

Zbigniew **KAMYK**
Cezary **ŚLIWIŃSKI**

WPLYW ANALIZY KOSZTÓW CYKLU ŻYCIA NA WYBÓR KONCEPCJI MOSTU PONTONOWEGO

Streszczenie. W artykule omówiono główne problemy związane z szacowaniem kosztów cyklu życia (Life Cycle Cost LCC) systemów uzbrojenia. Przedstawiono przykłady zastosowania LCC w mostownictwie cywilnym.

Przeanalizowano strukturę kosztów cyklu życia mostu pontonowego w Siłach Zbrojnych RP i przedstawiono model szacowania jego kosztów cyklu życia. Wykonano analizę LCC dla trzech koncepcji nowego mostu pontonowego w różnych wersjach materiałowych. Oceniono wyniki analizy i możliwość zastosowania LCC do wyboru konstrukcji mostu pontonowego dla Wojska Polskiego.

Słowa kluczowe: most pontonowy, koszt cyklu życia, koszt pozyskania, koszty eksploatacji.

1. ANALIZA KOSZTÓW CYKLU ŻYCIA W WOJSKU I MOSTOWNICTWIE

Początki analizy kosztów cyklu życia, z ang. *Life Cycle Cost (LCC)*, sięgają końca lat sześćdziesiątych, kiedy była ona wykorzystywana głównie w przemyśle zbrojeniowym Stanów Zjednoczonych. Pozytywne wyniki pierwszych zastosowań LCC skłoniły Ministerstwo Obrony USA do wydania, w latach 1983-84, pierwszych przewodników o zastosowaniu analizy LCC, m.in. [1] i [2], których nowe wydania są często stosowane przez amerykańskie przedsiębiorstwa komercyjne. Po tym okresie zastosowanie zasad analizy LCC rozpowszechniono w większości gałęzi przemysłu oraz rozwinięto teoretyczne i praktyczne aspekty analizy. Obecnie zastosowanie analizy LCC jako narzędzia decyzyjnego, służącego do oceny alternatywnych rozwiązań, jest dość powszechne.

Ogólne warunki wykonania analizy LCC precyzowane są w wielu dokumentach normatywnych obowiązujących w różnych krajach świata i ich armiach oraz w NATO. Istnieją jednak stosunkowo nieznaczne różnice w podejściu środowiska cywilnego i wojskowego [3]. Znajomość cyklu życia systemu do wyczerpania ресурсu umożliwia efektywne nim zarządzanie. Powyższa implikacja nabiera szczególnego znaczenia, gdy w grę wchodzi zarządzanie cyklem życia systemów złożonych. Do takich niewątpliwie należą systemy uzbrojenia, które oprócz złożoności cechują się również ogromnymi kosztami ich pozyskania oraz stosunkowo długim i kosztownym okresem eksploatacji.

Nowa edycja STANAG 4728 [4] wprowadza stosowanie w NATO Publikacji Sojuszniczych AAP-48 [5] i AAP-20 [6]. Zaadaptowano w nich ustaloną w normie ISO/IEC 15288 [7] klasyfikację i zdecydowano się przyjąć podział całego cyklu życia produktu na sześć etapów: koncepcję, rozwój, produkcję, użytkowanie, wsparcie, wycofanie (rys. 1), które są opisane w AAP 48. Natomiast AAP-20 opisuje procesy pojawiające się w fazie wstępnej (pre-concept) procesu pozyskania sprzętu wojskowego (SpW). Pełny wykaz dokumentów, zalecanych do stosowania w analizie LCC, przedstawia STANREC 4755 [8].

Polska norma obronna NO 06-A011:2013 [9] wyróżnia następujące fazy cyklu życia wyrobu:

- 1) koncepcja i definiowanie wyrobu;
- 2) projektowanie i rozwój wyrobu;

- 3) produkcja (wytwarzanie) wyrobu;
- 4) instalacja wyrobu;
- 5) eksploatacja wyrobu;
- 6) wycofanie wyrobu.

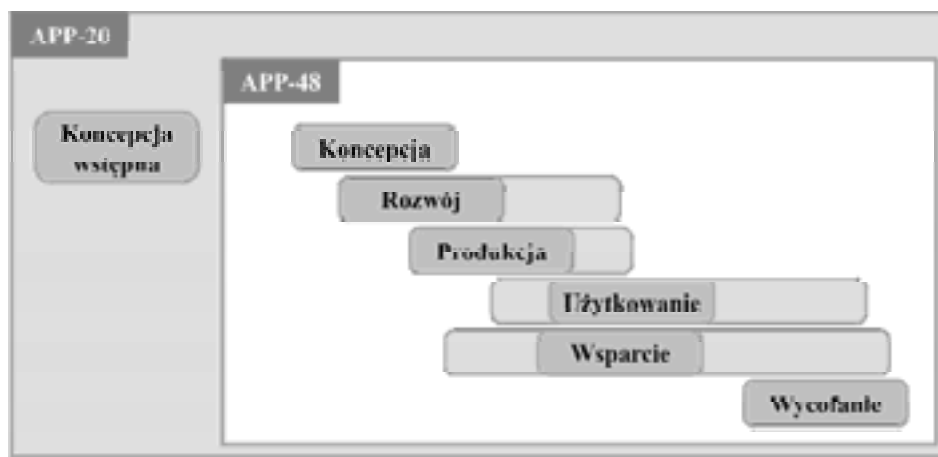
Natomiast, przyjęty w MON modelowy cykl życia systemu uzbrojenia [10] obejmuje 4 fazy z etapami. Są one inaczej nazwane, obejmują jednak podobny zakres działań jak etapy w [5] i [9].

Największe możliwości oddziaływania na koszty cyklu życia nowo wprowadzanego systemu technicznego występują w fazie jego koncepcji oraz projektowania i rozwoju. Faza ta może przesądzać nawet o 85% kosztów obiektu, które później trudno obniżyć w dalszych fazach cyklu życia [11]. Koszty nabycia (pozyskania) systemu mogą zostać określone stosunkowo dokładnie, jednocześnie największa część kosztów pojawia się w fazie eksploatacji (posiadania) systemu technicznego.

W trakcie szacowania kosztów życia nowego obiektu technicznego przyszłe koszty związane z fazą eksploatacji (użytkowania i obsługi) obiektu technicznego są najtrudniejsze do oszacowania, przede wszystkim ze względu na losowy charakter użytkowania (szczególnie dotyczy to systemów walki i mostów wojskowych) oraz losowość pojawiania się uszkodzeń.

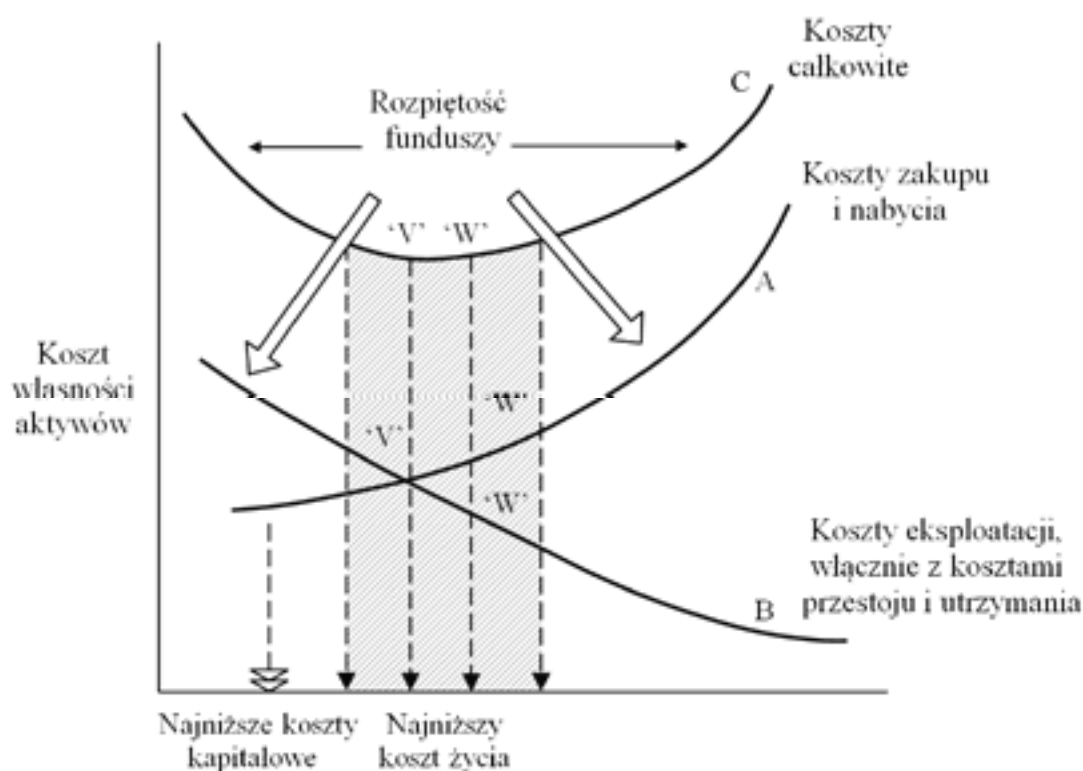
Prowadzone w kraju rozważania teoretyczne dotyczące LCC nie są na tyle zaawansowane by sprostać aktualnym potrzebom [12], [13]. Brak jest w szczególności podstaw praktycznej metodyki obliczeń związanych z określeniem struktury kosztów w cyklu życia systemu, jak również metod i narzędzi służących do szacowania tych kosztów. Znajomość struktury kosztów życia systemu i sposobu ich liczenia jest ważna, zwłaszcza w chwili, kiedy dokonujemy wyboru danego systemu w aspekcie spełnienia wymagań operacyjnych [13].

