

ZATWIERDZAM

.....

MINISTERSTWO NAUKI I SZKOLNICTWA WYŻSZEGO

DEPARTAMENT BADAŃ NA RZECZ BEZPIECZEŃSTWA I OBRONNOŚCI PAŃSTWA

PROGRAM
BADAŃ NAUKOWYCH I PRAC ROZWOJOWYCH
NA RZECZ PRZEMYSŁOWEGO POTENCJAŁU OBRONNEGO

Warszawa, 2007

WSTĘP	3
PRIORYTETOWE KIERUNKI BADAŃ NAUKOWYCH I PRAC ROZWOJOWYCH.....	6
Obszar technologiczny I - TECHNOLOGIE INFORMACYJNE I SIECIOWE.....	7
Obszar technologiczny II - SENSORY I OBSERWACJA	8
Obszar technologiczny III - BROŃ PRECYZYJNA I UZBROJENIE.....	9
Obszar technologiczny IV - PLATFORMY BEZZAŁOGOWE (AUTONOMICZNE).....	10
Obszar technologiczny V - OCHRONA I PRZETRWANIE NA POLU WALKI.....	13
Obszar technologiczny VI - NOWOCZESNE MATERIAŁY, W TYM WYSOKOENERGETYCZNE I INTELIGENTNE.....	13
PROPONOWANE FORMY FINANSOWANIA BADAŃ.....	15
UZASADNIENIE WYBORU PRIORYTETOWYCH KIERUNKÓW BADAŃ I PRAC ROZWOJOWYCH	17
Obszar technologiczny I - TECHNOLOGIE INFORMACYJNE I SIECIOWE.....	17
Obszar technologiczny II - SENSORY I OBSERWACJA	27
Obszar technologiczny III - BROŃ PRECYZYJNA I UZBROJENIE.....	33
Obszar technologiczny IV - PLATFORMY BEZZAŁOGOWE (AUTONOMICZNE).....	36
Obszar technologiczny V - OCHRONA I PRZETRWANIE NA POLU WALKI.....	63
Obszar technologiczny VI - NOWOCZESNE MATERIAŁY, W TYM WYSOKOENERGETYCZNE I INTELIGENTNE.....	68

WSTĘP

Z dniem 1 lipca 2006 r. Polska przystąpiła do „Międzynarodowego reżimu stymulującego konkurencyjność Europejskiego Rynku Obronnego” ustanowionego z inicjatywy Rady Sterującej Europejskiej Agencji Obrony (EAO). Z decyzją polskiego rządu wiąże się podpisanie przez Ministra Gospodarki, Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego Ministra Obrony Narodowej, Ministra Finansów, Ministra Spraw Zagranicznych oraz Ministra Skarbu Państwa harmonogramu działań dostosowawczych dla przemysłowego potencjału obronnego (ppo). Jednym z zadań objętych harmonogramem jest opracowanie do końca b.r. programu badań naukowych i prac rozwojowych na rzecz ppo. Do wykonania tego zadania Minister Nauki i Szkolnictwa Wyższego powołał zarządzeniem Nr 10/2006 z dnia 27 lipca 2006 r. Zespół Specjalistyczny w składzie:

- | | |
|----------------|--|
| Przewodniczący | - Wojciech Przetakiewicz (członek Komisji Badań na Rzecz Rozwoju Gospodarki Rady Nauki) |
| Członkowie: | - Zbigniew Florjańczyk (członek Komisji Badań na Rzecz Rozwoju Gospodarki Rady Nauki) |
| | - Bogusław Smólski (Rektor Wojskowej Akademii Technicznej, członek Rady Uzbrojenia w Ministerstwie Obrony Narodowej) |
| | - Adam Sowa (Dyrektor Departamentu Polityki Zbrojeniowej w Ministerstwie Obrony Narodowej) |
| | - Krzysztof Majewski (Zastępca Dyrektora Departamentu Spraw Obronnych w Ministerstwie Gospodarki) |
| | - Marek Suchański (Dyrektor Wojskowego Instytutu Łączności, przedstawiciel wojskowych jednostek badawczo-rozwojowych) |
| | - Wojciech Gruszecki (Dyrektor Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Sprzętu Mechanicznego w Tarnowie) |
| | - Jan Pysznik (Dyrektor Zakładu Rozwoju i Wdrożeń w Wytwórni Sprzętu Komunikacyjnego w Świdniku) |
| | - Dariusz Sobczak (przedstawiciel WB Electronics) |
| | - Leszek Grabarczyk (Zastępca Dyrektora Departamentu Strategii i Rozwoju Nauki w Ministerstwie Nauki i Szkolnictwa Wyższego) |
| Sekretarz | - Leszek Staniszewski (Zastępca Dyrektora Departamentu Badań na Rzecz Bezpieczeństwa i Obronności Państwa w Ministerstwie Nauki i Szkolnictwa Wyższego). |

Zespół Specjalistyczny realizował postawione przed nim zadanie w okresie IX – XII 2006 r. odbywając cykliczne posiedzenia, między którymi członkowie Zespołu prowadzili we własnym zakresie prace analityczne oraz odbywali konsultacje w środowiskach odpowiednich specjalistów.

Działania te doprowadziły do wyodrębnienia sześciu priorytetowych obszarów technologicznych:

I – Technologie informacyjne i sieciowe,

II – Sensory i obserwacja,

III – Broń precyzyjna i uzbrojenie,

IV – Platformy bezzałogowe (autonomiczne),

V – Ochrona i przetrwanie na polu walki,

VI – Nowoczesne materiały, w tym wysokoenergetyczne i inteligentne.

W każdym z obszarów wyróżniono z kolei priorytetowe kierunki badań i prac rozwojowych, które stanowią wytyczne przy kwalifikowaniu do finansowania konkretnych projektów, w wyniku których polski przemysł obronny będzie mógł oferować nowoczesne wyroby zdolne do konkurencyjności zarówno na rynku krajowym, jak i zagranicznym.

Do podstawowych dokumentów wykorzystywanych w pracach Zespołu należą:

- „Polska wizja przyszłego pola walki” – opracowanie zbiorowe pod redakcją doc. H. Knapczyka (OBRUM, 2006) – (fragment opracowania);
- „Długoterminowy plan rozwoju priorytetowych obszarów badawczych w zakresie techniki i technologii obronnych na lata 2007-2019” – opracowanie DPZ MON, 2006.

Zespół zwrócił się również do kilkudziesięciu najważniejszych podmiotów gospodarczych reprezentujących ppo o określenie już opanowanych i możliwych do wdrożenia w ciągu kilku lat technologii mieszczących się w wyodrębnionych wcześniej obszarach technologicznych. Część podmiotów wypowiedziała się na ten temat, a pozyskane tą drogą informacje Zespół wykorzystał w przygotowaniu projektu programu badań i prac rozwojowych.

W połowie listopada nadzorujący prace Zespołu Podsekretarz Stanu w MNiSW, prof. Krzysztof J. Kurzydłowski zaakceptował dodatkowe włączenie do prac nad programem pięciu ekspertów:

- z zakresu platform bezzałogowych (autonomicznych) w osobach: dr. hab. inż. Jerzego Walentynowicza z WAT (platformy lądowe), dr. inż. Piotra Zalewskiego z WAT (platformy powietrzne), dr inż. Ryszarda Rugały z OBR CTM (platformy morskie);

- z zakresu nowoczesnych materiałów – prof. dr hab. inż. Zbigniewa Bojara z WAT;
- w celu weryfikacji programu pod kątem wymagań operacyjnych Sił Zbrojnych RP – płk. mgr. inż. Wiesława Drąga z Departamentu Polityki Zbrojeniowej MON.

Przygotowywany projekt programu (w wersji uogólnionej) został wstępnie zaprezentowany przez przewodniczącego i sekretarza Zespołu w dniu 29 listopada b.r. na seminaryjnym posiedzeniu Senackiej Komisji Obrony Narodowej nt.: *Stan aktualny i perspektywy rozwoju polskiego przemysłu obronnego po przystąpieniu Polski do „Międzyrządowego reżimu stymulującego konkurencyjność Europejskiego Rynku Obronnego”* (w dyskusji uczestniczyli przedstawiciele Rządu, związków zawodowych oraz producentów uzbrojenia).

Na posiedzeniu w dniu 13 grudnia b.r. Zespół Specjalistyczny z udziałem ekspertów uzgodnił końcową wersję projektu programu badań i prac rozwojowych na rzecz ppo. Projekt ten przedstawiony jest w dalszej części niniejszego opracowania.

**PRIORYTETOWE KIERUNKI BADAŃ NAUKOWYCH I PRAC
ROZWOJOWYCH**

Obszar technologiczny I - TECHNOLOGIE INFORMACYJNE I SIECIOWE

1. Teleinformatyczna infrastruktura dla osiągania zdolności sieciocentrycznych
 - a. Zaawansowane metody i techniki tworzenia świadomości sytuacyjnej w działaniach sieciocentrycznych
 - b. Migracja sieci taktycznych w kierunku pełnej integracji na bazie protokołu IPv6 z uwzględnieniem problemów bezpieczeństwa i gwarantowania jakości obsługi
 - c. Adaptacyjne sieci wymiany informacji wsparcia operacji sieciocentrycznych (w tym: sieci ad-hoc, cognitive radio z Software Defined Radio, anteny adaptacyjne)
 - d. bezprzewodowe sieci sensorowe ochrony sił własnych oraz wsparcia działań sieciocentrycznych
 - e. Implementacja w systemach C4ISR architektury zorientowanej usługowo (SOA)
2. Bezpieczeństwo systemów teleinformatycznych SZ RP
 - a. Urządzenie utajniaszące dla sieci IP uwzględniające wymagania NATO w zakresie gwarantowania jakości obsługi
 - b. Wymagania na systemy operacyjne i aplikacje dla stacji roboczych, serwerów i urządzeń sieciowych do pracy w systemach specjalnych (dla przetwarzania informacji o klauzulach ZASTRZEŻONE, POUFNE i TAJNE)
 - c. Opracowanie metod uwierzytelniania użytkowników i urządzeń pracujących w sieciach o różnych poziomach tajności, szyfrowanie danych na nośnikach stałych i wymiennych
 - d. Zastosowanie koncepcji maszyn wirtualnych dla stacji roboczych przyłączonych do sieci o różnych poziomach poufności przetwarzanych danych
 - e. Analiza zagrożeń cyberatakami w sieciach teleinformatycznych, opracowanie metod przeciwdziałania i działań aktywnych

3. Integracja systemów modelowania i symulacji działań bojowych różnych rodzajów SZ RP oraz działań połączonych
 - a. Modele stochastyczne działań bojowych różnych rodzajów sił zbrojnych wraz z działaniami połączonymi
 - b. Heterogeniczna wielorozdzielcza rozproszona symulacja działań bojowych wojsk lądowych, marynarki wojennej oraz sił powietrznych
 - c. Teleinformatyczna platforma wymiany danych w rozproszonej symulacji działań bojowych
4. Integracja systemów dowodzenia SZ RP
 - a. Teleinformatyczna platforma integracji rozproszonych systemów dowodzenia
 - b. Rozwój metod wspomagania dowodzenia w działaniach połączonych z wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji i badań operacyjnych
 - c. Metody tworzenia i udostępniania jednolitego obrazu pola walki w rozproszonych systemach dowodzenia
 - d. Metody badania efektywności rozproszonych systemów dowodzenia
5. Szerokopasmowe radiowe systemy transmisji danych na polu walki na szczeblu taktycznym
6. Urządzenia i systemy zabezpieczenia kryptograficznego łączności radiowej

Obszar technologiczny II - SENSORY I OBSERWACJA

1. Wielofunkcyjne radary szerokopasmowe i wielopasmowe aktywne i pasywne
2. Nowoczesne systemy i technologie rozpoznania elektromagnetycznego (radiokomunikacyjne, radarowe, UV, VIS, IR, THz)
3. Zintegrowane (wieloczułkowe i multispektralne) systemy rozpoznania i przeciwdziałania
4. Zintegrowane systemy detekcji, identyfikacji i analizy zagrożeń CBRNE
5. Technologie podwodne
6. Sensory broni i amunicji (optoelektroniczne, mikrofalowe, sejsmiczne, akustyczne, zapalniki zbliżeniowe)

Obszar technologiczny III - BROŃ PRECYZYJNA I UZBROJENIE

1. Zaawansowany indywidualny system walki
 - a. Zespoły dowodzenia, obserwacji, rozpoznania i łączności z założeniem działania w sieciocentrycznym systemie dowodzenia
 - b. Uzbrojenie indywidualne
 - c. Osobista osłona balistyczna
 - d. Indywidualna odzież ergonomiczna
 - e. Pakiety: żywnościowy, medyczny i NBC
 - f. Inne wyposażenie.
2. Uzbrojenie mało i średniokalibrowe o dużej gęstości ognia
3. Technologie uzbrojenia przyszłości
 - a. Źródła energii mikrofalowej dużej mocy
 - b. Paliwa homogeniczne i heterogeniczne
4. Systemy uzbrojenia dla tzw. niesymetrycznego pola walki, w tym broń obezwładniającą
5. Amunicja i rakiety z tzw. sensorami inteligentnymi (m.in. amunicja dla KRABA – pociski 155 mm odłamkowo-burzące z gazometrem oraz kasetowe gazometrem o dużym zasięgu działania)
6. Systemy rakiet przeciwlotniczych małego zasięgu
7. Bomby lotnicze kierowane
8. Systemy uzbrojenia dla pojedynczego żołnierza, szczebla plutonu i kompanii
9. Półautomatyczny granatnik z osłabionym odrzucie i quasi-płaskiej balistyce lotu granatu
10. Granaty z programowalnym zapalnikiem

Obszar technologiczny IV - PLATFORMY BEZZAŁOGOWE (AUTONOMICZNE)

A. PLATFORMY LĄDOWE

1. Napęd hybrydowy platformy
2. Układy bieżne i aktywne zawieszenie
3. Struktury i kierowanie
4. Modułowość i standaryzacja
5. Lekkie materiały konstrukcyjne
6. Rozpoznanie otoczenia
7. Integracja czujników
8. Systemy komunikacji i podejmowania decyzji
9. Elektronika cyfrowa
10. Systemy bezpieczeństwa i ochrony
11. Osprzęt platform
12. Technologie szkolenia i utrzymania platform

B. PLATFORMY BEZZAŁOGOWE - POWIETRZNE

1. Płatowiec
 - a. Aerodynamika małych prędkości, z uwzględnieniem wpływu czynników aerodynamicznych
 - b. Zaawansowane materiały kompozytowe
 - c. Projektowanie struktur siłowych płatowca
 - d. Systemy i procedury awaryjnego lądowania
 - e. Powłoki platform niewykrywalne przez radary
2. Awionika
 - a. Technologia miniaturowych bezkardanowych układów orientacji przestrzennej (na bazie ogólnodostępnych czujników)
 - b. Technologia miniaturowych autopilotów (na bazie ogólnodostępnych komputerów lub mikrokontrolerów)
 - c. Nawigacja GPS z uwzględnieniem wysokości
 - d. Mapy cyfrowe

- e. Badanie algorytmów sterowania BSP
- f. Układy antykolizyjne
- 3. Podsystem transmisji danych
 - a. Organizacja niezawodnej i bezpiecznej łączności ziemia - BSP
- 4. Zespół napędowy
 - a. Wysokowydajne małowabarytowe źródła zasilania
 - b. Napędy małych mocy dla platform powietrznych
- 5. System akwizycji i transmisji danych

C. PLATFORMY BEZZAŁOGOWE - MORSKIE

- 1. Platformy nawodne i podwodne
 - a. Optymalizacja konstrukcyjna platform nawodnych i podwodnych jako uniwersalnych platform do zadań przeciwminowych
 - b. Opracowanie i budowa samobieżnej dennej stacji wspierającej (DSW) działania autonomicznych platform podwodnych.
 - c. Badania optymalizacyjne źródeł zasilania dla modułowego systemu przeciwminowego, złożonego z urządzeń o różnych funkcjach i zasięgach
 - d. Badania możliwości prowadzenia działań przeciwminowych (wykrywania identyfikacji i niszczenia min morskich) za pomocą układu złożonego ze zdalnie sterowanej platformy nawodnej, wyposażonej w system identyfikacji i klasyfikacji obiektów minopodobnych i niebezpiecznych i platformę podwodną
 - e. Budowa i badania systemu nawigacji dla autonomicznych platform nawodnych i autonomicznych platform podwodnych
 - f. Budowa i badania optymalnej konstrukcji kadłuba dla autonomicznej platformy nawodnej
 - g. Budowa i badania systemów sterowania dla autonomicznych platform nawodnych i podwodnych uwzględniające następujące aspekty:
 - integrację systemów, włączając w to dowodzenie i kierowanie (sieciocentryczne pole walki);

- integrację wyposażenia misyjnego;
 - planowanie misji;
 - logikę i algorytmy sterowania;
 - systemy rozpoznania środowiska („widzenie maszyn”);
 - sterowanie napędem i źródłami zasilania;
 - struktury zaawansowane, urządzenia nano i MEMS;
 - bezpieczeństwo.
- h. Budowa i badania napędów kompaktowych dla autonomicznych platform nawodnych i podwodnych
2. Sensory do wykrywania i identyfikacji min morskich i innych obiektów niebezpiecznych
- a. Urządzenia do niszczenia i neutralizacji obiektów minopodobnych
 - b. Badania efektywności ładunków wybuchowych kumulacyjnych, skupionych, wysokoenergetycznych oraz miotających do niszczenia min zagrzebanych w osadach dennych na różnych głębokościach
 - c. Badania możliwości neutralizacji i niszczenia min morskich za pomocą pól fizycznych generowanych przez autonomiczną platformę podwodną
3. Dowodzenie przebiegiem misji i zarządzanie informacją
- a. Opracowanie koncepcji i badania optymalizacyjne elementów zintegrowanego systemu dowodzenia działaniami wieloobektowego modułowego bezzałogowego systemu przeciwminowego i jego integracji z zewnętrznymi systemami dowodzenia z uwzględnieniem linii komunikacyjnych i urządzeń nawigacyjnych
 - b. Opracowanie i badania systemu trójwymiarowego zobrazowania obszaru działań i sytuacji hydrologicznej oraz sytuacji taktycznej dla planowania i nadzoru nad działaniem systemu
 - c. Opracowanie metodologii identyfikacji obiektów minopodobnych i niebezpiecznych przy wykorzystaniu baz danych zawierających dane techniczne, graficzne, sonarowe i informacje o polach fizycznych obiektu oraz informacje pochodzące z pojazdów przeciwminowych

- d. Badania metod przetwarzania obrazów telewizyjnych, obrazów skanerów laserowych i obrazów sonarowych pod kątem możliwości automatyzacji procesu wykrywania i identyfikacji obiektów minopodobnych przez autonomiczne platformy
- e. Zestaw symulacyjny do treningów w zakresie operowania platformami nawodnymi i podwodnymi

Obszar technologiczny V - OCHRONA I PRZETRWANIE NA POLU WALKI

- 1. Zaawansowane wyposażenie żołnierza
 - a. System dowodzenia i łączności
 - b. Urządzenia obserwacyjne i zobrazowujące
 - c. Osłona balistyczno-mechaniczna i NBC
 - d. Miniaturowe urządzenia słuchawkowe
 - e. Pakiet przetrwania
- 2. Przeżywalność pojazdów lądowych na polu walki
- 3. System zagłuszania lokalizacji GPS w obiektach chronionych
- 4. Optoelektroniczny system rozpoznania terenu
- 5. Materiały kompozytowe i technologie ich wytwarzania
- 6. Systemy minowania i rozminowania nowej generacji
- 7. Inteligentne pola minowe
- 8. Wielofunkcyjna osłona obiektów strategicznych
- 9. Systemy przeprowowe
- 10. Identyfikacja pola walki

Obszar technologiczny VI - NOWOCZESNE MATERIAŁY, W TYM WYSOKOENERGETYCZNE I INTELIGENTNE

- 1. MATERIAŁY WYSOKOENERGETYCZNE
 - a. Opracowanie technologii impregnacji prochów wytłaczanych, impregnowanych w celu uruchomienia produkcji prochów dwu- i trzybazowych

- b. Opracowanie podstaw technologii wytwarzania materiałów napędowych specjalnych (miotających) na bazie nitrocelulozy granulowanej
- c. Opracowanie technologii mało smugowych i ekologicznych paliw raketowych
- d. Rozwój wybranych technologii syntezy składników niezbędnych do wdrożenia produkcji nowych prochów i paliw raketowych
- e. Prace rozwojowe nad nowymi typami plastycznych materiałów wysokoenergetycznych przydatnych do produkcji tzw. amunicji mało wrażliwej
- f. Paliwa raketowe kompozytowe zalewane do komór silników o kalibrach ponad 70 mm
- g. Materiały pirotechniczne do spłonek, opóźniaczy i zapłonników

2. NOWOCZESNE MATERIAŁY WIELOFUNKCYJNE I INTELIGENTNE

- a. Materiały zapewniające poprawę właściwości eksploatacyjnych (trwałości) części maszyn, sprzętu i uzbrojenia
- b. Materiały lekkie zapewniające ekwiwalentną funkcjonalność
- c. Materiały dla elektroniki i fotoniki, zwłaszcza zwiększające szybkość transmisji danych
- d. Materiały do budowy mikroczipów i aktuatorów
- e. Materiały ograniczające wykrywalność
- f. Materiały zwiększające ochronę i zdolność przetrwania

3. ZAAWANSOWANE METODY PROJEKTOWANIA, WYTWARZANIA I MONITORINGU EKSPLOATACJI

- a. Komputerowe wspomaganie projektowania materiałów równoległe z projektowaniem konstrukcji oraz symulacja pracy elementów sprzętu wojskowego
- b. Nowoczesne i ekonomiczne technologie kształtowania plastycznego oraz obróbki ubytkowej materiałów wielofunkcyjnych
- c. Nowoczesne technologie łączenia materiałów i modyfikacji stanu ich powierzchni
- d. Systemy nieniszczącego diagnozowania stanu materiału i elementów konstrukcyjnych

PROPONOWANE FORMY FINANSOWANIA BADAŃ

Finansowanie określonych w programie badań naukowych i prac rozwojowych na rzecz przemysłowego potencjału obronnego priorytetowych kierunków badań będzie zgodne z ustawą z dnia 8 października 2004 r. o zasadach finansowania nauki (Dz. U. Nr 238, poz. 2390 z późn. zm.) oraz rozporządzeniem Ministra Nauki i Informatyzacji z dnia 4 sierpnia 2005 r. w sprawie kryteriów i trybu przyznawania i rozliczania środków finansowych na naukę (Dz. U. Nr 161, poz. 1359 z późn. zm.).

