

GAŁAJ Jerzy, ŁAZORKO Tomasz

## OGÓLNA KONCEPCJA WYKORZYSTANIA SAMOLOTU BEZZAŁOGOWEGO DO OCHRONY PRZECIWOŻAROWEJ LASÓW W POLSCE

### Streszczenie

Niniejsza praca jest poświęcona koncepcji wykorzystania Bezzałogowych Statków Powietrznych (BSP) w ochronie przeciwpożarowej lasów znajdujących się na terenie Polski. W krajach zachodnich ta technologia jest już wykorzystywana na dużą skalę, ponieważ jej zastosowanie przyczynia się do znacznej redukcji kosztów związanych z bezpieczeństwem pożarowym lasów. Stało się to możliwe dzięki znacznemu zmniejszeniu wymiarów i wagi kamer zwykłych i na podczerwień, które są jednym z podstawowych elementów wyposażenia BSP. Głównym celem przedstawionej w pracy koncepcji jest zastąpienie obecnego sposobu prowadzenia patrołowania i rozpoznania lotniczego lasów w celu wczesnego wykrycia pożaru metodami, które wykorzystują BSP. Zastosowanie BSP ma także pomóc w realizacji zadań, jakie musi wykonać kierujący działaniami ratowniczymi podczas pożaru lasu. W pierwszej części pracy przybliżono tematykę stosowanych obecnie na świecie BSP a także omówiono jego budowę oraz systemy sterowania i wyposażenie na nim instalowane. W dalszej części wyjaśniono podstawowe pojęcia związane z rozpoznaniem lotniczym a także przedstawiono aktualny jego stan, jaki występuje obecnie w Polsce. W końcowej części zamieszczono autorską propozycję stworzenia projektu systemu bazującego na BSP, który byłby przydatny w Polsce i służył zarówno do patrołowania lotniczego lasów jak i współdziałania z Kierującym Działaniami Ratowniczymi (KDR) podczas działań gaśniczych związanych z pożarem lasu. W ostatnim rozdziale zamieszczono podsumowanie przeprowadzonych rozważań.

### WSTĘP

Bezzałogowy Statek Powietrzny (BSP) we współczesnej terminologii jest to konstrukcja latająca, która wykonuje lot bez pilota na pokładzie. Nie ma możliwości zabierania pasażerów oraz umożliwia wielokrotne użycie. Często w skrócie używa się nazwy UAV (z ang. *Unmanned/ Unpiloted Aerial Vehicle*), bezzałogowce lub dron. Nazwą bezzałogowy system latający (z ang. *Unmanned Aerial System*) określa się kompletny system, na który składa się nie tylko właściwy aparat latający, ale również moduły sterowania nim, stacja naziemna itd. Natomiast pojęciem Unmanned Combat Aerial Vehicle w skrócie (UCAV) określa się militarne bezzałogowce bojowe [4]. Bezzałogowe statki latające wykorzystywane są współcześnie przez siły powietrzne wielu armii świata do obserwacji, rozpoznania i akcji bojowych. Dzięki zastosowaniu zaawansowanych technologii elektronicznych i informatycznych, wyposażeniu w głowice optoelektroniczne służące do obserwacji i detekcji, instalacji na pokładzie środków bojowych, możliwa jest realizacja skomplikowanych autonomicznych misji militarnych. Aparaty UAV posiadają również olbrzymi potencjał zastosowań w sferze cywilnej, w różnych dziedzinach nauki, techniki i gospodarki.

Na świecie powstało już wiele odmian BSP, które dzielą się na kilka kategorii (wielkość, zasięg i czas lotu, ciężar przenoszonego ładunku, system sterowania, wyposażenie). Poniżej przedstawione zostaną główne i najczęściej podawane przez producentów kategorie i klasyfikacje BSP. Główny podział BSP ze względu na sposób unoszenia się w przestrzeni powietrznej jest następujący [5]:

1. Aerodyny- statki powietrzne utrzymujące się w powietrzu dzięki sile nośnej, powstającej przez dynamiczne oddziaływanie powietrza na nieruchome lub ruchome płaty nośne. Wyróżniamy tu dwa rodzaje aerodyn:
  - a) z nieruchomymi płatami nośnymi – samoloty oraz szybowce,
  - b) z ruchomymi płatami – śmigłowce i wiatrakowce oraz skrzydłowce.
2. Aerostaty - statki powietrzne, unoszące się w powietrzu dzięki sile wyporu. Do aerostatów zalicza się balony i sterowce.

Każda z dwóch głównych podgrup opisująca BSP – ze względu na unoszenie się w powietrzu posiada wady i zalety. Bliższe szczegóły na ten temat można znaleźć w tab. 1 zamieszczonej w pracy [7].