Bilans kosztów poszczególnych faz życia obiektu/systemu pozwala na optymalizację kosztów całkowitych tak, aby koszty pozyskania wpływały w sposób efektywny i racjonalny na przyszłe koszty eksploatacji. Dobrze przeprowadzona analiza powinna zawierać koszty poszczególnych etapów cyklu życia (rys. 1). Celem analizy kosztów cyklu życia jest wybór koncepcji wyrobu ze względu na optymalizację kosztów pozyskania i eksploatacji (rys. 2), czyli sumaryczną cenę wyrobu, a nie tylko szukanie oszczędności w fazie zakupu lub projektowania. Prawidłowo przeprowadzona analiza kosztów cyklu życia pozwala na uniknięcie zbędnych kosztów również z perspektywy późniejszego użytkownika wyrobu.



Rys. 1. Etapy życia SpW według poglądów NATO i relacja AAP-20 do APP-48 [5]

Przez koszty pozyskania rozumie się koszty związane z działaniami takimi jak, przeprowadzenie analiz rynkowych, wykonanie analiz istniejących rozwiązań konstrukcyjnych, opracowanie koncepcji, zaprojektowanie produktu, wykonanie modelu, prototypu, partii próbnej, badań certyfikacyjnych i zakupu wyrobu. Jak widać na wykresie (rys. 2), zminimalizowanie środków w fazie pozyskania produktu (skrajna lewa część krzywej A) powoduje wzrost kosztów eksploatacyjnych (krzywa B). Suma kosztów eksploatacyjnych i pozyskania produktu daje koszty całkowite (krzywa C). Rejon minimum krzywej kosztów całkowitych wyznacza obszar optymalnego kosztu cyklu życia wyrobu (obszar zakreślony). Poruszanie się w tym obszarze umożliwi uzyskanie stosunkowo niskich kosztów wytworzenia wyrobu oraz jego eksploatacji, na skutek stosunkowo wysokiej niezawodności i doboru najlepszych rozwiązań typu: koszt - efekt.



Rys. 2. Zależność między kosztami eksploatacji i pozyskania na przykładzie promu [18]

W literaturze krajowej i zagranicznej nie odnotowano przykładów zastosowania analizy LCC do oceny koncepcji mostów wojskowych, w tym pontonowych. Mosty wojskowe różnią się znacznie od konstrukcji cywilnych przeznaczeniem, rozwiązaniami konstrukcyjnymi i trwałością (mosty cywilne przeznaczone są na minimum 100 lat użytkowania). Przykłady zastosowania LCC w Wojsku Polskim opisują głównie zagadnienia modelowania faz cyklu życia, jak w pracach [12] i [13]. Tylko praca [11] dotyczy konkretnego szacowania kosztu pojazdów bojowych na platformie gaśnicowej.

Ze względu na brak przykładów zastosowania analizy LCC dla mostów pontonowych poniżej przedstawiono przykłady jej wykorzystania w mostownictwie cywilnym i przemyśle stoczniowym, do oceny promów, ze względu na podobieństwo z funkcją mostu pontonowego.

W literaturze krajowej odnaleźć można przykład oceny wariantów modernizacji stalowego mostu kratownicowego [14]. W pracy przeprowadzono porównawczą analizę kosztów i wpływów środowiskowych w ciągu cyklu życia mostu dla trzech wariantów modernizacji mostu z wykorzystaniem nowej płyty pomostu: żelbetowej, stalowej

i aluminiowej. Ekonomiczna i środowiskowa ocena wariantów modernizacji umożliwiła holistyczne spojrzenie na dość powszechny współcześnie problem wymiany pomostu w tego typu obiektach. Jednocześnie uzyskane wyniki jednoznacznie wykazały, że zarówno koszty generowane w cyklu życia mostu, jak również związane z tym obciążenie środowiskowe były najmniejsze w przypadku pomostu aluminiowego.

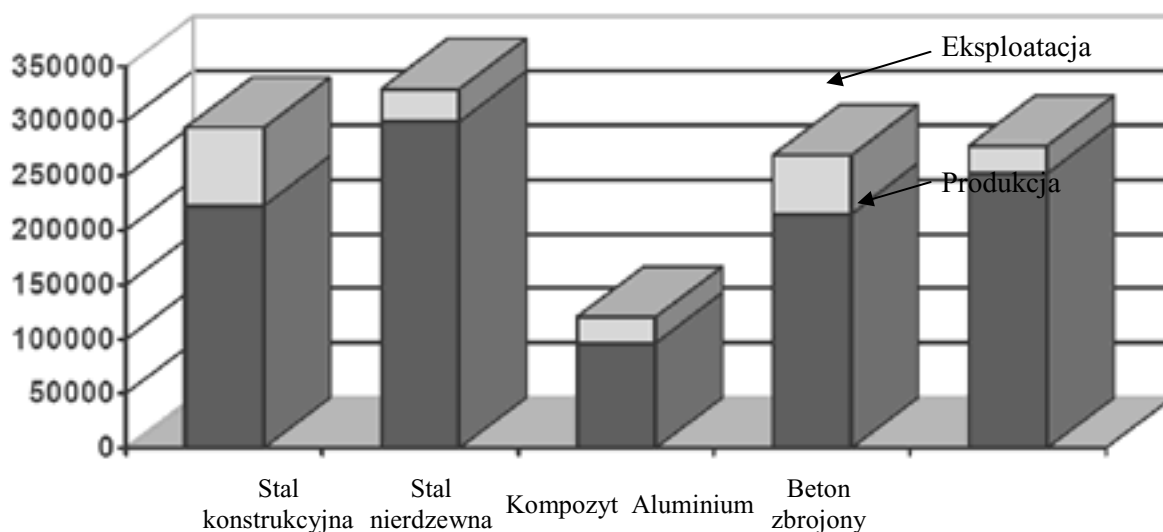
Metodykę wykonywania analizy LCC obiektów mostowych, dostosowaną do oceny kosztów cyklu życia nowych materiałów i/lub rozwiązań konstrukcyjnych opracowali Ehlen i Marshall [15]. Przygotowano także specjalne oprogramowanie *BridgeLCC 2.0*, pozwalające na łatwe i szybkie przeprowadzanie deterministycznej i probabilistycznej analizy LCC [16]. W niniejszym artykule wykorzystano również tą metodykę (oraz oprogramowanie) do analizy porównawczej wariantów modernizacji obiektu mostowego.