Planowane do poniesienia koszty *Programu* będą finansowane ze środków budżetowych będących w dyspozycji ministra właściwego do spraw nauki.

Najkorzystniejszą formą finansowania byłyby projekty badawcze zamawiane zgłaszane przez konsorcja naukowe lub istniejące platformy technologiczne, obejmujące szerokie spektrum badań i szerokie zastosowanie (np. sensory, materiały wysokoenergetyczne lub platformy autonomiczne). Efektem końcowym projektu powinien być demonstrator technologii lub działająca aplikacja.

Inną formą realizacji dużych zadań badawczych na bazie wyróżniających się osiągnięć poznawczych (projekty badawcze własne) będzie ustanawianie programów wieloletnich, dających możliwość prowadzenia zakrojonych na szeroką skalę prac poznawczych na światowym poziomie.

Realizacja priorytetowych kierunków badań naukowych i prac rozwojowych w ramach powyższego programu możliwa byłaby również z uwzględnieniem kwestii współpracy międzynarodowej przez podmioty przemysłu zbrojeniowego i ośrodki naukowo-badawcze, wykorzystującej w tym celu jedną z form dofinansowania jakimi są projekty specjalne lub udział w międzynarodowych programach badawczych.

W okresie najbliższych trzech lat, na bazie oceny szans wdrożeniowych, finansowaniem powinny zostać objęte projekty kwalifikujące się do kategorii badawczo-rozwojowych (projekty badawcze rozwojowe, projekty celowe). Taka forma realizacji powinna być uzgodniona z gestorem sprzętu wojskowego i z zakładami przemysłu zbrojeniowego.

W pierwszej kolejności realizacją zostaną objęte programy niosące szansę osiągnięcia w krótkim czasie technologii w postaci produktu, który mógłby być wdrożony do wojsk, zaspokajając ich aktualne potrzeby operacyjne.

Z chwilą uruchomienia programu ustanawia się instytucjonalnych koordynatorów nadzorujących i odpowiadających za realizację zadań z poszczególnych obszarów technologicznych.

Za koordynację realizacji całego programu i zapewnienie korelacji z głównymi kierunkami badań i prac rozwojowych odpowiedzialny będzie Departament Badań na Rzecz Bezpieczeństwa i Obronności Państwa w Ministerstwie Nauki i Szkolnictwa Wyższego, który będzie też zasięgał opinii ze strony jednostek organizacyjnych Ministerstwa Obrony Narodowej.

Zespół proponuje rozpowszechnienie niniejszego programu wśród jednostek naukowych i podmiotów gospodarczych za pośrednictwem ministerstw stanowiących wobec nich organa założycielskie lub nadzorujące.

Skutki finansowe dla budżetu państwa określono w harmonogramie działań dostosowawczych przyjętym i zatwierdzonym przez Radę Ministrów.

UZASADNIENIE WYBORU PRIORYTETOWYCH KIERUNKÓW BADAŃ I PRAC ROZWOJOWYCH

Obszar technologiczny I - TECHNOLOGIE INFORMACYJNE I SIECIOWE

1. Teleinformatyczna infrastruktura dla osiągnięcia zdolności sieciocentrycznych

a) Zaawansowane metody i techniki tworzenia świadomości sytuacyjnej w działaniach sieciocentrycznych

Celem prac jest wykorzystanie istniejących oraz rozwój nowych metod, technik i narzędzi do wspierania procesów osiągnięcia zdolności sieciocentrycznej przez Siły Zbrojne RP. Procesy te obejmują tworzenie bezpiecznych i efektywnych mechanizmów pozyskiwania, analizy i współdzielenia informacji, tworzenia zasobów wiedzy oraz jej skutecznego wykorzystywania w operacjach militarnych podczas zarządzania sytuacjami kryzysowymi.

Prace naukowo-badawcze projektu będą prowadzone w następujących kierunkach:

- analiza metod i technik kluczowych dla uzyskania przez siły zbrojne zdolności sieciocentrycznej w działaniach narodowych i koalicyjnych;
- identyfikacja i hierarchizacja metod i technik, które stworzą warunki do szybkiego przyrostu zdolności sieciocentrycznej w SZ RP;
- opracowanie nowych i rozwój istniejących metod i technik umożliwiających tworzenie bezpiecznych mechanizmów dla zobrazowania sytuacyjnego i prowadzenia operacji w środowisku sieciocentrycznym;
- propozycje i rozwój metod oraz technik wspierających proces współdzielenia i wymiany informacji, jako niezbędnych dla tworzenia wspólnej świadomości sytuacyjnej;
- realizacja zintegrowanego środowiska badawczego dla oceny skuteczności opracowanych metod i technik w tworzeniu świadomości sytuacyjnej oraz zdolności sił zbrojnych osiągniętych w wyniku ich stosowania;
- przeprowadzenie eksperymentów technicznych i symulacyjnych oraz sformułowanie rekomendacji odnośnie wdrażania opracowanych metod i technik.

b) Migracja sieci taktycznych w kierunku pełnej integracji na bazie protokołu IPv6 z uwzględnieniem problemów bezpieczeństwa i gwarantowania jakości obsługi

Celem badań jest opracowanie architektury przyszłych sieci taktycznych przeznaczonych do wsparcia działań sieciocentrycznych.

Jednym ze składników wyżej wymienionej sieci jest zintegrowana infrastruktura telekomunikacyjna, zapewniająca równoczesny przekaz mowy, danych i obrazów ruchomych, z wymaganą jakością obsługi i założonym poziomem bezpieczeństwa. Większość obecnie eksploatowanych i wdrażanych sieci taktycznych (np. KROKUS, Storczyk 2000, RITA, TASMUS) wykorzystuje techniki takie jak ATM, ISDN i IP, które w znacznym stopniu spełniają stawiane przed nimi wymagania. Mając jednak na uwadze wyniki prac badawczych w dziedzinie teorii walki sieciocentrycznej prowadzonych m.in. przez USA i NATO, osiągnięcia cywilnych ośrodków badawczych oraz stan zaawansowania technologii komercyjnych, wydaje się, iż czynnikiem istotnym w procesie integracji będzie odpowiednie wykorzystanie techniki IPv4/v6, ze wskazaniem na wersję szóstą. Należy jednak mieć na uwadze fakt, że technika IP jest jeszcze techniką znajdującą się w fazie ciągłego rozwoju i zastosowanie jej w obszarze wojskowym wymaga przeprowadzenia wielu prac badawczych oraz rozwojowych. Mając na uwadze powyższe uwarunkowania, zakres tematyczny proponowanego projektu będzie obejmował następujące zagadnienia:

- opracowanie koncepcji architektury sieci taktycznej bazującej na technice IPv4/v6;
- opracowanie modelu sieci, na podstawie którego możliwe będzie uzyskanie najważniejszych parametrów sprawności takiej sieci – metodą analityczną lub symulacyjną;
- stworzenie sieci pilotowej, umożliwiającej weryfikację koncepcji i modelu sieci zintegrowanej, wykorzystując dostępne rozwiązania, np. KROKUS, Storczyk 2000, jak i sieci laboratoryjne;
- sformułowanie - na podstawie otrzymanych wyników badań - wymagań dla architektury przyszłych sieci taktycznych IPv4/v6 wykorzystywanych w działaniach sieciocentrycznych, w tym wymagania na:
 - mechanizmy sterowania ruchem;
 - metody wymiarowania sieci;
 - podsystem zarządzania siecią;
 - mechanizmy routing'u;
 - mechanizmy bezpieczeństwa;
 - rozwiązania zapewniające interoperacyjność z istniejącymi sieciami taktycznymi;

c) Adaptacyjne sieci wymiany informacji wsparcia operacji sieciocentrycznych

Celem prac jest sformułowanie wytycznych do budowy sieci adaptacyjnych pozwalających na wymianę informacji dla wsparcia operacji sieciocentrycznych. Zakłada się, że adaptacja w sieciach tych będzie polegała na automatycznej zmianie odpowiednich parametrów i rekonfiguracji sieci tak, aby spełniała ona określone wymagania na wymianę informacji w zmieniających się warunkach (mobilności użytkowników, przerw w łączności itp.). Tego typu sieci mogą wykorzystywać zarówno medium transmisyjne w postaci linii przewodowych (w tym światłowodowych) jak i medium radiowe.

Prace naukowo-badawcze i rozwojowe będą prowadzone w następujących obszarach:

- określenie wymagań na sieci wymiany informacji wspierające operacje sieciocentryczne;
- określenie rodzajów usług świadczonych przez sieć;
- weryfikacja istniejących i opracowanie nowych metod i technik pozwalających na automatyczną rekonfigurację sieci;
- algorytmy adaptacyjne umożliwiające zmianę parametrów łączy radiowych stosownie do warunków występujących w kanale radiowym (adaptacyjna zmiana parametrów i rodzaju modulacji, kodowanie adaptacyjne, minimalizacja wpływu zakłóceń);
- techniki bezprzewodowe umożliwiające tworzenie sieci ad-hoc (np. IEEE 802.11s, IEEE 802.16a, SDR);
- routing i zapewnienie QoS w sieciach ad-hoc;
- bezpieczeństwo i zarządzanie sieciami ad-hoc;
- software Defined Radio jako element perspektywicznej sieci adaptacyjnej;
- wykorzystanie idei *Always Best Connected* w środowisku wielo-sieciowym dla zapewnienia wymaganej jakości obsługi użytkownika;
- anteny adaptacyjne o regulowanych charakterystykach i ich wykorzystanie dla potrzeb sieci taktycznych.

d) Bezprzewodowe sieci sensorowe ochrony sił własnych oraz wsparcia działań sieciocentrycznych.

Celem prac jest zaproponowanie metod i technik pozwalających na budowę bezprzewodowych sieci sensorowych pozwalających na ochronę wojsk własnych przed atakiem przeciwnika. Ochrona ta będzie obejmować informacje alarmowe o pojawieniu się w monitorowanej strefie czynników, które mogą stanowić zagrożenie

(np. wystąpienie skażenia chemicznego i biologicznego, wystąpienie pożaru, pojawienie się obiektu, itp.).

Prace naukowo-badawcze i rozwojowe będą prowadzone w następujących kierunkach:

- identyfikacja wymagań na sieci sensorowe wykorzystywane w operacjach sieciocentrycznych;
- nowoczesne technologie bezprzewodowe w sieciach sensorowych;
- odporność na zakłócenia współczesnych bezprzewodowych sieci sensorowych;
- sensory (układy wieloczujnikowe) pozwalające na wykrywanie i rozpoznanie zagrożeń;
- nowoczesne techniki w zakresie fuzji i przetwarzania danych uzyskiwanych z wielu sensorów;
- identyfikacja wykrytych obiektów z wykorzystaniem baz danych sygnatur obiektów;
- udostępnianie i dystrybucja przetworzonych i nieprzetworzonych danych sensorycznych w środowisku sieciocentrycznym;
- zobrazowanie i wykorzystanie informacji uzyskanych z sieci sensorowych w operacjach sieciocentrycznych;
- źródła zasilania i energooszczędne technologie w sieciach sensorowych;
- metody i techniki zapewniające optymalne wykorzystanie źródeł zasilania w sieciach sensorowych;
- techniki routingu wykorzystywane w bezprzewodowych sieciach sensorowych;
- kompatybilność elektromagnetyczna bezprzewodowych sieci sensorowych z innymi systemami pola walki;
- przeciwdziałanie rozpoznaniu sieci bezprzewodowych;
- zarządzanie sieciami sensorowymi;
- bezpieczeństwo w sieciach bezprzewodowych.

e) Implementacja w systemach C4ISR architektury zorientowanej usługowo (SOA)

Celem prac jest opracowanie wytycznych do implementacji architektury zorientowanej usługowo w systemach klasy C4ISR (ang. *Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance*).

Prace naukowo badawcze i rozwojowe będą prowadzone w następujących kierunkach:

- podejście do projektowania systemów na bazie wymagań operacyjnych oraz scenariuszy działań, w jakich system ma być użytkowany;

- identyfikacja głównych komponentów architektury systemu i ich funkcji zgodnie z koncepcją SOA;
- identyfikacja rodzajów, źródeł i odbiorców informacji oraz głównych przepływów informacyjnych;
- identyfikacja mechanizmów wymiany danych;
- definicja rodzajów użytkowników systemu C4ISR i ich uprawnień (w tym identyfikacja grup zainteresowań (COI – ang. *Communities of Interests*));
- definicja usług dodanych, COI oraz podstawowych aplikacji (w tym definicja struktur danych, elementy semantycznej interoperacyjności między usługami, definicja interfejsów);
- identyfikacja oraz specyfikacja niezbędnych usług bazowych (podstawowych, interoperacyjnych oraz współpracy);
- określenie trybu świadczenia usług w zależności od zastosowanej techniki sieciowej i związanych z nią ograniczeń;
- specyfikacja mechanizmów bezpieczeństwa stosowanych w architekturze zorientowanej usługowo (dla zabezpieczenia transferu informacji oraz dostępu do nich);
- specyfikacja mechanizmów zapewniania jakości usług (w tym odwzorowywanie usług warstw wyższych na usługi sieciowe) w sieciach o ograniczonych zasobach;
- mechanizmy wyszukiwania usług;
- monitorowanie usług i zarządzanie nimi;
- metody modyfikacji tworzenia nowych usług na bazie już istniejących.

Propozycja technicznej realizacji infrastruktury dla spełnienia funkcji architektury zorientowanej usługowo w przyjętych scenariuszach (wyszczególnienie niezbędnych urządzeń, rozwiązania warstwy sieciowej, transportowej i warstw niższych).

2. Bezpieczeństwo systemów teleinformatycznych SZ RP

a) Urządzenie utajniaszące dla sieci IP uwzględniające wymagania NATO w zakresie gwarantowania jakości obsługi

Współczesne urządzenie utajniaszące pracujące w sieciach IP (tzw. IP crypto) dokonują szyfrowania zarówno nagłówka jak i zawartości całego datagramu IP.

Ponieważ nagłówek IP zawiera informacje o priorytecie, które po utajnieniu są niedostępne dla routerów przekazujących datagramy w sieci, istnieje problem z gwarantowaniem jakości obsługi dla ruchu utajnianego u źródła. Przekazywanie informacji o priorytecie w postaci zarówno zaszyfrowanej jak i jawnej jest niedopuszczalne z punktu widzenia bezpieczeństwa. Nawet pominięcie szyfrowania pól zawierających informacje o priorytecie jest uważane za zagrożenie bezpieczeństwa, ponieważ umożliwia analizę struktury ruchu w sieci.

Na zlecenie Podkomitetu 6 NC3B NATO została powołana Grupa Zadaniowa, której tematem prac ma być bezpieczeństwo sieci IP. Celem projektu jest opracowanie takich metod przekazywania informacji o priorytecie zaszyfrowanych pakietów IP, które będą umawiały zagwarantowanie zarówno bezpieczeństwa jak i jakości obsługi (QoS) oraz umożliwią pracę polskich urządzeń utajnających w sieciach NATO.

b) Wymagania na systemy operacyjne i aplikacje dla stacji roboczych, serwerów i urządzeń sieciowych do pracy w systemach specjalnych (dla przetwarzania informacji o klauzulach ZASTRZEŻONE, POUFNE i TAJNE)

W obliczu zagrożenia atakami cybernetycznymi jest konieczne opracowanie jednolitych wymagań dotyczących wyboru oraz gwarantujących bezpieczeństwo konfiguracji systemów operacyjnych pracujących w sieciach o klauzuli ZASTRZEŻONE, POUFNE i TAJNE. W sieciach tego rodzaju opieranie bezpieczeństwa na różnego rodzaju pakietach pobierających automatycznie uaktualnienia z Internetu nie jest możliwe. Celem projektu jest opracowanie wymagań w zakresie konfiguracji oraz procedur administrowania tymi systemami, pozwalających na bezpieczne zarządzanie konfiguracją, dokonywanie uaktualnień oraz wykrywanie nowych zagrożeń i podejmowanie działań zapobiegawczych.

c) Opracowanie metod uwierzytelniania użytkowników i urządzeń pracujących w sieciach o różnych poziomach tajności, szyfrowanie danych na nośnikach stałych i wymiennych

Do tej pory w zabezpieczeniu informacji cała uwaga była w większości skupiona na metodach ochrony danych przesyłanych przez sieć. Dane te stanowią tylko niewielki procent danych, które są przenoszone na nośnikach wymiennych oraz na dyskach twardych (również w komputerach przenośnych). W tej sytuacji utrata nośnika, lub komputera wiąże się z utratą dużej ilości danych, do których mogą mieć dostęp osoby niepowołane. Celem projektu jest opracowanie metod ochrony danych przez ich szyfrowanie przed zapisem na nośniki oraz wymaganie uwierzytelnienia od

użytkownika który chce uzyskać dostęp do urządzenia i do zapisanych na nośnikach danych.

d) Zastosowanie koncepcji maszyn wirtualnych dla stacji roboczych przyłączonych do sieci o różnych poziomach poufności przetwarzanych danych

W pewnych zastosowaniach, szczególnie dla komputerów przenośnych, istnieje potrzeba zapewnienia użytkownikowi możliwości dostępu do sieci publicznych (Internet) oraz przechowywania i przetwarzania danych zastrzeżonych. Do tej pory ta potrzeba nie mogła być zrealizowana z powodu wymagań dotyczących separacji danych jawnych i niejawnych. Obecnie w Agencji C3 NATO dobiegają końca prace nad umożliwieniem w pewnych wypadkach transmisji danych zastrzeżonych przez Internet (NATO Restricted over Internet).

Celem projektu jest wykorzystanie koncepcji maszyn wirtualnych (np. pakiet komercyjny VMWare, czy otwarty projekt Xen) do takiego skonfigurowania komputera osobistego, w którym będą występowały dwie maszyny wirtualne: jedna przeznaczona do przechowywania i przetwarzania danych niejawnych a druga umożliwiająca dostęp do Internetu, przy zachowaniu wymaganego poziomu separacji pomiędzy danymi jawnymi a niejawnymi.

e) Analiza zagrożeń cyberatakami w sieciach teleinformatycznych, opracowanie metod przeciwdziałania i działań aktywnych

Celem projektu jest dokonanie analizy zagrożeń atakami cybernetycznymi, ze szczególnym uwzględnieniem ataków na sieci wydzielone, w tym taktyczne. W pierwszym etapie zostanie dokonana klasyfikacja metod przeprowadzania ataków i ocena stopnia zagrożenia a w drugim analiza możliwości przygotowywania i przeprowadzania ataków na inne sieci, w tym na sieci taktyczne potencjalnych przeciwników.

3. Integracja systemów modelowania i symulacji działań bojowych różnych rodzajów SZ RP oraz działań połączonych.

- a) Modele stochastyczne działań bojowych różnych rodzajów sił zbrojnych wraz z działaniami połączonymi.
- b) Heterogeniczna wielorozdzielcza rozproszona symulacja działań bojowych wojsk lądowych, marynarki wojennej oraz sił powietrznych.
- c) Teleinformatyczna platforma wymiany danych w rozproszonej symulacji działań bojowych

ad a. Modele działań bojowych różnych rodzajów sił zbrojnych powinny uwzględniać niepewność warunków działania w odniesieniu do terenu, pogody, sposobów działania przeciwników, rozpoznania obiektów walki i obiektów terenowych, wyników oddziaływania ogniowego, elektromagnetycznego, chemicznego, radiologicznego i informacyjnego. Sposoby reprezentowania niepewności mogą być różne, lecz należy wziąć pod uwagę fakt znajomości rozkładów prawdopodobieństwa trafienia i zniszczenia celów dla określonych typów uzbrojenia. Daje to podstawę do konstrukcji modeli stochastycznych działań bojowych, a w efekcie bazę do opracowania symulatorów działań lądowych, powietrznych i morskich. W rozważaniach modelowych działań połączonych, w których poszczególne komponenty lądowy, powietrzny i morski otrzymują zadania oddziaływania na przeciwnika według dobrze opracowanego planu, należy przygotować metody symulacji tych działań.

