zależności od rodzaju konstrukcji przęsta:

- etap budowy obiektu;
- etap utrzymania;
- całkowity koszt życia obiektu.

Analizując etap budowy, najkorzystniej pod względem ekonomicznym przedstawiają się obiekty o konstrukcji przęsta sprężonego monolitycznego, gdzie koszty aż 96% obiektów z tej grupy konstrukcji zawiera się w przedziale 550 – 1950 zł/m<sup>2</sup>. Podobną zależność niniejszej konstrukcji na tle pozostałych, można zaobserwować na etapie utrzymania gdzie 71% obiektów wśród konstrukcji sprężonych zawiera się w przedziale 180 – 380 zł/m<sup>2</sup>, natomiast 29 % w drugim przedziale kosztów 380 – 580 zł/m<sup>2</sup>. W związku z powyższym sumaryczny koszt w cyklu życia obiektów sprężonych monolitycznych (koszty budowy + koszty utrzymania) jest najniższy w porównaniu do pozostałych rodzajów konstrukcji, a potwierdzeniem są wyniki zawarte w 0 dot. kosztów całkowitych, które stanowią 83% wśród obiektów sprężonych w przedziale 1350 – 3350 zł/m<sup>2</sup>.

Na drugim miejscu znalazły się konstrukcje żelbetowe monolityczne, które mimo tego, iż na etapie budowy generowały wyższe koszty niż konstrukcje na belkach prefabrykowanych, to ich całkowity koszt podczas cyklu życia, wypada korzystniej w porównaniu z belkami prefabrykowanymi. Powodem tego są koszty utrzymaniowe, które w przypadku prefabrykatów są wyższe od kosztów utrzymania konstrukcji żelbetowej monolitycznej dot. kosztów utrzymaniowych.

Najmniej korzystne wyniki pod względem ekonomicznym (LCCA) otrzymano w przypadku konstrukcji zespolonych. Porównując konstrukcje zespolone z żelbetowymi, sprężonymi czy prefabrykowanymi przęstami, na każdym etapie cyklu życia obiektu generują wyższe koszty od ww. rodzajów konstrukcji.

Tab. 90. Zależność kosztów życia obiektu (LCCA) od rodzaju konstrukcji przęsła

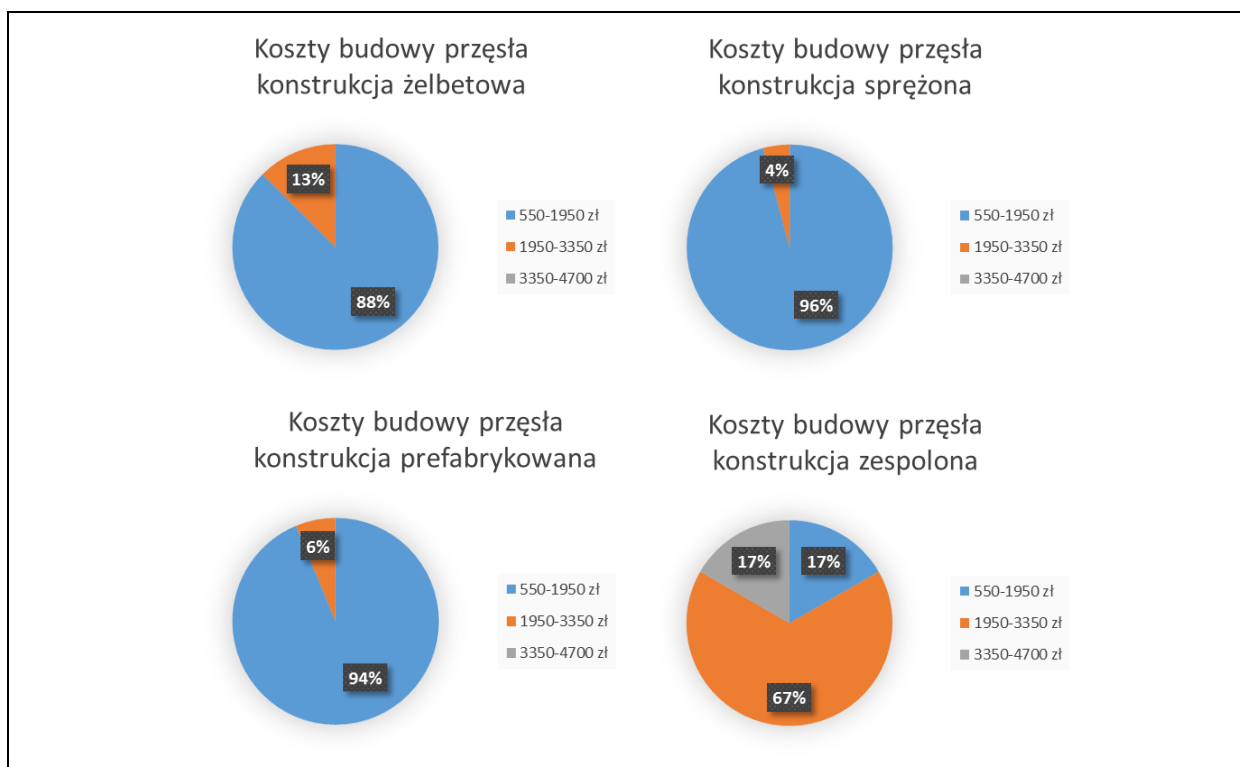
Lp.	budowa [zł/m2]	konstrukcja przęsła							
		żelbetowa		sprężona		prefabrykowana		zespolona	
		[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]
1.	550-1950 zł	14	88%	23	96%	15	94%	2	17%
2.	1950-3350 zł	2	13%	1	4%	1	6%	8	67%
3.	3350-4700 zł	0	0%	0	0%	0	0%	2	17%
4.	<b>SUMA:</b>	<b>16</b>	100%	<b>24</b>	100%	<b>16</b>	100%	<b>12</b>	100%