W przypadku budowy mostów, to znaczy konstrukcji wytwarzanych od podstaw, przy niewielkim udziale zakupów gotowych podzespołów, znaczący wpływ na koszty cyklu życia wyrobu ma wybór technologii materiałowej, w jakiej zostanie wykonana konstrukcja. W pracy [17] przeprowadzono analizę kosztów cyklu życia 5 mostów wykonanych w 5 różnych technologiach materiałowych, w tym ze stali konstrukcyjnej, stali nierdzewnej, kompozytu, aluminium oraz betonu zbrojonego.

Analiza obejmowała koszty i wpływ konstrukcji na środowisko przy wykorzystaniu pozyskanych informacji dotyczących:

- kosztów materiałów i surowców wykorzystanych do produkcji mostów;
- rodzaju wykorzystanych technologii produkcyjnych, kosztów ich stosowania, wymagań im stawianych oraz stwarzanych zagrożeń środowiskowych;
- sposobu transportu i montażu prefabrykowanych podzespołów mostów oraz wiążącymi się z tym kosztami;
- częstotliwości inspekcji konstrukcji i wymagań eksploatacyjnych w cyklu życia;
- wpływu procesów produkcyjnych na środowisko.

Przeprowadzona analiza pozwoliła na zidentyfikowanie i określenie kosztów życia przedstawionych koncepcji mostów oraz ustalenie wpływu na środowisko konstrukcji mostów wykonanych w różnych technologiach materiałowych w ciągu cyklu życia, m. in. zużycie energii, zanieczyszczenie powietrza i wody (tabl. 1, rys. 3).



Rys. 3. Zużycie energii na produkcję i eksploatację mostów różnych konstrukcji materiałowych [17]

Przeprowadzona analiza pozwala na wyciągnięcie następujących wniosków:

- koszty pozyskania mostu konstrukcji stalowej (stal konstrukcyjna) i betonowej są najmniejsze. Most ze stali nierdzewnej jest najbardziej kosztownym na etapie produkcyjnym;
- koszty eksploatacji mostu ze stali nierdzewnej są najmniejsze. Niskimi kosztami eksploatacji charakteryzuje się również konstrukcja wykonana w technologii betonowej. Najdroższy w utrzymaniu jest most wykonany ze stali konstrukcyjnej w przypadku zastosowania tradycyjnych powłok malarskich;
- koszty cyklu życia są najniższe dla mostów technologii betonowej, stalowej (stal konstrukcyjna), kompozytowej i aluminiowej (w kolejności rosnąco). Wysokimi kosztami cyklu życia charakteryzuje się konstrukcja nierdzewna;
- analiza zużycia energii wykonana metodą egzergii wykazała najmniejsze zużycie w przypadku mostu wykonanego w konstrukcji kompozytowej;
- most wykonany w technologii kompozytowej jest konstrukcją najmniej zanieczyszczającą środowisko.

Tablica 1. Koszty cyklu życia mostów w różnych wersjach materiałowych [17]

Materiał	Kryterium oceny			
	Koszty pozyskania [€]	Koszty eksploatacyjne [€]	Zużycie energii; metoda egzergii, [MJ]	Objętość zanieczyszczeń [m ³]
Stal konstrukcyjna	Most malowany: 40.000 pokryty aluminium: 50.000	Most malowany: 30.000 pokryty aluminium: 6.000	294 000	Woda: 697,4 Pow.: 7,09×10 ⁶
Stal nierdzewna	Stal AISI 316L: 110.000 Stal AISI 304L: 96.000	Stal AISI 316L: 6.000 Stal AISI 304L: więcej, a czas życia krótszy	329 600	b.d. (więcej niż dla stali konstrukcyjnej)
Kompozyt	Metoda pultruzji (FGRP): 70.000	Dane szacunkowe: 17.000	120 000	Woda: 85,8 Pow.: 7,09×10 ⁶
Aluminium	AlMgSi1 zgodne z DIN 1748: 77.000	Dane szacunkowe: 19.000	268 700	Woda: 565,3 Pow.: 31,10×10 ⁶
Beton	Beton B35: 30.000	Dane szacunkowe: 10.000	277 200	Woda: 341,9 Pow.: 31,04×10 ⁶

Przykładem celowości przeprowadzania analizy kosztów cyklu życia jest analiza wyboru materiałów wykorzystywanych do produkcji kadłuba promu, który z natury rzeczy i funkcji jest podobny do pontonów mostów wojskowych. Wybór pomiędzy wykorzystaniem technologii aluminiowej, stalowej bądź kompozytowej, biorąc pod uwagę jedynie etap produkcji, wydaje się oczywisty z uwagi na niskie koszty wytworzenia konstrukcji stalowej. Przeprowadzona w pracy analiza [18], pokazuje, że etap produkcyjny jest niewielką częścią kosztów poniesionych w cyklu życia produktu.

Rodzaj materiału, użyty do wykonania kadłuba promu, będzie miał wpływ na koszty poszczególnych etapów życia statku: produkcji, eksploatacji, aż do momentu złomowania. Podobne warianty materiałowe rozważane są dla konstrukcji pontonów nowego mostu dla WP [17]. Dodatkowo wybór lżejszego materiału spowoduje zmniejszenie zapotrzebowania na energię potrzebną do przemieszczania się statku. Jest udowodnione, że wersje statków

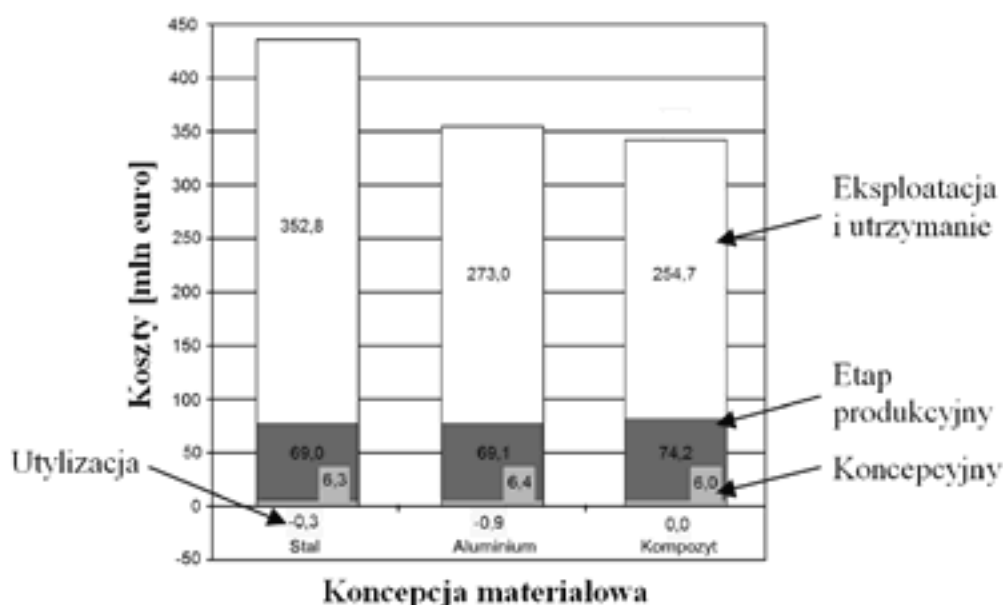
z kadłubami aluminiowymi oraz kompozytowymi są najtańsze, natomiast te pierwsze dodatkowo charakteryzują się najmniejszym zużyciem paliwa [18].

Główną cechą różniącą konstrukcje stalowe, aluminiowe i kompozytowe jest ich masa (tabl. 2), wpływająca znacząco na późniejsze koszty eksploatacji. Jako że ciężar kadłuba w przypadku wersji kompozytowej i aluminiowej jest zbliżony, założono użycie takiego samego silnika do napędu obu wersji. W przypadku tych wersji założono również identyczną masę położonych powłok lakierniczych, szkieletu kadłuba i pokładu, elementów wnętrza i instalacji elektrycznych. Brano pod uwagę również oszczędności masowe wynikające z braku konieczności stosowania izolacji cieplnej w przypadku wersji kompozytowej.

