

# ZARZĄDZANIE CYKLEM ŻYCIA SYSTEMÓW UZBROJENIA - MODERNIZACJA

## WEAPON SYSTEMS LIFE CYCLE MENAGEMENT - MODERNIZATION

**Kazimierz KOWALSKI**  
kazimierz.kowalski@awl.edu.pl

Akademia Wojsk Lądowych  
Wydział Zarządzania  
Katedra Logistyki

### STRESZCZENIE

*W referacie przedstawiono problematykę modernizacji systemów uzbrojenia w odniesieniu do ich cyklu życia. We wprowadzeniu zdefiniowano pojęcie systemu uzbrojenia oraz cyklu życia systemu uzbrojenia. W części zasadniczej referatu przedstawiono zagadnienia modernizacji systemów uzbrojenia, a w szczególności typów uzbrojenia. Omówiono w nim idee planowania modernizacji systemów uzbrojenia. Określania potrzeby realizacji modernizacji. Zaprezentowano propozycję określania poziomu i efektywności modernizacji. Na zakończenie podkreślono istotność procesu modernizacji w cyklu życia systemów uzbrojenia ze względu, przede wszystkim na, znaczące koszty procesu modernizacji i nieuchronność procesu modernizacji kluczowych systemów uzbrojenia, które charakteryzują się co najmniej 30. letnią eksploatacją.*

### SUMMARY

*The paper presents the problems of modernization of weapon systems in relation to their life cycle. The concept of the weapon system and the life cycle of the weapon system is defined in the introduction. The main part of the paper presents the issues of modernization of weapon systems, and in particular types of weapons. It discusses the idea of weapon systems modernization planning. Also the need for modernization is described. A proposal to determine the level and efficiency of modernization was presented. Finally, the significance of the modernization process in the life cycle of weapon systems was emphasized due to, above all, the significant costs of the modernization process and the inevitability of the modernization process of key weapon systems that are characterized by at least 30 years of an O&S stage.*

*Słowa kluczowe: system uzbrojenia, cykl życia, modernizacja*

*Key words: weapon system, life cycle, modernization*

### WSTĘP

Problematyka zarządzania cyklem życia systemów wytworzonych przez człowieka jest opisana przez bogatą literaturę światową i krajową (Stark, 2011; Mitkow, 2013).

Znaczącą uwagę zagadnieniom związanym z cyklem życia systemów obronnych przykłada NATO. W ramach struktur organizacyjnych NATO funkcjonuje komórka *Life Cycle Management Group* (AC/327), która opracowała szereg dokumentów poziomu strategicznego opisujących problematykę racjonalnego zarządzania cyklem życia systemów obronnych. Podstawowym dokumentem, w tym obszarze, jest publikacja administracji

sojuszniczej (AAP) 48, będąca wytycznymi wdrożeniowymi dla Polityki NATO w zakresie Systemowego Zarządzania Cyklem Życia (SLCM). W tej publikacji opisano działania, metody i techniki wymagane do realizacji polityki SLCM NATO.

AAP-48 przekłada zasady polityki NATO w obszarze SLCM na wspólne ramy oparte na normie cywilnej ISO / IEC 15288 (Inżynieria systemów - procesy cyklu życia systemu) opisującej roboczą metodologię i zintegrowane podejście do zarządzania cyklem życia dla zdolności związanych z obronnością w NATO.

Racjonalne zarządzanie cyklem życia systemów obronnych (w tym systemów uzbrojenia) jest niezwykle istotne ze względu na bardzo duże koszty cyklu życia tych systemów (sięgające dziesiątek miliardów złotych) (Kowalski, 2012).

Nieuchronność procesu modernizacji kluczowych systemów uzbrojenia wynika przede wszystkim z ich przynajmniej 30. letniej eksploatacji. W tym czasie przynajmniej dwa czynniki wpływają na niedostosowanie ich zdolności do aktualnych wymagań. Pierwszym z nich jest zmieniające się zagrożenie, któremu te systemy powinny przeciwdziałać, a drugim jest ciągły postęp techniczny umożliwiający poprawę kluczowych parametrów mających wpływ na zdolność tych systemów.

Jak wynika z powyższego, niezbędnym jest realizowanie działań mających na celu dostosowanie zdolności systemów uzbrojenia do aktualnych wymagań.

Modernizacja systemów uzbrojenia postrzegana jest poprzez modernizację ich kluczowego podsystemu – typu sprzętu wojskowego. Dlatego w dalszej części artykułu pojęcie modernizacji systemu uzbrojenia i modernizacji sprzętu wojskowego są przedstawiane jako tożsame.

Oczywiście można znaleźć przykłady systemów uzbrojenia, które w przeciągu ponad 45. letniej eksploatacji nie zostały zmodernizowane. Takim sztandarowym przykładem w SZ RP jest bojowy wóz piechoty BWP-1. Trzeba jednak zaznaczyć, że już kilka lat po wprowadzeniu BWP-1 do eksploatacji (1966 r.) podjęto prace mające na celu jego modernizację, a w wielu krajach jego zmodernizowane, autorskie wersje (np. Rumunia, Słowacja, Białoruś, Chiny) są aktualnie eksploatowane. Należy zaznaczyć, że BWP-1 stał się protoplastą późniejszych wersji rozwojowych gąsienicowych wozów piechoty (np. BWP-2, BWP-3).

Pomimo tego niechlubnego przykładu (BWP-1 w Siłach Zbrojnych RP) standardem jest dokonywanie modernizacji systemów uzbrojenia (nawet kilkunastokrotnych) przed podjęciem decyzji o ich wycofaniu z eksploatacji. Stąd wynika ważność tego procesu w cyklu życia systemów uzbrojenia.