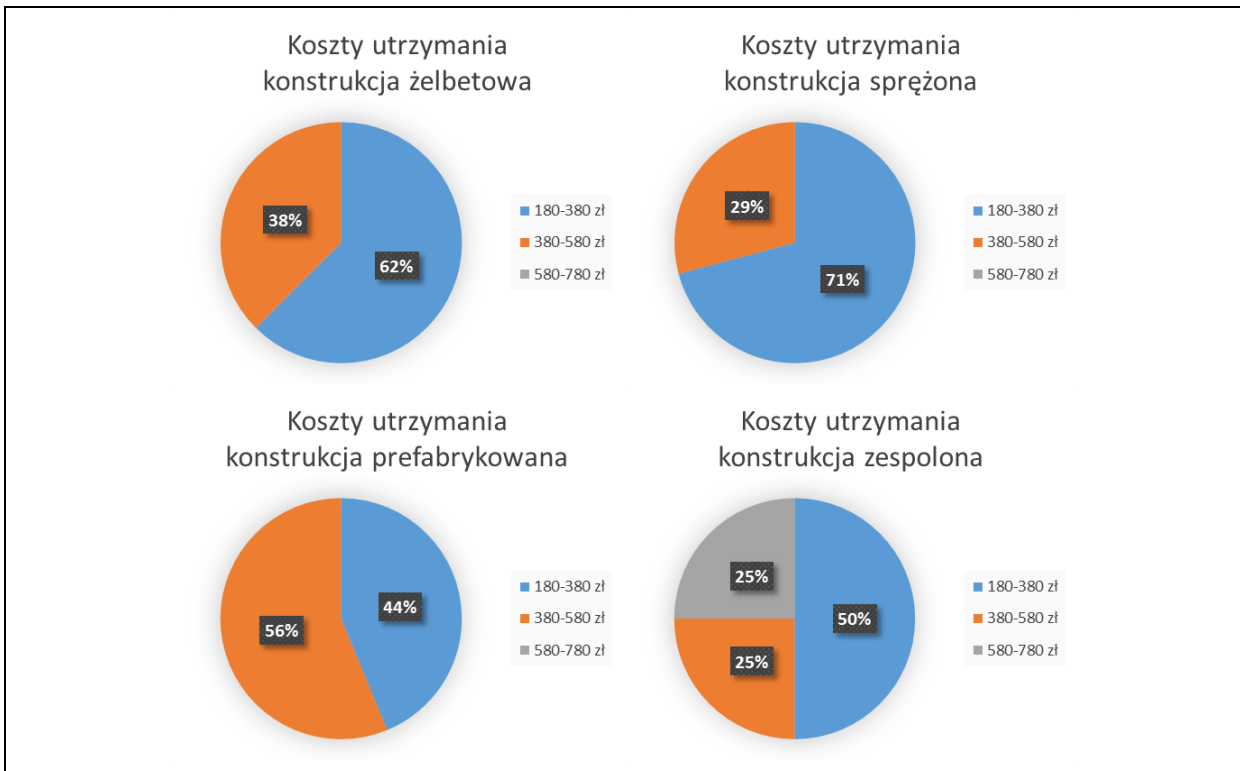
Lp.	utrzymanie [zł/m2]	konstrukcja przęsła							
		żelbetowa		sprężona		prefabrykowana		zespolona	
		[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]
1.	180-380 zł	10	63%	17	71%	7	44%	6	50%
2.	380-580 zł	6	38%	7	29%	9	56%	3	25%
3.	580-780 zł	0	0%	0	0%	0	0%	3	25%
4.	<b>SUMA:</b>	<b>16</b>	100%	<b>24</b>	100%	<b>16</b>	100%	<b>12</b>	100%