Tablica 2. Masy poszczególnych elementów promu [18]

Elementy statku	Wersja, ciężar elementu:		
	stalowa [t]	aluminiowa [t]	kompozytowa[t]
Kadłub	940	470	607
Nadbudówka	120	110	
Powłoki lakiernicze	12	10	10
Szkielet kadłuba i pokładu	250	230	230
Elementy wnętrza	133	130	130
Izolacje cieplne	35	40	0
Instalacje ppoż.			27
Źródła napędu	485	380	380
Instalacje elektryczne	55	55	55
Masa całkowita	2030	1425	1439

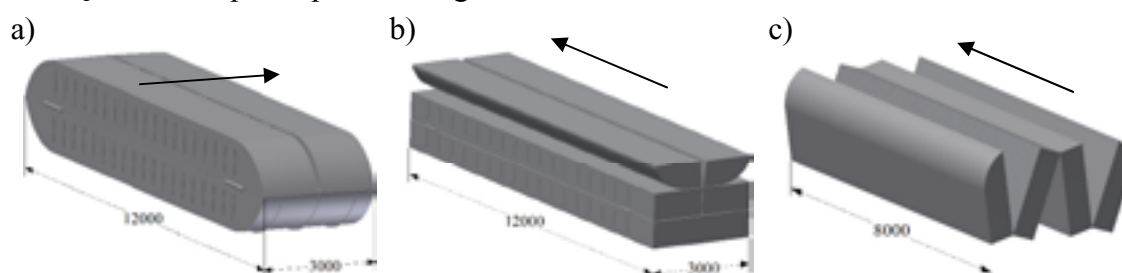
Przeprowadzona analiza kosztów cyklu życia, z uwagi na porównawczy charakter, nie brała pod uwagę identycznych kosztów pojawiających się w życiu wszystkich trzech koncepcji materiałowych. Poniesione koszty zostały pogrupowane (w zależności od etapu w jakim występowały w trakcie cyklu życia) na: koszty etapu koncepcyjnego, produkcyjnego, eksploatacyjnego i koszty utylizacji statku (rys.4). Szczegółowy opis elementów składowych poszczególnych etapów przedstawiono w pracy [16].



Rys. 4. Poniesione koszty w cyklu życia promu, różnych koncepcji materiałowych [18]

2. PRZYJĘCIE ZAŁOŻEŃ DO ANALIZY LCC MOSTU PONTONOWEGO

Zestaw mostu pontonowego jest złożonym systemem, pod względem konstrukcyjnym i logistycznym, który łączy w sobie konieczność wykorzystania pojazdów, z pontonami, jako konstrukcją mostu lub promu oraz środkiem napędu na wodzie. Zasadnicze znaczenie dla opracowania koncepcji szacowania kosztu życia mostu, ma zrozumienie i rozpoznanie jego cyklu życia i działań podejmowanych w kolejnych fazach tego cyklu. Na potrzeby poprawnego wykonania analizy kosztów cyklu życia mostu pontonowego przyjęto jednakowe założenia odnośnie parametrów eksploatacyjnych wyrobu, takich jak: długość analizowanego odcinka mostu, czas pracy mostu w roku, odległości pokonywane przez środki transportowe wchodzące w skład parku pontonowego i inne.



Rys. 5. Analizowane koncepcje bloków pontonowych w położeniach transportowych z zaznaczonym kierunkiem ruchu pojazdów [17]:

a) koncepcja I; b) koncepcja II; c) koncepcja III

Analizie poddano trzy koncepcje konstrukcji pontonów (rys. 5, tabl. 3), wykonanych w technologii stalowej, aluminiowej i kompozytowej. Są one wynikiem własnych prac koncepcyjnych realizowanych w ramach projektu: „Lekki, odporny na oddziaływanie degradacyjne środowiska, hybrydowy ponton aluminiowo-kompozytowy do budowy mostów pływających klasy MLC 70/110” [19]. Koncepcje te były opracowywane z uwzględnieniem wymagań na współczesny most pontonowy dla SZ RP [20]. Dla jednoznaczności porównania założono jednakowe warunki eksploatacji, dla zestawu zapewniającego budowę odcinka mostu o długości 100 m.

Tablica 3. Parametry analizowanych koncepcji bloków pontonowych i utworzonych z nich odcinków mostów pontonowych

Parametry	Koncepcje		
	I	II	III
Szerokość bloku pontonowego (transport) [m]	3,0	3,0	3,0
Długość bloku pontonowego (transport) [m]	12,0	12,0	8,0
Wysokość bloku pontonowego (transport) [m]	2,2	2,2	2,4
Szacunkowa masa bloku pontonowego [t]	11,5	12,0	9,5
Szerokość odcinka mostu (na wodzie) [m]	12,0	9,0	9,6
Długość odcinka mostu (na wodzie) [m]	6,0	12,0	8,0
Wysokość odcinka mostu (na wodzie) [m]	1,1	0,73	0,75
Wyporność 1 mb odcinka mostu [t]	12,1	5,84	6,45

2.1. Założenia konstrukcyjne bloków pontonowych

Analizowane bloki pontonowe różnią się od siebie między innymi: gabarytami, sposobem transportowania, wodowania, manewrowania na wodzie oraz podejmowania bloków pontonowych z przeszkód wodnych. Część z tych zadań jest możliwa do zrealizowania, w ramach wszystkich koncepcji, z użyciem jednakowych środków, np. transportowanie bloków pontonowych na naczepach. Jednak tylko koncepcja III, z uwagi

na mniejsze gabaryty, posiada możliwość transportowania bloków pontonowych na ramie pojazdu 4-osowego. Koncepcja I jako jedyna, z uwagi na odpowiednio dużą wysokość pontonu, posiada możliwość zastosowania napędu własnego umożliwiającego samodzielne łączenie bloków na wodzie w tzw. wstęgę, utrzymywanie mostu w osi przeprawy oraz napędzanie przepraw promowych. Pozostałe koncepcje zakładają wykorzystanie w tym celu kutrów (koncepcja III) bądź zintegrowanych silników zaburtowych (koncepcja II). Przedstawione powyżej założenia oraz pozostałe, mające wpływ na koszty pozyskania kompletnych parków pontonowych, przedstawiono w tablicy 4.

Tablica 4. Parametry analizowanych koncepcji dla odcinka mostu o długości 100 m

Parametry	Koncepcje		
	I	II	III
Ilość bloków do budowy mostu o dł. 100 m [szt.]	16	8	12
Ilość obsługi, osób	42	34	46
Rodzaj napędu na wodzie [szt.]	własny, 16	własny, 16	kuter, 8
Środki transportowe do transportu bloków pontonowych + ramp najazdowych [szt.]	16 + 4	8 + 4	12 + 4
Środki transportowe do transportu kutrów [szt.]	–	–	8
Środki transportowe do transportu wyposażenia [szt.]	6	6	10

2.2. Założenia eksploatacyjne

Określenie kosztów eksploatacyjnych zestawu mostu pontonowego wymaga przyjęcia założeń odnośnie cen paliw, ilości roboczogodzin przeznaczonych na obsługiwane techniczne, ilości napraw czy na przykład zużycia paliwa przez środki transportowe. Dokładna analiza kosztów pozwala na określenie stosunku kosztów pozyskania i eksploatacyjnych w odniesieniu do poszczególnych koncepcji parku pontonowego. Jest ona pomocna w ustaleniu czy poniesienie większego wkładu finansowego na etapie modelu, prototypu lub produkcji będzie skutkowało późniejszymi oszczędnościami. W celu określenia rocznego kosztu użytkowania parków pontonowych, należy założyć częstotliwość korzystania z zestawów mostów pontonowych i odległości, jakie będą pokonywane przy użyciu środków transportowych (tabl. 5). Wyliczona wartość rocznych kosztów utrzymania parku pontonowego może się różnić od rzeczywistych wydatków poniesionych z tego tytułu, gdyż zależy ona od wielu zmiennych, takich jak sposobu użytkowania, czy cen rynkowych. Nie ma to wpływu na efekt końcowy gdyż istotą tego typu analiz jest porównanie kosztów całkowitych prezentowanych koncepcji przy jednakowych założeniach. Założono intensywność pracy mostu równą 8 godzin na dobę, 50 dni w roku w okresie eksploatacji równym 30 lat.