## 1. SYSTEM UZBROJENIA

W literaturze przedmiotu można napotkać wiele definicji systemu. Jedną z najszerszych pojęciowo i najkrótszą zarazem stanowi, że „System to byt (B) przejawiający swoje istnienie przez synergiczne współdziałanie swych elementów (E)” (Cempel, 2008). Definicja matematyczna, definiuje system (S) jako zbiór (zespół, kompleks) współdziałających ze sobą elementów (E) stanowiący celowo zorientowaną całość.

$$S = B(E, A, R), \quad E = [E_1, \dots, E_n], \quad A = [A_1, \dots, A_m], \quad R = [R_1, \dots, R_k] \quad (1)$$

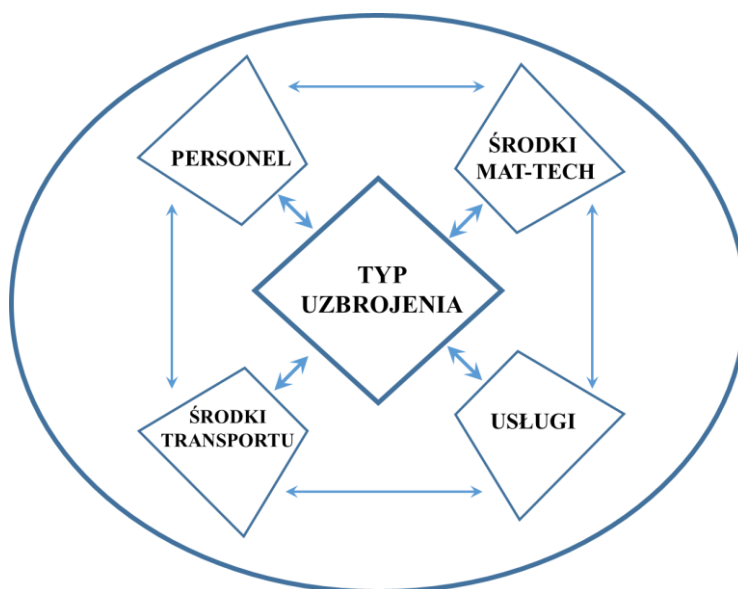
gdzie: S - system,

E - zbiór elementów systemu,

A – zbiór atrybutów (właściwości),

R – zbiór relacji pomiędzy elementami i atrybutami.

System uzbrojenia definiowany jest jako zbiór współdziałających typów uzbrojenia (wraz z przynależnym im wyposażeniem sprzętowym) z personelem, środkami materiałowymi i technicznymi, usługami oraz środkami przemieszczania (jeżeli są wymagane). Wyżej wymienione elementy mają zapewnić samowystarczalności systemowi uzbrojenia, zdefiniowanemu poprzez typ uzbrojenia, samowystarczalność w działaniu (za: <http://www.jcs.mil/Doctrine/DOD-Terminology>). Graficzną prezentację pojęcia systemu uzbrojenia przedstawiono na rysunku 1.

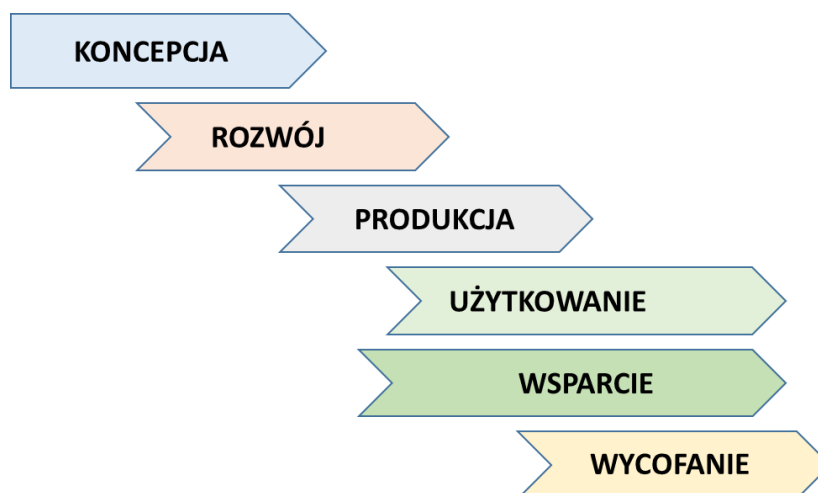


Rys. 1. Ilustracja systemu uzbrojenia

Źródło: Opracowanie własne.

## 2. CYKL ŻYCIA SYSTEMÓW UZBROJENIA

W NATO, adaptując ustaloną w ISO/IEC 15288 klasyfikację, zdecydowano się przyjąć podział całego cyklu życia produktu na sześć etapów: koncepcja, rozwój, produkcja, użytkowanie, wsparcie, wycofanie, rysunek 2.



Rys. 2. Ilustracja procesów cyklu życia systemów

Źródło: Opracowanie własne na podstawie AAP-48, NATO System Life Cycle Stages and Processes, ed. 1, 2007.

Natomiast, zgodnie z przyjętym w MON, modelowy cykl życia systemu uzbrojenia obejmuje następujące fazy i etapy (rys.3):

- 1) **faza identyfikacyjna** - realizowana w ramach Przeglądu Potrzeb Operacyjnych, zawierająca etapy:
  - a) identyfikacja potrzeb dla zdolności operacyjnych,
  - b) definiowanie wymagań operacyjnych,
- 2) **faza analityczno-koncepcyjna**, obejmująca określenie możliwości wykonania
- 3) **faza realizacyjna**, zawierająca etapy:
  - a) określenie założeń do projektowania,
  - b) projektowanie i rozwój,
  - c) produkcja i zakupy,
- 4) **faza eksploatacyjna**, zawierająca etapy:
  - a) wprowadzenie SpW do Sił Zbrojnych,
  - b) eksploatację SpW, w tym:
    - użytkowanie,
    - zabezpieczenie materiałowo-techniczne,

- wycofanie SpW z użytkowania (w tym dalsze jego zagospodarowanie).