We wszystkich wyżej wymienionych aspektach wymagana jest analiza możliwości wykorzystania już istniejących symulatorów działań wojsk lądowych, marynarki wojennej i sił powietrznych. Integracja tych symulatorów w jednym środowisku heterogenicznym, to odrębne zadanie.

ab b. Różnorodność działań bojowych różnych rodzajów sił zbrojnych oraz różnorodność rozwiązań technicznych już istniejących symulatorów narzuca wymagania na konstrukcję środowisk symulacyjnych. Należy przy tym, uwzględnić konieczność rozproszenia symulacji ze względu na charakter ćwiczeń sztabów prowadzonych z wykorzystaniem symulatorów komputerowych. Ponadto, przy ćwiczeniach wieloszczeblowych może wystąpić potrzeba zastosowania zmiennej rozdzielczości odwzorowania jednostek bojowych różnych szczebli oraz odwzorowania bardziej lub mniej szczegółowo warunków terenowych. Wymagać to będzie zastosowania modeli wielorozdzielczych, polegających między innymi na zastosowaniu agregacji jednostek niższego szczebla w jednostki wyższego szczebla lub procesu odwrotnego przy uszczegółowianiu działań na wybranych fragmentach pola walki.

Przy realizacji ćwiczeń wysokiego szczebla lub ćwiczeń wieloszczeblowych jednostronnych niezbędne staje się zatrudnienie wieloosobowej grupy podrywającej. Utrudnia to też wykorzystanie takich symulatorów w eksperymentach czysto badawczych. Symulacja wybranych procesów dowodzenia jest dobrym rozwiązaniem tego problemu. Jednak sam problem modelowania procesów dowodzenia jest

niezmiernie trudny. Wynika to między innymi z faktu złożoności warunków, w których podejmowane są decyzje dowódcze, wielości możliwych wariantów decyzji własnych i przeciwnika, dużej zmienności sytuacji decyzyjnej i konieczności wielokrotnego modyfikowania wcześniej podjętych decyzji. W proponowanych badaniach, należy rozpatrzyć możliwość zbudowania modelu procesu podejmowania decyzji na wybranym szczeblu, uwzględniając trzy fazy: identyfikację sytuacji decyzyjnej, generowanie zestawu dopuszczalnych wariantów decyzji wraz z ich ocenami i na koniec wybór decyzji najlepszej. Osobnym działaniem jest nadzorowanie procesu realizacji decyzji i w razie konieczności jej modyfikacja. Osobnym zagadnieniem jest problem planowania przemieszczeń jednostek bojowych na mapach o zmiennej rozdzielczości.

ad c. W sytuacji rozproszonych symulacji działań bojowych należy zastosować jeden ze standardów obowiązujących w NATO - DIS (Distributed Interactive Simulation) lub bardziej preferowany standard ELA (High Level Architecture). W każdym z tych rozwiązań podstawowy problem to odpowiednia synchronizacja procesów symulacyjnych w sytuacji stosowania różnych procedur upływu czasu w rozproszonym środowisku komputerowym.

W najnowszych rozwiązaniach dużą rolę zaczynają odgrywać tzw. Web Services.

Procedury symulacyjne działań bojowych powinny wymieniać dane z serwerami danych, podsystemem informacji przestrzennej i modułami wizualizacji działań.

Platforma teleinformatyczna wymiany danych powinna spełniać szereg wymagań:

- autonomia symulatorów w sieci heterogenicznej o „otwartej architekturze”;
- możliwość zarządzania procedurami upływu czasu - zdarzeniowymi, ciągłymi, astronomicznymi;
- synchronizacja procesu symulacji - te same zdarzenia i czas dla wszystkich użytkowników;
- możliwość interakcji użytkowników poprzez ergonomiczny interfejs;
- możliwość niezależnej pracy wielu użytkowników w różnych przedziałach czasu,
- profesjonalne narzędzia wizualizacji;
- możliwość sterowania przebiegiem symulacji z wybranego stanowiska menedżera;
- dostęp do heterogenicznych serwerów danych z różnych modułów symulacyjnych

i procedur decyzyjnych;

- możliwość wielokrotnego wykorzystania symulatorów i procedur decyzyjnych w jednym środowisku.

4. Integracja systemów dowodzenia SZ RP

Celem prac jest stworzenie mechanizmów teleinformatycznych zapewniających integrację automatyzowanych systemów dowodzenia funkcjonujących na różnych szczeblach dowodzenia i w różnych rodzajach wojsk. Integracja powinna umożliwiać różne formy współdziałania sztabowego począwszy od automatycznej wymiany i zobrazowania dokumentów rozkazodawczych, poprzez współpracę nad tworzeniem nowych planów działań i rozkazów operacyjnych do tworzenia i udostępniania wg potrzeb i uprawnień jednolitego zobrazowania operacyjnego. Integracja zautomatyzowanych systemów dowodzenia powinna zapewnić również efektywne dowodzenie operacjami połączonymi.

Prace naukowo badawcze i rozwojowe, realizowane w ramach projektu, będą prowadzone w następujących kierunkach:

- Teleinformatyczna platforma integracji rozproszonych systemów dowodzenia – aktualnie w polskich siłach zbrojnych funkcjonuje szereg różnych systemów dowodzenia, różnice występują na różnych szczeblach dowodzenia i w różnych rodzajach sił zbrojnych. Istnieje paląca potrzeba zapewnienia elektronicznej wymiany dokumentów rozkazodawczych i zobrazowania wybranych treści tych dokumentów, która powinna być możliwa zarówno w pionie (od podwładnego do przełożonego i odwrotnie) jak i w poziomie (miedzy równorzędnymi sztabami, między sztabami różnych rodzajów wojsk), a w dalszej kolejności umożliwienia współpracy różnych sztabów przy opracowywaniu planów działania oraz rozkazów operacyjnych.
- Metody tworzenia i udostępniania jednolitego obrazu pola walki w rozproszonych systemach dowodzenia - udostępnianie jednolitego obrazu pola walki sztabom różnych szczebli oraz różnych rodzajów wojsk jest usługą, której udostępnienie powinno sprzyjać podniesieniu efektywności dowodzenia, jest to jedna z podstawowych usług realizowanych w ramach koncepcji działań sieciocentrycznych.
- Rozwój metod wspomagania dowodzenia w działaniach połączonych

z wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji i badań operacyjnych - rozwijane będą prace w zakresie wspomagania realizacji poszczególnych faz, etapów i czynności procesu dowodzenia. Wykorzystywane będą metody sztucznej inteligencji i rozpoznawania obrazów, szczególnie w zakresie oceny i identyfikacji sytuacji oraz generowania wariantów działania. Metody symulacji staną się podstawą do opracowania symulatorów za pomocą których, realizowane będą różne warianty działania. Metody optymalizacji ciągłej i sieciowej wykorzystywane będą między innymi do planowania działań w zakresie użycia wojsk rakietowych i artylerii, wyznaczania dróg przemarszów, planowania misji lotniczych, rozmieszczenia stacji radiolokacyjnych oraz przygotowywania planów ich pracy.

- Metody badania efektywności rozproszonych systemów dowodzenia - projektowanie złożonych rozproszonych systemów informatycznych działających przy ostrych ograniczeniach czasowych, rosnących potrzebach w zakresie przesyłania i przetwarzania danych, w trudnych warunkach środowiskowych wynikających z konieczności działania na polu walki, względnie częstego rozwijania i zwijania oraz przemieszczania stanowisk dowodzenia, w warunkach oddziaływania ogniowego i radioelektronicznego jest złożonym problemem inżynierskim. Wynik projektowania, przed rozpoczęciem jego implementacji, musi przejść fazę oceny jakości przyjętych rozwiązań, a w tym niezawodności i efektywności. Należy opracować analityczne i symulacyjne metody oceny takich wskaźników niezawodności jak: nieuszkodzalność, naprawialność, dostępność oraz efektywność. W związku z przewidywaną realizacją programu osiągnięcia przez SZ RP zdolności do działań sieciocentrycznych, konieczne jest opracowanie również metod ilościowych oceny wpływu zastosowania nowych procedur dowodzenia i form działania wojsk na efektywność realizacji postawionych zadań.

Obszar technologiczny II - SENSORY I OBSERWACJA

1. Wielofunkcyjne radary szerokopasmowe i wielopasmowe

Celem badań jest opracowanie wielofunkcyjnych radarów szerokopasmowych i wielopasmowych realizowanych jako tzw. radary programowalne, w których w perspektywie jedynym elementem analogowym będzie antena aktywna z rozproszonym na jej powierzchni nadajnikiem i odbiornikiem. Prace naukowo-badawcze i rozwojowe prowadzone będą w następujących kierunkach:

a) opracowanie specyficznych technologii dotyczących:

- modułów nadawczo-odbiorczych o małych wymiarach i masie (pożądana implementacja rozwiązań układowych w technologii MMIC i hybrydowej) oraz o dużej sprawności w pasmach VHF/UHF, L, S, C, X;
- systemu diagnostyki i kalibracji anteny aktywnej realizowanej *online*; jest to niezbędne dla utrzymania niskiego poziomu listków bocznych charakterystyki promieniowania anteny, niezależnie od temperatury;
- aktywnych szyków antenowych o aperturze cylindrycznej i płaskiej oraz innych (*Conformal Antena*);
- technologii i metod konfiguracji aktywnych systemów antenowych, w tym metod adaptacyjnego formowania charakterystyk antenowych i zarządzania aperturą anteny;
- nowych technologii wykorzystywanych w radarach śledzących dla potrzeb systemów kierowania ogniem;

b) opracowanie nowych metod i technik przetwarzania sygnałów radarowych dotyczących takich zagadnień jak:

- algorytmy tłumienia zakłóceń pasywnych oraz aktywnych;
- algorytmy przetwarzania sygnałów w trybie impulsowo-dopplerowskim (HPRF), dotychczas nie stosowanych w naszych radarach; wiąże się to z możliwością pracy z dużym współczynnikiem wypełnienia, wynikającą z zastosowania tranzystorowych wzmacniaczy mocy w modułach nadawczo-odbiorczych anteny aktywnej;
- metody cyfrowej syntezy i kompresji sygnałów złożonych, co wiąże się z dużym współczynnikiem wypełnienia; opanowanie tej techniki pozwoli zwiększyć zasięg wykrywania radaru i zapewni większą stabilność parametrów radaru; ponadto umożliwi wykorzystanie sygnałów o złożonej strukturze wewnątrzimpulsowej (zapewniających dodatkowe cechy radaru, np. LPI), niemożliwej do realizacji tradycyjnymi technikami analogowymi;
- algorytmy przetwarzania sygnałów dla trybu GMTI (algorytmy STAP czyli *Space Time Adaptive Processing*); algorytmy te są niezbędne z powodu konieczności zapewnienia obserwacji powierzchni ziemi i wykrywania ruchomych obiektów

naziemnych;

c) opracowanie nowych metod przetwarzania w zakresie fuzji danych radarowych.

2. Nowoczesne systemy i technologie rozpoznania elektromagnetycznego radiokomunikacyjne, radarowe, UV, VIS, IR, THz)

Celem badań jest opracowanie nowoczesnych systemów technologii rozpoznania elektromagnetycznego obejmujące pasma radiokomunikacyjne, radarowe, optyczne (UV-VIS-IR) oraz pasmo fal submilimetrowych (THz).

Prace naukowo-badawcze i rozwojowe prowadzone będą w następujących kierunkach:

- szerokopasmowe anteny tubowe, spiralne, logoperiodyczne, anteny adaptacyjne i szyki antenowe z elektronicznie formowaną wiązką;
- odbiorniki akustooptyczne OAO;
- odbiorniki IFM;
- odbiorniki superheterodynowe;
- procesory – digitizery;
- kamery dla potrzeb śledzenia i obserwacji;
- algorytmy przetwarzania i rozpoznawania emisji oraz identyfikacji emiterów;
- bazy danych źródeł promieniowania elektromagnetycznego zawierające specyficzne sygnatury obiektów (MASINT – Measurement and Signature Intelligence);
- systemy rozpoznania satelitarnego,
- systemy rozpoznania radiowego w pasmach komercyjnych (GSM, UMTS) oraz wojskowych;
- systemy nawigacyjne z wykorzystaniem GPS;
- badania absorpcji, emisji i rozpraszania promieniowania przez obiekty w zakresie widmowym od ultrafioletu do dalekiej podczerwieni;
- nowoczesne metody filtracji optycznej i elektronicznej do systemów zobrazowania multispektralnego;
- nowoczesne technologie w zakresie nadfioletu granicznego (EUV) i fal submilimetrowych (pasmo T);

- metody wykrywania, rozpoznania, śledzenia i naprowadzania w różnych zakresach widmowych;
- opracowanie urządzeń optoelektronicznych wykorzystujących technologie źródeł światła UV oraz układów detekcji promieniowania UV w obszarze „Solar Blind” do systemów obserwacji, wykrywania i identyfikacji celów, a także w systemach wykrywania skażeń biologicznych oraz detekcji płomienia i iskry w zaawansowanych systemach przeciwpożarowych.

3. Zintegrowane (wieloczujnikowe i multispektralne) systemy rozpoznania i przeciwdziałania

Celem badań jest opracowanie zintegrowanych (wieloczujnikowych i multispektralnych) systemów realizujących funkcje: obserwacji, wykrywania, rozpoznania, naprowadzania i przeciwdziałania, na potrzeby platform (załogowych i bezzałogowych), ochrony indywidualnej i krytycznej infrastruktury.

Prace naukowo-badawcze i rozwojowe prowadzone będą w następujących kierunkach:

- systemy identyfikacji obiektów trudnowykrywalnych takich jak pociski manewrujące czy obiekty o znaczeniu terrorystycznym – małe samoloty, szybowce (w tym obiekty typu BSL);
- zintegrowane wieloczujnikowe systemy obserwacji obiektów ulokowanych na bezpilotowych statkach latających (BSL);
- podsystemy zakłóceń optoelektronicznych systemów naprowadzania;
- wielopasmowe głowice samonaprowadzające o podwyższonej odporności na przeciwdziałanie;
- symulatory układów śledzących, uwzględniających charakterystyki aerodynamiczne naprowadzania i optyczne, współpracujące z realnymi zespołami systemów samonaprowadzających;
- zintegrowane (wieloczujnikowe i multispektralne) systemy aktywnej obrony obiektów;
- systemy akustyczne wykrywania i śledzenia zagrożeń na polu walki;
- nadajników zakłóceń w pasmach radiowych i radiolokacyjnych dla systemu ochrony wojsk własnych;
- nadajniki zakłóceń dla zabezpieczenia działań w warunkach sieciocentryczności;

- systemy zakłóceń w strefie taktycznej;
- demonstratory technologii systemów broni laserowej, przeznaczonych do unieszkodliwiania optoelektronicznych urządzeń obserwacyjnych, śledzących i naprowadzających oraz do obezwładniania przeciwnika; opracowane systemy laserowe będą mogły być również stosowane w systemach zdalnego niszczenia min.

4. Zintegrowane systemy detekcji, identyfikacji i analizy zagrożeń CBRNE

Celem badań jest opracowanie koncepcji oraz budowa i badania zintegrowanych systemów detekcji, identyfikacji i analizy zagrożeń chemicznych, biologicznych, radiologicznych nuklearnych i wysokoenergetycznych materiałów wybuchowych (CBRNE).

System wykorzystywał będzie techniki detekcji pasywnej i aktywnej oraz umożliwi zdalne wykrywanie zagrożeń chemicznych i biologicznych. W ramach projektu opracowana zostanie zintegrowana, uniwersalna platforma detekcyjno-analityczna wyposażona w system cyfrowej obróbki, przetwarzania, interpretacji i przesyłania wyników analiz. Powstanie certyfikowane stanowisko badawcze do generowania i badania par oraz aerozoli bojowych środków trujących, wysoko toksycznych środków przemysłowych oraz aerozoli biologicznych o ściśle określonych koncentracjach. Do prowadzenia badań i tworzenia bazy danych powstanie nowoczesny system pobierania, zateżania, utrwalania i przechowywania próbek chemicznych, biologicznych i radiologicznych. Integralną częścią systemu będzie podsystem przekazywania danych do ośrodków dowodzenia i zarządzania bezpieczeństwem.

Opracowany system umożliwi detekcję punktową w miejscu wystąpienia zagrożenia z wykorzystaniem sensorów półprzewodnikowych, elektrochemicznych, spektrometrów ruchliwości jonów (IMS), sensorów masowych z akustyczną falą powierzchniową (SAW), analizatorów fotoakustycznych i detektorów promieniowania jonizującego. Opracowane detektory wykorzystywać będą nowoczesne techniki optoelektroniczne, w tym techniki detekcji wielospektralnej, laserowo wzbudzonej fluorescencji i spektroskopii w podczerwieni. Sieci detektorów punktowych tworzyć mogą systemy detekcji typu „remote”. Opracowane detektory wykorzystane zostaną w miniaturowych, bezzałogowych statkach powietrznych mini/mikro BSP w sieciocentrycznych systemach prowadzenia działań. W układach zdalnej detekcji typu „stand-off” zastosowane zostaną aktywne układy lidarowe wykorzystujące promieniowanie laserowe z zakresów UV-VIS-IR. Lidary rozproszeniowe, fluorescencyjne (LIF) oraz absorpcji różnicowej (DIAL) dają, obok pasywnej spektroskopii w podczerwieni, możliwość osiągnięcia dalekich zasięgów i wysokiej wykrywalności.

Opracowany system dostosowany będzie do potrzeb wojskowego systemu rozpoznania skażeń i krajowego systemu bezpieczeństwa chemicznego. Będzie on spełniał wymagania międzynarodowe, a w szczególności wymagania Unii Europejskiej oraz standardy NATO. Praca powstanie na bazie analizy aktualnego stanu wiedzy i techniki w zakresie szeroko rozumianego rozpoznania skażeń oraz doświadczeń zespołów badawczych i realizowanych prac z zakresu analityki wojskowej. W rezultacie wykonanej pracy przewiduje się opracowanie i zbudowanie prototypowego systemu precyzyjnego ostrzegania przed zagrożeniami CBRNE, który będzie mógł być wykorzystany dla poprawy bezpieczeństwa kraju w zakresie obrony przed bronią masowej zagłady i w przeciwdziałaniu terroryzmowi chemicznemu.

5. Technologie podwodne

Celem prac jest podjęcie szerokiego spektrum badań dotyczących:

- analizy zjawisk zachodzących w środowisku wodnym w aspekcie zwiększenia możliwości wykrywania obiektów podwodnych (min, pojazdów podwodnych i okrętów podwodnych);
- opracowania nowych rozwiązań systemów broni podwodnej (min, torped i bomb głębinowych);
- budowy nowych środków zwalczania min;
- opracowania nowych konstrukcji pojazdów podwodnych oraz systemów transmisji danych do współpracy z nimi;
- technologii powiązanych z sieciocentrycznym polem walki.

Wyniki tych badań pozwolą na opracowanie nowych rozwiązań konstrukcyjnych w zakresie:

- rozpoznania sytuacji podwodnej na danym akwenie;
- trałowania kontaktowego i niekontaktowego;
- min morskich;
- pojazdów podwodnych o różnorodnym przeznaczeniu;
- sterowania i transmisji danych;
- neutralizacji zagrożeń ze strony elementów wojskowej techniki morskiej (min i torped) potencjalnych przeciwników.

Obszar technologiczny III - BROŃ PRECYZYJNA I UZBROJENIE

1. Zaawansowany indywidualny system walki

Proponowany obszar tematyczny nawiązuje do opracowanych w ramach programu badawczo-rozwojowego założeń Polskiej Wizji Przyszłego Pola Walki. Obejmuje on zagadnienia związane z wyposażeniem i uzbrojeniem osobistym żołnierza. Rozpoznanie w możliwościach krajowych jednostek badawczo-rozwojowych, uczelni i przemysłu obronnego wskazuje, że zagadnienia z omawianego obszaru są możliwe do opracowania i wdrożenia do produkcji oraz użytku w czasie kilku lat przy stosunkowo niewielkich nakładach, w porównaniu z krajami znacznie bogatszymi od Polski. Jest to możliwe przy uwzględnieniu doświadczeń programów zagranicznych, co już miało miejsce w czasie tworzenia Polskiej Wizji Przyszłego Pola Walki. Efektem prac w tych dziedzinach mogą być produkty na najwyższym poziomie przydatności operacyjnej, wysoko zaawansowane technologicznie. Nie bez znaczenia jest fakt, że powyższa tematyka znajduje odzwierciedlenie w priorytetach programów modernizacyjnych oraz w Wymaganiach Operacyjnych Sił Zbrojnych RP [WO (K3) 4.1, (K4) 4.2.1] oraz celach Sił Zbrojnych [WD G3021 L 0895], założonych do osiągnięcia zdolności operacyjnej do 2012 roku.