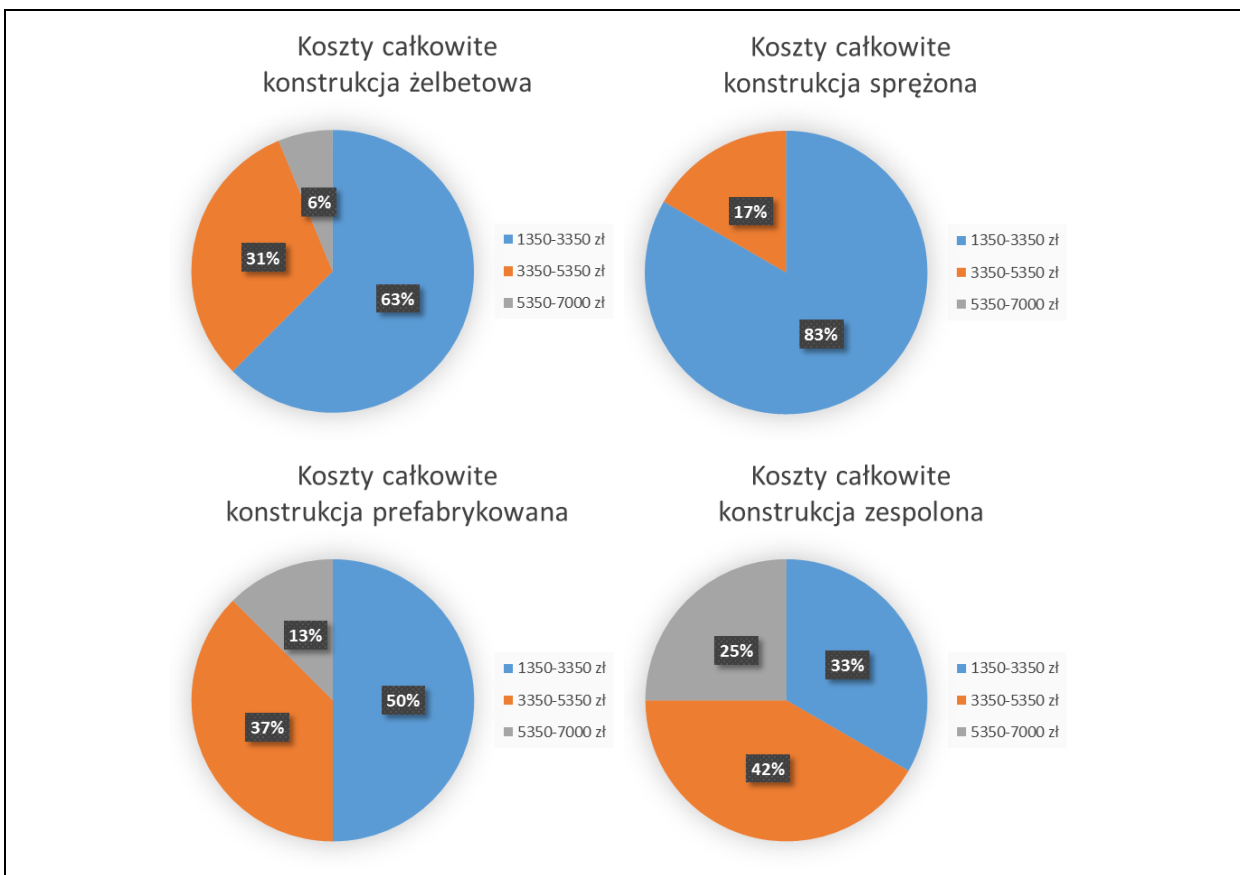
Lp.	koszt całkowity [zł/m2]	konstrukcja przęsła							
		żelbetowa		sprężona		prefabrykowana		zespolona	
		[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]
1.	1350-3350 zł	10	63%	20	83%	8	50%	4	33%
2.	3350-5350 zł	5	31%	4	17%	6	38%	5	42%
3.	5350-7000 zł	1	6%	0	0%	2	13%	3	25%
4.	<b>SUMA:</b>	<b>16</b>	100%	<b>24</b>	100%	<b>16</b>	100%	<b>12</b>	100%



Rys. 71. Zależność kosztów życia obiektu (LCCA) od rodzaju konstrukcji przęsła – budowa



Rys. 72. Zależność kosztów życia obiektu (LCCA) od rodzaju konstrukcji prześła - utrzymanie



Rys. 73. Zależność kosztów życia obiektu (LCCA) od rodzaju konstrukcji prześła – koszty całkowite

Podsumowanie:

Z przeprowadzonej analizy zależności kosztów życia obiektu (LCCA) od rodzaju konstrukcji prześła wynika, iż najkorzystniejsze wyniki pod względem ekonomicznym (najniższe koszty)

otrzymano w przypadku konstrukcji sprężonych monolitycznych, następnie żelbetowych i kolejno prefabrykowanych. Najmniej korzystnie wypadły konstrukcje zespolone, które na etapie budowy generują znacznie wyższe koszty od pozostałych trzech rodzajów konstrukcji przęsła.

#### 5.4.25 Analiza zależności kosztów życia obiektu (LCCA) od schematu statycznego

Analogicznie jak w ww. przeprowadzonej analizie, również w niniejszej koszty życia obiektu, w zależności od rodzaju konstrukcji przęsła, podzielono na trzy części:

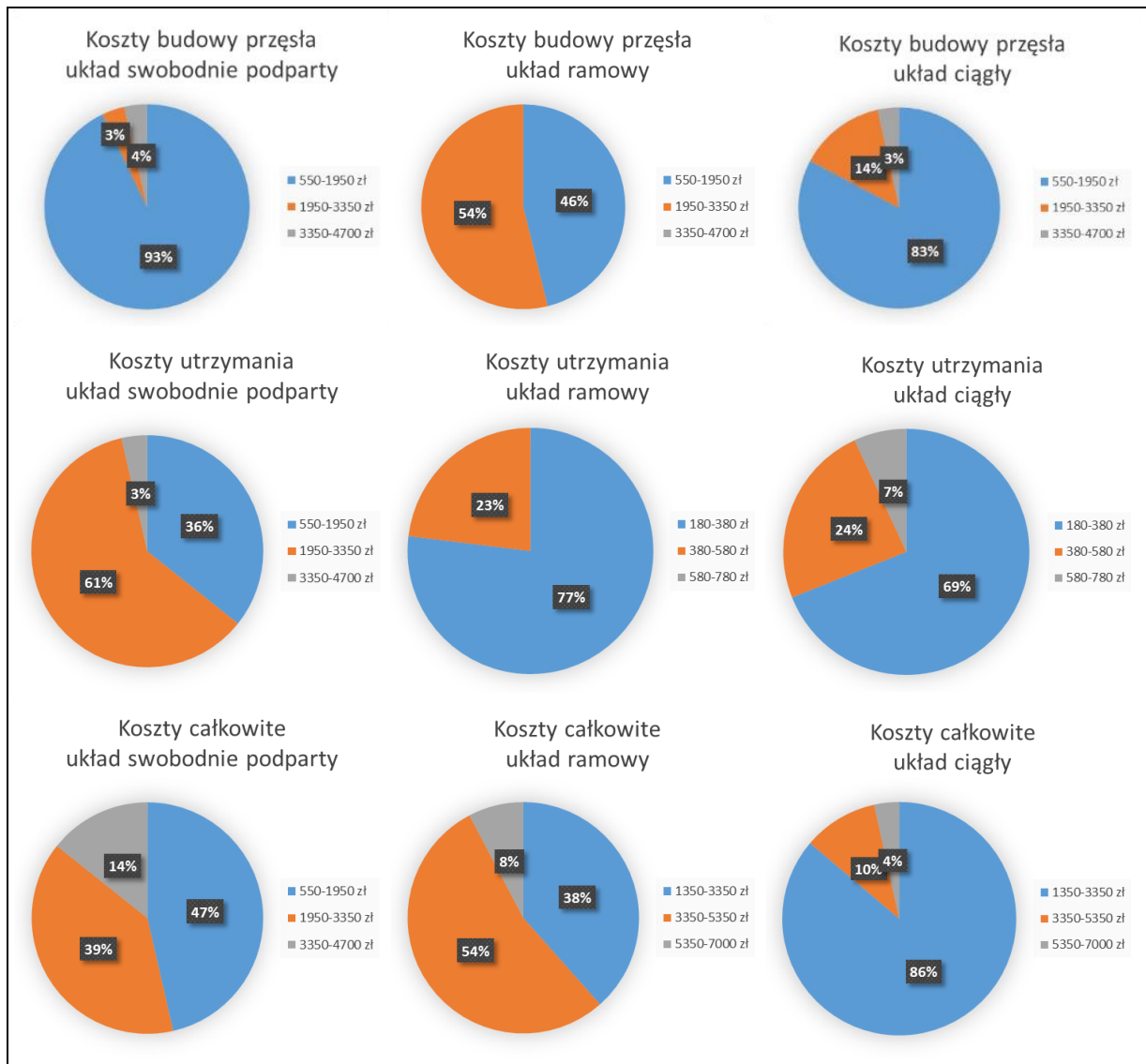
- etap budowy obiektu;
- etap utrzymania;
- całkowity koszt życia obiektu.