Rys. 3. Graficzna prezentacja procesów cyklu życia sprzętu wojskowego

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Decyzji nr 72/MON z 25.03.2013 z późniejszymi zmianami.

Proces modernizacji SpW w jego cyklu życia realizowany jest generalnie w dwóch jego fazach, fazie realizacji i eksploatacji. W fazie realizacji, w obszarze modernizacji, istotnym jest takie zaprojektowanie przyszłego SpW aby możliwym był jego dalszy racjonalny rozwój. Szczególnie chodzi tu o możliwość zwiększenia zdolności SpW poprzez wymianę krytycznych modułów (zespołów, podzespołów).

Proces modernizacji w fazie eksploatacji polega na fizycznych zmianach SpW w postaci ingerencji w istniejącą konstrukcję SpW mającą na celu ulepszenie SpW (zwiększenie jego zdolności). Proces modernizacji w fazie eksploatacji powinien być zaplanowany podczas opracowywania modelu cyklu życia SpW, a w szczególności podczas szacowania kosztów cyklu życia SpW (Kowalski i Wojciechowski, 2012).

Realizacja ostatniego etapu cyklu życia SpW znajdującego się w Siłach Zbrojnych, podlega na jego wycofaniu z eksploatacji, jeżeli nie odpowiada wymaganiom Sił Zbrojnych ze względu na przynajmniej jeden z poniższych warunków:

- wykonanie docelowej normy eksploatacyjnej;
- zużycie fizyczne, uniemożliwiające dalsze użytkowanie, gdy naprawa jest nieopłacalna lub niemożliwa;
- parametry bojowe, techniczne i eksploatacyjne nie spełniające wymagań wojska, **gdy modernizacja jest nieopłacalna lub niemożliwa;**
- zmiany organizacyjno-etatowe w Siłach Zbrojnych, powodujące brak perspektyw jego dalszej eksploatacji.

### 3. MODERNIZACJA SYSTÉMÓW UZBROJENIA

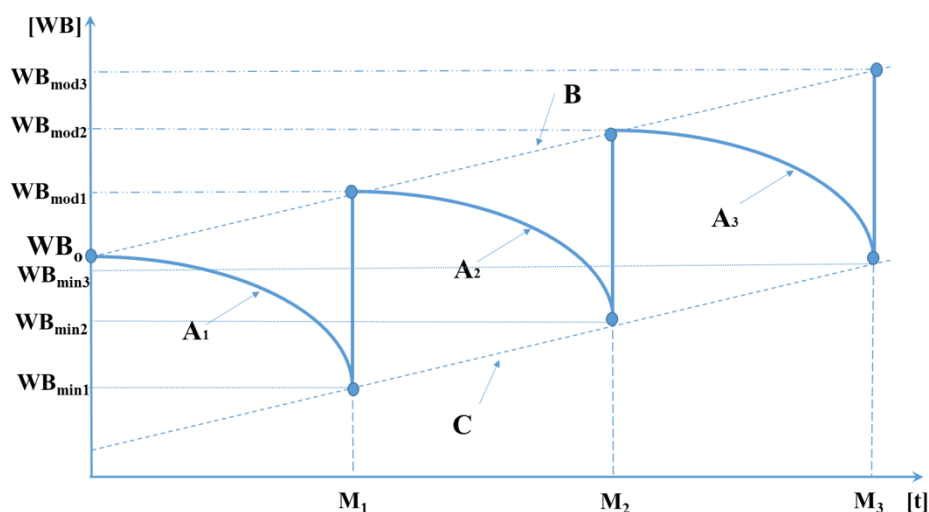
Zgodnie z obowiązującą nomenklaturą w Siłach Zbrojnych RP (DD-4.22A) wzrost zdolności sprzętu wojskowego można uzyskiwać za pomocą procesu jego modyfikacji lub modernizacji.

Pod pojęciem modyfikacji rozumie się proces unowocześniania sprzętu wojskowego, polegający na wymianie, zastąpieniu lub rozbudowie istniejących podzespołów, funkcji lub oprogramowania, bez zmiany jego zasadniczego przeznaczenia. W wyniku modyfikacji nie powstaje nowy sprzęt wojskowy (tzn. zachowuje swój dotychczasowy indeks materiałowy).

Natomiast proces modyfikacji, będący również procesem unowocześniania sprzętu wojskowego, polega na zmianie jego parametrów użytkowych i eksploatacyjnych. Szczególnie parametrów krytycznych. W wyniku tego procesu powstaje nowy sprzęt wojskowy (otrzymuje nowy indeks materiałowy).

Jak wynika z powyższego modernizacja sprzętu wojskowego w sposób znaczący zmienia jego zdolności i jest procesem zdecydowanie bardziej złożonym i kosztowniejszym od procesu modyfikacji. W związku z tym, częstotliwość realizacji procesu modyfikacji sprzętu wojskowego jest zdecydowanie większa niż jego modernizacji.

Tak więc istotą modernizacji sprzętu wojskowego jest wzrost jego zdolności - wartości bojowej<sup>1</sup>, rysunek 4.



Rys. 4. Graficzna prezentacja procesu modernizacji sprzętu wojskowego (znaczenie symboli w tekście)

Źródło: Opracowanie własne.