Tablica 5. Założenia eksploatacyjne przyjęte do analizy kosztów w ciągu roku eksploatacji

Parametry	Koncepcje		
	I	II	III
Czas pracy mostu w roku [godzin]	400	400	400
Odległość pokonywana przez pojazdy [km/rok]	1000	1000	1000
Koszt oleju napędowego [zł/litr]	5,1	5,1	5,1
Zużycie paliwa pojazdów/ciągników [l/100 km]	–/50	–/50	40/–
Zużycie paliwa kutra / napędu własnego [l/h]	–/20	–/2×15	20/–
Ilość roboczogodzin obsługi naprawczej [rbg]	860	860	860
Ilość roboczogodzin załogi budującej i utrzymującej przeprawę mostową lub promową [rbg]	84672	68544	92736
Koszt roboczogodziny obsługiwania [zł/h]	50	50	50

3. KOSZT ŻYCIA ZESTAWU MOSTU PONTONOWEGO

Na etapie opracowania założeń do projektowania (OZP) dla wyrobu, zgodnie z zasadami stosowanymi w MON [10], brak jest jeszcze ostatecznych danych dotyczących dokładnych kosztów przyszłych rozwiązań konstrukcyjnych. Jednak nawet uproszczona kalkulacja kosztów życia może być stosowana jako kryterium oceny wyboru koncepcji mostu pontonowego. Uzyskane wyniki analizy kosztów pozyskania wyrobu pozwalają również na prowadzenie dalszych analiz, np. weryfikację celowości produkcji nowego sprzętu w stosunku do modernizacji sprzętu będącego w eksploatacji lub zakupu sprzętu dostępnego na rynku.

3.1. Koszty pozyskania

Koszty pozyskania dzielą się na koszty etapu badawczo-rozwojowego, koszty produkcji i zakupu. Koszty etapu badawczo-rozwojowego wynikają z ilości roboczogodzin oraz kosztów materiałowych przeznaczonych na etap modelu, prototypu prezentowanych koncepcji. Z uwagi na znaczne koszty poszczególnych etapów, do etapu prototypu mogą być wykorzystane bloki pontonowe, wyposażenie i środki transportowe wykorzystane na etapie modelu z uwzględnieniem uwag z badań modelu.

Koszty mostu pontonowego w produkcji seryjnej zależą od kosztów wytworzenia bloków pontonowych, napędu bloków pontonowych, wyposażenia mostu i w głównej mierze od kosztów pozyskania środków transportowych. Szacowane koszty pozyskania bloków pontonowych przedstawiono w tabelicy 6, natomiast całkowite koszty pozyskania odcinka 100 m zestawu mostu pontonowego zostały przedstawione w tabelicy 7.

Tabela 6. Szacowane koszty pozyskania bloków pontonowych

Parametry	Koncepcje		
	I	II	III
Masa bloku pontonowego, t	11,5	12,0	9,5
Koszt pozyskania bloku pontonowego, w technologii:			
– stalowej [zł] (50000 zł/t)	575000	600000	475000
– aluminiowej [zł] (65000 zł/t)	747500	780000	617500
– kompozytowej [zł] (80000 zł/t)	920000	960000	760000
Ilość bloków pontonowych, szt.	16	8	12
Koszt pozyskania kompletu pontonów, w technologii:			
– stalowej [zł]	9200000	4800000	5700000
– aluminiowej [zł]	11960000	6240000	7410000
– kompozytowej [zł]	14720000	7680000	9120000

Tabela 7. Szacowane koszty pozyskania odcinka 100 m mostu pontonowego

Parametry	Koncepcje		
	I	II	III
Koszt pozyskania kompletu pontonów, w technologii:			
– stalowej [zł]	9200000	4800000	5700000
– aluminiowej [zł]	11960000	6240000	7410000
– kompozytowej [zł]	14720000	7680000	9120000
Koszt pozyskania ramp najazdowych [zł]	1500000	2000000	1500000
Koszty pozyskania napędu dla pontonów [zł]	3000000	1000000	5600000
Koszty pozyskania środków transportowych do transp.:			
– bloków pontonowych [zł]	36800000	18400000	21600000

Parametry	Konceptcje		
	I	II	III
– kutrów [zł]	0	0	14400000
– ramp najazdowych [zł]	3700000	3700000	5600000
– wyposażenia [zł]	13800000	13800000	18000000
Koszty pozyskania wyposażenia [zł]	3000000	3000000	3000000
Łączny koszt pozyskania, w technologii:			
– stalowej [zł]	71000000	46700000	75400000
– aluminiowej [zł]	73760000	48140000	77110000
– kompozytowej [zł]	76520000	49580000	78820000

3.2. Koszty eksploatacyjne

Całkowity koszt eksploatacyjny parku pontonowego zależy od cen paliw, kosztów materiałowych, ilości rbg potrzebnych do wykonania napraw głównych, czy ilości obsługi mostu pontonowego utrzymywanej w trakcie cyklu życia. Dla przyjętych założeń (tabl. 5), szacowane roczne koszty eksploatacyjne przedstawiono w tablicy 8.

Tablica 8. Szacowane roczne koszty eksploatacyjne mostu pontonowego

Parametry	Konceptcje		
	I	II	III
Koszt obsługi naprawczych [zł]	43000	43000	43000
Koszt utrzymania załogi w trakcie działań [zł]	4233600	3427200	4636800
Koszt paliwa do napędu bloków pontonowych [zł]	652800	489600	612000
Koszt paliwa do środków transportowych [zł]	66300	45900	69360
Roczny koszt eksploatacji [zł]	4995700	4005700	5361160

Istotnym kosztem w cyklu życia parku pontonowego, z uwagi na niekorzystne warunki eksploatacji oraz konieczność utrzymania wysokiego prawdopodobieństwa stanu zdatności mostu na poziomie 90%, jest koszt napraw głównych. Prawidłowo przeprowadzone naprawy powinny przywrócić mostowi stan bliski początkowemu, uwzględniając konieczność odnowienia pokryć malarskich i naprawy uszkodzeń powstałych w trakcie użytkowania. Założono, że koszty tych prac będą się kształtować na poziomie 15% kosztów produkcji seryjnej zestawu mostu pontonowego i prace te będą przeprowadzane w terminie 10 lat od rozpoczęcia użytkowania mostu, w przypadku bloków wykonanych w technologii stalowej oraz 15 lat w przypadku bloków wykonanych w technologii aluminiowej i kompozytowej. Szacowane koszty napraw głównych zostały przedstawione w tablicy 9.

Tablica 9. Szacowane koszty napraw bloków pontonowych

Parametry	Konceptcje		
	I	II	III
Koszt wykonania naprawy głównej bloków pontonowych wykonanych w technologii:			
– stalowej, co 10 lat [zł]	10650000	7005000	11310000
– aluminiowej, co 15 lat [zł]	11064000	7221000	11566500
– kompozytowej, co 15 lat [zł]	11478000	7437000	11823000

3.3. Koszty likwidacji

Ostatnim elementem analizy cyklu życia jest oszacowanie kosztów likwidacji wyeksploatowanego sprzętu (tabl. 10). Najłatwiejszym sposobem oceny kosztów likwidacji jest uwzględnienie możliwości recyklingu przez skup metali kolorowych użytych do produkcji parków pontonowych. Z uwagi na ten fakt, kosztem utylizacji będzie przychód

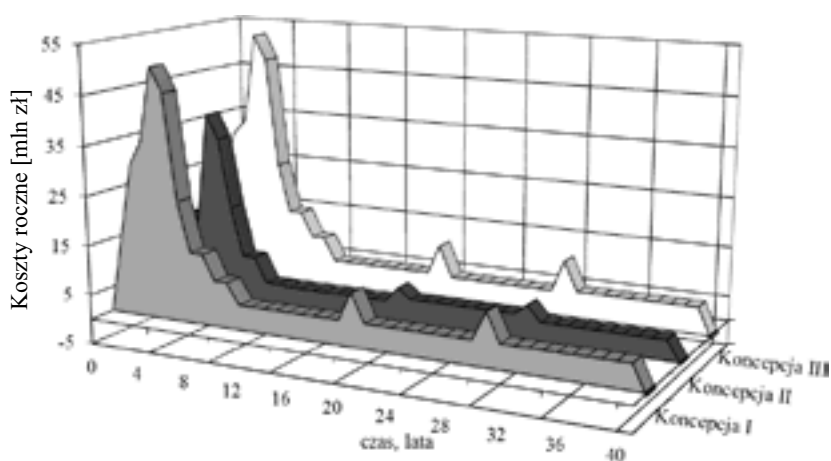
określony ciężarem metali zawartych w blokach pontonowych i pojazdach oraz cena ich skupu. Na potrzeby analizy założono koszt skupu złomu stalowego w wysokości 0,75 zł/kg oraz aluminium w wysokości 5 zł/kg. Obecnie brak skupu kompozytów skutkuje brakiem możliwości utylizacji bloków pontonowych wykonanych w tej technologii.