Analizując etap budowy, najkorzystniej pod względem ekonomicznym (LCCA) wypadły obiekty o schemacie statycznym belki swobodnie podpartej, które stanowią 93% konstrukcji w najniższym przedziale kosztów 550 – 1950 zł/m<sup>2</sup>. Jednak ta sama grupa obiektów generuje najwyższe koszty utrzymaniowe: 61% obiektów w układzie swobodnie podpartym została zakwalifikowana do drugiego przedziału kosztów, tj. 380 – 580 zł/m<sup>2</sup>. W przypadku obiektów o schemacie ramowym wyodrębniła się odwrotna sytuacja, a mianowicie konstrukcje ramowe generują najwyższe koszty budowy wśród analizowanej grupy, a najniższe koszty w trakcie utrzymania. Na etapie budowy 46% obiektów w układzie ramowym zawiera się w przedziale kosztów 550 – 1950 zł/m<sup>2</sup>, natomiast 54% w przedziale kosztów 1950 – 3350 zł/m<sup>2</sup>. Analizując koszty utrzymaniowe obiektów ramowych to aż 77% z tej grupy zakwalifikowano do najniższego przedziału 180 – 380 zł/m<sup>2</sup>.

Najkorzystniejsze wyniki dla całkowitych kosztów życia obiektów otrzymano w przypadku konstrukcji o schemacie statycznym belki ciągłej. Wśród obiektów o układzie statycznym ciągłym aż 86% z nich zawiera się w najniższym przedziale kosztów całkowitych, tj. 1350 – 3350 zł/m<sup>2</sup>.

Tab. 91. Zależność kosztów życia obiektu (LCCA) od schematu statycznego

Lp.	LCCA - budowa	schemat statyczny					
		swobodnie podparty		ramowy		ciągły	
		[zł/m <sup>2</sup> ]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]
1.	550-1950 zł	26	93%	6	46%	24	83%
2.	1950-3350 zł	1	4%	7	54%	4	14%
3.	3350-4700 zł	1	4%	0	0%	1	3%
4.	<b>SUMA:</b>	<b>28</b>	100%	<b>13</b>	100%	<b>29</b>	100%
Lp.	LCCA - utrzymanie	schemat statyczny					
		swobodnie podparty		ramowy		ciągły	
		[zł/m <sup>2</sup> ]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]
1.	180-380 zł	10	36%	10	77%	20	69%
2.	380-580 zł	17	61%	3	23%	7	24%
3.	580-780 zł	1	4%	0	0%	2	7%
4.	<b>SUMA:</b>	<b>28</b>	100%	<b>13</b>	100%	<b>29</b>	100%
Lp.	LCCA - koszt całkowity	schemat statyczny					
		swobodnie podparty		ramowy		ciągły	
		[zł/m <sup>2</sup> ]	[szt.]	[%]	[szt.]	[%]	[szt.]
1.	1350-3350 zł	13	46%	5	38%	25	86%
2.	3350-5350 zł	11	39%	7	54%	3	10%
3.	5350-7000 zł	4	14%	1	8%	1	3%
4.	<b>SUMA:</b>	<b>28</b>	100%	<b>13</b>	100%	<b>29</b>	100%



Rys. 74. Zależność kosztów życia obiektu (LCCA) od schematu statycznego

**Podsumowanie:**

Po przeprowadzonej analizie zależności pomiędzy kosztem życia obiektu (LCCA) i schematem statycznym wynika, że obiekty mostowe o schemacie statycznym belki ciągłej są najkorzystniejszym rozwiązaniem w odniesieniu do kosztów całkowitych. Obiekty w układzie ramowych generują najniższe koszty utrzymaniowe, natomiast obiekty o schemacie belki swobodnie podpartej najniższe koszty budowy. Analizując całkowite koszty cyklu życia obiektu (LCCA), zarówno konstrukcje w układzie ramowym, jak i w układzie belki swobodnie podpartej, wykazują zbliżone wartości. W przypadku obiektów ramowych, podobnie jak w analizie zależności LCA i schematu statycznego, powodem „podwyższonego” kosztu dla układów ramowych jest fakt, iż 30% to konstrukcje zespolone. Zgodnie z wyżej przeprowadzoną analizą, stal konstrukcyjna w obiektach zespolonych, wpływa niekorzystnie na obiekty poddane analizie LCCA.