Współcześnie istnieje wiele kategorii BSP w zależności od przyjętego kryterium, jakim jest: zasięg, przeznaczenie, charakter użycia, wysokość, na jakiej wykonuje on zadania, długość lotu lub nośność. Dlatego wyróżnić możemy następujące ich rodzaje [27]:

1. BSP bliskiego zasięgu **Close Range UAV (Cr UAV)** spełniające wymagania i potrzeby szczebla taktycznego a także umożliwiające śledzenie działań przeciwnika w rejonie zainteresowania i odpowiedzialności tego szczebla dowodzenia.
2. BSP krótkiego zasięgu **Short Range UAV (Sr UAV)** przeznaczone głównie do wspierania działań dywizji, jak również do samodzielnego batalionu i brygady sił zadaniowych oraz korpusu. Spełniają one wymagania i potrzeby w zakresie rozpoznania i śledzenia działań przeciwnika do odległości 150 km.
3. BSP pionowego startu i lądowania **Vertical take off and landing UAV (Vtol UAV)** zaprojektowane w celu uzupełniania Sr UAV.
4. BSP średniego zasięgu **Medium Range UAV (Mr UAV)** spełniające wymagania i potrzeby rozpoznania przed i po uderzeniu na silnie bronione cele, oraz uzupełniające rozpoznanie prowadzone przez samoloty załogowe poprzez uzyskanie zobrazowania o wysokiej jakości i czasie zbliżonym do realnego.
5. BSP o dużej długotrwałości lotu **Endurance UAV (E UAV)** przystosowane do wykonywania lotów na dużej wysokości, wyposażone we wszelkiego rodzaju sensory. Tego typu statki przystosowane są do prowadzenia rozpoznania wielo spektralnego.

Klasyfikację różnych systemów BSP ze względu na pięć podstawowych kryteriów, jakimi są: rodzaj statku (oznaczenie), masa, zasięg, wysokość lotu oraz możliwa długość jego pracy można znaleźć w tab. 2 zamieszczonej w pracy [7].

Na świecie BSP są wykorzystywane już od wielu lat. Znalazły one zastosowanie w różnych dziedzinach. BSP są powszechnie produkowane i wykorzystywane w USA i Izraelu, a także w innych krajach świata, w tym w Polsce. W sektorze cywilnym najczęściej wykorzystują je np. Francja, USA, Hiszpania, Niemcy, Anglia, Szwecja, Dania. Służą one przede wszystkim do patrolowania i rozpoznania różnych zagrożeń. Cywilne zastosowanie BSP idealnie nadaje się do monitorowania i wykrywania zagrożeń naturalnych. Przydatność tych systemów do prowadzenia tego typu operacji w pełni potwierdzają analizy prowadzone przez Europejską Organizację UAV – Net. Poniżej wymieniono i omówiono kilka głównych możliwości wykorzystania i zastosowania BSP [9].

## 1. Zastosowanie militarne

W pierwszej kolejności BSP były i są projektowane a następnie konstruowane do celów militarnych. Dopiero w późniejszym czasie znalazły zastosowanie w życiu cywilnym. Wykorzystanie BSP umożliwia prowadzenia operacji wojskowych w sposób bardziej wydajny i mniej ryzykowny, niż w przypadku samolotu pilotowanego przez człowieka. Podstawowe zastosowanie ma w wywiadzie, obserwacji i rozpoznaniu. Bardziej praktyczne jest wykorzystywanie BSP do celów wywiadowczych, rozpoznania i nadzoru misji. Dzięki niedużym rozmiarom i trudności ich wykrycia mogą być umieszczane w pobliżu potencjalnych celów. Używa się ich do atakowania celów naziemnych jak i mobilnych oraz w kierowaniu działaniami militarnymi i szpiegowskimi [27].

## 2. Zagrożenia pożarowe

BSP jako system, posiadający możliwość przesyłania obrazu w czasie rzeczywistym, idealnie nadaje się do monitorowania zagrożenia pożarowego obszarów leśnych oraz torfowisk. Monitorowanie zagrożeń pożarowych dzieli się na dwa elementy: wykrywanie i lokalizację ognisk spalania powiązane z wielogodzinnym patrołowaniem obszarów zagrożonych pożarem oraz przesyłaniem informacji w czasie rzeczywistym do stanowiska pracy operatora. Informacja obrazowa z kamer pokładowych TV lub IR służy do bardzo szybkiego i precyzyjnego określenia sytuacji pożarowej oraz miejsca pożaru przy użyciu systemu GPS. Głównymi zaletami systemów BSP jest to, że mogą one wykonywać różne wielogodzinne zadania w trudnych warunkach o każdej porze dnia i nocy bez względu na panujące warunki pożarowe i meteorologiczne.