Tablica 10. Szacowane koszty utylizacji zestawów mostu pontonowego

Parametry	Koncepcje		
	I	II	III
Masa pontonów podlegających utylizacji [kg]	184000	96000	114000
Masa pojazdów podlegających utylizacji [kg]	572000	396000	748000
Przychód na skutek wycofania z użycia parków pontonowych wykonanych w technologii:			
– stalowej [zł] (0,75 zł/kg)	567000	369000	646500
– aluminiowej [zł] (5 zł/kg)	1349000	777000	1131000
– kompozytowej [zł] (0 zł/kg)	429000	297000	561000

3.4. Zestawienie kosztów cyklu życia 100 m odcinka mostu pontonowego

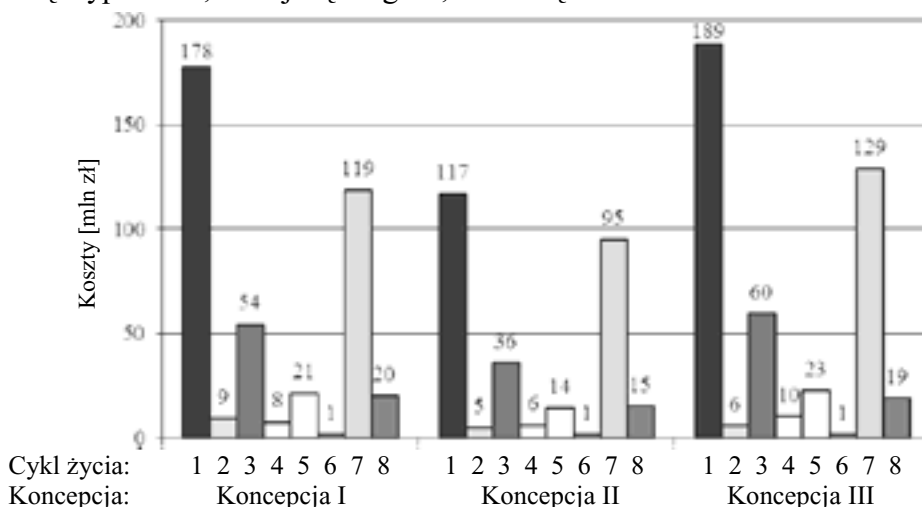
Przeprowadzone analizy pozwalają na ocenę kosztów poszczególnych etapów życia zestawu mostu pontonowego oraz określenie sumarycznego kosztu życia dla poszczególnych koncepcji. Wyniki analiz przedstawiono w postaci wykresów (rys. 6 – różne koncepcje, technologia stalowa, rys. 8 – koncepcja II, różne wersje materiałowe) oraz w postaci tablic. Otrzymane wyniki pozwalają na różnorodną ich prezentację, z uwzględnieniem rodzajów koncepcji i materiałów. W artykule ograniczono się do najważniejszych i podsumowujących porównania. Cykl życia koncepcji mostów pontonowych rozpoczyna się etapem badawczo-rozwojowym rozłożonym na 5 lat, po czym następuje etap produkcji trwający również 5 lat, w trakcie których fundusze są spożytkowane zgodnie z harmonogramem zadań. Płaski odcinek wykresu następujący po etapie produkcji przedstawia okres eksploatacji (rys. 6) w trakcie, którego pojawiają się koszty utrzymania załogi oraz napraw. Chwilowy wzrost kosztów w dalszych latach eksploatacji parku pontonowego wynika z konieczności przeprowadzenia napraw głównych oraz odnawiania pokryć malarskich. Szczegółowe rozbitcie kosztów pozyskania i eksploatacji poszczególnych elementów mostu pontonowego przedstawia wykres na rysunku 7.



Rys. 6. Koszty cyklu życia 100 m odcinków prezentowanych koncepcji mostów pontonowych wykonanych w wersji stalowej

Wartości kosztów poszczególnych lat cyklu życia koncepcji I, II i III zostały przedstawione w tablicy 11. Należy zaznaczyć, iż bloki pontonowe koncepcji I posiadają większe możliwości wypornościowe i jako jedyne umożliwiają ruch dwukierunkowy

pojazdów klasy MLC 40 [18]. Promy utworzone z tych bloków pontonowych mają, z uwagi na większą wyporność, mniejszą długość, ale i większe zanurzenie.



Rys. 7. Podział kosztów dla koncepcji parków pontonowych w wersji stalowej

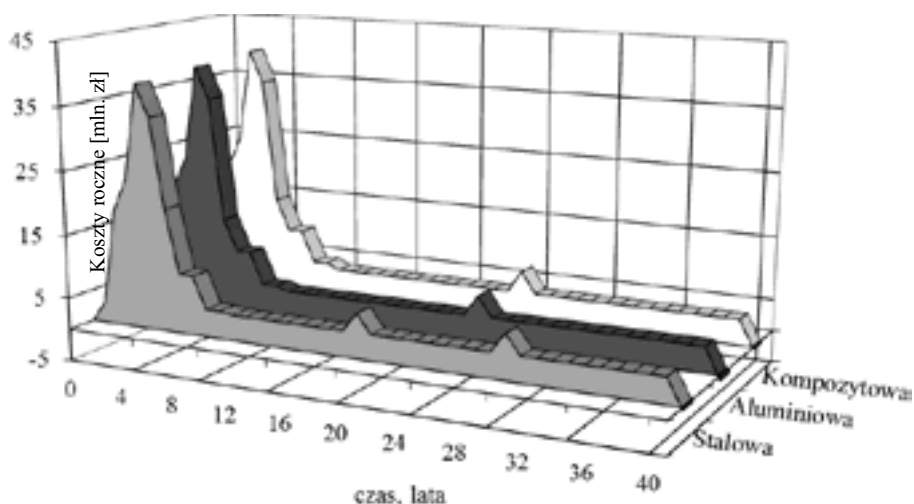
1 – koszt etapu badawczo-rozwojowego; 2 – koszt produkcji pontonów; 3 – koszt produkcji pojazdów; 4 – koszt pozyskania ramp, napędów i wyposażenia kompletu mostu; 5 – koszt napraw głównych; 6 – koszt obsług naprawczych, 7 – koszt utrzymania załogi; 8 – koszt paliwa do środków transportowych i pontonów.

Z tablicy 11 wynika, że najniższymi kosztami cyklu życia mostu pontonowego charakteryzuje się koncepcja II. Wartości kosztów poszczególnych lat cyklu życia koncepcji II w różnych wersjach materiałowych przedstawiono na rysunku 8. Na rysunku 9 zestawiono pogrupowane koszty pozyskania i użytkowania parków pontonowych, różnych koncepcji w różnych wersjach materiałowych, na potrzeby porównania kosztów ponoszonych na poszczególnych etapach cyklu życia mostu pontonowego.