**5.5 Podsumowanie wieloparametrycznej oceny obiektów mostowych**

Przeprowadzono wieloparametryczną analizę drogowych obiektów mostowych, które w wyniku odpowiednich parytetów, zostały zakwalifikowane do niniejszej próby badawczej.

Wieloparametryczna analiza polegała na ocenie zależności pomiędzy poszczególnymi parametrami, które definiują poszczególne obiekty mostowe i przepusty.

Należy pamiętać, iż niniejszą próbę badawczą stanowiły 93 drogowe obiekty mostowe. W większości przedstawionych w tym punkcie analiz można wyciągnąć wnioski oraz zaobserwować trendy dotyczące drogowych obiektów mostowych przy ocenie 93 konstrukcji. W przypadku ocen, które przeprowadzono, a które nie wykazały żadnej wartości ze względu na zbyt małą liczbę obiektów w próbie badawczej, zostały pominięte w niniejszym opracowaniu.

Ponadto należy zwrócić uwagę na fakt, iż próba badawcza dotyczyła jedynie obiektów wybudowanych po 2008 r. W tym okresie liczba obiektów mostowych tylko na sieci dróg krajowych zarządzanych przez GDDKiA wzrosła o ponad 3 tys. obiektów ( w 2008 r. ok 3,7 tys., w 2017 r. ponad 7 tys.). Niniejsza próba badawcza w stosunku do 3 tys. nowych obiektów, stanowi ok. 2%. Prawdopodobnie uwzględniając wzrost liczby obiektów na drogach innych zarządców liczba ta spadła by więcej niż dwukrotnie. Porównując liczbę obiektów poddanych analizie do liczby wszystkich obiektów mostowych w Polsce, można by dojść do wniosku, że przedmiotowa analiza ma charakter szątkowy i może niekoniecznie odzwierciedlać rzeczywisty stan mostownictwa w Polsce.

Podsumowując ogólne informacje uzyskane z ww. przeprowadzonych analiz w odniesieniu do poszczególnych uwarunkowań, tj. techniczne/technologiczne, funkcjonalne (ruchowe), ekonomiczne, środowiskowe, wynika że w przypadku uwarunkowań:

1. Technicznych/ technologicznych:

- a. Obiekty mostowe objęte próbą badawczą to głównie konstrukcje betonowe (żelbetowe, sprężone, prefabrykowane), które stanowiły aż 80%. Udział konstrukcji zespolonych (stalowo-betonowych) to 16%.
- b. 96 % obiektów mostowych z próby badawczej stanowią trzy typowe układy statyczne, tj. konstrukcje o schemacie statycznym belki ciągłej (40%), belki swobodnie podpartej (38%) oraz układy ramowe (18%).
- c. We wszystkich rodzajach obiektów od 70 do 80% stanowią układy statyczne swobodnie podparte oraz ciągłe, przy czym w przypadku mostów i wiaduktów większość stanowią układy swobodnie podparte, natomiast w przypadku estakad i kładek – układy ciągłe, Układy ramowe mieszczą się w zakresie od 20 do 30% w każdej rozpatrywanej grupie obiektów z wyjątkiem kładek. W kładkach oprócz konstrukcji typowych występują także konstrukcje nietypowe jak łukowe czy podwieszane.
- d. Analiza dotycząca maksymalnych rozpiętości przęseł wykazała, iż 90% obiektów z całej próby badawczej zawiera się w przedziale od 0 do 40 m
- e. Analiza rozpiętości przęseł obiektów mostowych wykazała, że 83 % obiektów w próbie badawczej stanowią obiekty o maksymalnej rozpiętości do 40 m, a najczęściej występującymi są obiekty o rozpiętości od 20 do 30m (45%).
- f. Analiza rozpiętości przęsła w stosunku do schematu statycznego wykazała, że obiekty swobodnie podparte stanowią większość w rozpiętościach do 20m, powyżej tych rozpiętości przewagę stanowią układy ciągłe. Układy ramowe stanowią od 10 do 30% obiektów o rozpiętościach od 15 do 40m.
- g. Obiekty o schemacie statycznym belki swobodnie podpartej to głównie:
  - w 47% obiekty o konstrukcji przęsła prefabrykowanego;
  - w 32% obiekty o konstrukcji przęsła sprężonego monolitycznego;
- h. Obiekty o schemacie statycznym belki ciągłej to głównie:
  - w 48% obiekty o konstrukcji przęsła sprężonego monolitycznego;
  - w 21% obiekty o konstrukcji przęsła żelbetowego monolitycznego;
  - w 21% obiekty o konstrukcji przęsła zespolonego.
- i. Obiekty o schemacie statycznym ramowym to głównie:
  - w 62% obiekty o konstrukcji przęsła żelbetowego monolitycznego;

- w 30% obiekty o konstrukcji przęsła zespolonego;