<sup>1</sup> Wartość bojowa (użytkowa, walory bojowe, użytkowe, jakościowe i inne), wypadkowa wszystkich cech badanego sprzętu wojskowego, a więc parametrów taktyczno-technicznych, niezawodności, trwałości, rozwiązań technologicznych oraz zdolności do wykonywania różnych zadań bojowych niezależnie od warunków terenowych i atmosferycznych (Wolejszo, 2000).

Początkowa wartość bojowa sprzętu wojskowego wynosi  $WB_0$  w momencie jego wprowadzenia do eksploatacji. Spadek wartości bojowej sprzętu wojskowego w czasie jego eksploatacji symbolizuje krzywa  $A_1$ . Spadek ten trwa do umownego dopuszczalnego poziomu wartości bojowej ( $WB_{min1}$ ). W celu niedopuszczenia do przekroczenia dopuszczalnego poziomu wartości bojowej realizowany jest proces modernizacji ( $M_1$ ), dzięki któremu wartość bojowa sprzętu wojskowego wzrasta do wartości  $WB_{mod1}$ . Znaczącym faktem jest to, że poziom wartości bojowej sprzętu wojskowego po modernizacji ( $WB_{mod1}$ ) jest wyższy niż jego początkowy poziom wartości bojowej ( $WB_0$ ). Zależności przedstawione powyżej powtarzają się w czasie ( $WB_{min2}$ ,  $WB_{min3}$  – dopuszczalne poziomy spadku wartości bojowej po modernizacji  $M_1$  i  $M_2$ ;  $A_2$ ,  $A_3$  – krzywe spadku wartości bojowej po modernizacji  $M_1$  i  $M_2$ ;  $M_2$ ,  $M_3$  - kolejne modernizacje;  $WB_{mod2}$ ,  $WB_{mod3}$  – poziom wartości bojowej sprzętu wojskowego po modernizacji  $M_2$  i  $M_3$ ).

Oczywiście cykliczność zmian nie jest równa dla każdego przedziału czasowego. Również linie symbolizujące zmianę (wzrost) poziomu dopuszczalnych wartości bojowej (linia C) jak i poziomu wartości bojowej po modernizacji (linia B) mogą odpowiadać wartością różnych funkcji (nie zawsze jest to funkcja liniowa jak to przedstawiono na rysunku).

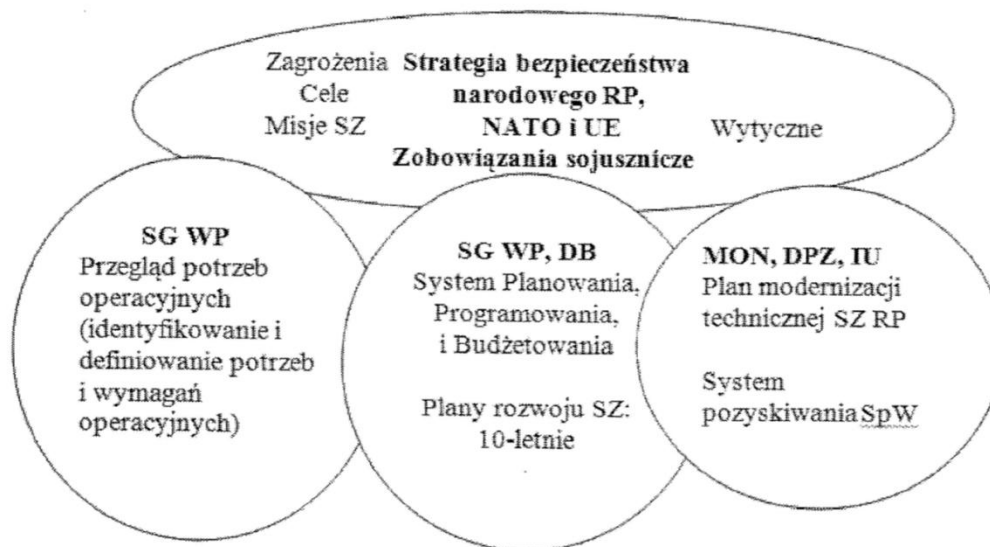
Należy zauważyć, że bezwzględny wzrost poziomu wartości bojowej sprzętu wojskowego uzyskany w wyniku realizacji procesu modernizacji jest zdecydowanie większy niż wzrost uzyskany w wyniku procesu modyfikacji.

Dokonując oceny sprzętu wojskowego będącego w fazie eksploatacji, pod kątem możliwości modernizacji, można dokonać jego podziału na trzy podstawowe kategorie:

1. Sprzęt nowoczesny, spełniający wymagania niepodlegający modernizacji.
2. Sprzęt spełniający wymagania w ograniczonym zakresie, dysponujący potencjałem modernizacyjnym uzasadniającym jego dalszą eksploatację.
3. Sprzęt przestarzały, niespełniający wymagań, niedysponujący potencjałem modernizacyjnym uzasadniającym jego dalszą racjonalną eksploatację.

### 3.1. Planowanie modernizacji systemów uzbrojenia

Planowanie modernizacji systemów uzbrojenia jest kluczowym elementem „Planu modernizacji technicznej sił zbrojnych”, który z kolei jest jednym z najważniejszych części planistyki rozwoju sił zbrojnych będącą składową planowania obronnego państwa (Rysunek 5).



Rys. 5. Idea procesu modernizacji systemu uzbrojenia w SZ RP.

Źródło: Polak, 2015.

W ramach Planu modernizacji technicznej Sił Zbrojnych RP realizowane są Programy Operacyjne, w ramach których pozyskiwane są nowe systemy uzbrojenia lub modernizowane aktualnie eksploatowane lecz nie spełniające wymagań operacyjnych.