## 3. Monitorowanie rozprzestrzeniania się pożaru i pogorzeliisk

Požary, w tym lasów, mają dużą tendencję do szybkiego rozprzestrzeniania się i zmiany sytuacji pożarowej. W takiej sytuacji ważną rolę mogą odgrywać systemy BSP, które będą służyć do przesyłania informacji obrazowych z przebiegu i postępu akcji gaszenia pożaru. Zdolność oceny sytuacji pożarowej przez KDR jest dość ograniczona ze względu na zadymienie i bliskość drzew. Natomiast podgląd z powietrza umożliwia bardziej efektywne podejmowanie decyzji, jak również rozplanowanie użycia sił i środków gaśniczych do gaszenia pożaru oraz podjęcie konkretnego zamiaru taktycznego. Rzeczywisty obraz może być przesyłany do dowódców poszczególnych odcinków bojowych, co zwiększa komfort pracy oraz bezpieczeństwo ratowników i osób postronnych. Po ugaszonym pożarze lasu Bezzałogowe Statki Powietrze mogą pełnić również ważną rolę poprzez monitorowanie sytuacji po pożarze. Dzięki temu możliwe jest oszacowanie wielkości strat i zniszczeń, a także wykrywanie innych zarzewi ognia dzięki kamerze termowizyjnej, jak również określenie wielkości obszaru objętego pożarem i strat po pożarowych. Państwami wykorzystującymi monitorowanie pogorzeliisk są: Hiszpania oraz Australia.

## 4. Zagrożenia powodziowe

BSP może znaleźć zastosowanie również w monitorowaniu stanu poziomu wód (rzek, jezior, rozlewisk) oraz terenów zagrożonych powodzią i podtopieniami. Za pomocą kamer znajdujących się na pokładzie BSP sprawdza się poziom wody w akwenach, stan wałów przeciwpowodziowych oraz rozwój sytuacji, w tym: prędkość i kierunek przemieszczania się fali powodziowej. BSP znajduje zastosowanie przy kierowaniu działaniami ratowniczymi i prewencyjnymi. Za pomocą przesyłanych współrzędnych lokalizuje się osoby poszkodowane lub zagrożone.

## 5. Patrolowanie granic państwa

Wykorzystanie możliwości wielogodzinnych lotów jest kolejną zaletą BSP. Skrytość i niska wykrywalność, niewielkie rozmiary i hałas powodowany przez zespół napędowy podczas lotu – w porównaniu z tradycyjnym samolotem czy śmigłowcem powodują, że system ten jest praktycznie niewykrywalny przez przemytników. Największym natomiast atutem BSP jest to, że mogą startować i lądować na doraźnie przygotowanym stanowisku startowym i co za tym idzie, można często zmieniać trasy ich lotów. BSP odznacza się bogatym i ciekawym wyposażeniem wnętrza zawierającym: kamery TV, LLTV do wykonywania zdjęć w warunkach ograniczonej widoczności, kamery na podczerwień do wykonywania zdjęć w nocy, zminiaturyzowane radary SAR wykorzystywane do wykonywania operacji w ciężkich warunkach atmosferycznych. Dzięki takiemu wyposażeniu BSP mogą praktycznie bezustannie prowadzić monitoring o każdej porze dnia i nocy, co go szczególnie predestynuje do patrolowania i monitorowania granic państw między USA a Meksykiem [27].

## 6. Lokalizowanie i monitorowanie katastrof technicznych oraz linii energetycznych i rurociągów

System BSP wyposażony w alternatywny (wymienialny) moduł do wykrywania skażeń mógłby być zastosowany do nadzorowania awarii i katastrof technicznych obiektów przemysłowych lub militarnych. Operacje te polegają na nadzorowaniu obiektów technicznych, których proces technologiczny może stanowić zagrożenie dla środowiska. Taka technologia stosowana jest w Niemczech. W przypadku dojścia do wycieku substancji toksycznych przy transporcie linią drogową czy kolejową, BSP jest wykorzystywany do monitorowania ruchu drogowego oraz do wczesnego wykrycia kolizji. Na podstawie przesyłanego obrazu operator podejmuje decyzje o skali akcji ratowniczej. Jednocześnie ustala on strefy bezpieczeństwa, a następnie wytycza objazdy dla ruchu drogowego i wspiera decyzje KDR. Wykorzystanie możliwości patrolowania przez wiele godzin oraz niski koszt w porównaniu z konwencjonalnymi metodami przyczyniło się do wykorzystania BSP do patrolowania wielokilometrowych linii energetycznych oraz rurociągów.