2. Funkcjonalnych (ruchowych):

- a. Wśród obiektów, które stanowią niniejszą próbę badawczą zostały zachowane szerokości pasów ruchu w zależności od klasy drogi zgodnie z obowiązującym Rozporządzeniem. Zatem na wyższych klasach dróg (A, S) szerokość pasów ruchów są większe zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa. Zatem można stwierdzić, że wszystkie obiekty mostowe usytuowane w danej klasie drogi spełniają swoją funkcję ruchową. Analogiczne wnioski nasuwają się w przypadku szerokości użytkowej chodników.
- b. Wyniki otrzymane zależności rodzaju obiektów (mostów, wiaduktów, estakad, kładek, przepustów) od ich lokalizacji w terenie zabudowanym/niezabudowanym, można zauważyć iż przepusty ze względu na pełnione funkcje, tj. przeprowadzanie zwierząt bądź cieku przez nasyp drogowy są lokalizowane głównie poza terenem zabudowanym. Dodatkowo są to głównie przepusty skrzynkowe żelbetowe. Ze względu na swoje funkcje również kładki czy estakady częściej są zlokalizowane na obszarach zabudowanych od pozostałych rodzajów obiektów mostowych, tj. mostów, wiaduktów. W przypadku kładek usytuowanych na terenie zabudowanym częściej niż na obszarze niezabudowanym, występują konstrukcje „nietypowe”: łukowe, podwieszane. W przypadku tego rodzaju obiektów dochodzi kolejna funkcja – architektoniczna. Poza terenem zabudowanym konstrukcję kładek stanowią głównie obiekty zespolone o dźwigarach blachownicowych. W przypadku mostów, wiaduktów, estakad nie ma wyraźnej zależności pomiędzy rodzajem konstrukcji przęsła a usytuowaniem danego obiektu na obszarze zabudowanym / niezabudowanym.
- c. Przęsła o konstrukcji belkowej (żelbetowe, sprężone, stalowe i prefabrykowane) stanowią zdecydowaną większość (ok 70 - 100%) konstrukcji mostów, wiaduktów i estakad bez względu na rodzaj przeszkody w rozpatrywanej próbie badawczej. 20 do 30% konstrukcji mostów na ciekach o szerokości nieprzekraczającej 30m oraz wiaduktów stanowią przęsła płytowe.
- d. Zgodnie z wynikami analizy zależności klasy drogi a rodzaju konstrukcji dla poszczególnych grup obiektów można stwierdzić iż dominują trzy rodzaje konstrukcji obiektów mostowych: konstrukcje sprężone belkowe, konstrukcje prefabrykowane belkowe, oraz konstrukcje żelbetowe monolityczne. Występują w każdej klasie drogi. Poniżej przedstawiono bardziej szczegółowe informacje.

W przypadku mostów zlokalizowanych:

- w ciągu drogi klasy A i S dominują obiekty sprężone belkowe;
- w ciągu drogi klasy GP i G - konstrukcje prefabrykowane belkowe, dodatkowo w przypadku mostów w ciągu klasy G - obiekty zespolone o dźwigarach blachownicowych;
- w ciągu drogi klasy Z - konstrukcje żelbetowe płytowe;
- w ciągu drogi klasy L - przęsła sprężone belkowe.

W przypadku wiaduktów można wyróżnić:

- w ciągu drogi klasy A i S – konstrukcje prefabrykowane belkowe;
- w ciągu drogi klasy GP – konstrukcje żelbetowe monolityczne;
- w ciągu drogi klasy G i L– konstrukcje sprężone belkowe.

W przypadku estakad można wymienić, jako główne rodzaje konstrukcji występujące:

- w ciągu drogi klasy A – obiekty sprężone belkowe;
- w ciągu drogi klasy S – obiekty żelbetowe belkowe;
- w ciągu drogi klasy G – obiekty zespolone skrzynkowe.



Zatem można stwierdzić, że każda z powyższych rodzajów konstrukcji spełnia swoje funkcje polegające na zachowaniu ciągłości ruchu.

e. Analiza zależności pomiędzy rodzajem konstrukcji przęsła a szerokością całkowitą obiektu dla poszczególnych rodzajów obiektów mostowych wykazała, że naprzemiennie były stosowane następujące rodzaje konstrukcji dla:

- szerokości całkowitej przęsła 10 - 15 m: konstrukcje żelbetowe monolityczne w przypadku mostów, konstrukcje sprężone belkowe w przypadku wiaduktów, to objekty żelbetowe belkowe w przypadku estakad;
- szerokości całkowitej przęsła 15 – 20 m: konstrukcje sprężone belkowe w przypadku mostów, konstrukcje z belek prefabrykowanych w przypadku wiaduktów, objekty sprężone belkowe oraz w zespolone skrzynkowe w przypadku estakad;
- szerokości całkowitej przęsła ponad 20 m: konstrukcje sprężone belkowe w przypadku mostów, konstrukcje żelbetowe płytowe w przypadku wiaduktów, konstrukcje sprężone belkowe w przypadku estakad.

Dla kładek o szerokości całkowitej konstrukcji do 5 m są to przede wszystkim objekty zespolone.

f. W próbie badawczej wystąpiły kładki o dwóch rodzajach przeznaczenia dla pieszych i dla ruchu pieszo – rowerowego. Przeprowadzona analiza wykazała, że na szerokość całkowitą kładek, nie ma wpływu jej przeznaczenie. Zarówno w przypadku kładek dla pieszych, jak i dla kładek pieszo – rowerowych największą część stanowią konstrukcje o szerokości całkowitej do 5 m.

g. W wyniku przeprowadzonej analizy dot. zależności klasy obciążenia obiektów mostowych wg normy [15] od klasy drogi, widać wyraźną zgodność z Rozporządzeniem [7]. Około 98,5% obiektów próby badawczej spełnia wymagania nośności najwyższej klasy obciążenia „A”. W zbiorze tym występują zarówno objekty dla których klasa nośności „A” jest obligatoryjna jak również objekty, dla których stawiane są niższe wymagania. Zgodnie z powyższym oraz biorąc pod uwagę tendencję wzrostową obciążenia ruchem drogowym można stwierdzić, że należy dążyć do przyjmowania jak najwyższej klasy nośności obiektów mostowych.