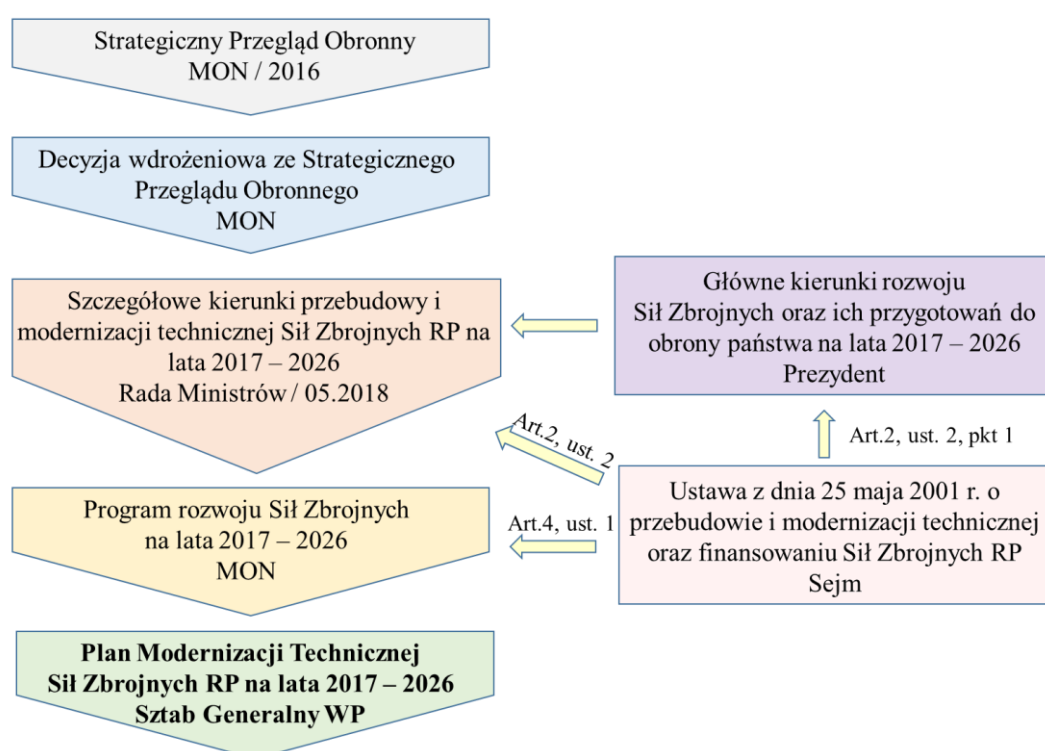
Aktualnie obowiązujący Plan modernizacji technicznej Sił Zbrojnych RP na lata 2017-2022 zawiera 14 programów operacyjnych (w tym modernizację czołgów Leopard 2A4 do wersji Leopard 2PL):

1. Program Operacyjny obrony powietrznej.
2. Program Operacyjny wsparcia bojowego i zabezpieczenia technicznego.
3. Program Operacyjny zintegrowane systemy wsparcia dowodzenia – C4ISR.
4. Program Operacyjny modernizacja wojsk pancernych i zmechanizowanych:  
– **modernizacja czołgów Leopard 2A4 (2018-21).**
5. Program Operacyjny KTO Rosomak.
6. Program Operacyjny ppk Spike.
7. Program Operacyjny indywidualne wyposażenie i uzbrojenie żołnierza „Tytan”.
8. Program Operacyjny zwalczanie zagrożeń na morzu.



9. Program Operacyjny rozpoznanie obrazowe i satelitarne.
10. Program Operacyjny modernizacja wojsk raketowych i artylerii.
11. Program Operacyjny samolot szkolno-treningowy ATJ.
12. Program Operacyjny rozpoznanie patrolowe.
13. Program Operacyjny cyberobrona i narodowa kryptologia.
14. Poza Programem Operacyjnym – obszar priorytetowy Obrona Terytorialna.

Bieżące uwarunkowania tworzenia „Planu modernizacji technicznej Sił Zbrojnych RP na lata 2017 – 2026”, kluczowego z punktu widzenia modernizacji sprzętu wojskowego, przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Model procesu kreowania Planu modernizacji technicznej Sił Zbrojnych RP na lata 2017 – 2026.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie kwerendy piśmiennictwa MON.

Należy nadmienić, że większość dokumentów wskazanych na rysunku 6 ma charakter niejawnny i tylko wybrane ich części są udostępnione do publicznej wiadomości.

### 3.2. Potrzeba modernizacji systemów uzbrojenia

Potrzeba modernizacji systemów uzbrojenia wynika głównie z luki w jego zdolnościach. Luka w zdolnościach jest definiowana przez stopień, w jakim nie można zrealizować złożonego planu działania przez system uzbrojenia. Taka luka może wynikać z braku zdolności, niedostosowania istniejących rozwiązań w zakresie zdolności i (lub)

konieczności zastąpienia istniejących rozwiązań w zakresie zdolności takimi, które pozwolą zapobiec przyszłym zagrożeniom.

Wymagania operacyjne często wymagają większych możliwości, niż jest w stanie zapewnić system uzbrojenia. Luka w zdolnościach opisuje różnicę między możliwościami systemu uzbrojenia, a wymaganiami operacyjnymi. Celem oceny luki w zdolnościach jest zidentyfikowanie jej rozmiaru i określenie słabych stron systemu uzbrojenia (wraz ze sprzętem wspomagającym). Analiza luki w zdolnościach obejmuje głównie dwa aspekty. Pierwszym, w odpowiedzi na potrzeby funkcjonalne tej zdolności, jest przeprowadzenie oceny zdolności systemu uzbrojenia. Drugi aspekt polega na porównywaniu statusu wymaganych zdolności i spełnianych zdolności we wszystkich rozpatrywanych kategoriach jedna po drugiej. Porównanie statusu powinno przebiegać zgodnie z kryteriami, takimi jak "być w stanie dobrze wspierać", "być w stanie poprzeć pod pewnymi warunkami" i "nie być w stanie wspierać". Jednocześnie powinna być prowadzona analiza czy dwa pierwsze kryteria zapewnią uzyskanie wymaganych zdolności (Dong i inni, 2018).