## 7. Fotogrametria obszarów leśnych

Fotogrametria jest działem nauki i techniki zajmującym się odtwarzaniem kształtów, rozmiarów i wzajemnego położenia obiektów w terenie na podstawie zdjęć fotogrametrycznych, wykonywanych z powierzchni Ziemi, samolotów lub satelitów. Bezzałogowe Statki Powietrzne kategorii Micro UAV i Mini UAV są obecnie najczęściej stosowane do pozyskiwania obrazów i danych fotogrametrycznych. Na ich podstawie można zrealizować następujące czynności [20]:

- a) pomiary katastralne,
- b) badania termowizyjne,
- c) badanie kształtu, deformacji i przemieszczeń obiektów inżynierskich,
- d) wyznaczenie objętości wyrobisk górniczych, składowisk surowców i mas ziemnych,
- e) inwentaryzacja i monitoring obszarów zurbanizowanych,
- f) inwentaryzacja morskich brzegów klifowych,
- g) rejestracja i inwentaryzacja obiektów archeologicznych,
- h) inwentaryzacja i dokumentacja architektoniczna obiektów zabytkowych i dóbr
- i) dziedzictwa kultury,
- j) modelowanie 3D pojedynczych obiektów oraz terenów zurbanizowanych,
- k) monitoring upraw i pokrycia terenu roślinnością oraz użytkowania terenu,
- l) rejestracja i monitoring obszarów leśnych oraz chronionych.

## 8. Inne wykorzystanie BSP

W krajach, takich jak Hiszpania czy Australia, BSP stosowane są do wstępnej oceny stanu katastrofy oraz szacowania strat po klęskach żywiołowych. W Niemczech BSP wykorzystuje się do monitorowania bezpieczeństwa na szlakach i akwenach wodnych, natężenia ruchu drogowego w okresie wakacyjnym, bezpieczeństwa imprez masowych, stanu upraw leśnych i rolnych. Do państw korzystających z możliwości, jakie daje BSP, należą również: Malezja, Indonezja i Singapur, które używają go do patrolowania żeglugi morskiej zagrożonej w znacznym stopniu atakami piratów. Jednym z ciekawszych rozwiązań pochwalić się może Korea Południowa, która wykorzystuje BSP do przenoszenia ładunku jodku srebra służącego do wywoływania deszczu. Warto tutaj jeszcze wspomnieć o korporacjach naftowych, które zaopatrują się w tego typu maszyny, by móc monitorować swoje instalacje wydobywcze. BSP wykorzystywane są do rozpoznania taktycznego danego obszaru, szczegółowego rozpoznania wybrzeża, biegu rzeki, odczytania współrzędnych geograficznych zamierzonych celów, wykrycia min, zadymienia obszaru, kontroli żeglugi, zwalczania morskiego przemytu narkotyków oraz pomocy w operacjach poszukiwawczo – ratowniczych. Ciekawym pomysłem jest stosowanie BSP do transportu krwi dla potrzebujących ofiar wypadków. Rozwiązanie takie często stosowane jest w Afryce. Jak wynika to z wyżej przedstawionych informacji BSP mają szerokie spektrum zastosowania w Europie i na całym świecie [27].

## 1. BUDOWA, STEROWANIE I WYPOSAŻENIE BEZPILOTOWYCH STATKÓW POWIETRZNYCH

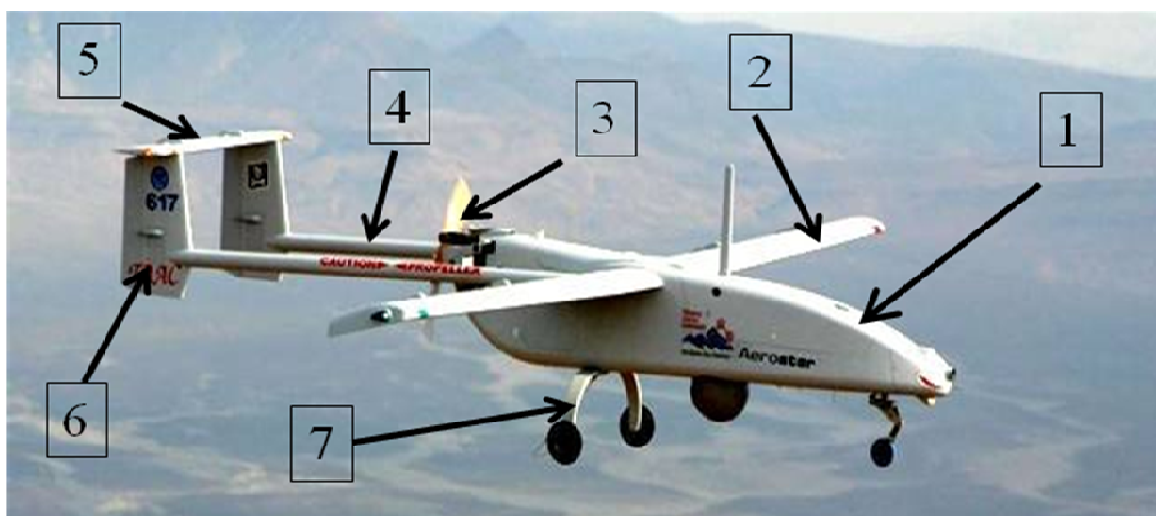
Budowa Bezzałogowego Statku Powietrznego jest zbliżona bardzo do konwencjonalnych samolotów używanych we współczesnych czasach. Zasady lotu, jakim podlegają samoloty wykorzystane obecnie, dotyczą również Bezzałogowych Statków Powietrznych. Ich konstrukcje są uzależnione od konkretnego zastosowania, a co za tym idzie ich wymiarów i parametrów technicznych. Kryteria podziału ze względu na charakterystyczne rozwiązania stosowane w konstrukcji BSP podano w tab. 1.