Bliższa specyfikacja przedstawionej problematyki:

- a) zespoły dowodzenia, obserwacji, rozpoznania i łączności z założeniem działania w sieciocentrycznym systemie dowodzenia:
 - małogabarytowe sieci łączności radiowej z transmisją informacji cyfrowej zawierającą obraz, dźwięk i inne dane;
 - cyfrowy interkom osobisty;
 - miniaturowe urządzenia słuchawkowe, spełniające również funkcje ochrony słuchu;
 - małogabarytowe sensory optyczne i optoelektroniczne;
 - system nawigacji.
- b) uzbrojenie indywidualne – broń osobista, w tym półautomatyczny granatnik z osłabionym odrzutem i quasi-płaskiej balistyce lotu, granaty z programowalnym zapalnikiem oraz różnego typu amunicja, które musi spełniać następujące wymagania:
 - możliwość skutecznej walki na krótkim dystansie (do 100 m);

- możliwość zwalczania pojazdów lekkoopancerzonych na dystansie do 500 m;
- możliwość prowadzenia klasycznej walki na dystansie do 500 m, w tym rażenia celów znajdujących się za okryciami;
- możliwość zwalczania celów punktowych (nieosłonięta siła żywa, pojazdy i obiekty nieopancerzone) na dystansie do 800 m.

Dziedzina ta obejmuje również zminiaturyzowane systemy kierowania ogniem oraz w miarę potrzeby zapalniki nastawne nowej generacji.

c) osobista osłona balistyczna

Dotyczy ochrony osobistej wrażliwych części ciała na poziomie min. kl. II bez znacznego wzrostu masy wyposażenia i zmniejszenia mobilności oraz sprawności ruchowej żołnierza.

d) indywidualna odzież ergonomiczna

Dotyczy odzieży, począwszy od bielizny i skarpet do umundurowania zewnętrznego, paroprzepuszczalnej, wodoodpornej, termoizolacyjnej, wiatrochronnej zabezpieczonej chemicznie przed insektami i owadami.

e) pakiety: żywnościowy, medyczny i NBC:

- pakiety żywnościowe 1-dniowe, w dostatecznej ilości i zróżnicowaniu, umożliwiające kilkudniową autonomię działania bez szkody dla organizmu;
- pakiety medyczne umożliwiające udzielenie pomocy i samopomocy stosownie do posiadanej wiedzy medycznej i strefy klimatycznej działania;
- pakiet i wyposażenie NBC, umożliwiające wykrycie i identyfikację możliwie dużej ilości skażeń oraz przeciwdziałanie najgroźniejszym z nich.

f) inne wyposażenie – obejmuje np.:

- nadajnik umożliwiający lokalizację bierny lub czynny;
- nóż wieloczynnościowy i temu podobne urządzenia;
- inne wyposażenie indywidualne, stosowne do terenu, rodzaju i czasu trwania misji.

2. Uzbrojenie małe i średniokalibrowe o dużej gęstości ognia

Uzbrojenie małe i średniokalibrowe o dużej gęstości ognia dla statków powietrznych, jednostek pływających, pojazdów i stanowisk ogniowych.

Z obserwacji i analiz współczesnych konfliktów wynika zapotrzebowanie na uzbrojenie zdalnie i precyzyjnie kierowane o gęstości ognia (np. szybkostrzelności teoretycznej) kilkakrotnie przewyższającej gęstość ognia dysponowaną przez obecnie stosowane klasyczne wzory uzbrojenia. Wymagania te może doskonale spełniać wielolufowa automatyczna broń automatyczna lub napędowa, opierająca się na stosowanych wzorach amunicji. W Polsce dziedzina ta poza dwoma wyjątkami (przypadki importowe) jest zaniebana, a uzbrojenie takie nie jest produkowane przez polski przemysł.

Należy stwierdzić, że opracowanie i wdrożenie do produkcji i eksploatacji w wojsku takich wzorów uzbrojenia jest realne i możliwe w czasie ok. 5-8 lat. Na świecie jest zaledwie kilku producentów powyższego uzbrojenia, a biur konstrukcyjno-badawczych jeszcze mniej. Dotychczasowe polskie doświadczenia badawcze pozwalają na realizację tematów z tego obszaru.

3. Technologie uzbrojenia przyszłości

W ostatnich latach pojawiły się możliwości opracowania zupełnie nowej generacji uzbrojenia, nie bazującego na energii chemicznej prochów i energii kinetycznej pocisków.

Do takiego uzbrojenia należą:

- broń elektromagnetyczna,
- broń laserowa,
- broń mikrofalowa.

W dziedzinach tych powinny zostać podjęte prace podstawowe oraz badania stosowane w celu „nie oddania walkowerem” pola badawczo-rozwojowego oraz produkcyjnego. Już obecnie nauka polska posiada rozeznanie i osiągnięcia w tym obszarze. Dotyczy to w szczególności broni elektromagnetycznej, gdzie były prowadzone prace badawcze i zostały osiągnięte obiecujące wyniki.

W ostatnich latach daje się także zaobserwować silne zapotrzebowanie na nowe typy broni, tzw. obezwładniającej (non lethal). Pomimo prowadzonych w świecie wielokierunkowych prac, nie nastąpił widoczny przełom w tym obszarze. Ze względu na innowacyjność zagadnienia, gdzie o sukcesie może przesądzić tzw. „dobry pomysł”, a nie wysokość poniesionych nakładów, zasadnym wydaje się podjęcie w Polsce tej tematyki na zasadzie odrębnego programu badawczego.

Obszar technologiczny IV - PLATFORMY BEZZAŁOGOWE (AUTONOMICZNE)

A. PLATFORMY ŁADOWE

A.1. Napęd hybrydowy platformy

1. Pokładowe zarządzanie energią i chłodzenie,
2. Silniki (elektryczne, spalinowe i ogniwa paliwowe, paliwa),
3. Magazynowanie energii (kondensatory, akumulatory, bezwładniki),
4. Trwałość i niezawodność (w tym diagnostyka pokładowa),
5. Hamulce elektryczne z odzyskiem energii,
6. Sterowanie napędem,
7. Maskowanie cieplne i akustyczne.

A.2. Układy bieżne i aktywne zawieszenie

1. Sterowanie tłumieniem i sprężystością w zawieszeniu,
3. Technologie gąsienic i opon,
4. Modelowanie i optymalizacja zawiesznień.

A.3. Struktury i kierowanie

1. Pojazdy członowe,
2. Adaptacyjne struktury pojazdów,
3. Sterowanie pojedynczymi kołami, gąsienicami,
4. Pokonywanie przeszkód terenowych i urbanistycznych,
5. Kontrola trakcji i kierowanie,
6. Przystosowanie platform do transportu i zrzutów,
7. Inteligentne holowanie,
8. Modelowanie ruchu pojazdów o zróżnicowanej strukturze,.

A.4. Modułowość i standaryzacja

1. Modułowość wewnętrzna (wymienialność podzespołów),
2. Modułowość zewnętrzna (wymienialność członów i osprzętu),

3. Standaryzacja,
4. Wirtualne projektowanie.

A.5 Lekkie materiały konstrukcyjne

1. Materiały termoplastyczne i kompozytowe,
2. Podciśnieniowe technologie wytwarzania,
3. Technologie wytwarzania skomplikowanych struktur i kształtów,
4. Elastyczne gąsienice,
5. Struktury odporne na wysoką temperaturę i skrajne warunki klimatyczne.

A.6. Rozpoznanie otoczenia

1. Struktury systemów rozpoznania,
2. Rozpoznanie i lokalizacja obiektów charakterystycznych,
3. Rozpoznanie i identyfikacja podłoża,
4. Integracja i przetwarzanie informacji z czujników,
5. Dostosowanie informacji do świadomości człowieka,
6. Obrazowanie otoczenia,
7. Nawigacja, korytarze ruchu, tworzenie map.
8. Zabezpieczenie przed promieniowaniem, w tym mikrofalowym i laserowym.

A.7. Integracja czujników

1. Układ człowiek-maszyna,
2. Systemy teleoperacji,
3. Metody gromadzenia danych,
4. Metody przetwarzania danych,
5. Metody rozpoznawania celów,
6. Metody śledzenia celów,
7. Wpływ charakterystyk czujników na algorytm selekcji.

A.8. Systemy komunikacji i podejmowania decyzji

1. Przepływ informacji między podsystemami pojazdów,
2. Przepływ informacji do systemu obrony/ataku,
3. Przepływ informacji do operatora,
4. Transmisja danych i minimalizacja opóźnień,
5. Integracja wewnętrzna i zewnętrzna.

A.9. Elektronika cyfrowa

1. Efektywność przepływu informacji,
2. Standaryzacja informacji,
3. Efektywność masowa i objętościowa,
4. Zmniejszenie kosztów,
5. Rozwiązania wielofunkcyjne.

A.10. Systemy bezpieczeństwa i ochrony

1. Osłony balistyczne,
2. Czujniki zagrożeń,
3. Systemy obrony biernej,
4. Systemy obrony czynnej,
4. Bezpieczeństwo wewnętrzne (diagnostyka, prognostyka, lokalizacja uszkodzeń),
5. Kompatybilność elektromagnetyczna.

A.11. Osprzęt platform

1. Uzbrojenie platform (pociski kinetyczne i wybuchowe wspomagane elektryczne),
2. Uzbrojenie specjalne platform (broń bezpośredniego rażenia w tym porażająca),
3. Osprzęt transportowy platform do zadań logistycznych,
4. Osprzęt inżynierski platform,
5. Osprzęt do rozpoznania specjalnego,
6. Systemy obrony czynnej platform,

A.12. Technologie szkolenia i utrzymania platform

1. Treningi jazdy,
2. Treningi autonomicznego i półautonomicznego działania,
3. Systemy szkolenia,
4. Technologie naprawy platform.

Przedstawione powyżej kierunki i zadania badawcze w obszarze platform bezzałogowych lądowych zawierają w sobie efekty kilku obszarów technologicznych ujętych w „Ramowym programie badań na rzecz wzmocnienia potencjału krajowego przemysłu obronnego”.

Rozpoznanie

Zadania związane z obszarem rozpoznania i wymianą informacji są w dużym stopniu związane z II obszarem technologicznym nt.: „Sensory i obserwacja”, a także z I obszarem technologicznym, obejmującym „Technologie informacyjne i sieciowe”. Dlatego prace realizowane w tych obszarach powinny uwzględniać także specyficzne wymagania bezzałogowych platform lądowych i zadania jakie mają one zrealizować.

W przypadku platform bezzałogowych konieczne jest rozdzielenie dwóch obszarów rozpoznania otoczenia:

- rozpoznanie naturalnej stałej struktury terenu, po którym pojazd się porusza, w tym rodzaju i nośności podłoża, jego zmian w wyniku działania czynników atmosferycznych, a także różnego rodzaju przeszkód naturalnych, z którymi spotyka się każdy pojazd w terenie otwartym oraz zurbanizowanym,
- rozpoznanie, obserwacja i analiza obiektów własnych i przeciwnika na tym terenie i w powietrzu, w tym ocena zagrożeń jakie mogą spowodować te obiekty w odniesieniu do platformy oraz własnych wojsk, a także ewentualne rozpoznawanie przeszkód nawodnych i podwodnych, jeżeli pojazd bezzałogowy rozpoznaje obszar wód śródlądowych.

Rozpoznanie struktury terenu oraz przeszkód terenowych jest bardzo istotne dla bezpieczeństwa ruchu platformy poruszającej się ze znaczną prędkością na zróżnicowanym terenie (np. piasek, błoto, kałuże, korzenie, śnieg, lód i wiele innych). Rozpoznanie to powinno być podstawą dostosowania prędkości pojazdu do rodzaju podłoża i doborze parametrów zawieszenia tak, aby można było uniknąć wywrócenia, ugrzęźnięcia lub rozbicia pojazdu.

W każdej sytuacji trzeba liczyć się z wywróceniem pojazdu na przykład w wyniku niedalekiego wybuchu ładunku lub miny i dlatego celowe jest wyposażenie w mechanizmy ustawienia pojazdu na kołach.

System rozpoznania powinien ściśle współpracować z systemem nawigacji oraz powinien korzystać z map terenu (cyfrowych). System nawigacji satelitarnej byłby podstawowy w czasie misji stabilizacyjnych, jednak w przypadku konfliktów globalnych mógłby być on zakłócany lub przestrajany, dlatego celowe jest dopasowanie platformy do działania przy uwzględnieniu systemu lokalnego, a także przystosowanie do korzystania z map terenu oraz zapewnienie możliwości działania autonomicznego w przypadku braku kontaktu z operatorem.

Decydowanie i zdalne sterowanie

System podejmowania decyzji i zdalnego sterowania są ze sobą powiązane. W przypadku niezakłóconej łączności między pojazdem a operatorem, nadzoruje on bezpośrednio pracę pojazdu, a gdy łączność zostanie zerwana, pojazd musi mieć możliwość autonomicznego realizowania zadania.

Prace nad zdalnym sterowaniem platformą mogą być rozwijane w oparciu o krajowe doświadczenie oraz zaplecze naukowo-badawcze. Również prace nad zwiększeniem autonomiczności działania platform powinny być prowadzone w kraju, co na początku wymagałoby rozwoju metod rozpoznania terenu za pomocą odpowiednich czujników oraz przetwarzanie informacji w pokładowym systemie komputerowym. Natomiast same stanowiska byłyby wykorzystywane do nadzoru poruszania się i realizacji zadań przez platformy w terenie.

Realizacja zadań

Realizacja zadań bezzałogowej platformy lądowej wymaga rozwiązania specyficznych problemów obejmujących:

- strukturę platformy i sposób sterowania jej ruchem,
- oddziaływanie platformy na grunt, w tym także aktywne zawieszenie kół lub gąsienic platformy,
- pokładowe wytwarzanie i zarządzanie przepływem energii, w tym efektywne wytwarzanie energii, jej optymalne wykorzystanie zapewniające jak największy zasięg

działania i realizację zadań wykonanych przez platformę, niezbędnym chłodzeniem układów platformy przy minimalizacji śladu cieplnego,

- sterowanie pracą osprzętu specjalnego zamontowanego na platformie, a w tym uzbrojeniem, osprzętem saperskim, systemami specjalnego rozpoznania, osprzętem logistycznym oraz innymi,
- sterowanie systemem rozpoznania terenu w celu zapewnienia optymalnych warunków jazdy platformy.

Struktura platformy określa jej wymiary, masę oraz sposób poruszania się po powierzchni gruntu. Celowe jest przyjęcie założenia o maksymalnie modułowej budowie platformy, niezależnie od jej masy i zadań, zasięgu działania i ograniczonej liczbie zadań do realizacji. Modułowa budowa powinna dotyczyć zarówno modułowości wewnętrznej jak również modułowości zewnętrznej. Celowe jest stosowanie wymiennych bloków systemów wewnętrznych platformy, takich jak systemy rozpoznania, przetwarzania, łączności oraz wiele innych. Mogłyby być one wykorzystywane na pokładach platform małych, średnich oraz dużych. W mniejszym stopniu dotyczyłoby to modułowości zewnętrznej, która byłaby ograniczona do określonej grupy platform odpowiednio do ich masy. Podział takich platform na segmenty i rozpoznania toru i warunków jazdy, napędowego i zasilania w energię oraz segmentu użytkowego, do przewozu broni, urządzeń rozpoznania specjalnego, zaopatrzenia i innych, pozwoliłoby na dobieranie struktury platformy odpowiednio do jej przeznaczenia i realizowanych zadań, a w przypadku uszkodzenia bojowego segmentu możliwa byłaby wymiana pojedynczego segmentu.

Sposób sterowania ruchem platform byłby dobierany odpowiednio do klasy platform. Na przykład dla platformy małej, która powinna charakteryzować się dużą zwrotnością, mogłaby być zastosowana struktura segmentowa z przegubowym połączeniem członów. Przy niezależnym napędzie poszczególnych kół można byłoby uzyskać dodatkowy wzrost zwrotności, łącznie z zawracaniem w miejscu przy przeciwnym kierunku obrotu kół z dwóch stron pojazdu. Przy platformach większych i cięższych można byłoby zastosować sterowanie jednoczesnym niezależnym skrętem poszczególnymi kołami, co dałoby również możliwość dobierania promienia skrętu odpowiednio do prędkości jazdy i realizowanego zadania.

Sterowanie napędem i hamowaniem pojedynczymi kołami wymagałoby niezależnego napędu poszczególnych kół pojazdu.

Konieczność zapewnienia odpowiedniej szybkości platformy i stabilnej jazdy platformy przy maksymalnej przyczepności do gruntu wymagałoby opracowania zawieszenia aktywnego, zmieniającego swoje parametry (sztywność i tłumienie) odpowiednio do wymuszenia spowodowanego współpracą koła z gruntem. Prowadzone są prace nad takim zawieszeniem w ośrodkach krajowych i zagranicznych. Stosowane coraz częściej są zawieszenia hydropneumatyczne, umożliwiające stosowanie zmiany parametrów zawieszenia. Na ogół dominują sposoby oparte na zastosowaniu klasycznych płynów stosowanych w układach hydraulicznych. Pomysły zastosowania cieczy reologicznych, zmieniających swoje właściwości pod wpływem pola magnetycznego nie przynoszą spodziewanych rezultatów. Natomiast pojawiają się informacje o pracach nad amortyzatorami z tłumieniem elektromagnetycznym.

Prace nad zawieszeniem pojazdów prowadzone są w kilku krajowych ośrodkach akademickich i badawczo-rozwojowych. W oparciu o rezultaty ich prac i doświadczenie jest możliwe rozwiązanie tego problemu w kraju.

Źródła energii i optymalizacja wykorzystania tej energii decyduje o zasięgu jazdy platformy oraz jej dopuszczalnym wyposażeniu. Do napędu platformy można byłoby wykorzystać zasadniczo trzy systemy:

- mechaniczny układ przeniesienia napędu kół pojazdu, co wymagałoby skomplikowanego systemu wałów, przekładni oraz stosowania dużego silnika spalinowego z odpowiednim nadmiarem mocy podczas chwilowego wzrostu mocy (ruszanie, pokonywanie przeszkód, skręt z retarderem itd.),
- hybrydowy hydrostatyczny układ napędowy,
- hybrydowy elektryczny układ napędowy.

Biorąc pod uwagę wszystkie funkcje platformy, najlepiej dopasowany do tych funkcji jest hybrydowy elektryczny układ sterowania. Jego konkurencyjność wynika w dużym stopniu ze znacznego postępu w nowych rozwiązaniach konstrukcyjnych i technologicznych generatorów prądu i silników elektrycznych z magnesami trwałymi, których wymiary są dużo mniejsze od wymiarów silników spalinowych o porównywalnej mocy. Znaczny postęp zanotowano także w zakresie akumulacji energii elektrycznej w akumulatorach o dużej mocy, w tym super-kondensatorach, wysokotemperaturowych akumulatorach chemicznych i akumulatorach bezwładnikowych. Z elektrycznej sieci pojazdu mogą być zasilane zarówno silniki napędzające koła pojazdu jak również wszystkie pokładowe urządzenia. Napęd

hybrydowy umożliwia zmniejszenie masy silników i mniejszy ślad cieplny. Jednak silniki elektryczne z magnesami trwałymi mają ograniczoną temperaturę pracy i wymagają chłodzenia, co zwiększa masę nieresorowaną pojazdu, a tym samym wymaga bardziej wytrzymałego zawieszenia.

Przystosowanie pojazdu do zasilania energią elektryczną ułatwiłoby w przyszłości zamianę silnika spalinowego na ogniwo paliwowe, co jest dodatkowym argumentem na korzyść elektrycznego układu hybrydowego. Prace nad takim napędem były lub są prowadzone w WAT i w innych politechnikach, co powoduje możliwość opracowania takich układów do platformy małej i platformy taktycznej we własnym zakresie. Najważniejszym problemem wydaje się rozwiązanie odpowiedniego układu zarządzania przepływem energii na pokładzie, w tym chłodzenia urządzeń i maskowania cieplnego.

Rozwiązanie napędu hybrydowego będzie wymagało opracowania:

- pojedynczego koła z przekładnią zwalniającą i chłodzeniem odpowiednio do masy platformy,
- źródła energii, na obecnym etapie silnika spalinowego z generatorem prądu elektrycznego,
- akumulatora energii,
- systemu zarządzania przepływem energii.