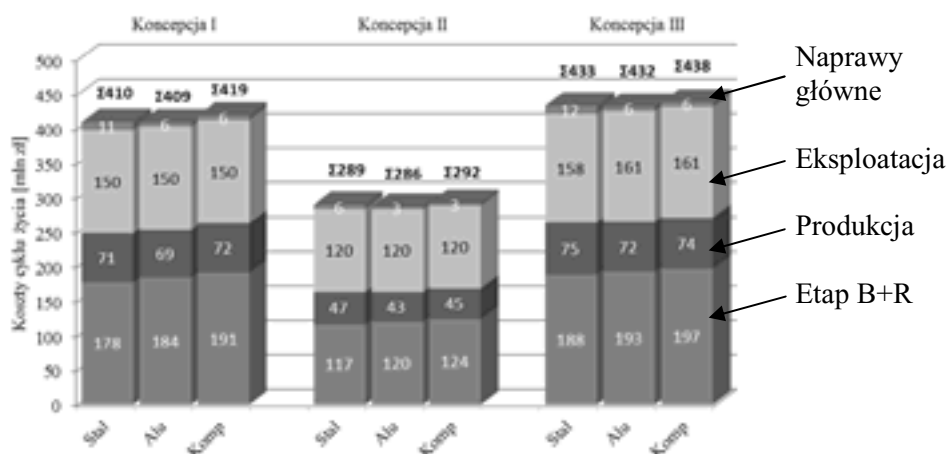
Tablica 11. Koszty cyklu życia różnych koncepcji mostu pontonowego w wersji stalowej

Koncepcja	Etapy / Lata / Koszty [mln. zł]																																												
	Badawczo-rozwojowy					Produkcja					Eksploatacja					NG	Eksploatacja					NG	Utyli- zacja																						
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41			
I	15,5000	30,5000	35,5000	50,5000	45,5000	24,2000	14,2000	14,2000	9,2000	9,2000	4,9957	4,9957	4,9957	4,9957	4,9957	4,9957	4,9957	4,9957	4,9957	10,6500	4,9957	4,9957	4,9957	4,9957	4,9957	4,9957	4,9957	4,9957	10,6500	4,9957	4,9957	4,9957	4,9957	4,9957	4,9957	4,9957	4,9957	4,9957	4,9957	-0,5670	409,1126				
II	3,3500	18,3500	23,3500	38,3500	33,3500	19,3400	9,3400	9,3400	4,3400	4,3400	4,0057	4,0057	4,0057	4,0057	4,0057	4,0057	4,0057	4,0057	4,0057	7,0050	4,0057	4,0057	4,0057	4,0057	4,0057	4,0057	4,0057	4,0057	7,0050	4,0057	4,0057	4,0057	4,0057	4,0057	4,0057	4,0057	4,0057	4,0057	4,0057	4,0057	4,0057	4,0057	-0,3690	289,2506	
III	22,7000	31,2000	34,2000	52,7000	47,7000	25,0800	15,0800	15,0800	10,0800	10,0800	5,3612	5,3612	5,3612	5,3612	5,3612	5,3612	5,3612	5,3612	5,3612	11,3100	4,9957	4,9957	4,9957	4,9957	4,9957	4,9957	4,9957	4,9957	11,3100	5,3612	5,3612	5,3612	5,3612	5,3612	5,3612	5,3612	5,3612	5,3612	5,3612	5,3612	5,3612	5,3612	5,3612	-0,6465	432,6976
SUMA																																										409,1126			

NG – naprawa główna



Rys. 8. Koszty cyklu życia 100 m odcinków mostów pontonowych koncepcji II w różnych wersjach materiałowych



Rys. 9. Wyszczególnione koszty cyklu życia poszczególnych koncepcji mostu, mln. zł

Z przedstawionego wykresu słupkowego wynika, iż zaprezentowane koncepcje charakteryzują się następującymi udziałami procentowymi kosztów poszczególnych etapów w odniesieniu do całkowitych kosztów cyklu życia:

Dla wersji stalowej:

- Koncepcja I: B+R 43,3%, Produkcja 17,3%, Eksploatacja 36,6%, RG 2,8%;
- Koncepcja II: B+R 40,4%, Produkcja 16,1%, Eksploatacja 41,5%, RG 2,0%;
- Koncepcja III: B+R 43,5%, Produkcja 17,4%, Eksploatacja 36,4%, RG 2,7%.

Dla wersji aluminiowej:

- Koncepcja I: B+R 45,1%, Produkcja 16,8%, Eksploatacja 36,7%, RG 1,4%;
- Koncepcja II: B+R 42,0%, Produkcja 15,0%, Eksploatacja 41,9%, RG 1,1%;
- Koncepcja III: B+R 44,6%, Produkcja 16,7%, Eksploatacja 37,3%, RG 1,4%.

Dla wersji kompozytowej:

- Koncepcja I: B+R 45,6%, Produkcja 17,1%, Eksploatacja 35,8%, RG 1,5%;
- Koncepcja II: B+R 42,4%, Produkcja 15,3%, Eksploatacja 41,1%, RG 1,2%;
- Koncepcja III: B+R 45,0%, Produkcja 16,8%, Eksploatacja 36,7%, RG 1,5%.

Z powyższego zestawienia procentowego udziału poszczególnych etapów cyklu życia koncepcji mostów pontonowych wynika, iż koncepcja I oraz III charakteryzują się wyższym procentowym udziałem kosztów na etapie B+R i produkcyjnym, w stosunku do kosztów całkowitych, niż koncepcja II. Koncepcja II natomiast charakteryzuje się wyższymi udziałami kosztów w okresie eksploatacji w stosunku do koncepcji I i III. Udziały kosztów napraw głównych, w odniesieniu do kosztów całkowitych są porównywalne dla wszystkich trzech koncepcji.

Przyjęte założenia dotyczące intensywności eksploatacji mostu w ciągu roku (tabl. 5), wpłynęły na minimalizację różnic kosztów eksploatacji dla poszczególnych koncepcji. Intensywność przewidywanego użytkowania mostu ma znaczący wpływ na koszty jego eksploatacji. W przypadku zwiększenia intensywności wykorzystania mostu pontonowego do szkolenia lub wsparcia ludności w sytuacjach kryzysowych, różnice te będą rosły na korzyść koncepcji wymagających mniej licznej załogi i środków transportowych przypadających na komplet mostu. W takim przypadku znaczną przewagę osiągnie koncepcja II.

4. WNIOSKI

Wybór rozwiązań nowego mostu pontonowego jest bardzo ważnym problemem w zarządzaniu kosztami i ryzykiem dla każdej armii. Podjęcie decyzji o produkcji bądź zakupie nowego mostu pływającego ma wiele aspektów operacyjnych i ekonomicznych wpływających na zdolności bojowe armii i koszty eksploatacji przez następne kilkadziesiąt lat. Już na etapie opracowywania koncepcji wpływa się na przyszłe i całkowite koszty wyrobu, im wcześniej oceni się koszty życia tym lepiej.

Analiza LCC mostu pontonowego, na etapie określenia założeń do projektowania (OZP), wymaga przyjęcia wielu założeń zamiast danych rzeczywistych dotyczących pozyskania i eksploatacji mostu. Przez to jest w zasadzie szacunkiem zależnym od jakości przyjętych założeń. Może służyć do określania hierarchii ważności poszczególnych koncepcji rozwiązań technicznych. Zdecydowanie bardziej jest przydatna przy porównaniu istniejących na rynku rozwiązań oraz ekonomicznego uzasadnienia podjętego wyboru.

Wybór koncepcji mostu pontonowego jest bardzo skomplikowany ze względu na złożoność i różnorodność możliwych rozwiązań technicznych systemu uzbrojenia, jakim jest most pontonowy. Z przeprowadzonych analiz [19], [21], wynika, że istnieje kilka punktów decyzyjnych, oprócz analiz LCC, które należy uwzględnić przed dokonaniem szczegółowych analiz konstrukcyjnych. Najważniejsze z nich to:

- wybór środka transportu, normatywny czy nienormatywny (pojazd czy naczepa);
- wybór sposobu napędu na wodzie (kutry, silniki zaburtowe, napęd własny);
- wybór sposobu połączenia z brzegiem (rampy, brzegówki);
- wybór rodzaju materiału zasadniczych elementów mostu.