**Tab. 1.** Charakterystyka BSP ze względu na konstrukcję

Nazwa kryterium	Podział
Ilości płatów	a) jednopłatowe b) dwupłatowe
Umocowania na kadłubie głównego płatu	a) dolnopłaty b) średniopłaty c) górnopłaty
Ilości zamontowanych silników	a) jednosilnikowe b) wielosilnikowe
Liczby kadłubów	a) jednokadłubowe b) dwukadłubowe c) bezkadłubowe (tzw. latające skrzydło, rzadko spotykane)
Umocowanie płatu	a) wolnonośne b) zastrzałowe
Rodzaj podwozia	a) z podwoziem stałym b) z podwoziem chowanym

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [8]

Do najważniejszych elementów bezzałogowego samolotu można zaliczyć kadłub, skrzydła, usterzenie pionowe i poziome, podwozie oraz zespół napędowy. Na rys. 1 pokazano Bezzałogowy Statek Powietrzny wolnonośny w układzie podwójnej belki ogonowej.



**Rys. 1.** Bezzałogowy Statek Powietrzny (1-kadłub, 2-skrzydło, 3-zespół napędowy, 4-belka ogonowa, 5-usterzenie poziome wraz ze sterem wysokości, 6-usterzenie pionowe wraz ze sterem kierunku, 7-podwozie)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [24]

Oprócz konstrukcji zewnętrznej ważne jest też to, z jakich materiałów jest wykonany Bezzałogowy Statek Powietrzny. We współczesnych konstrukcjach statków powietrznych wykorzystuje się w zależności od potrzeby i zastosowania różne materiały takie jak: drewno lub stopy stali i aluminium a także laminat i płótno, które wagowo nie powodują nadmiernego ciężaru własnego statku, natomiast posiadają dużą wytrzymałość konstrukcyjną. Takie wymagania spełnia laminat, który ponadto jest odporny na warunki atmosferyczne, posiada dużą twardość powierzchni i bardzo dobrze przenosi obciążenia wynikające z lotu BSP. Szczególną cechą laminatów jest anizotropowość mechaniczna i wytrzymałość. Jej sztywność jest bezpośrednio zależna od uformowania i kierunku ułożenia włókien konstrukcyjnych. Uwzględniając tę właściwość konstrukcje z laminatów są na ogół o wiele lżejsze i wytrzymalsze od większości konstrukcji z materiałów jednorodnych.

W dobie rozwoju lotnictwa i materiałów stosowanych do ich produkcji dość często wykorzystany jest kompozyt. Jest to materiał o strukturze niejednorodnej, złożony z dwóch lub więcej komponentów (faz) o różnych właściwościach. Właściwości kompozytów nigdy nie są sumą czy średnią właściwości jego składników. Najczęściej jeden z komponentów stanowi lepszycze, które gwarantuje jego spójność, twardość, elastyczność i odporność na ściskanie, a drugi, tzw. komponent konstrukcyjny zapewnia większość pozostałych właściwości mechanicznych kompozytu. W lotnictwie spotyka się głównie dwa rodzaje kompozytów: złożone z kilku rodzajów warstw charakteryzujących się ukierunkowanymi właściwościami wytrzymałościowymi. Warstwy te nakłada się na przemian i potem trwale zespala. To rozwiązanie stosuje się głównie jako poszycie kadłuba i skrzydeł. Przykładem kompozytu wielowarstwowego jest szeroko stosowany w lotnictwie kompozyt z rdzeniem w postaci „plastra miodu” spotykany przede wszystkim w konstrukcji stateczników pionowych i poziomych, klap oraz lotek [24].