Wyposażenie pojazdu w osprzęt specjalny, wymaga opracowania osprzętu, dopasowanego wymiarem do platformy. Dotyczy to zarówno uzbrojenia małokalibrowego do platformy małej, jak również cięższego uzbrojenia do platformy taktycznej. Uzbrojenie strzeleckie kalibru 5,56 oraz granatniki 40 mm były opracowywane w ramach projektu KBN i ich rezultaty można byłoby wykorzystać do uzbrojenia platformy małej i taktycznej. Produkowane w kraju uzbrojenie o większym kalibrze oraz przeciwpancerne pociski kierowane, można byłoby również zastosować w platformach taktycznych. Platformy te można byłoby wyposażać w odpowiednio dopasowany sprzęt stosowany w małych maszynach inżynierskich lub zakupiony za granicą. Osprzęt rozpoznawczy byłby opracowany w ramach programu „Sensory i obserwacja” oraz „Technologie informacyjne i sieciowe”. Rezultatem tych prac powinien być także system sterowania głowicami z czujnikami i urządzeniami obserwacyjno-mierniczymi.

B. PLATFORMY BEZZAŁOGOWE - POWIETRZNE

Istotą technologii bezzałogowej jest powszechne stosowanie komponentów dostępnych na rynku COTS (component off the shelf), co powoduje, że systemy są produkowane lub raczej integrowane przez m.in. firmy nieposiadające większego doświadczenia w produkcji lotniczej. W tej sytuacji projektowanie i wytwarzanie oraz integrowanie systemów bezzałogowych w kraju jest jak najbardziej racjonalnie uzasadnione, ale należy do tego podejść systemowo. Dlatego przed podjęciem decyzji o uruchomieniu programu UAV, należy przeprowadzić analizę możliwości realizacji poszczególnych jego podsystemów. Wcześniejsze analizy prowadzone w tej materii, wskazują, iż np. silniki zespołu napędowego, sensory pokładowe, systemy transmisji danych itp. lepiej będzie zakupić niż rozwijać w kraju. Wychodząc z tych założeń poniżej wskazano, jakie technologie powinniśmy rozwijać, aby skutecznie opracować i wdrożyć BSP w kraju. W definiowaniu technologii uwzględniono aktualne tendencje światowe, określone na podstawie analizy literatury fachowej, tym sposobem można będzie zapewnić zgodność rozwoju sektora krajowego ze światowym i „dogonić” kraje zaawansowane, czy wypełnić nisze rynkowe.

Płatowiec

Technologia projektowania i wytwarzania płatowców na bazie kompozytów jest w kraju opanowana. Są odpowiednie narzędzia i systemy CAD do projektowania obiektów tego typu (doświadczenia z samolotami lekkimi oraz szybowcami), dysponujemy wystarczających rozmiarów podziemnymi tunelami do badania obiektów latających, w tym takich zjawisk jak oblodzenie czy podmuchy. Nowej generacji płatowiec opracowany w kraju powinien stać się platformą do integrowania nie tylko pozostałych podsystemów pokładowych: zespołu napędowego, awioniki, sensorów, ale i całego programu: systemu transmisji i dystrybucji danych, urządzeń startu i lądowania itp. Technologie i badania, jakie należy rozwijać, aby opracować płatowiec nowej generacji to:

- 1. Aerodynamika małych prędkości, z uwzględnieniem wpływu czynników atmosferycznych.** Zaawansowane układy aerodynamiczne (skrzydła zamknięte). Opracowanie aerodynamicznie wysokonośnego, grubego profilu oraz skrzydła samolotu, dostosowanego do małych liczb Reynoldsa i dużych współczynników siły nośnej. Minimalizacja wpływu podmuchów, wiatru i oblodzenia.
- 2. Zaawansowane materiały konstrukcyjne.** Wysokowytrzymałe struktury kompozytowe na bazie kompozytów węglowych CFRC lub szklanych GFRC dla

potrzeb płatowca. Nanotechnologie i technologie MEMS dla elementów wykonawczych układów sterowania płatowcem.

3. **Projektowanie struktur siłowych płatowca.** Projektowanie i optymalizacja płatowca pod kątem bardzo dobrych własności lotnych (przy małych liczbach Reynoldsa) i minimalnej masy własnej (aerodynamika, wytrzymałość, sztywność minimalizacja masy).
4. **Systemy skróconego startu i lądowania oraz procedury awaryjnego lądowania.** Opracowanie niezawodnych urządzeń skróconego startu (za pomocą katapult, wyrzutni) i lądowania (lądowanie na spadochronach, poduszkach pneumatycznych itp.) umożliwiające eksploatację systemu w warunkach polowych oraz procedur awaryjnego lądowania minimalizujących, ewentualne straty w wyniku uszkodzenia.

Awionika

W kraju projektowanie układów sterowania i nawigacji jest przedmiotem prac badawczych i rozwojowych prowadzonych przez instytuty i uczelnie, natomiast nie ma firm, które mogłyby się podjąć opracowania i produkcji takich systemów. System autonomicznej nawigacji za pomocą GPS lub INS/GPS można wstępnie zakupić, a docelowo opanować produkcję w kraju. Co więcej, *system nawigacji bezwładnościowej INS korygowanej GPS powinien zostać uznany za priorytetowy, gdyż wszystkie pozostałe kierowane systemy lotnicze bazują na tej technologii.* Tematy do rozwijania w kraju:

1. **Technologia miniaturowych bezkardanowych układów orientacji przestrzennej (na bazie ogólnodostępnych czujników).** Struktura takich układów jest znana - brak jest natomiast przetestowanych algorytmów filtracji sygnałów, zliczania kątów, poprawiania błędów systematycznych i przypadkowych zastosowanych czujników, itd.
2. **Technologia miniaturowych autopilotów (na bazie ogólnodostępnych komputerów lub mikrokontrolerów).** Struktura takich autopilotów jest znana - brak jest natomiast przetestowanych algorytmów sterowania, brak samych modeli BSP do badań symulacyjnych i testowania nowoczesnych algorytmów sterowania.

3. **Algorytmy sterowania BSP.** Stateczność i systemy sterowania statków powietrznych o małych prędkościach lotu, z uwzględnieniem podmuchów, w tym aparatów wysoko manewrowych. Systemy automatycznego startu i podejścia do lądowania.
4. **Nawigacja GPS z uwzględnieniem wysokości.** Na ogół uzyskuje się bardzo dobre dokładności współrzędnych geograficznych przy pomocy odbiornika GPS, natomiast dużo gorzej jest z precyzyjnym określaniem wysokości lotu statku powietrznego przy pomocy dostępnych radiowysokościomierzy. Ponadto są problemy z pracą odbiorników GPS (gubienie satelitów) przy dużych kątach pochylenia i przechylenia aparatu (BSP do 30-45 stopni) podczas manewru.
5. **Mapy cyfrowe.** Budowa bazy danych map cyfrowych powierzchni kraju i jej kompatybilność z istniejącymi mapami geodezyjnymi terenu. Jest to podstawa do wykonywania autonomicznych lotów, czy planowania trasy lotu.
6. **Układy antykolizyjne.** Problematyka ogólnego zarządzania przestrzenią powietrzną i monitorowaniem wszystkich obiektów w przestrzeni oraz ostrzegania o możliwości kolizji.

Podsystem transmisji danych

System transmisji danych oraz naziemną dystrybutorownię danych można wykonać w kraju (z ewentualnymi komponentami zagranicznymi lub przy współpracy międzynarodowej). Można podjąć prace nad uniwersalną stacją naziemną lub szeregiem stacji dla różnej klasy statków powietrznych. Integracja systemu może być także wykonana przez ośrodek krajowy. Tematy do rozwijania:

1. **Organizacja niezawodnej i bezpiecznej łączności ziemia - BSP.** Implementacja standardowego protokołu lotniczego np. data link-16 (20), alternatywa jest możliwość np. budowy sieci opartych o GSM.
2. **Systemy retranslacji danych.** Zwiększenie zasięgu BSP do 150-200 km oraz efektywne operowanie UAV w terenie górzystym, poprzez opracowanie systemów i procedur retransmisji danych z BSP do stacji naziemnej za pomocą innego BSP, śmigłowca itp., bez potrzeby stosowania łączności satelitarnej SATCOM.

Zespół napędowy

Zespół napędowy, który mógłby być adoptowany na potrzeby UAV nie jest produkowany w kraju. Co więcej dla niewielkiej liczby UAV jest nieopłacalne projektowanie i podjęcie produkcji tego typu napędu, raczej powinien on być dobrany i zakupiony za granicą, jest to powszechna polityka stosowana przez uznanych producentów-integratorów systemów lotniczych. Jest szereg firm, które się specjalizują w tego typu napędach.

System akwizycji danych

System zobrazowania informacji - pojedyncze sensory kamery TV, LLTV oraz IR są dostępne w kraju, ale wskazanym byłoby wyposażać samolot w stabilizowaną, zintegrowaną głowicę (TV, LLTV, IR) dostępną za granicą, to samo dotyczy zminiaturyzowanego radaru SAR, czy opracować i integrować tzw. moduły zadaniowe. Podobnie jak w przypadku napędu jest to typowa praktyka dla integratorów BSP.

- 1. Moduły zadaniowe.** W oparciu o pojedyncze sensory można integrować wymienne moduły zadaniowe np. rozpoznania obrazowego, radarowego, chemicznego, walki radioelektronicznej, bojowy itp., które w zależności od typu wykonywanego zadania będą montowane na BSP w warunkach polowych.

Program

Realizując program krajowy, należy uwzględnić realne zapotrzebowanie Sił Zbrojnych, możliwości realizacji programu w kraju oraz sytuację na rynkach zagranicznych (ewentualny eksport wyrobu lub kooperację). Biorąc te przesłanki pod rozwagę zasadne jest skupienie się na systemach klasy co najwyżej MR lub MRE (tj. o zasięgu do 150 km bez SATCOM i kilku godzinach operowania). Na „większe” systemy np. typu MALE (Predator) czy HALE (Global Hawk) nie ma realnego zapotrzebowania w Siłach Zbrojnych, zasięg i promień działania (m.in. dzięki łączności satelitarnej SATCOM) przewyższa wymagania obrony naszego kraju. Są to przede wszystkim bardzo drogie i zawansowane technologicznie systemy, zestawy niemal stacjonarne (niski poziom mobilności) operujące z lotnisk stałych i wymagające odpowiednio rozbudowanego systemu wsparcia naziemnego. Podjęcie prac nad tego typu systemami byłoby obciążone znacznym ryzykiem (koszty i skala problemu, SATCOM itp.). Co więcej, Predator poza Stanami Zjednoczonymi jest tylko eksploatowany przez Włochy i Wielką Brytanię, natomiast Global Hawk tylko przez USA Air Force i wprawdzie istnieje europejski program EuroHawk, ale raczej nie ma większego zapotrzebowania na te systemy na rynkach światowych. Podobnie system bojowy UCAV,

jest aktualnie poza możliwościami rodzimego zaplecza R&D. Jakkolwiek przyszły program UAV, powinien uwzględniać wariant uderzeniowy UAV (z głowicą bojową), który może być platformą i bazą do rozwijania aparatu klasy UCAV.

Realizacja programu

Do tej pory finansowano wiele mniejszych czy większych projektów w zakresie technologii bezzałogowych, ale żaden nie zakończył się wdrożeniem. Przyczyną niepowodzeń wszystkich projektów krajowych, była ich fragmentaryzacja, niestety pomimo tych doświadczeń, nadal jest brak koordynacji centralnej. Ośrodki i instytucje samodzielnie występują o dofinansowanie, przez co realizowana tematyka obejmuje tylko pewne elementy systemu, a nawet się dubluje. Co więcej, w większości przypadków są to w rzeczywistości wnioski o wsparcie finansowe instytucji, a nie innowacyjne projekty czy programy, które kończą się wdrożeniem.

W tej sytuacji, kluczowym elementem sukcesu przyszłego programu bezzałogowego jest nie tylko brak odpowiednich technologii, o których powyżej wspomniano, ale uruchomienie centralnego-krajowego programu, koordynowanego przez np. powołane konsorcjum. Będzie ono spełniało rolę nie tylko koordynatora, ale integratora programu, który będzie rozdzielał zadania pomiędzy ośrodki prezentujące odpowiedni poziom wiedzy i technologii. Ważne też jest wyraźnie sprecyzowanie przez MON niekoniecznie wymagań, ale przynajmniej, jakiej klasy systemy UAV pożądane są przez SZ RP.

Przy realizacji programu, w celu obniżenia jego kosztów i zmniejszenia ryzyka, wskazane byłoby znaleźć partnerów zagranicznych, co zwiększy także szanse na sprzedaż wyrobu na rynkach zagranicznych. Można taką współpracę zaoferować krajom ościennym np. Litwie, Łotwie i Estonii, które w zasadzie nie posiadają żadnego lotnictwa wojskowego, czy wejść w kooperację z krajami, które takie systemy z powodzeniem projektują i wdrażają, jak np. Niemcy (Luna, rodzina Brevel, Seamos, CL-289), Szwecja czy europejskie konsorcjum lotnicze EADS (projekt: Barracuda, Eagle).

C. PLATFORMY BEZZAŁOGOWE - MORSKIE

1. Technologie zidentyfikowane jako zasadnicze dla rozwoju sensorów wchodzących w skład platform pływających:

Sonar boczny – jako ciągle najlepsze urządzenie do obserwacji podwodnej w trudnych optycznie warunkach podwodnych oraz do wykrywania obiektów zagrzebanych i bardzo małych, wymaga prowadzenia prac w zakresie następujących zagadnień:

- elektronicznej stabilizacji wiązki, realizowanej na podstawie danych z systemu nawigacji albo w wyniku processingu używanego w sonarach z aperturą syntetyczną (tzw. technika korelacji międzyimpulsowej);
- coraz bardziej wyrafinowanej technologii przetwarzania danych;
- poprawienia rozdzielczości sonaru, która mocno spada wraz ze zwiększaniem zasięgu (poprzez proste zwiększanie częstotliwości pracy).

Na podstawie danych z sonara bardzo trudno jest jednak dokonywać identyfikacji i klasyfikacji wykrytych obiektów. W związku z małymi zasięgami oraz wysokim poborem energii stosuje się je raczej w misjach na niedużych obszarach.

- Sonar z aperturą syntetyczną – jest dość dobrze opanowaną teoretycznie technologią, ale brakuje ciągle sprawdzonych wersji użytkowych, ze względu na trudności z opanowaniem koniecznego wyrafinowanego przetwarzania danych w czasie rzeczywistym. Sonar charakteryzuje się bardzo dobrą jakością i wysoką rozdzielczością obrazów, szczególnie na dużych zasięgach, przy jednoczesnym stosunkowo niedużym poborze energii.

Wymaga prowadzenia prac w zakresie następujących zagadnień:

- coraz bardziej wyrafinowanej technologii przetwarzania danych w czasie rzeczywistym, szczególnie w obszarze koniecznych dużych mocy przetwarzania;
- wykorzystania w bardzo płytkich wodach (sonar pracuje najlepiej w wodach o głębokości co najmniej dziesięć razy większej od zasięgu) poprzez pracę w różnych trybach (np. przejścia w tryb konwencjonalnego beamformingu);
- zaawansowanych metod adaptacyjnego planowania misji, wykorzystujących właściwości sonaru;
- automatycznych metod oceny prawdopodobieństwa wykrycia i klasyfikacji obiektów w różnych, trudnych środowiskach zależnie od ustawionego trybu pracy oraz wykonywanych manewrów (stabilność ruchu ma bowiem zasadniczy wpływ na jakość oceny wykrytego obiektu, co stoi często w sprzeczności z koniecznością uzyskania wysokiej manewrowości pojazdu).

Sonar z aperturą syntetyczną jest używany przede wszystkim do szybkiego przeszukiwania dużych akwenów w zakresie wykrywania, identyfikacji i klasyfikacji obiektów. Jednakże prędkość przeszukiwania jest ograniczona aktualnymi

możliwościami procesu przetwarzania apertury syntetycznej. Aktualne rozwiązania SAS nie mogą być stosowane do wykrywania obiektów zagrzebanych.

- Kamera telewizyjna do obserwacji podwodnej – to dobrze opanowana technologia, wykorzystująca wysokiej rozdzielczości sensory CCD (1/2”, 2/3” itd.) i wytwarzająca typowy obraz video zgodny ze standardami telewizyjnymi (500 i 600 linii). Jest wykorzystywana na pojazdach dokonujących rekonesansu na odległości ograniczone aktualną widocznością środowiska. Może być użyta do identyfikacji (szczególnie w zakresie koloru) przy bardzo bliskim podejściu do obiektu. Powinna pracować jako drugie urządzenie (uzupełniające) – wraz z sonarem wykrywającym – w celu dokonania ostatecznej weryfikacji wykrytego obiektu. Jako zasadniczy sensor może pracować w pojazdach zdalnie kierowanych (w trybie *tethered*) przez operatora, przy pełnym zobrazowaniu z kamery na bieżąco na jego konsoli. Rozwiązanie takie powinno być wspomagane systemem Automatycznego Rozpoznawania Zagrożeń.
- Laser do obserwacji podwodnej – dotychczas istniejące rozwiązania są aktualnie rozwijane w kierunku zastosowania technologii radarowych w tzw. LIDAR’ach, będących znakomitą alternatywą dla kamer telewizyjnych. LIDAR zobrazowuje informację w oparciu o synchroniczne skanery laserowe. Technologia ta jest wykorzystywana w działaniach przeciwminowych, w batymetrii i hydrografii, wszędzie tam, gdzie niezbędne jest pozyskiwanie informacji wizualnej w trakcie rekonesansu na większych dystansach niż te, które zabezpiecza kamera TV. Powinien pracować jako drugie urządzenie (uzupełniające) – wraz z sonarem wykrywającym – w celu dokonania ostatecznej weryfikacji wykrytego obiektu. Jako zasadniczy sensor może pracować w pojazdach zdalnie kierowanych (w trybie *tethered*) przez operatora, pełnym zobrazowaniu na bieżąco na jego konsoli. Rozwiązanie takie powinno być wspomagane systemem Automatycznego Rozpoznawania Zagrożeń.

Wymaga prowadzenia prac w zakresie następujących zagadnień:

- zmniejszenia wymiarów, masy oraz zapotrzebowania energetycznego tak, aby móc je wykorzystywać na pojazdach podwodnych.
- Sensory magnetyczne – aktualnie dostępne na rynku ograniczają się do kilku typów trójwspółrzędnych gradiometrów, które można stosować na pojazdach podwodnych. Umożliwiają wykrywanie anomalii magnetycznych w toni wodnej i na dnie, które mogą wskazywać na wykrycie zagrożenia. Najczęściej są wykorzystywane w systemach

ostrzegania i alarmowania. Na pojazdach powinny pracować jako drugie urządzenie (uzupełniające) – wraz z sonarem wykrywającym. Do wykrywania min zagrzebanych i częściowo zagrzebanych stanowią podstawową metodę wykrycia.

Wymagają prowadzenia prac w zakresie następujących zagadnień:

- opracowania nowych metod wykrywania min zawierających elementy metalowe, nieferromagnetyczne (np. przy użyciu bardzo czułych czujników magnetycznych – indukcyjnych);
 - wyrafinowanego przetwarzania informacji otrzymywanej z przetworników;
 - zmniejszenia wymiarów, masy oraz zapotrzebowania energetycznego tak, aby móc je wykorzystywać na pojazdach podwodnych;
- Sensory elektrochemiczne – coraz częściej wykorzystywana technologia, bazująca na elektrochemicznych elektrodach ze skanowaniem napięciowym. Aktualnie dostępne są czujniki wykrywania materiałów wybuchowych rozpuszczonych w wodzie. Stosowane są do wykrywania zagrożeń wynikających z podłożonych w środowisku wodnym ładunków wybuchowych. Wymaga prowadzenia prac w zakresie oceny skuteczności wykrywania ładunków wybuchowych w wodzie (aktualnie ciągle trwają próby w tym zakresie).