Oprócz kosztów, ważne, a może najważniejsze, są aspekty taktyczno-techniczne, wyrażające się w możliwości spełnienia założeń taktyczno-technicznych [20]. Oczywiście można przyjąć, że każda koncepcja powinna spełniać w 100% wymagania ZTT. Jednak etap OZP [10] służy także do tego, aby urealnić wymagania w stosunku do możliwości nauki i przemysłu. Analiza ekonomiczna musi też w sposób przejrzysty uwzględniać potrzeby operacyjne tak, aby ekonomia nie ograniczyła zasadniczej funkcji celu sprzętu wojskowego. Możliwość wielofunkcyjnego wykorzystania pojazdów podpontonowych zaburza jednoznaczność oceny poszczególnych koncepcji.

Na ostateczny wybór koncepcji mostu pontonowego i wersji materiałowej wpływ ma wiele czynników użytkowych, nieuwzględnionych w niniejszej analizie LCC, np.:

- parametry wypornościowe – koncepcja I jako jedyna umożliwia uzyskanie przeprawy dwukierunkowej dla pojazdów klasy MLC 30 z 1 kompletem mostu;
- wstępne i robocze zanurzenie mostu – koncepcja I ma największe zanurzenie wstępne i robocze;
- uzyskiwana siła uciągu – koncepcja II, przez zastosowanie silników zaburtowych ma najmniejszą siłę uciągu, jednak ich obsługa jest najtańsza i najmniej czasochłonna z ekonomicznego punktu widzenia;
- możliwości prowadzenia napraw w warunkach polowych – jedynie wersja stalowa pozwala na wykonanie napraw doraźnych.

Uzyskane wyniki przeprowadzonej analizy LCC kosztu życia 100 m odcinków mostów pontonowych, różnych koncepcji w różnym wykonaniu materiałowym, pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

- 1) najniższymi kosztami cyklu życia charakteryzuje się koncepcja II, zwłaszcza w wersji aluminiowej;
- 2) najniższym procentowym udziałem kosztów B+R, w odniesieniu do kosztów całego cyklu życia, charakteryzuje się koncepcja II, chociaż rozpiętość tych kosztów jest stosunkowo nieduża, 40,4% ÷ 45,6%;
- 3) najniższym procentowym udziałem kosztów eksploatacji, w odniesieniu do kosztów całego cyklu życia, charakteryzuje się koncepcja I oraz III (36,4% ÷ 37,3%).

Analiza typu LCC ułatwia wstępny wybór koncepcji, w tym rodzaju środka transportu, jednak musi być podjęta wspólnie z Gestorem w zakresie priorytetów spełnienia wymagań operacyjnych i taktyczno-technicznych. W kraju obecnie brak jest narzędzi w postaci oprogramowania komputerowego [16], z odpowiednimi bazami danych, które pozwalają przeprowadzać analizy cyklu życia ze znacznie większym prawdopodobieństwem otrzymanego wyniku dla mostów pontonowych. Ponadto powinny być zgodne z procedurami wykorzystywanymi w MON lub NATO. Analizy oparte na własnych procedurach i szacunkach wykonane w Excelu są wystarczające do analiz wstępnych, ale nie mogą służyć do porównania wyników otrzymanych przez różne biura konstrukcyjne.

W resorcie obrony należy wprowadzić jednolite programy komputerowe do analizy cyklu życia oraz wskaźniki środowiskowe, ekonomiczne i społeczne związane z cyklem życia produktów (materiałów, technologii). Proces ten zapewni wiarygodną optymalizację kosztów już we wstępnych fazach pozyskiwania sprzętu wojskowego.

5. LITERATURA

- [1] MIL-HDBK-259, Military Handbook. Life Cycle Cost in Navy Acquisitions, 1983 r, Global Engineering Documents.
- [2] MIL-HDBK-276-1, Military Handbook, Life Cycle Cost Model for Defense Material Systems, Data Collection Workbook, 1984 r.
- [3] Simiński P.: Fazy życia obiektów technicznych - próba synchronizacji podejścia (s.186-190) Kwartalnik Bellona 4/2014 r.
- [4] STANAG 4728:2015 Ed 2, System Life Cycle Management 16 October 2015
- [5] AAP-48, NATO System Life Cycle Processes, Ed. B, March 2013 r.
- [6] AAP-20 Programme Management Framework (NATO System Life Cycle Model) Ed. C October 2015 r.
- [7] ISO/IEC 15288-2008: System and Software Engineering - System Life Cycle Processes.
- [8] STANREC 4755:2015 Ed 1, Reference Documents on Life Cycle Costs 17 June 2015

- [9] NO 06-A011:2013 Fazy cyklu życia techniki wojskowej.
- [10] Decyzja nr 72/MON Ministra Obrony Narodowej z dnia 23 marca 2013 r. w sprawie pozyskiwania sprzętu wojskowego i usług dla Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej, Dz.U. MON poz. 78, Warszawa 2013 r.
- [11] Kostrow R., Milewski E., Figurski J., Ocena kosztów w cyklu życia systemu uzbrojenia i sprzętu wojskowego. Naukowe aspekty techniki uzbrojenia i bezpieczeństwa, Tom I, 2008r, Rozdział 7 – Eksploatacja uzbrojenia.
- [12] Kowalski K., Wojciechowski P.: Szacowanie kosztów cyklu życia pojazdów bojowych na platformie gaśnicowej, Szybkobieżne Pojazdy Gaśnicowe (30) nr 2, 2012 (s. 33-44), OBRUM Sp. z o.o. Gliwice, 2012 r.
- [13] Kowalski K., Wojciechowski P.: Model cyklu życia systemów uzbrojenia w Siłach Zbrojnych RP, Zeszyty Naukowe WSOWL (s.110-121), Nr 3 (169) 2013 r.
- [14] Siwowski T., Propozycja zastosowania zasad zrównoważonego rozwoju w modernizacji mostu. Drogi i Mosty (s. 55÷91) Nr 3/2008 r.
- [15] Ehlen M., Marshall H., The Economics of New-Technology Materials: A Case Study of FRP Bridge Decking. Report No. NISTIR 5854. National Institute Of Standards and Technology, Gaithersburg, USA, 1996 r.
- [16] Ehlen M.A.: BridgeLCC 2.0 user's manual. Life-cycle costing software for preliminary design of bridges, Gaithersburg, USA, National Institute of Standards and Technology 2003 r.
- [17] Daniel R.A.: Environmental considerations to structural material selection for a bridge. European Bridge Engineering Conference, Lightweight Bridge Decks, Rotterdam, 2003 r.
- [18] Burman M., Lingg B., Villiger S., Enlund H., Hedlund-Åström A., Hellbratt S.E.: "Cost and Energy Assessment of a High-Speed Ship", International Journal of Small Craft Technology, RINA – Part B 150(1): pp. 1-10, 2008 r.
- [19] Sprawozdanie z realizacji projektu rozwojowego nr OR 00012309, pt.: Lekki, odporny na oddziaływanie degradacyjne środowiska, hybrydowy ponton aluminiowo – kompozytowy do budowy mostów pływających klasy MLC 70/110. Wojskowy Instytut Techniki Inżynieryjnej, Politechnika Wrocławska, PREMO, Wrocław 2012 r.
- [20] Założenia taktyczno-techniczne na most pontonowy klasy MLC 70/110 do pokonywania szerokich przeszkód wodnych kryptonim DAGLEZJA-P. Inspektorat Uzbrojenia Ministerstwa Obrony Narodowej, Warszawa, 2013 r.
- [21] Kamyk Z., Śliwiński C.: Etapy rozwoju konstrukcji modelu aluminiowo-kompozytowego bloku pontonowego, Inżynieria Wojskowa, problemy i perspektywy. (s.143-154) WITI, Wrocław 2013 r.

IMPACT OF LIFE CYCLE COST ANALYSIS ON THE PONTOON BRIDGE CONCEPT SELECTION

Abstract. The article discusses main issues in relation to life cycle cost analysis (LCC) of armament systems. Examples of the application of LCC in civilian bridges are provided.

Furthermore, the structure of LCC for a pontoon bridge used in the Polish Armed Forces is analysed and a model for cost estimation with regard to LCC is presented. The LCC analysis was carried out for three concepts of a new pontoon bridge made of varying materials and the results of these analyses, as well as the probability of the application of LCC in the process of selecting the new design of the pontoon bridge for the Polish Army have been explored.

Keywords: pontoon bridge, life cycle costs, acquisition costs, operating costs.