System bezzałogowego aparatu latającego (ang. *UAV*), niezależnie od typu, składa się z pięciu podstawowych elementów [8]:

1. Właściwa platforma nośna bezzałogowca, wyposażona w różne sensory,.
2. System kontroli lotu (ang. *Flight Control System*), na który może się składać: system inercjalny INS (IMU) (ang. *Inertial Navigation System/Inertial Measurement Unit*), system GNNS (GPS), magnetometr, barometr i altimetr.
3. System awioniki do zdalnego lub autonomicznego sterowania lotem, który umożliwia połączenie nadajnika z odbiornikiem drogą radiową, za pomocą lasera lub przy zastosowaniu systemu satelitarnego.
4. System transmisji danych przesyłający sygnały zarejestrowane przez sensory umieszczone na platformie.
5. Nasiemna stacja kontrolna, umożliwiająca projektowanie trasy lotu i zdalne kierowanie aparatu latającego.

Aparat latający, który jest zdalnie sterowany i pilotowany drogą radiową przez operatora znajdującego się na ziemi, nazywany jest aparatem typu RPV (ang. *Remotely Piloted Vehicle*). Niektóre ze statków są wyposażone w funkcje autopilota, który przejmuje kontrolę nad lotem, z wyłączeniem fazy startu i lądowania. Nowoczesne Bezzałogowe Statki Powietrzne mogą wykonywać lot autonomicznie, dzięki systemowi programów do projektowania i realizacji toru lotu, z zaprogramowanym manewrem startu, kontroli lotu i lądowania, które są zaimplementowane na komputerach pokładowych. W takim przypadku lot musi odbywać się w całkowicie kontrolowanej przestrzeni powietrznej.

Można wyróżnić dwa podstawowe typy sterowania Bezzałogowym Statkiem Powietrznym. [6]:

- a) sterowanie przez człowieka z ziemi (MITL – *Man In The Loop*),
- b) działające samodzielnie zgodnie z programem, tzw. latające roboty.

System zdalnego sterowania w BSP polega na tym, że lecący w powietrzu samolot jest sterowany przez człowieka z ziemi lub z drugiego samolotu. System autonomiczny zapewnia start i lot bez udziału człowieka. Dzieli się on na dwie grupy [6]:

- a) systemy programowane na ziemi, czyli zamknięte,
- b) systemy z możliwością przeprogramowania w locie.

System autonomiczny, który jest systemem zamkniętym, jest przystosowany do wykonywania zadań od momentu startu do momentu lądowania zgodnych z wcześniej wgranym programem. Natomiast w systemie otwartym platforma dodatkowo przyjmuje od operatora uaktualnione dane wymagane do wykonania misji. Jedną z głównych zalet systemów sterowania BSP jest jego duża elastyczność i zdolność do przystosowania się do zmiennych sytuacji występujących podczas wykonywania zadań. Zapewnia on także duży stopień kontroli przekazywania sygnałów oraz świadomość sytuacji przez operatora.

Istotnym problemem była ograniczona przepustowość sygnałów nadawanych ze stacji naziemnej do statku lub ze stacji naziemnej do satelity i statku. Kanały transmisji danych oraz kanały radiowe były bardzo wrażliwe na zakłócenia i bezprawną ingerencję osób trzecich. Obecnie przeszkoda ta została wyeliminowana. Przesył danych między operatorem a statkiem ma na tyle wysoką odporność na zakłócenia, że sterowanie BSP stało się bezproblemowe. Większymi możliwościami wykorzystania odznaczają się systemy autonomiczne, których główną zaletą jest to, że są one odporne na zakłócenia oraz ingerencję z zewnątrz. Następną bardzo ważną zaletą tych systemów jest możliwość samodzielnego myślenia, która polega na tym, że w odróżnieniu od systemów zdalnych nie wymagają one ingerencji operatora i potrafią elastycznie przystosować się do zmiennych sytuacji.

W przypadku zastosowań cywilnych obecnie najlepszym rozwiązaniem jest system półautonomiczny, w którym wszystkie decyzje są podejmowane przez operatora z ziemi. Takie rozwiązanie minimalizuje ryzyko oraz niepewność, co do właściwej pracy systemu, usterek mechanicznych i błędów komputerowych, które mogłyby prowadzić do wypadków. System półautonomiczny wymaga mniejszej liczby kanałów łączności na linii ziemia – statek. Obok wielu zalet, które posiadają BSP ma on również wady. Jedną z podstawowych jest niska przepustowość kanałów transmisyjnych na linii statek – operator. Kolejna wada wynika ze zmiennych warunków meteorologicznych, które mają wpływ na jakość sterowania. Mogą one spowodować zerwanie łączności na linii samolot– operator i doprowadzić do katastrofy lotniczej. Aby móc spełnić swoją rolę, system BSP powinien zawierać pewne podstawowe elementy, na które składają się [9]:

1. Moduł autopilota oraz kompatybilny system czujników i kamer do obserwacji w dzień oraz w warunkach słabej widoczności (mgła, noc).
2. System pozycjonowania i stabilizacji położenia głowicy (głowica składa się z dwóch kamer zwykłej oraz termowizyjnej; oba rodzaje kamer wyposażone są w zoom cyfrowy).
3. System łączności bezprzewodowej, statek powietrzny – stacja naziemna.
4. Naziemny moduł systemu kontrolno-sterującego.
5. System zobrazowania danych współdziałania z systemem dowodzenia łączności.
6. System łączności radiowej i przewodowej.
7. Transponder, określający położenie statku na radarze.