2. **Technologie zidentyfikowane jako zasadnicze dla rozwoju platform pływających:**

- w zakresie kadłuba – proponuje się przyjąć dla pojazdu podwodnego kształt nieusztynionego cylindra lub zbliżony do niego, jako najlepszy ze względu na uzyskanie maksymalnej przestrzeni wewnętrznej do wykorzystania dla podsystemów. Jako materiał konstrukcyjny rekomendowane jest wykorzystanie stali o wysokiej odporności lub kompozytów GRP (Glass Reinforced Plastic) zawierających włókno szklane i materiał epoksydowy. Ze względu na mniejszą masę lepszy jest materiał kompozytowy, ale posiada bardzo niejednorodną strukturę, co może w niektórych zastosowaniach uniemożliwiać jego wykorzystanie. Przewidywane zapotrzebowanie na moc napędu dla pojazdu w postaci cylindra o długości 3,5 metra, z podstawowym ładunkiem, poruszającego się z prędkością 8 węzłów, wynosi około 2,75 kW. Technologia ta wymaga prowadzenia prac w zakresie nowych materiałów kompozytowych, lżejszych, o bardziej jednorodnej strukturze (izotropowych).

a) w zakresie zasilania i napędu – aktualnie rozwijane technologie muszą spełniać kilka warunków, takich jak: łatwość obsługi, przyjazność dla środowiska, łatwość

konfigurowania dla różnej klasy pojazdów, długi czas eksploatacji i niska cena. Są to następujące technologie:

- silniki Diesla – z uwagi na konieczność pracy pod wodą konstrukcje tych silników są dedykowane jedynie dla dużych i średnich pojazdów, gdzie można stosować specjalne rozwiązania zarówno w zakresie zabezpieczenia w zbiorniki z tlenem, jak i wylotu spalin. Są to jednak silniki najbardziej ekonomiczne, gdyż pracują w oparciu o spalanie powszechnie dostępnej i jeszcze taniej ropy.
- silniki Stirlinga – podobnie jak silniki Diesla, nie są wskazane do stosowania na małych pojazdach ze względu na zbyt dużą złożoność konstrukcyjną, wymiary i ciężar. Dodatkowo silniki te są bardzo czułe na wszelkiego rodzaju zakłócenia. Generalnie do pozytywnych cech należy zaliczyć ich cichą pracę (niski poziom szumów własnych) i niski poziom wibracji. Jednak zdecydowanie przeważają negatywne cechy, takie jak: utrudniona eksploatacja ze względu na dużą ilość ruchomych części, konieczność stosowania dodatkowych systemów chłodzenia, wysoki koszt wytworzenia tych systemów (konieczność użycia stali niklowo-chromowej) oraz dużo wyższe koszty eksploatacji (około 3-4 razy) w stosunku do silników Diesla.
- baterie – bardzo rozpowszechniona technologia, w ramach której najbardziej interesujące dla zastosowań w pojazdach podwodnych są baterie wielokrotnego ładowania. Baterie te muszą spełniać specyficzny zestaw wymagań, takich jak:
 - ✓ bardzo duża pojemność;
 - ✓ wysokie napięcie pojedynczego ogniwa;
 - ✓ wysoka gęstość energii (Wh/kg, Wh/l);
 - ✓ małą masę i objętość;
 - ✓ wysoka gęstość mocy (W/kg);
 - ✓ znakomite charakterystyki prądowe i napięciowe;
 - ✓ krótki czas ładowania;
 - ✓ ładowanie całego zestawu baterii;
 - ✓ niski poziom samorozładowywania się;
 - ✓ wysoka ilość cykli ładowani/rozładowania.

Poniżej podano w tabeli wielkość i ciężar różnych baterii o wydajności 33 kWh, nadających się do zastosowania w pojazdach podwodnych:

Parametr	Pb	NiCd	NiMH	LiIo Co	LiIo Mn	Li- Polym	Li- Anorg
ciężar (kg)	1031	660	478	< 200	< 300	190	164
objętość (l)	412	330	227	< 100	< 150	81	78

Najbardziej wskazane pod względem ciężaru, objętości i ceny są baterie bazujące na litie (Li). Tu z kolei najpopularniejsze są baterie litowe z polimerem (Li-Polym), ale nowsze i lepsze są baterie litowe anorganiczne (Li-Anorg). Jednakże te ostatnie są jeszcze w stadium prób, chociaż już stają się bardzo atrakcyjne cenowo.

Aktualnie wznowiono badania nad znanymi wcześniej, ale niedopracowanymi wówczas bateriami niklowo-cynkowymi (NiZn). Ta technologia staje się atrakcyjna ze względu na taniość baterii, ich wysoką sprawność energetyczną w szerokim zakresie temperatur, łatwość produkcji, przyjazność dla środowiska, prostotę recyklingu, dostępność surowców, bezpieczeństwo pracy i niezawodność.

- ogniwa paliwowe – ogniwa typu „fuel cells” są to źródła, które zamieniają energię chemiczną (skompresowaną w postaci paliwa) na energię elektryczną. Najczęściej jest to wodór i tlen, gdzie wykorzystuje się typowy proces elektro-chemiczny. W przypadku pojazdów podwodnych transportowany musi być zarówno wodór jak i tlen. Wodór może być również uzyskiwany z metanolu (używając tzw. reformera). Stosuje się kilka rodzajów ogniw paliwowych (FC), na bazie różnych elektrolitów: alkalicznych (KOH), kwasu fosforowego (H_3PO_4), węgla spiekane (Li_2CO_3), zestalonego tlenku (ZrO_2), czy membrany protonowej (polimer).

Najlepszym rozwiązaniem wskazanym dla pojazdów podwodnych, najbardziej wydajnym pod względem mocy i sprawności (pow. 70%) posiadają źródła z membraną protonową (PEFC). Typowy pojazd podwodny mający wysokie wymagania energetyczne może wykorzystywać stos np. 60-ciu ogniw typu PEFC dający nominalnie 1,8 kW mocy, maksymalny prąd 50A przy napięciu powyżej 36V. Stos ogniw wymaga jednak dodatkowego sprzętu takiego jak: zawory, pompy, pułapki kondensacyjne, sterowanie itp. Z uwagi na bardzo ograniczoną ilość miejsca w pojeździe muszą być one mocno upakowane. Cała konstrukcja jednak jest bardzo efektywna i działa niezależnie od środowiska.

Ogniwa typu „semi-fuel cells” są jeszcze w opracowywaniu i bazują na innych „paliwach” takich jak: magnez z wodą morską, aluminium z wodą, cynk z powietrzem itp. Brak jest jeszcze bliższych informacji o użytkowaniu tych ogniw.

c) w zakresie nawigacji, naprowadzania i sterowania – istnieje kilka technologii, takich jak:

- jednostka pomiaru ruchu inercyjnego – która działa w oparciu o dwa rozwiązania:
 - platformę żyroskopową (żyrostabilizacja), zawierającą precyzyjne i bardzo drogie mechanizmy odczytu przechyłów i przegłębień w trakcie ruchu pojazdu określając na tej podstawie miejsce jego pobytu. Z uwagi na dużą ilość wykonywanych mechanicznych ruchów w trzech płaszczyznach rozwiązanie jest podatne na wszelkie zakłócenia i zatarcia. Z tego względu należy bardzo starannie dobierać tor poruszania się pojazdu w ramach misji, aby unikać nagłych zwrotów i przyspieszeń.
 - system typu „strapdown”, oparty na nowoczesnych procesorach, które umożliwiają zrezygnowanie z platformy żyroskopowej, a zastosowanie czujników przypasanych (*strapped*) do pojazdu. Redukuje to znacznie koszty i uniezależnia praktycznie system od konieczności unikania znacznych przyspieszeń w każdej płaszczyźnie. Dzięki usunięciu elementów mechanicznych system staje się bardziej niezawodny. Akcelerometry kątowe, zwane też „rate gyros”, mierzą zmiany prędkości kątowej pojazdu w każdej płaszczyźnie. Dzięki procesorom zmiany te są przeliczane na drogę i położenie w przestrzeni.

W zestawieniu wad i zalet obu rozwiązań zdecydowaną przewagę ma rozwiązanie drugie, jako tańsze, mniejsze i bardziej niezawodne.

- sensory prędkości – które działają generalnie w oparciu o dwa rozwiązania:
 - ✓ Log, określający prędkość względną pojazdu w stosunku do wody w kierunku wzdłużnym. Jest to rozwiązanie bardzo proste, tanie, ogólnie dostępne i o długim okresie eksploatacji.
 - ✓ Log Dopplera, bazujący na efekcie dopplera, określa zarówno prędkość względem wody, jak i prędkość bezwzględną we wszystkich trzech kierunkach przestrzeni. Otrzymywane dane mają bardzo dużą dokładność zarówno w krótkich, jak i długich misjach. Można otrzymać również na życzenie wielkość błędu obliczenia prędkości.

Dzięki tym rozwiązaniom, w połączeniu z algorytmami badania dna i pojedynczymi pingami sondującymi można uzyskać bardzo dokładne położenie pojazdu w przestrzeni, nawet w trudnych warunkach zmieniającego się, nierównego terenu. Większość z tych rozwiązań przekazuje także informację o aktualnej wysokości, dzięki czemu nie ma potrzeby stosowania dodatkowych sensorów dla tych potrzeb. Komunikacja z urządzeniami jest zwykle realizowana poprzez NMEA0183 w ASCII lub transmisje binarne poprzez styk RS232 lub RS422. Z uwagi na brak części mechanicznych rozwiązania te są bardzo bezpieczne i nie wymagają żadnych kalibracji i specjalnego nadzoru eksploatacyjnego.

- sensory wysokości – są elementem sensorów prędkości (przedstawionych powyżej). Wyróżnia się tu także sensor głębokości, działający w oparciu o pomiar ciśnienia. Aktualnie na rynku występują takie sensory zapewniające pomiar głębokości z dokładnością do 15 cm.
- podsystemy naprowadzania i sterowania – składają się najczęściej z następujących komponentów:
 - systemu operacyjnego czasu rzeczywistego,
 - modułów programowych regulacji mocy, zdolnych do sterowania pojazdem w zakresie utrzymania pozycji na żądanej głębokości (zawis) lub osiągnięcia kolejnego punktu drogi w zadanym czasie z wysoką precyzją (błąd osiągnięcia pozycji $< 2\text{m}$, błąd kierunku $< 0,3^\circ$, błędy wynikające z przechyłów i przegłębień $< 0,3^\circ$. Dane wejściowe dla tych modułów uzyskuje się z:
 - ✓ komend (z modułu realizacji misji),
 - ✓ danych nawigacyjnych (z podsystemu nawigacyjnego),
 - ✓ innych, zapamiętanych w pamięci masowej,
 - ✓ modułów dla sterowania silnikami, sterem (zarówno w pionie, jak i poziomie),
 - ✓ modułów generowania sygnałów alarmowania i ostrzegania.
 - ✓ jednostki elektronicznej, pracującej jednocześnie na korzyść innych podsystemów (np. nawigacyjnego).

Naprowadzanie pojazdu, pod względem oprogramowania może występować dwojakiego rodzaju:

- naprowadzanie dokładnie na zadany punkt – naprowadzanie bezpośrednie – obliczeniowo jest to najprostszy sposób realizacji misji,
- naprowadzanie poprzez punkty referencyjne (odniesienia) – naprowadzanie pośrednie – najczęściej stosowany sposób w systemach morskich, polegający na realizacji kolejnych etapów drogi (od punktu do punktu); każdy etap jest obliczany na bieżąco w zależności od warunków lub potrzeb.

Generalnie, biorąc pod uwagę wykorzystywanie procesorów jest rekomendowany ten drugi sposób.

Sterowanie pojazdem, pod względem oprogramowania może występować dwojakiego rodzaju:

- w oparciu o hierarchiczny schemat przełączania, bazując na regulatorach typu PID, szeroko stosowany i dobrze opanowany praktycznie i teoretycznie,
- w oparciu o kontroler predykcji, polegający na obliczaniu sekwencji kolejnych ruchów manipulacyjnych w celu osiągnięcia zakładanego celu w sposób optymalny (lub sub-optymalny). W modelu zakłada się stosowanie algorytmów genetycznych, które wzmacniają niedeterministyczne, iteracyjne poszukiwania heurystyczne.

Rekomendowany jest zasadniczo drugi sposób.

d) w zakresie podsystemu komunikacyjnego – pojazd może wymagać transmisji na różnym poziomie:

- pełnym (np. włącznie z przesyłaniem surowych danych z sensorów);
- ograniczonym (wybrane rodzaje informacji są transmitowane);
- przesłania komend i danych sterujących (np. zmiana parametrów misji w trakcie jej realizacji, wymiana danych dla współpracy z innymi pojazdami itp.);
- danych z monitorowania pracy pojazdu, czy sygnałów lokalizacyjnych na wypadek awarii lub zgubienia pojazdu.

Technologie komunikacyjne dla pojazdów podwodnych można zaliczyć do następujących kategorii:

- przewodowe (w tym, światłowodowe);
- akustyczne;

- wykorzystujące medium elektromagnetyczne (poprzez użycie radia, łączności satelitarnej), z powierzchni wody w postaci boi, przekaźników itp.;
- laserowe i działające w podczerwieni.

Technologie przewodowe są używane zarówno dla zasilania pojazdu, jak i dla przesyłania danych udostępniając szerokie pasma transmisyjne, ale na ograniczoną odległość wynikającą z długości kabla (łącza światłowodowe zapewniają bardzo duże prędkości przesyłania danych – rzędu 0.5 Gbps). Przewód powinien być na tyle lekki, aby nie obciążać pojazdu i na tyle mocny, aby nie uległ zerwaniu w trakcie wykonywania misji (dotyczy to zarówno przewodów światłowodowych różnego typu – od 0.25 mm do 2 mm przekroju, jak i miedzianych, dużo cięższych, ale odporniejszych na zerwanie i zdolnych do przenoszenia dużych prądów zasilania). Przewody światłowodowe są bardzo mało odporne na wszelkiego rodzaju supłanie, naciągnięcia i skręcenia, powodowane podczas misji, szczególnie przy kontakcie z przeszkodami i innymi obiektami. Takie niebezpieczeństwa występują przede wszystkim w bardzo płytkich wodach i wodach, gdzie są silne prądy podwodne (ujścia rzek, zweżenia itp.) i kamieniste dno.

Technologie akustyczne służą wyłącznie do przesyłania danych, dając bardzo ograniczone pasmo przesyłania. Można za ich pomocą przysyłać krótkie komendy i polecenia sterujące na bieżąco pojazdem, albo odbierać od pojazdu krótkie informacje o statusie pracy jego urządzeń lub wykrytych zagrożeniach. W niektórych rozwiązaniach wykorzystuje się łączność akustyczną do kontaktu z bojami, na których umieszczone są przetworniki radiowe wraz z anteną. Rozwiązania z wykorzystaniem łączności akustycznej wymagają osiągnięcia kompromisu pomiędzy potrzebami z zakresu prędkości danych, zasięgu i niezawodności transmisji. Główne pożądane charakterystyki systemu łączności dla danego pojazdu podwodnego muszą obejmować co najmniej ustalenie:

- odpowiedniej dla zakładanych zadań prędkości transmisji danych;
- współczynnika prawdopodobieństwa odbioru (który powinien być jak najwyższy);
- współczynnika prawdopodobieństwa fałszywego alarmu (który powinien być jak najniższy);
- wymaganej mocy dla transmisji (która powinna być jak najniższa, np. maksymalnie kilka watów).

Parametry te bardzo mocno zależą od rodzaju środowiska, w którym pojazd ma pracować: zasolenia i temperatury wody, warunków propagacji dźwięku, prądów, rodzaju dna, zakłóceń od obiektów pracujących w pobliżu (porty, stocznie, fabryki, promy itp.), istnienia warstw (kanałów) akustycznych w akwenie oraz pory roku, czy pory dnia, w jakiej przeprowadzana jest misja, itp. Poprawność łączności akustycznej jest też mocno uwarunkowana występowaniem naturalnych przeszkód podwodnych, takich jak rafy, zagłębienia związane z wypłukaniem dna, szczeliny itp. Również sztuczne przegrody, pirsy, czy wraki powodują powstawanie dodatkowych odbić i zjawiska wielościżkowego rozchodzenia się sygnału akustycznego, który następnie musi być odpowiednio przetworzony w odbiorniku (jako echo – przesunięte w czasie te same informacje nadchodzące z różnych stron). Z uwagi na stosunkowo wolną transmisję (w stosunku do transmisji elektromagnetycznej) i dużą ilość przeszkód w wodach przybrzeżnych (portach, kotwicowiskach itp.) opóźnienia w tym zakresie mogą dochodzić do setnych części sekundy lub więcej, co bardzo komplikuje systemy obróbki informacji. Do tego dochodzą jeszcze odbicia od powierzchni wody, które w zależności od stanu morza mogą mocno wpływać na przetwarzanie danych. Podobnie istotny wpływ będzie miał efekt Dopplera dla poruszających się pojazdów (prędkość fali około 1500 m/s jest istotna dla pojazdu o prędkości około 2 m/s). Aktualnie istnieją już rozwiązania zapewniające transmisję z prędkością od 2.4 kbps do 19.2 kbps na odległości od 2 do 5 km zależnie od warunków środowiskowych. Gdy warunki propagacji są szczególnie trudne, a jednocześnie jest wymagane niskie prawdopodobieństwo przechwytu transmisji, to system powinien zapewniać prędkość transmisji co najmniej 300 bps na odległość około 10 km. Zastosowanie dodatkowych stacji retransmisyjnych może bardzo wydłużyć zakresy odległości transmisji.

Technologie oparte o przesyłanie w środowisku elektromagnetycznym wymagają wyprowadzenia na powierzchnię albo całego pojazdu, albo co najmniej anteny. Technologie te zapewniają zróżnicowane pasmo, od bardzo wąskiego (z max. prędkością transmisji do 9.600 bps), przy zastosowaniu dalekosiężnej łączności KF, dużo szerszego przy pracy z wykorzystaniem VHF/UHF i bardzo szerokiego, porównywalnego z pasmem w łączach przewodowych, przy wykorzystaniu łączności satelitarnej. Technologia ta może być wykorzystana jedynie poprzez tzw. boję stanowiącą bramę pośredniczącą pomiędzy środowiskiem podwodnym i nadwodnym (powietrznym). Brama taka daje pojazdowi dostęp do kanału radiowego lub satelitarnego. Kontakt pojazdu z boją może następować albo poprzez przewód (w tym, światłowód), albo poprzez kanał akustyczny.

Technologie laserowe i wykorzystujące podczerwień są stosunkowo rzadko używane, jedynie przy przesyłaniu informacji na bardzo krótkie odległości (rzędu kilku metrów), zapewniając jednak bardzo duże prędkości przesyłania danych (powyżej 0.5 Gbps).

e) w zakresie interfejsów platformy – rozróżnia się następujące interfejsy:

- z operatorem – w ramach tego interfejsu stosuje się przede wszystkim wzmocnionej konstrukcji przenośny komputer podłączony do sieci przewodowej lub bezprzewodowej zależnie od wymagań konstrukcyjnych pojazdu. Wymagania na elementy wchodzące w skład oprogramowania konsoli operatorskiej są powszechnie znane, a technologia ich wytwarzania, bazująca obecnie na językach C/C++ i Java jest opanowana i komercyjnie dostępna. Technologia wykonywania oprogramowania dla sterowania pojazdem z poziomu nadzoru, bazująca najczęściej na systemach operacyjnych czasu rzeczywistego, jest również znana, chociaż ze swej natury moduły te muszą być realizowane przez wyspecjalizowane zespoły programistów. Podczas projektowania tego interfejsu należy uwzględnić funkcjonalność umożliwiającą późniejsze treningi i szkolenia prowadzone na tym sprzęcie również w trakcie prowadzenia rzeczywistych misji.
- użytkowe, zasilające – które powinny być ograniczone jedynie do podłączania faktycznie wymaganych urządzeń nie wchodzących organicznie w skład pojazdu. Mogą to być urządzenia ładowania akumulatorów, systemy przekazywania planu misji (programowania pojazdu) itp.
- pokładowe – których standaryzacja jest w trakcie opracowywania. Ustalone wspólne interfejsy umożliwią łatwe składanie kolejnych pojazdów z już opanowanych konstrukcyjnie modułów, spełniających narzucone wymagania. Jako punkt wyjścia przyjmuje się już istniejące standardy połączeń praktykowane powszechnie w rozwiązaniach komercyjnych. Dla przesyłania danych stosuje się więc Ethernet, kanał światłowodowy, SCSI, RS 422, USB 2 itp. Zasadniczym wyznacznikiem jest tu jak zwykle parametr koszt/efekt.

f) w zakresie bezpieczeństwa, certyfikacji i zintegrowanego wsparcia logistycznego – standaryzacja jest w trakcie opracowywania. Umożliwi to uproszczenie projektowania i budowy pojazdów oraz odbioru wykonanych konstrukcji pod względem bezpieczeństwa eksploatacji. Dla wielu komponentów już określono wskaźniki Poziomu Gotowości Technologicznej (*TRL - Technology Readiness Level*), co znacznie ułatwia identyfikację

technologii, która może być wykorzystana do budowy pojazdów. Dla większości komponentów TRL powinien wynosić od 7 do 9. I tak dla:

- systemu uruchomieniowego i przywrócenia do stanu sprawności po awarii należy wykorzystywać najlepsze technologie, opracowując i testując szczególnie starannie wszystkie elementy składowe modułów. Wskaźnik TRL powinien przyjmować wartość od 7-9;
- sonaru dla unikania przeszkód, który jest szczególnie istotnym elementem zapewniającym bezpieczne przeprowadzenie misji, szczególnie w stosunku do podwodnych pływaków i nurków, wskaźnik TRL również musi wynosić od 7-9;
- systemów łączności akustycznej przyjmuje się również TRL w granicach 7-9;
- systemów nawigacji i pozycjonowania, składających się najczęściej z systemów nawigacji inercyjnej, logu i przetwornika akustycznego, wskaźnik TRL także wynosi od 7-9;
- systemów zasilania energią i systemów napędów muszą być wyposażone w rozwiązania, dla których wskaźnik TRL wynosi od 8-9;
- złącz sygnałowych i przenoszących moc dla pojazdów pracujących na głębokościach poniżej 100m TRL musi wynosić od 8-9;
- systemów manewrowania głębokością, wykorzystujących dysze napędowe lub stery głębokości, muszą również mieć TRL od 8-9.