Określenie luki w zdolnościach systemu uzbrojenia, powinno być realizowane w pierwszym kroku modelu zaprezentowanego na rys.5. Pozostałe kroki, tego modelu, powinny doprowadzić do wypełnienia luki w zdolnościach systemów uzbrojenia.

### **3.3. Określanie poziomu modernizacji systemów uzbrojenia**

Ulepszanie systemów uzbrojenia rodzi pytanie natury skuteczności i efektywności tego procesu. Skuteczność modernizacji należy definiować jako działanie, które prowadzi do zamierzonego skutku jakim jest cel tego działania. Działaniem skutecznym będzie więc takie działanie w wyniku którego osiągnięto (w 100%) założony cel. Skuteczność można utożsamiać z racjonalnością działania. Działanie uważa się za racjonalne, uwzględniając kryteria prakseologii, gdy przyjęte przez podmiot działania sposoby i środki prowadzą do osiągnięcia zamierzonego celu.

Natomiast mierzalnym zamierzonym efektem modernizacji sprzętu wojskowego, może być wartość bojowa sprzętu wojskowego po modernizacji.

Wartość bojową sprzętu wojskowego, w odniesieniu do pojazdów bojowych (czołgi, bojowe wozy piechoty, transportery opancerzone) oblicza się w oparciu o określone wskaźniki. Wskaźniki te odzwierciedlają krytyczne cechy określonego pojazdu bojowego.

Do tych krytycznych cech zalicza się: siłę ognia, mobilność i przeżywalność (Halota i Kurpas, 2016). W ujęciu taktycznym mobilność<sup>2</sup> jest utożsamiana z manewrowością.

Do obliczania wartości bojowej pojazdów bojowych, w wojskach lądowych SZ RP, wykorzystywana jest uniwersalna metodyka oceny wartości bojowej, oparta na metodzie *Technique for Assessing Comperative Force Modernization (TASCFORM)*, czyli szacunkowego porównania nowoczesności poszczególnych systemów na bazie *Equipment Potential Capability Comparison (EPOCC)*.

Szczegółową metodykę obliczania wartości bojowej pojazdu bojowego (czołgu) przedstawiono w (Magier, 2016). Poniżej w sposób poglądowy zaprezentowano zarys wspomnianej metodyki oraz bardziej szczegółowo czynniki mające wpływ na wyznaczone wartości cech krytycznych pojazdów bojowych.

Zgodnie z powyższą metodą wartość bojową pojazdu bojowego oblicza się ze wzoru:

$$WB = S_{og} \cdot M_{an} \cdot P_{rz} \quad (2)$$

gdzie: WB – wartość bojowa,

$S_{og}$  – siła ognia,

$M_{an}$  – manewrowość,

$P_{rz}$  – przeżywalność.

Siła ognia pojazdu bojowego jest rozumiana jako zespół czynników określających ilość, jakość i efektywność uzbrojenia podstawowego (np. armaty czołgowej) oraz związanych z nim układów i systemów. Siłę ognia oblicza się ze wzoru:

$$S_{og} = W_{ba} \cdot R_{fn} \cdot SKO \quad (3)$$

gdzie:  $S_{og}$  – siła ognia,

$W_{ba}$  – wartość bojowa armaty,

$R_{fn}$  – wskaźnik wzrostu natężenia ognia,

SKO – wskaźnik jakości Systemu Kierowania Ogniem.

Manewrowość pojazdów bojowych oznacza zdolność do przemieszczania się w sensie taktycznym i operacyjnym, a także jako element obrony czynnej. Jest pojęciem bardzo szerokim i w ogólnym przypadku określa zrywność i manewrowość pojazdu oraz zdolność pokonywania terenu w każdych warunkach (Błaszczuk i inni, 2004). Powyższa właściwość stanowi coraz większe znaczenie w przeżywalności pojazdów bojowych (szczególnie

---

<sup>2</sup> Mobilność klasyfikowana jest w trzech kategoriach: mobilność strategiczna, mobilność operacyjna i mobilność taktyczna.

bojowych wozów piechoty i czołgów) podczas walki. O manewrowości wozów bojowych decydują:

- zdolność osiągnięcia maksymalnych i średnich prędkości jazdy w różnych warunkach klimatycznych i drogowych, a szczególnie średnich prędkości jazdy w terenie, zarówno w ruchu do przodu jak i do tyłu,
- zasięg jazdy na jednej jednostce napełnienia w dowolnych warunkach terenowych,
- zdolność pokonywania różnych przeszkód terenowych, naturalnych i sztucznych (ścianki pionowe, rowy, wzniesienia itp.), w tym także pokonywanie brodów oraz głębokich przeszkód wodnych i terenu skażonego czynnikami broni masowego rażenia,
- jakość jednostki napędowej i rodzaj zastosowanego układu napędowego,
- łatwość kierowania (rodzaj mechanizmu kierowania oraz hamulców głównych),
- rodzaj i jakość zawieszenia oraz mechanizmu gąsienicowego, a w tym płynność ruchu w terenie podczas jazdy z dowolnymi prędkościami,
- przystosowanie do transportu na duże odległości,
- zdolność do samookopywania i torowania przejść w polu minowym.