Pełna konfiguracja takiego systemu włączając w to urządzenia naziemne powinna zawierać również takie elementy jak [8]:

1. Naziemna stacja kontroli lotu z systemem anten i układem transmisji danych.
2. Odpowiednie oprogramowanie.
3. Systemy łączności (ziemia/powietrze, powietrze/ziemia).
4. Terminale transmisji i wymiany danych.
5. Określona liczba BSP w zależności od zastosowania i potrzeb (włącznie z zapasowym).
6. Urządzenia startu i lądowania BSP.
7. Środki łączności (głosowej i wymiany danych) z komórkami zarządzającymi ruchem powietrznym.
8. Urządzenia (wyposażenie) niezbędne do eksploatacji, przechowywania i transportu BSP,
9. Wszelka niezbędna dokumentacja (techniczna i eksploatacyjna) dotycząca ww. elementów.

W Bezzałogowych Statkach Powietrznych oprócz ich zastosowania bardzo ważny jest też odpowiedni sprzęt, w jaki są one wyposażone. Jednym z najważniejszych jest system sterowania BSP oparty na znanych technologiach. Aby mógł on być realizowany, musi być zapewniona ciągła łączność pomiędzy Bezzałogowym Statkiem Powietrznym a operatorem systemu. Do kontroli położenia służy system GPS (ang. *Global Positioning System*) a właściwie GPS-NAVSTAR (ang. *Global Positioning System – NAVigation Signal Timing And Ranging*) – jeden z systemów nawigacji satelitarnej, obejmujący swoim zasięgiem całą kulę ziemską. Składa się on z trzech segmentów: kosmicznego, naziemnego oraz użytkownika. Zadaniem systemu jest dostarczenie użytkownikowi informacji o jego położeniu oraz ułatwienie nawigacji. Działanie polega na pomiarze czasu dotarcia sygnału radiowego z satelitów do odbiornika. Znając prędkość fali elektromagnetycznej oraz dokładny czas wysłania danego sygnału, można z bardzo dużą dokładnością obliczyć odległość odbiornika od satelitów. W tym przypadku można przykładowo zainstalować, np. antenę GPS AT-65 MMCX (rys. 2) o następujących parametrach: częstotliwość 1575.42+2 MHz, szerokość pasma 10 MHz Min, waga poniżej 95 gramów, rozmiary 45 x 37 x 13 mm, temperatury pracy -40°C - 85°C, wodoodporna [26].





**Rys. 2.** Widok anteny AT-65 MMCX pracującej w systemie GPS  
Źródło: www.teletechessentials.com [26]

Do kontroli Bezzałogowego Statku Powietrznego w locie (jego parametrów lotu), może posłużyć autopilot, np. typu Kestrel. Autopilot realizuje wiele funkcji. Dzięki wbudowaniu regulacji ze sprzężeniem zwrotnym, posiada on system stabilizacji BSP, śledzenia zadanej trajektorii lotu, nawigację i rejestrator parametrów lotu. Dołączona do systemu Kestrel stacja naziemna (Commbbox) umożliwia sterowanie, nawigację i monitorowanie nawet kilku obiektów latających naraz, z których każdy wyposażony jest w autopilot typu Kestrel. Sterowanie odbywa się w trybie automatycznym. Tryb ręczny nie jest zalecany, jednak może być stosowany dla wybranego uczestnika grupy BSP. System Kestrel z oprogramowaniem umożliwia implementowanie własnych, dowolnych funkcji sterujących. Taka konfiguracja pozwala, np. na zastosowanie własnych algorytmów sterowania, czy też autonomiczne wykonywanie przez Bezzałogowy Statek Powietrzny wcześniej zaplanowanych misji [6]. Najważniejsze cechy systemu Kestrel zostały zebrane w tab. 2.

**Tab. 2.** Cechy systemu Kestrel

Lp.	Nazwa cechy
1	Pomiar prędkości
2	Trzyosiowy magnetometr
3	Wbudowany GPS z anteną
4	Pomiar temperatury
5	Pomiar prędkości wiatru
6	Barometryczny pomiar wysokości
7	Funkcja kompensacji siły wiatru
8	Funkcja obsługi kamery ze sterowaniem i zapisem obrazu on-line
9	Funkcja obsługi czujnika laserowego do pomiaru wysokości i odległości
10	Pełna rejestracja parametrów podczas lotu

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [6]

Z uwagi na zmienny charakter zjawisk aerodynamicznych jak i sterowanie samego modelu wyznaczono jego modele niepewności. Dodatkowo uwzględniono dynamikę układów wykonawczych samolotu oraz sygnały zakłóceń działające w torach pomiarowych. Na model dynamiki samolotu składa się model ruchu wzdłużnego (ang. *longitudinal*) i model ruchu boczno (ang. *lateral*).