3. Technologie zidentyfikowane jako zasadnicze dla rozwoju systemu wspomagania misji wykonywanych przez platformy pływające

- w zakresie planowania misji – zidentyfikowano konieczność wykorzystywania następujących technologii:
 - zarządzanie mapą elektroniczną (zgodną ze standardami światowymi – S57, DIGEST C) i jej zobrazowanie. Technologie te są powszechnie znane i stosowane zarówno komercyjnie, jak i w zastosowaniach militarnych;
 - zarządzanie danymi geograficznymi GIS – wprowadzanie, fuzja i przetwarzanie danych (filtrowanie, selekcja i kolejkovanie) oraz ich zobrazowanie (w tym trójwymiarowe). Systemy bazujące na GIS wspierają większość rozwiązań z zakresu map elektronicznych (opisane powyżej) i AML (opisane poniżej);

- zarządzanie warstwami AML (*Additional Military Layers*) oraz ich zobrazowanie. Warstwy AML odzwierciedlają potrzeby NATO, koordynowane przez Brytyjskie Biuro Hydrograficzne (UKHO) i zobrazowują morskie dane taktyczne i środowiskowe na potrzeby specjalnych misji militarnych na morzu. Warstwy AML dzieli się na następujące:
 - ✓ konturowe linie batymetryczne;
 - ✓ środowisko, dno i plaże;
 - ✓ duże obiekty leżące na dnie – włączając informacje o wrakach i innych dużych obiektach;
 - ✓ małe obiekty leżące na dnie – włączając informacje istotne dla walki przeciwminowej (MCC);
 - ✓ tory wodne, obszary specjalne i ograniczenia w żegludze – włączając ograniczenia dla rybaków, obszary niebezpieczne i przeznaczone dla ćwiczeń (poligony);
 - ✓ morska infrastruktura i zabudowania – w tym linia brzegowa, granice wraz z zaznaczonymi światłami i latarniami nawigacyjnymi, radionawigacyjnymi, bojami i innymi ważnymi dla bezpieczeństwa żeglugi;
 - ✓ zintegrowania informacja dotycząca wód – informacja o zasoleniu, warstwach o różnej temperaturze, zróżnicowanej sezonowo głębokości, prądach, obszarach zarośli i innym życiu biologicznym itp.;
 - ✓ dane atmosferyczne i meteorologiczne opisujące warunki meteorologiczne ;
 - ✓ sieciowy model batymetryczny.

Dla warstw AML stosuje się standardy dotyczące wektorowej prezentacji map –S-57 i DIGEST, VPF, przewidując przejście w najbliższym czasie na otwarty standard GML.

- zarządzanie bazami danych multimedialnych (dla wykrywanych zagrożeń) – w których wykorzystuje się ogólnie dostępne komercyjne rozwiązania;
- narzędzia analizy i dekompozycji obrazów obszarów działania pojazdu – niezbędne dla planowania misji pojazdu, szczególnie ważne dla pojazdów autonomicznych, którym plan marszruty jest wczytywany przed misją i nie może być zmieniony. Podstawowym problemem aktualnie rozwijanym jest możliwość tworzenia bibliotek

wcześniej zaplanowanych marszrut dla szybkiego ponownego ich użycia przez te same lub różne pojazdy;

- narzędzia generowania obrazów trójwymiarowych – konieczne dla planowania optymalnej marszruty pojazdu w toni wodnej z uwzględnieniem parametrów zainstalowanych sensorów i możliwości manewrowych pojazdu oraz wymagań czasowych wynikających z postawionego zadania. W ramach modelowania przy pomocy tego typu narzędzi trzeba brać pod uwagę całą złożoność obszaru, w ramach którego prowadzona jest misja, łącznie z koniecznością zamodelowania przeszkód naturalnych i sztucznych oraz istniejących prądów, obszarów porośniętych itp. Technologia ta jest mocno związana z pozostałymi technologiami opisanymi wyżej mocno je wspierając i wymaga ciągłego doskonalenia;
- narzędzia dla przewidywania poprawności działania sensorów i środków łączności – wspomagające proces nadzoru nad pracą elementów składowych pojazdu, wykonujących nakazane zadania i transmitujących efekty rozpoznania do obiektu, na rzecz którego pojazd wykonuje zadanie. Technologia ta umożliwia podjęcie akcji zapobiegawczej zanim nastąpi całkowita awaria elementu. Ciągłe nadzorowanie pracy poprzez obserwację pewnych parametrów i wskaźników daje gwarancję zapobiegania awariom lub przejście na system zapasowy. Uzyskuje się to poprzez zaawansowane metody pomiarów efektywności pracy podzespołów. Narzędzia te wymagają ciągłego udoskonalania.
- narzędzia estymacji przebiegu misji – wspomagające planowanie misji w czasie rzeczywistym, poprzez uwzględnianie na bieżąco napotkane nieznane przeszkody, nowe okoliczności i nowe potrzeby taktyczne.
- w zakresie zarządzania misją i kierowania – wymagane jest znaczne rozszerzenie zakresu pojmowania tej technologii, sprowadzającej się aktualnie jedynie do nadzoru pracy pojedynczego pojazdu. W nowych systemach wynikających z potrzeb bezpieczeństwa, na rzecz których pracują pojazdy podwodne wyraźnie wyodrębnia się konieczność całościowego, procesowego podejścia do cyklu misji pojazdu: od przygotowania pojazdu, sprowadzenia go do toni wodnej, monitorowania przebiegu samej misji podwodnej, wyciągnięcia z toni wodnej, aż do odczytania zebranych informacji, sprawdzenia i przygotowania pojazdu do kolejnej misji, a także zintegrowanie go z innymi systemami, które korzystają z pracy pojazdu zarówno on-line, jak i off-line. Dla niniejszej technologii

ważny jest rozwój technologii opisanych powyżej, a także wielu innych związanych z prowadzeniem zintegrowanych baz danych zawierających informacje istotne dla każdej misji, a zebranych we wcześniej prowadzonych misjach. Niezbędne będzie tu zastosowanie: logiki rozmytej, zaawansowanych metod diagnostyki poprawności pracy poszczególnych elementów pojazdu i jego wyposażenia, algorytmów automatycznego planowania misji, procedur zdalnego zarządzania ресурсami pojazdu, danych geograficznych opisujących obszar działania pojazdu (zarówno satelitarnych, jak i zbieranych podczas innych misji) i innych.

Obszar technologiczny V - OCHRONA I PRZETRWANIE NA POLU WALKI

1. Małogabarytowe sensory optyczne i termowizyjne
2. Małogabarytowe sieci łączności radiowej transmisji informacji cyfrowej zawierających obraz, mowę i inne dane
3. Cyfrowy interkom osobisty
4. System nawigacji umożliwiający funkcjonowanie w terenie zabudowanym
5. Wspomaganie konstrukcji i optymalizacja części z lekkich i wytrzymałych, klasycznych materiałów z metali i ich stopów, uwzględniające najnowsze osiągnięcia obróbki cieplnej, chemicznej i innych wraz z ich kombinacjami
6. Radarowe i optoelektroniczne sensory wykrywania obiektów powietrznych i naziemnych
7. Zdalnie sterowane miny
8. Inteligentne sieci minowe (alternatywy min p/piechotnych)
9. Broń non-lethal
10. Algorytmy i oprogramowanie integrujące sensory, ludzi i elementy przeciwdziałania (efektory)
11. Materiały i technologie wspomagające ochronę fizyczną

Inteligentny system minowania i rozminowywania

Wprowadzenie nowego rodzaju min oraz opracowanie systemów bieżącej kontroli pól minowych, w tym tworzenia mapy pola w trybie automatycznym. Opracowanie urządzenia/eń

umożliwiającego szybki montaż na różnego rodzaju pojazdach wojskowych przeznaczonych do prac typu minowanie i rozminowywanie.

Potrzeby operacyjne dotyczące minowania oraz rozminowania terenu wynikają z głównego zadania wsparcia inżynieryjnego jakim jest „Zapewnienie swobody ruchu wojsk”. Mobilność wojsk w najbliższej przyszłości będzie traktowana jako zadanie priorytetowe dla wojsk inżynieryjnych.

Systemy przeprawowe

Przedmiotem prac będzie opracowanie nowoczesnej konstrukcji segmentowego mostu o rozpiętości 40 m wykorzystywanego m.in. w prowadzonych misjach pokojowych przez Wojsko Polskie. Most segmentowy przewożony będzie na podwoziach samochodów ciężarowych. Wymagania operacyjne wojsk inżynieryjnych. Zapewnienie sprawnego przemieszczania wojsk i sprzętu bojowego w różnych warunkach terenowych z możliwością szybkiego pokonania zapór inżynieryjnych oraz przeszkód terenowych (suchych i mokrych), a także rozmieszczenia (przemieszczenia) odwodów, dowozu środków materiałowych oraz ewakuację ludności i sprzętu.

Przeżywalność pojazdów lądowych

Opracowanie i wdrożenie do produkcji modułów pancerzy (w tym aktywnych) dla pojazdów lądowych. Opracowanie nowych wysokowytrzymałych materiałów kompozytowych. Materiały te mają opierać się na zastosowaniu tworzyw sztucznych oraz włókien szklanych, węglowych, aramidowych itp.

Wynikiem prac będzie opracowana technologia wytwarzania pozwalająca na uruchomienie pilotażowej instalacji produkcyjnej. Wymagania operacyjne wojsk. Ochrona załóg w pojazdach sił szybkiego reagowania i stabilizacyjnych.

Wielofunkcyjna osłona obiektów strategicznych

Opracowanie wielofunkcyjnej osłony obiektów strategicznych takich jak:

- instytucje rządowe,
- magazyny zapasów strategicznych,
- magazyny paliw,
- zbiorniki wody pitnej.

Zakres prac obejmuje:

- opracowanie projektu systemu (schemat blokowy z opisem realizowanych funkcji),
- opracowanie konfiguracji sprzętowej.

Wynikiem prac będzie:

- wdrożenie projektu modułowego systemu umożliwiającego zmienną konfigurację w zależności od wymagań związanych z lokalizacją i zdefiniowanymi zagrożeniami.
- poprawa stanu bezpieczeństwa.
- zabezpieczenie i ochrona obiektów strategicznych przed atakami terrorystycznymi.
- wyposażenie/rozbudowa systemu między innymi o środki ogniowe rozszerzające zakres zastosowań do ochrony baz wojskowych.

Zaawansowane wyposażenie żołnierza

W wymaganiach określonych dla zestawów wyposażenia podstawowego Zaawansowanego Wyposażenia Żołnierza, uzbrojenie, ubiór i pozostałe wyposażenie traktowane są jako komplet wyposażenia bojowego. Zgodnie z przyjętymi założeniami żołnierz powinien dysponować nie zestawem przedmiotów opracowanych przez poszczególne służby: uzbrojenia, mundurowe, żywnościowe, medyczne, łączności i chemiczne, lecz jednym pakietem bojowego wyposażenia osobistego, o właściwościach optymalnie dostosowanych do właściwej realizacji zadań. Obowiązujące w projektowaniu wymagania dotyczące możliwości wszechstronnego wykorzystania rozwiązań uzbrojenia i wyposażenia żołnierzy przez wojska powietrzno-desantowe, jednostki specjalne i jednostki piechoty górskiej, powinny dotyczyć również potrzeby uzyskania w perspektywnym wyposażeniu właściwej uniwersalności zestawu. Przydatność do zastosowania powinna obejmować zarówno poszczególne rodzaje jednostek wojskowych, jak i specyfikę wykonywania zadań przez poszczególnych żołnierzy w ramach pododdziału lub pełnionej funkcji w zespole zadaniowym. Proces doskonalenia wyposażenia indywidualnego żołnierza powinien uwzględniać następujący zakres zagadnień:

- uzupełnienie wyposażenia osobistego żołnierza o nowoczesne systemy rozpoznania pola walki i łączności typu palmtop z radiostacją osobistą, urządzeniami mikrofonowo-słuchawkowymi, układem określania pozycji,
- zapewnienie ochrony przed rażeniem kul, odłamków i ostrych narzędzi, skażeniami chemicznymi radiacyjnymi i biologicznymi, zagrożeniem termicznym, uszkodzeniem wzroku – promieniowanie UV i laserowe,
- optymalizację właściwości ochronnych i komfortu użytkowego ubioru,

- doskonalenie właściwości maskujących.

Indywidualne systemy rozpoznania i łączności

Procedury uzupełniania wyposażenia osobistego żołnierza o nowoczesne systemy rozpoznania pola walki i łączności są nierozdzielnie związane z postępem technicznym i miniaturyzacją sprzętu elektronicznego. Urządzenia typu: palmtop z osobistą radiostacją, zestawem mikrofonowo-słuchawkowym, układem określania pozycji, czujnikami analizującymi zagrożenia chemiczne i biologiczne oraz nadzorujące stan wydolności organizmu żołnierza, mierzące np. temperaturę ciała, puls, ciśnienie krwi stanowiące indywidualne wyposażenie żołnierza. Zintegrowany z ubiorem osobisty system komputerowy z kamerą cyfrową będzie źródłem informacji bezpośrednio dla użytkownika, a w ramach bezprzewodowej sieci również dla pozostałych żołnierzy pododdziału i stanowiska dowodzenia. Ten zakres możliwości technicznych systemu rozpoznania wymusi konieczność dokonania zmian w sposobie przenoszenia poszczególnych elementów wyposażenia żołnierza. Nowe systemy łączności, połączone z monitoringiem, wymagać będą odpowiedniego rozmieszczenia czujników, podzespołów oraz wymiennych elementów zasilających. Prawidłowe funkcjonowanie tych urządzeń nie może być ograniczane koniecznością zmiany ukompletowania ubioru i wyposażenia ochronnego czy możliwością uszkodzenia systemu o inne elementy wyposażenia lub przeszkody terenowe. Kryteria te oraz perspektywy stałej modernizacji oraz miniaturyzacji systemów łączności realizowane mogą być jedynie w oparciu o system modułowego przenoszenia wyposażenia. Szelki lub kamizelki taktyczne z kombinacją zapieć mocujących zasobniki z amunicją, maską przeciwgazową, żywnością, pojemnikiem na wodę, osobistymi środkami łączności, są już nieodzownym wyposażeniem wszystkich armii.

Przenoszenie wyposażenia przez żołnierza

O wyborze systemu modułowej formy kompletowania i przenoszenia wyposażenia w formie szelek lub kamizelki decydować będzie funkcjonalność poszczególnych rozwiązań w zakresie:

- właściwej sprawności mocowania poszczególnych modułów, bez występowania przemieszczeń w trakcie marszu lub biegu, dla różnych kompletów ubioru i wyposażenia ochronnego, np. na kamizelce kuloodpornej,
- możliwości łatwego zdjęcia całego lub części wyposażenia i samodzielnego, szybkiego ponownego jego założenia, odpinane w sytuacjach ekstremalnych (np. skok na

spadochronie, pokonywanie trudnych przeszkód terenowych) elementy wyposażenia nie mogą ulegać rozproszeniu, zagubieniu i powinny być ciągle spięte ze sobą,

- zestawu nagłownego (hełm), kamizelki kuloodpornej.

Funkcje ochronne ubioru bojowego

Wymagania współczesnego pola walki kierunkują modernizację bojowych ubiorów wojskowych na rozwiązania o charakterze specjalistycznych ubiorów ochronnych. Różnorodność występujących zagrożeń oraz tempo prowadzonych działań sprawiają, że żołnierz w sytuacji wykonywania zadania bojowego powinien być stale wyposażony we właściwe osłony. Informacje przekazywane z Iraku wskazują na potrzeby wykorzystywania kamizelek ochronnych i hełmów, również w miejscach dyslokacji jednostek w sytuacjach uzasadnionych koniecznością podwyższania stanów gotowości bojowej. Optymalnym rozwiązaniem przyszłościowym będzie więc mundur charakteryzujący się przynajmniej podstawowym zabezpieczeniem użytkownika przed bronią masowego rażenia, środkami chemicznymi i bakteriologicznymi. Materiały zasadnicze o właściwościach barierowych, charakteryzujące się dodatkowo niepalnością wraz z uzupełniającymi ochronami dróg oddechowych, oczu i rękawicami, powinny osłaniać całą powierzchnię ciała żołnierza. Miejsca styku cholewek obuwia i dołów nogawek, mankietów rękawów i rękawic, okolice twarzy i szyi muszą być uszczelnione w stopniu porównywalnym do poziomu ochrony uzyskanego dla rodzaju zastosowanych rozwiązań materiałów zasadniczych. Ochrony balistyczne typu kamizelka kuloodporna, hełm czy też zestaw nagłowny prawdopodobnie nie będą częściami ubioru stale noszonymi przez żołnierza. Postęp w zakresie skuteczności tych ochron będzie jednak w sposób naturalny wymuszany kolejnymi zmianami rozwiązań amunicji strzeleckiej i środków rażenia. Nie należy jednak oczekiwać, że nawet zastosowanie materiałów wykonanych w nowych, bardziej zaawansowanych technologiach pozwoli na znaczące obniżenie masy poszczególnych elementów osobistego opancerzenia żołnierza. Ich stosunkowo wysoka masa oraz konieczność stałej modernizacji rozwiązań materiałowych i konstrukcyjnych uzasadniają perspektywy rozwoju jedynie w formie dodatkowych elementów wyposażenia, noszonych w sytuacjach zagrożenia. Rozwój funkcji ochronnych samego ubioru sprowadzać się będzie głównie do zabezpieczenia przed uszkodzeniami mechanicznymi kończyn, np. w formie osłon stawów łokciowych i kolanowych wprowadzanych w mundurze lub wzmocnień spodów, śródstopia w trzewikach. Również prace nad środkami ochrony wzroku żołnierza w najbliższej przyszłości prowadzone będą dwukierunkowo. Doskonalone będą rozwiązania klasycznych gogli w zakresie poprawy

zabezpieczenia przed oddziaływaniem promieniowania ultrafioletowego i laserowego oraz ochrony oczu przed uszkodzeniami mechanicznymi. Działania te połączone będą z pracami nad zintegrowaniem hełmu, urządzeń do obserwacji oraz osłon twarzy w jeden system zestawu nagłownego. Nowe urządzenia, w jakie wyposażony będzie indywidualny żołnierz muszą być funkcjonalnie dostępne przez cały czas wykonywania zadania bojowego, a ich wykorzystanie nie może utrudniać lub ograniczać możliwości użycia własnych środków bojowych. Z nowym wyposażeniem, żołnierz nie może być wyłącznie operatorem sprzętu łączności, noktowizyjnych środków obserwacji, lecz bezpośrednim odbiorcą danych niezbędnych do natychmiastowego podjęcia skutecznej akcji bojowej. Zagadnienie wymiany ciepła i wilgoci między powierzchnią ciała, poszczególnymi warstwami odzieży, wyposażenia i środowiskiem zewnętrznym w istotny sposób wpływa na wydolność fizyczną, a zatem i na zdolność bojową żołnierza. Procesowi doskonalenia funkcji ochronnych musi towarzyszyć większe wykorzystanie nowych materiałów barierowych. Te zmiany spowodują, że ilość powietrza „zamkniętego” w odzieży będzie podlegała skutecznemu ograniczeniu przez krój, rozwiązanie modelowe oraz dopasowanie poszczególnych części ubioru. Nawet stosując rozwiązania materiałów paroprzepuszczalnych, należy spodziewać się znacznych ograniczeń wskaźników oporu przenikania pary wodnej na elementach opancerzenia typu kamizelka kuloodporna, hełm. Materiały oraz kompletne ubiory bojowe muszą podlegać doskonaleniu w zakresie podwyższenia zdolności odprowadzania wilgoci od powierzchni ciała dla całego układu warstw ubioru wraz z osłonami balistycznymi i wprowadzenia systemu wymuszonej wentylacji warstw umieszczonych pod zewnętrznymi materiałami barierowymi.

Obszar technologiczny VI - NOWOCZESNE MATERIAŁY, W TYM WYSOKOENERGETYCZNE I INTELIGENTNE

A. MATERIAŁY WYSOKOENERGETYCZNE

1. Prochy wielobazowe

W Polsce produkuje się prochy jednobazowe, których wytwarzanie jest czasochłonne i energochłonne. Formowanie ciasta prochowego oparte jest o rozpuszczalniki lotne (alkohol – eter), których znaczna część ulatnia się do atmosfery, co zawsze stanowi zagrożenie dla środowiska. Proces usuwania tych rozpuszczalników powoduje porowacenie zewnętrznych warstw, a zarazem niekorzystne zmiany balistyczne prochu. W wielu krajach produkowane są prochy dwubazowe składające się z NC i ciekłych nitroestrów, najczęściej nitrogliceryny (NG) lub dinitrodiglikolu (DGDN) oraz trójbazowe, w których trzecim składnikiem

najczęściej jest nitroguanidyna (NQ). W prochach tych uzyskuje się znacznie większe możliwości zmian balistycznych i mogą one być efektywniej wykorzystane do różnych rodzajów amunicji. Koszty produkcji są znacznie mniejsze, a proces wytwarzania bardziej ekologiczny ze względu na stosowanie rozpuszczalników nielotnych.