Manewrowość, w przyjętej metodyce, wyznacza się z zależności:

$$M_{an} = 1 + k_{jed}/100 \cdot X_{el} \quad (4)$$

gdzie:  $M_{an}$  – manewrowość,

$k_{jed}$  – współczynnik mocy jednostkowej [kW/t],

$X_{el}$  – współczynnik elastyczności silnika.

Należy zaznaczyć, że w armiach NATO obowiązuje „model manewrowości” wersja (2) MRMMZ – baza danych Standardów Terenowych (arkusz mapy 5322 Lauterbuch-Niemcy). Decydującym parametrem jest tutaj nacisk na grunt liczony wg empirycznego wzoru (Halota i Kurpas, 2016). Główny parametrem mobilności opisany jest, w powyższym modelu, proporcją długości styku gąsienicy z gruntem do rozstawu między środkami gąsienic. Parametr ten powinien zawierać się pomiędzy wartościami 1,41 ÷ 1,78. Przykładowe, wartości współczynnika dla wybranych pojazdów bojowych wynoszą:

- czołg T-72 i pochodne - 1,43,
- czołg Leopard 2 - ok. 1,57,
- AHS Krab - 1,67.

Przeżywalność to cecha charakteryzująca zdolność do przetrwania pojazdu bojowego (zachowana zdolności funkcyjnej) i jego załogi w przypadku trafienia. Podstawową rolę

w wyznaczaniu tej cechy stanowi pancierz charakteryzowany przez szereg atrybutów oraz dodatkowe systemy ochrony. Przeżywalność można scharakteryzować za pomocą następujących informacji:

- rodzaj materiału użytego na osłonę pancerną (stal pancerna, stopy lekkie, materiały kompozytowe itp.) oraz technologię ich obróbki;
- grubość poszczególnych płyt pancernych (węzłów pancerza);
- sposób wykonania podstawowych węzłów pancerza (spawanie, odlewanie, warstwowość itp.) oraz sposób ich łączenia;
- kąty pochylenia płyt pancernych;
- stopień osłabienia promieniowania;
- wymiary geometryczne pojazdu bojowego (wysokość x szerokość x długość);
- dane o opancerzeniu "słabych ogniw" we wnętrzu pojazdu bojowego (np. magazynów amunicji, zbiorników paliwa itp.);
- sposób pokrycia zewnętrznej powierzchni pancerza zmniejszających promieniowanie;
- dane o zastosowanym układzie ochrony przed bronią masowego rażenia oraz układzie przeciwpożarowym i przeciw wybuchowym.

Zestawienie wartości bojowej wybranych czołgów, obliczony z wykorzystaniem metodyki EPOCC, przedstawiono w tabeli. 1.

Tabela 1. Zestawienie wartości bojowej wybranych czołgów

Cecha/Czołg	M-1A1	L2A4	Leo-2A5	T-64B	T-72M	T-80U	Chall-2	PT-91M
<b>Sog</b>	71,87	57,37	70,02	9,98	14,15	40,15	59,54	27,67
<b>Man</b>	1,23	1,2	1,2	1,13	1,14	1,25	1,14	1,14
<b>Prz</b>	0,11	0,1	0,1	0,08	0,08	0,09	0,12	0,09
<b>WB</b>	<b>9,72</b>	<b>6,88</b>	<b>8,40</b>	<b>0,90</b>	<b>1,29</b>	<b>4,52</b>	<b>8,15</b>	<b>2,84</b>

Zródło: Opracowanie na podstawie: Magier, 2016.

Jak wynika z przedstawionych danych (Tabela 1) w wyniku modernizacji czołgu Leopard 2A4 do wersji Leopard 2A5 podniesiono poziom jego wartości bojowej o 1,52. Natomiast modernizacja czołgu T-72M do wersji PT-91M skutkowałą wzrostem jego wartości bojowej o 1,55. Co procentowo w pierwszym przypadku oznaczało wzrost o 22%, w przypadku drugim zanotowano wzrost wartości bojowej aż o 120%.

### 3.4. Określanie efektywności modernizacji systemów uzbrojenia

Efektywność w ujęciu ogólnym jest miarą ponoszonych nakładów do uzyskiwanych efektów (Jałowiec, 2013). W odniesieni do modernizacji pomiar jej efektywności polegać

będzie na wyznaczeniu mierzalnych wskaźników, które umożliwią jej wyznaczenie. Mierzalną miarą nakładów modernizacji sprzętu wojskowego mogą być koszty, wyrażone w jednostkach pieniężnych, poniesione w związku z realizacją działań modernizacyjnych, a uzyskanym efektem np. uzyskana, w wyniku modernizacji, nowa (wyższa) wartość bojowa sprzętu wojskowego.

$$E_{MOD} = \frac{NK}{WB_2 - WB_1} \quad (5)$$

gdzie:  $E_{MOD}$  – efektywność modernizacji,

NK – finansowe nakłady na modernizację [waluta],

$WB_1$  – wartość bojowa przed modernizacją,

$WB_2$  – wartość bojowa po modernizacji.

Oczywiście, możliwym jest uzyskanie innych efektów (pierwszorzędnych lub drugorzędnych) takich jak np. uzyskanie zdolności do wykonywania wybranych procesów eksploatacyjnych lub chociażby podtrzymanie zdolności do ich wykonywania.

W celu możliwości porównania efektywności modernizacji tego samego typu sprzętu wojskowego należy poniesione nakłady odnieść do standaryzowanych efektów (np. wzrostu wartości bojowej o 1,00).

Ze względu na brak możliwości pozyskania wiarygodnych danych (w ogólnie dostępnych źródłach dane dotyczące kosztów modernizacji są bardzo rozproszone i współdzielone z innymi kosztami) w artykule nie zdecydowano się na określenie szacunkowych wartości efektywności modernizacji sprzętu wojskowego.