### 3. Ekonomiczny:

a. Analiza kosztów życia obiektu (LCCA) wykazała, iż:

- konstrukcje sprężone monolityczne są najkorzystniejszym rozwiązaniem pod względem ekonomicznym (LCCA), natomiast objekty zespolone są najmniej korzystne;
- objekty o schemacie statycznym belki ciągłej generują najniższe koszty życia obiektu.

b. Trwałość drogowych obiektów mostowych zależy m.in. od rodzaju konstrukcji przęsła, jak również od klasy drogi w ciągu której są zlokalizowane.

Najdłuższą trwałość wykazały objekty zespolone oraz prefabrykowane, najkrótszą objekty żelbetowe monolityczne.

c. Trwałość obiektów w zależności od klasy drogi w ciągu której został wybudowany, jest dłuższa dla niższych klas dróg D, L, Z. Wynika to z obciążenie ruchem drogowym (SDR).

### 4. Środowiskowy:

a. W wyniku przeprowadzonej analizy zależności rozpiętości przęsła, a lokalizacji obiektu w obszarze chronionym/niechronionym nie można jednoznacznie stwierdzić, iż na terenach chronionych rozpiętości przęseł są dłuższe niż w przypadku terenów niechronionych, co wydawałoby się racjonalnym

- rozwiązaniem ze względu na ingerencje w środowisko poprzez dodatkowe podpory pośrednie i ich posadowienie.
- b. Drogowe obiekty mostowe zlokalizowane na obszarach chronionych to przede wszystkim konstrukcje o schemacie statycznym belki ciągłej (57%). Ponadto w porównaniu z obiektami zlokalizowanymi na obszarach niechronionych, technologia budowy tych konstrukcji była bardziej zróżnicowana, z tendencją spadkową w przypadku pełnego rusztowania, na rzecz montażu konstrukcji sekcjami lub w technologii nasuwania.
  - c. W wyniku przeprowadzonej analizy zależności schematu statycznego od ukształtowania terenu można stwierdzić, że występują trzy główne schematy statyczne: belka swobodnie podparta, układ ciągły oraz ramowy, sporadycznie występują schematy łukowe oraz podwieszane. Na obszarach nizinnych i górskich najczęściej występujących schematów statycznych dotyczą belek swobodnie podpartych oraz układów ciągłych. Na terenach wyżynnych dominującymi są schematy statyczne ciągłe oraz ramowe. Nie można jednoznacznie określić, jaki schemat statyczny jest najlepszy. Mając na uwadze powyższe można stwierdzić, że należy dążyć do stosowania trzech ww. głównych schematów statycznych.
  - d. Analiza środowiskowej oceny cyklu życia (LCA) wykazała, iż:
    - obiekty sprężone i żelbetowe monolityczne są rozwiązaniem korzystniejszym ze względu na obciążenie środowiska niż obiekty zespolone;
    - obiekty mostowe o schemacie statycznym belki ciągłej są konstrukcjami o najkorzystniejszych rozwiązaniach pod względem środowiskowym.

Bardziej szczegółowe informacje zawarto w częściowym podsumowaniu w każdej z ww. analiz.

## 6 Podsumowanie i wnioski

---

Wśród informacji zawartych w całej przeprowadzonej analizie, należy skupić się przede wszystkim na tych, które bezpośrednio mogą mieć wpływ na rozwiązania zawarte w przygotowywanym *Katalogu typowych konstrukcji drogowych obiektów mostowych i przepustów*. Pozostałe informacje można potraktować jako wskazówki, które mogą pomóc w opracowywaniu ww. Katalogu.

Wyniki, które otrzymano z przeprowadzonej wieloparametrycznej analizy obiektów mostowych oraz przepustów, wskazują iż po roku 2008 głównie projektowano i budowano konstrukcje betonowe (żelbetowe, sprężone, prefabrykowane), w mniejszym stopniu zespolone. Około 90% obiektów w próbie badawczej zawiera się w rozpiętości przęsła do 40m. W przypadku większych rozpiętości, projektowane obiekty najczęściej mają charakter indywidualny.

Opierając się na wynikach niniejszego opracowania, do przyszłego krajowego *Katalogu typowych obiektów mostowych i przepustów* rekomenduje się konstrukcje, przede wszystkim najłatwiejsze w utrzymaniu, o prostej konstrukcji. Czynnikiem utrzymaniowym jest jednym z głównych, który wpływa na trwałość obiektów, a tym samym na koszty życia obiektu (LCCA) oraz obciążenie środowiska (LCA).

W celu pogodzenia czynnika ekonomicznego, środowiskowego, konstrukcyjno – technicznego oraz funkcjonalnego należy przede wszystkim zwrócić uwagę na konstrukcje betonowe (żelbetowe, sprężone, prefabrykowane) w schemacie statycznym belki swobodnie podpartej, belki ciągłej oraz w układzie ramowym. W przypadku większych rozpiętości przęseł zaleca się ze względów ekonomiczno – konstrukcyjnych, poszerzyć zakres o konstrukcje zespolone, które jednocześnie charakteryzują się wyższą trwałością.

Wykonawca zaleca podział obiektów na cztery przedziały rozpiętości przęsła, tj.

- 5 – 15 m,
- 15 – 20 m,
- 20 – 30m,
- 30 – 40 m.