Obecnie prochy do różnej amunicji są sprowadzane od zagranicznych producentów. Istnieje pilna potrzeba wprowadzenia do produkcji nowych technologii tańszych w realizacji i efektywniej zamieniających energię spalania prochów w energię kinetyczną pocisku. Badania powinny objąć zarówno produkcję surowców, takich jak nitroceluloza i ciekłe nitroestry, jak i wytwarzanie na ich podstawie gotowych materiałów miotających. Na pierwszym etapie badań, celowym wydaje się użycie jako surowca bazowego jednej z odmian prochów wytwarzanych w ZPS w Pionkach i wykorzystanie możliwości modyfikacji warstwy palnej metodą impregnacji.

Inwestycja w badanie fizykochemicznych podstaw technologii i rozwój technologii produkcji szeroko rozumianych materiałów miotających jest działaniem długofalowym. Istotne jest zwłaszcza opracowanie własnych technologii zaawansowanych materiałów miotających, które nigdy nie były produkowane w Polsce, a często dopiero wchodzą do użycia w innych krajach. W przypadku realizacji omawianych badań technologicznych istnieje realna możliwość konkurencyjności polskich producentów na rynkach krajowych i zagranicznych.

Granulacja nitrocelulozy

Docelowym rozwiązaniem powinno być jednak rozwijanie nowoczesnych materiałów na bazie celulozy granulowanej z wykorzystaniem technologii mokrej granulacji. Granulat formuje się z zawiesiny wodnej NC i octanu etylu w obecności koloidu ochronnego w reaktorach z szybkoobrotowymi mieszadłami.

Do najważniejszych zalet proponowanej metody należą:

Bezpieczeństwo produkcji - Dzięki wykonywaniu większości operacji w wodzie prawie całkowicie wyeliminowane zostaje ryzyko pożaru lub wybuchu. Maleje zatem prawdopodobieństwo przerwania ciągłości produkcji, zniszczenia urządzeń i strat materialnych z tym związanych.

Ujednolodnienie nitrocelulozy - Nitroceluloza jest materiałem pochodzenia naturalnego, modyfikowanym chemicznie. Z tego względu wykazuje dużą niejednorodność składu i właściwości. Do otrzymywania materiałów miotających o założonych parametrach i

powtarzalnych właściwościach konieczne jest zapewnienie maksymalnej jednorodności nitrocelulozy. W przypadku nitrocelulozy włóknistej jest to możliwe jedynie w niewielkim stopniu, poprzez mieszanie w zawiesinie wodnej. Badając krajowe prochy jednobazowe do amunicji średniokalibrowej można zauważyć dużą niejednorodność właściwości kinetycznych procesu spalania pojedynczych ziaren, co wskazuje na niezadowalające ujednorodnienie ciasta prochowego w procesie jego wytwarzania. Proces mieszania i wnikania składników małowcząsteczkowych, modyfikujących właściwości palne i mechaniczne jest zależny od właściwości i subtelnej struktury włóknistej NC. Stosowany dotychczas sposób mieszania nie zapewnia właściwego ujednorodnienia. Z przedstawionych faktów wynika potrzeba wstępnego ujednolicenia NC przed procesem tworzenia materiału miotającego. W procesie granulacji nitroceluloza ulega częściowej żelatynizacji, przez co jest bardziej podatna na mieszanie. W rezultacie uzyskany produkt cechuje wysoka jednorodność składu i właściwości fizykochemicznych.

Przydatna postać produktu - W wyniku granulacji otrzymuje się produkt o kształcie sferycznym, przydatny do dalszego przetwórstwa. Ważną cechą granulatu jest powtarzalny kształt i niewielki rozrzut rozmiarów. Podkreślić należy szczególną przydatność granulatu w procesach zautomatyzowanych. Dzięki formie kulistej granulaty nadaje się znakomicie do automatycznego pomiaru objętościowego, jak i dozowania.

Możliwość modyfikacji właściwości produktu - W procesie formowania granulatu można wprowadzić substancje modyfikujące właściwości kinetyczne procesu spalania poprzez dodanie składników wysokoenergetycznych (nitroestrów) lub składników o małym efekcie cieplnym spalania oraz substancji modyfikujących kinetykę procesu spalania.

2. Paliwa rakietowe

Nowoczesne paliwa rakietowe powinny być bezsmugowe i nie powinny zawierać w produktach spalania chlorowodoru. Produkty spalania powinny być zgodne ze związkami znajdującymi się w naturalnym środowisku. Ten warunek wyklucza stosowanie tradycyjnych paliw opartych o nadchloran amonu i aluminium. Do ich wytwarzania mogą być wykorzystane materiały dwu i trzy bazowe otrzymywane z nitrocelulozy, a w paliwach rakietowych o specjalnym przeznaczeniu jako składniki palne wprowadza się związki wybuchowe, takie jak: heksogen, oktogen lub 2,4,6,8,10,12-heksanitro-2,4,6,8,10,12-heksaazaisowurtzitan (CL-20). Paliwa te muszą zawierać nieaktywne lub aktywne lepiszcze polimerowe, plastyfikatory i odpowiednie stabilizatory. Jednym z

kluczowych problemów jest znalezienie utleniacza, który zastąpi nadchloran amonu. Analiza informacji literaturowych wskazuje, że duże możliwości zastosowania jako utleniacza ma sól amonowa dinitroaminy (ADN). Zaletami tej soli w porównaniu do nadchloranu są: większa szybkość spalania, większa ilość produktów gazowych i brak chloru, ale opracowanie bezpiecznej technologii jej wytwarzania jest trudnym problemem i wymaga opracowania efektywnych stabilizatorów. Realizacja tego zadania będzie wymagała ścisłej współpracy ze specjalistami z dziedziny technologii polimerów, w celu optymalizacji składu i metod syntezy lepszych poliuretanowych oraz polimerycznych plastyfikatorów.

3. Składniki do produkcji prochów i paliw rakietowych

Asortyment bazowych materiałów wysokoenergetycznych wytwarzanych obecnie w kraju jest dość ubogi. Obejmuje on głównie prochy nitrocelulozowe i nitroglicerynowe, trotyl, dwunitrotoluen, oktogen, pentryt. Szereg innych materiałów jest dostępnych na rynku i może być wykorzystanych do tworzenia ostatecznych formułacji. W kilku ośrodkach badawczych w kraju prowadzone są prace nad technologiami wytwarzania niektórych składników wysokoenergetycznych i stabilizatorów. Przy realizacji zadań przewidzianych w punktach 1-3 należy precyzyjnie zdefiniować bazę surowcową i dokonać wyboru kilku składników, których produkcja ma szansę być uruchomiona w specjalistycznych przedsiębiorstwach.

4. Małowrażliwa amunicja

Poprawa stabilności amunicji nie jest w tej chwili problemem priorytetowym w Polsce jednak należy się liczyć z możliwością nowych standardów narzuconych producentom przez NATO. Z tego względu celowe jest podjęcie prac rozpoznawczych w tej dziedzinie. Prace te powinny obejmować :

- opanowanie metod badania materiałów wysokoenergetycznych pod kątem ich wrażliwości na bodźce wywołane różnymi zagrożeniami,
- opracowanie metod modelowania zjawisk towarzyszących reakcji materiałów wysokoenergetycznych,
- opanowanie syntezy i stworzenia podstaw technologii wytwarzania małowrażliwych materiałów, a w szczególności NTO, FOX-7, CL-20,
- optymalizację składu kompozycji o obniżonej czułości na bodźce termiczne i mechaniczne.

5. Materiały inicjujące i masy smugowe

- materiały inicjujące takie jak spłonki, przekaźniki ognia, opóźniacze (bez zawartości rtęci, ołowiu i metali ciężkich) o niskiej energii zapłonu,
- masy smugowe pracujące w podczerwieni.

B. NOWOCZESNE MATERIAŁY WIELOFUNKCYJNE I INTELIGENTNE

Potrzeby w zakresie zastosowania zaawansowanych materiałów i nowoczesnych technologii w produkcji wyposażenia i uzbrojenia wojskowego są wszechstronne i ukierunkowane na najnowsze rozwiązania. Przemysł zbrojeniowy wykorzystuje do swoich potrzeb praktycznie wszystkie znane rodzaje materiałów konstrukcyjnych i funkcjonalnych, a wobec stałego dążenia do uzyskania/zachowania przewagi technologicznej nad rozwiązaniami stosowanymi przez potencjalnego przeciwnika materiały i technologie wytwarzania i przetwarzania stosowane w produkcji dla potrzeb wojska powinny podlegać stałemu doskonaleniu. Zaawansowane materiały to materiały lżejsze, bardziej wytrzymałe, o większej sztywności i przydatności do zastosowania w wysokiej temperaturze i środowiskach agresywnych. Dzięki temu sprzęt wojskowy zyskuje na mobilności, manewrowości, zwiększeniu możliwości transportowych, wydłużeniu czasu użytkowania bez pogorszenia cech funkcjonalnych. Współcześnie, coraz większego znaczenia nabiera też rachunek całkowitych kosztów wyposażenia wojskowego, uwzględniający wytworzenie, użytkowanie, obsługiwanie i ostatecznie utylizację zużytego sprzętu. Efektywne wydłużenie czasu bezpiecznego użytkowania sprzętu ma istotny wpływ na rachunek kosztów, dlatego istnieje duże zainteresowanie „materiałami inteligentnymi”, zdolnymi do zbierania i przekazywania danych na temat bieżącego stanu tworzonej przez nie konstrukcji. Stąd też gwałtownie rosnące potrzeby w zakresie rozwoju nowych, mikro i nanowymiarowych czujników, które mają być „wbudowywane” w strukturę przynajmniej niektórych materiałów i konstrukcji. Niezbędne są również nowe rozwiązania w zakresie nadajników i odbiorników informacji z czujników rozmieszczonych w konstrukcjach i materiałach inteligentnych. Priorytetowym wymaganiem dla zastosowań i rozwoju techniki wojskowej są materiały wielofunkcyjne, w szczególności kompozyty, które przy wysokiej wytrzymałości i sztywności dają szansę „wbudowania” w ich strukturę funkcji diagnozowania stanu a nawet samonaprawy ewentualnych uszkodzeń, tłumienia fal elektromagnetycznych i akustycznych, transmisji lub izolacji ciepła, tworzenia nanoogniw elektrycznych i produkcji energii elektrycznej czy sterowania właściwościami magnetycznymi.

Wobec braku jednoznacznej wizji rozwoju Sił Zbrojnych RP w perspektywie 5-15 lat, w przedstawionej analizie priorytetów materiałowo-technologicznych w zakresie wytwarzania i eksploatacji sprzętu wojskowego, możliwe było jedynie wskazanie na potencjalnie ważne tendencje światowe, jakie zarysowały się w ostatnich latach w obszarze problematyki materiałowo-technologicznej w technice wojskowej i – w odniesieniu do kraju - uwypuklenie możliwości rozwoju tych obszarów, w których odnotowano istotny postęp w badaniach krajowych, jak dotąd bez perspektywy uzyskania stopnia zaawansowania wystarczającego do wdrożenia w praktyce.

Pełne spektrum ważnych tendencji w zakresie kształtowania pożądanych właściwości nowoczesnych materiałów dla potrzeb przemysłu obronnego jest bardzo szerokie i obejmuje m.in. wielofunkcyjność, zdolność samodiagnostyki i naprawy, minimalizację całkowitego kosztu systemu, minimalizację wymagań obsługowych, wysoką powtarzalność właściwości i niezawodność, problemy minimalizacji oddziaływania materiału/konstrukcji na środowisko.

Charakterystyczną cechą amerykańskich badań poświęconych nowym materiałom i technologiom dla potrzeb obronności w perspektywie 10-15 lat jest zakreślenie stosunkowo wąskiego spektrum priorytetów, do których zaliczono komputerowo wspomagane projektowanie i symulację pracy elementów sprzętu wojskowego, śledzenie zmian materiałowych w trakcie procesu eksploatacji, projektowanie i rozwój materiałów kompozytowych oraz uwzględnienie problemu nieniszczącego diagnozowania i kontroli stanu materiału i wyrobu już na etapie jego projektowania. Szczególne docenienie symulacji komputerowych wynika z faktu, iż upatruje się w nich szansę na bardziej precyzyjne projektowanie i dobór właściwości materiałowych do konkretnej konstrukcji, możliwość wirtualnego śledzenia zachowania opracowanego materiału w symulowanych warunkach eksploatacji, równoległy z projektowaniem materiału dobór optymalnych rozwiązań konstrukcyjnych oraz skrócenie i potaniecie procedury wprowadzenia nowej koncepcji sprzętu do użytkowania. Jako rewolucyjne zmiany określa się też podejście konstrukcyjne bazujące na projektowaniu nie tylko w oparciu o znajomość wyjściowych właściwości zastosowanego materiału, ale w oparciu o znajomość zmian tych właściwości dokonujących się w trakcie procesu eksploatacji i wpływu ресурсu sprzętu.

W ramach aktywności **NATO RTA** najbardziej właściwy tematycznie jest panel **Applied Vehicle Technology (AVT)**, do którego kompetencji należą aktualnie między innymi (z obszaru materiałowo-technologicznego) badania materiałów wielofunkcyjnych dla sprzętu wojskowego, w tym z dużym naciskiem na wszelkiego typu platformy bezzałogowe i inne obiekty o dużej skali miniaturyzacji, materiałów na lekkie osłony balistyczne dla

sprzętu wojskowego i siły żywej, materiałów o podwyższonej odporności na zmęczenie korozyjne, pękanie korozyjno-zmęczeniowe – zwłaszcza w aspekcie oceny zapasu żywotności i możliwości odtworzenia cech funkcjonalnych używanego sprzętu wojskowego, a także poszukiwanie efektywnych, ekonomicznych technologii przetwarzania materiałów zawansowanych. Polska ma swoją aktywną reprezentację w grupach roboczych NATO, w tym 3 osobową w AVT.

Jeszcze szersze spektrum uszczegółowionych zagadnień materiałowo-technologicznych jest reprezentowane w zakresie aktywności **European Defence Agency (EDA)**, powołanej m.in. w związku z pilną potrzebą zmniejszenia drastycznej dysproporcji (1:5) w nakładach finansowych na prace badawczo-rozwojowe dla potrzeb obronności wydatkowanych odpowiednio przez UE i USA. Komitet techniczny **GEM01-Materials** jest jednym z 12 CAPTECH, pogrupowanych w trzech głównych obszarach badań. Założeniem prac organizowanych i dofinansowywanych przez CapTech GEM01 jest koncentracja badań materiałów perspektywicznych dla zastosowań w budowie sprzętu wojskowego w kroczącej perspektywie czasowej 10 lat. Aktualne preferencje EDA są bardzo szerokie (raczej zbyt szerokie w porównaniu do jednoznacznie zakreślonych priorytetów amerykańskich) i dotyczą nowych rozwiązań w obszarze tworzyw metalowych, ceramicznych i polimerowych oraz kompozytów na bazie tworzyw podstawowych, najnowszych rozwiązań w zakresie konstrukcyjnego użycia materiałów wielofunkcyjnych i inteligentnych, nowoczesnych technologii łączenia materiałów i modyfikowania stanu ich powierzchni, m.in. w celu zwiększenia odporności na korozję i zużycie, nowoczesnych technologii ekonomicznego kształtowania plastycznego i obróbki ubytkowej tworzyw inżynierskich. Z aspektami materiałowymi jest zintegrowana tematyka badań eksperymentalnych i modelowanie matematyczne w zakresie badań wpływu drgań i zmęczenia materiałów i konstrukcji z eksponowaniem metod mechaniki pękania i określaniem zapasu żywotności sprzętu wojskowego. Do właściwości CapTech GEM01 należy też organizowanie badań w zakresie materiałów i technologii zwiększających stopień niewykrywalności platform wojskowych, w tym materiałów pochłaniających drgania i fale akustyczne, kontrolujących emisję w zakresie podczerwieni, powłok i materiałów konstrukcyjnych o zwiększonej absorpcji fal radarowych.

Najbardziej ogólna konkluzja z przeprowadzonej analizy jest trywialna - badania i wdrożenia w zakresie materiałów i procesów technologicznych są niezbędne, aby poprawiać materiały i konstrukcje już stosowane i osiągnąć poziom przydatności konstrukcyjnej w nowych materiałach. Krajowe potrzeby w zakresie nowoczesnych materiałów i technologii

dla przemysłu zbrojeniowego nie są niestety jednoznacznie sprecyzowane, niemniej idąc za przykładami sformułowanymi w wymaganiach światowych można wskazać następujące uniwersalne dla każdej nowoczesnej armii aspekty poszukiwań nowych rozwiązań materiałowo-technologicznych. Przykładowe, ważne potrzeby w zakresie nowoczesnych materiałów wielofunkcyjnych i inteligentnych to:

◆ Materiały lekkie zapewniające ekwiwalentną funkcjonalność

Redukcja ciężaru jest szczególnie ważnym wyzwaniem – od czołgu po ekwipunek pojedynczego żołnierza. Funkcjonalność wyposażenia wojskowego musi być zachowana na współczesnym poziomie, np. w zakresie odporności na ogień przeciwnika, a ponadto rozszerzona o lepsze rozpoznawanie otoczenia, komunikowanie z pozostałymi elementami systemu obronnego, przeciwstawianie się nowym zagrożeniom, zwiększenie siły niszczenia.

◆ Materiały zwiększające ochronę i zdolność przetrwania

Pozostaje krytycznie ważne dla założeń projektowych zachowanie zdolności ochronnych przed ogniem przeciwnika, zwłaszcza przy zredukowanym ciężarze konstrukcji. Konieczne są nowe podejścia do osiągnięcia tej zdolności a szczególnie obiecujące są w tym zakresie materiały wielofunkcyjne.

◆ Materiały zwiększające niewykrywalność

Ponieważ obszar stosowania różnego sprzętu wojskowego wciąż się rozszerza jest bardzo ważne, aby różne elementy stosowanego sprzętu były niewykrywalne tak długo jak to jest możliwe. Jest to bardzo ważny kierunek badań szczególnie w materiałach konstrukcyjnych wielofunkcyjnych, które łączą w sobie niewykrywalność wynikającą z cech materiału, jak i z użycia materiałów optycznych i urządzeń aktywnie odpowiedzialnych za osiągnięcie niewidzialności.

◆ Materiały elektroniczne i fotoniczne dla szybkiej transmisji danych

Łączność i koordynacja różnych elementów „armii jutra” wymaga szerokopasmowej, bezpiecznej transmisji, składowania i odtwarzania danych. To wymaga materiałów optycznych i elektronicznych lub ich kombinacji. W dodatku siły zbrojne, dążąc do redukcji ciężaru i zwiększenia szybkości, będą oczekiwały, że wspomniana funkcjonalność zostanie osiągnięta z tak małej objętości i małej masy jak to tylko jest możliwe.

♦ Materiały do budowy czujników i aktuatorów

Badania w zakresie materiałów do wytwarzania czujników i aktuatorów są bardzo ważne, gdyż na polu walki konieczne jest wykrywanie różnorodnych sygnałów. Szczególnie istotne jest tu wykrywanie zagrożeń chemicznych i biologicznych.

W kraju istnieje potencjał badawczo rozwojowy do podjęcia prac w każdym z wyżej prezentowanych zagadnień, w szczególności poszerzonych o bardziej ogólny problem materiałów zapewniających poprawę właściwości eksploatacyjnych, oczywiście po uzgodnieniu przez gestorów sprzętu wojskowego priorytetów i celów do osiągnięcia i zapewnieniu adekwatnego finansowania kompleksowych prac. W perspektywie podjęcia takich decyzji warto byłoby opracować systemowy sposób komunikacji pomiędzy ośrodkami badawczymi i ośrodkami decyzyjnymi odpowiedzialnymi za podejmowanie decyzji technicznych dotyczących projektowania systemów wyposażenia wojskowego, w celu bieżącego przekazywania wiedzy o potencjalnych zaletach nowych rozwiązań materiałowych oraz analizy stanu tych ważnych już użytkowanych systemów sprzętu, których funkcjonalność mogłaby być poprawiona poprzez modernizację z użyciem materiałów nowo opracowywanych.

Jednocześnie należy zwrócić uwagę na fakt, iż efektywne badania szerokiego spektrum materiałów i technologii będą skutecznie oddziaływały na przyszły system obronny tylko wtedy, kiedy także uwzględnione zostaną równolegle wszystkie inne aspekty inżynierskiego działania obejmujące zaawansowane metody projektowania, wytwarzania i monitoringu eksploatacji. Aspekty te powinny być rozważane wyprzedzająco w stosunku do działań badawczo-rozwojowych, ponieważ z tych rozważań powinny wynikać kierunki, jakie powinny być eksponowane w samych badaniach materiałów. Do grupy tych ważnych aspektów inżynierskich należy wybór metody projektowania, najlepiej z zastosowaniem koncepcji projektowania materiału razem z systemem, uwzględnienie wpływu materiałów na koszty rozwoju i utrzymania gotowości, dostępność komercyjnych zamienników, określenie poziomu ryzyka wynikającego z zastosowania nowych rozwiązań materiałowych, wybór efektywnej i ekonomicznej technologii wytwarzania oraz uwzględnienie aspektu żywotności wyrobu.