Natomiast, bazując na wiarygodnych informacjach z MON, możemy oszacować wartość polskiej modernizacji czołgu Leopard2A4 do standardu Leo2PL. Zakres prac modernizacyjnych pozwoli na podniesienie odporności balistycznej i udoskonalenie systemów obserwacyjnych do poziomu, jaki oferuje wariant 2A5 lub wyższy. Można, więc przyjąć, że poziom wartości bojowej czołgu Leo2PL będzie nie niższy niż czołgu Leo2A4.

Uwzględniając powyższe założenie (wzrost wartości bojowej o 1,52) oraz kwotę kontraktu modernizacyjnego wynoszącą 2,415 mld PLN za 128 szt. czołgów Leo2A4 możemy obliczyć efektywność modernizacji jako koszty wzrostu wartości bojowej o 1,00. W tym przypadku koszty wzrostu wartości bojowej o 1,00 wynoszą 12,433 mln PLN.

#### **4. PODSUMOWANIE**

Modernizacja systemów uzbrojenia jest nieunikniona ze względu na minimum 30. Letni ich cykl życia w siłach zbrojnych. Modernizację systemów uzbrojenia powinniśmy

oceniać w kategorii jej efektywności, czyli poniesionych nakładów do uzyskanych efektów (zamierzonych bądź nie). Głównym założonym efektem modernizacji systemu uzbrojenie jest zazwyczaj wzrost jego wartości bojowej. Nie mniej jednak, w wielu przypadkach, celem modernizacji jest również pozyskanie zdolności przez rodzimy przemysł do realizacji określonych procesów eksploatacji modernizowanego systemu uzbrojenia.

W przedstawionej modernizacji czołgu Leopard2A4 do wersji Leo2PL wzrost wartości bojowej o 1,00 „kosztujący” 12,433 mln PLN odnosi się do systemu uzbrojenia, którego zasadniczym podsystemem jest czołg Leo2PL. W powyższej kwocie uwzględnione są koszty poniesione między innymi na modernizację treżerów, szkolenie personelu eksploatacyjnego, dokumentację techniczną i inne. Koszt ten zawiera również wydatki poniesione na fazę R&D modernizacji, które to nie będą brane pod uwagę przy potencjalnie następnym modernizowanych czołgach Leopard2A4.

W klasycznym podejściu do obliczania wartości bojowej pojazdów bojowych (czołgów, bojowych wozów piechoty) uwzględnia się trzy kluczowe cechy krytyczne: siłę ognia, mobilność i przeżywalność. Ze względu na rosnące znaczenie prowadzenia działań bojowych w środowisku zurbanizowanym, wydaje się zasadnym uwzględnienie, w obliczaniu wartości bojowej pojazdów bojowych, dodatkowej cechy krytycznej jaką jest świadomość operacyjna (taktyczna) członków załogi pojazdu bojowego.

## LITERATURA

- Błaszczyk, J., Papliński, K., Rybak, P. (2004). *Próba oceny porównawczej jakości wozów bojowych piechoty*. Szybkobieżne pojazdy gąsienicowe, nr 1/2004.
- Cempel, C. (2008). *Teoria i inżynieria systemów – Zasady i zastosowania myślenia systemowego*. Radom: ITE-PIB.
- Dong, P., Daguo, Q., Yang, S., Guangzhi, B., Zhonghua, Y. *Prioritization Assessment for Capability Gaps in Weapon System of Systems Based on the Conditional Evidential Network*. *Applied Science* 8, 265.
- Halota, M., Kurpas, M. (2016). *Kryteria i zasady projektowania współczesnych pojazdów bojowych z uzbrojeniem wielkokalibrowym część I*. Szybkobieżne pojazdy gąsienicowe, nr 1/2016.
- <http://www.jcs.mil/Doctrine/DOD-Terminology> (15.08.2018).
- [https://www.milmag.pl/news/view?news\\_id=986](https://www.milmag.pl/news/view?news_id=986) (18.08.2018).
- Inspektorat Wsparcia Sił Zbrojnych, MON. (2017). *Wsparcie i zabezpieczenie techniczne Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej. Zasady funkcjonowania. DD-4.22(A)*. Bydgoszcz.
- Jałowicz, T. (2013). *Efektywność w wojskowym systemie logistycznym – zarys problemu*. Warszawa: BEL Studio Sp. z o.o., 6.

- Kowalski, K., Wojciechowski, P. (2012). *Szacowanie kosztów cyklu życia pojazdów bojowych na platformie gąsienicowej*. Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe, nr 2/2012, 33-44.
- Kowalski, K. (2012) *Szacowanie kosztów eksploatacji w cyklu życia pojazdów wojskowych*. Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe nr 7-8/2012, 99-105.
- Magier, M. (2016). *Kierunki i możliwości modernizacji czołgów Sił Zbrojnych RP*. Zeszyty WITU, nr 3/2016, 7-21.
- Mitkow, Sz. (2013). *Rola logistyki w cyklu życia systemów uzbrojenia*. Zeszyty Naukowe WSOWL, nr 3(169), 122-133.
- NATO. (2013). *Standard AAP-48 NATO System life cycle processes, Edition B Version 1*.
- Polak R. (2015). *Modernizacja techniczna Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej*. Warszawa: Bellona, 41.
- Stark, J. (2011). *Product Lifecycle Management. 21<sup>st</sup> Century Paradigm for Product Realiation. 2nd Edition*. London: Springer.
- Wołęjszo, J. (2000). *Sposoby obliczania potencjału bojowego pododdziału, oddziału i związku taktycznego*. Akademia Obrony Narodowej.