Tak pogrupowane rozpiętości przęseł obiektów pozwolą na zaproponowanie optymalnych rozwiązań w każdej z nich. Pisząc o optymalnych rozwiązaniach autorzy mają na myśli czynniki konstrukcyjno – techniczne, ekonomiczne, środowiskowe i funkcjonalne.

Dla obiektów o rozpiętości poniżej 5 m zaleca się stosowanie prefabrykowanych przepustów żelbetowych.

Rozwiązania takie, przy obecnych rozwiązaniach i jakości prefabrykacji są trwałe, sprawdzone i proste do wykonania, co minimalizuje ryzyko błędów wykonawczych. W pozostałych grupach Wykonawca przewiduje zaproponowanie kilku rozwiązań dla każdego z przedziałów. Ma to na celu zaproponowanie rozwiązań optymalnych z naciskiem na różne parametry. np. szybkość budowy, trwałość, utrzymanie, cena.



## 7 Piśmiennictwo

1. Umowa nr DDP-U-POPT-203/17 z dnia 14 listopada 2017r.
2. Opis Przedmiotu Zamówienia. Załącznik nr 3 do umowy DDP-U-POPT-203/17 z dnia 14 listopada 2017r.
3. Portal Funduszy Unijnych: <https://www.miiir.gov.pl/strony/zadania/fundusze-europejskie/wykorzystanie-projekty-i-efekty-funduszy-europejskich/>
4. Ochrona środowiska 2017. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa październik 2017r.
5. Szkolny Atlas Geograficzny. Wydawnictwo Demart S.A. Warszawa 2012r.
6. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 43/99, poz. 430).
7. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać objekty inżynierskie i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 63/00, poz. 735).
8. Norma PN-EN 1990:2002 Podstawy projektowania konstrukcji
9. Czudek H. Wysokowski A. Trwałość mostów drogowych. WŁK, Warszawa 2005r.
10. Zobel H., Alkhafaji T., Wróbel M. : Metoda określania trwałości mostów drogowych. Inżynieria i Budownictwo nr 11/2017.
11. PN-EN ISO 12944:2001 Farby i lakiery – Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów malarskich -- Część 1: Ogólne wprowadzenie.
12. Dane statystyczne GDDKiA <https://www.gddkia.gov.pl/pl/a/6610/dane-statystyczne>
13. Ehlen, M. (2003). BridgeLCC 2.0 users manual. Life-cycle costing software for preliminary design of bridges. Gaithersburg, USA, Polska: National Institute of Standards and Technology.
14. Instytut Badawczy Dróg i Mostów. (2008). Instrukcja oceny efektywności ekonomicznej przedsięwzięć drogowych i mostowych dla dróg powiatowych. Warszawa.
15. PN-85/S-10030. (1982). Obiekty mostowe. Obciążenia. Polski Komitet Normalizacyjny.
16. Sekocenbud. (2017). Biuletyn cen robót drogowych, mostowych i torowych BCD IV/2017. Warszawa: Ośrodek Wdrożeń Ekonomiczno-Organiczacyjnych Budownictwa „PROMOCJA” Sp. z o.o.
17. Sekocenbud. (2017). Biuletyn cen obiektów budowlanych BCO IV/2017 – cz. II – objekty inżynierskie. Warszawa: Ośrodek Wdrożeń Ekonomiczno-Organiczacyjnych Budownictwa „PROMOCJA” Sp. z o.o.
18. Dąbal A., Łyszczarz M., Analizy LCA dla dróg i mostów jako narzędzie do szczegółowej i kompleksowej oceny oddziaływania na środowisko, Budownictwo i Architektura, Vol. 15 nr 1, Lublin 2016
19. Du G., Karoumi R., Life cycle assessment of railway bridge: comparison of two superstructure designs, Structure and Infrastructure Engineering, Vi. 9, 2013
20. Kowalski Z., Kulczycka J., Góralczyk M., Ekologiczna ocena cyklu życia procesów wytwórczych, PWN, Warszawa, 2007
21. Goedkoop M., Oele M., Vieira M., Leijting J., Ponsioen T., Meijer E., SimaPro Tutorial, 2014
22. Hammervold J., Reenaas M. Brattebo H., Environmental Life Cycle Assessment of Bridges, Journal of Bridge Engineering, Vol. 18, 2013
23. PN-EN ISO 14040, Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – Zasady i struktura, PKN, Warszawa, 2009
24. PN-EN ISO 14044, Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – Wymagania i wytyczne, PKN, Warszawa, 2009

25. PN-EN 15804, Zrównoważoność obiektów budowlanych – Deklaracje środowiskowe wyrobów – Podstawowe zasady kategoryzacji wyrobów budowlanych, PKN, Warszawa, 2012
26. Rantala T., Life cycle analysis of three finnish standard bridges, Liikennevirasto, Helsinki 2010
27. Sagemo A., Strock L., Comparative study of bridge concepts based on life-cycle cost analysis and life-cycle assessment, Chalmers University of technology, Goteborg, 2013
28. Siwowski T., Zintegrowana analiza cyklu życia w utrzymaniu mostów, Awarie budowlane, XXVI Konferencja Naukowo-Techniczna, Międzyzdroje, 2013
29. Strykowski W., Lewandowska M., Wawrzyńkiewicz Z., Noskowiak A., Cichy W., Środowiskowa ocena cyklu życia (LCA) wyrobów drzewnych, WITD, Poznań 2006
30. Dokumentacja techniczna wszystkich obiektów próby badawczej – 93 szt.

## Załączniki

---

### Karty obiektów mostowych próby badawczej

Karty obiektów mostowych próby badawczej stanowią odrębny tom, będący załącznikiem niniejszego opracowania.