Jednym z istotnych elementów wyposażenia Bezzałogowego Statku Powietrznego, z punktu widzenia przeciwożarowego lasów, jest kamera zwykła i termowizyjna. Za ich pomocą będzie istniała możliwość przekazywania obrazu pożaru lasu do stanowiska naziemnego, zarówno w postaci zdjęcia jak i obrazu on-line, co będzie miało znaczący wpływ na decyzje podejmowane podczas akcji gaśniczej. Przy wyborze kamery należy skupić się na

dobrze odpowiednich parametrów, które byłyby optymalne w danych warunkach. Realizując lot na dużej wysokości nad terenem, pozyskuje się zdjęcia w stosunkowo dużej skali (ogranicza to również wysokie wymagania techniczne dotyczące kamer), za czym idzie odpowiednia precyzja. Wymagana jest jedynie odpowiednia precyzja sterowania lotem i wyborem ekspozycji, co można znacząco polepszyć poprzez kontrolę parametrów obrazu w czasie rzeczywistym podczas jego realizacji. Stąd też sugestia zastosowania systemu automatycznej nawigacji na bazie GPS i elektronicznych układów żyroskopowych, co pozwoli na kierowanie BSP poprzez moduł autopilota wzdłuż wcześniej wyznaczonej linii lotu, przy jednoczesnym wykonywaniu zdjęć odpowiedniej jakości. Kolejnym systemem wykorzystanym w Bezzałogowym Statku Powietrznym będzie system zapewniający bezpieczeństwo w czasie patrolowania lub podczas obserwacji akcji gaśniczej. Bezzałogowy Statek Powietrzny jest wtedy użytkownikiem przestrzeni powietrznej. Kwestia użytkowania systemów bezzałogowych w polskiej przestrzeni powietrznej uregulowana została w przepisach prawa lotniczego [13]. Prawo lotnicze ustanawia ogólną regułę, zgodnie z którą lot Bezzałogowego Statku Powietrznego możliwy jest jedynie po uzyskaniu zezwolenia prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego (ULC), jeżeli lot taki odbywać miałby się w kontrolowanej przestrzeni powietrznej. Zatem, jeżeli użytkowanie Bezzałogowego Statku Powietrznego miałyby nastąpić w niekontrolowanej przestrzeni powietrznej albo w przestrzeni niesklasyfikowanej, to lot taki jest dozwolony i nie wymaga uzyskania uprzedniej zgody prezesa ULC. Wraz z rozwojem lotnictwa, w tym sportowego, ilość pilotów i samolotów z roku na rok rośnie, a z tym się wiąże większe natężenie ruchu lotniczego. Aby Bezzałogowy Statek Powietrzny był widziany przez innych użytkowników przestrzeni powietrznej, musi być wyposażony w transponder w celu zapewnienia bezpieczeństwa podczas lotu dla siebie i innych użytkowników przestrzeni. Następnym rozwiązaniem jest zastosowanie systemu antykorkociągowego, który w przypadku utraty sterowności nad BSP umożliwi mu bezpiecznie wylądowanie na ziemi.

## **2. KONCEPCJA ZASTOSOWANIA BEZPILOTOWYCH STATKÓW POWIETRZNYCH W OCHRONIE PRZECIWOŻAROWEJ LASÓW**

Na koniec 2010 r. powierzchnia lasów w Polsce wynosiła 9 121 tys. ha (wg GUS – stan w dniu 31.12.2011 r.), co odpowiada lesistości 29,2%. Powierzchnia lasów Polski łącznie z gruntami związanymi z gospodarką leśną wynosiła 9 329 tys. ha. W roku 2011 odnotowano 4680 pożarów lasu o łącznej powierzchni 2126 ha. Dla porównania w 2009 r. odnotowano 9161 pożarów o łącznej powierzchni 4400 ha. Decydującą rolę w kształtowaniu się zagrożenia pożarowego odgrywały warunki meteorologiczne. Średnia powierzchnia lasu objęta pożarem wynosiła 0,45 ha. Głównymi przyczynami powstawania pożarów lasu, podobnie jak w ubiegłych latach, były podpalenia (Raport o stanie lasów w Polsce 2010). Łączne straty na skutek pożarów w 2010 r. w PGL LP oszacowano na ok. 3 mln zł. Utrzymanie systemu ochrony przeciwpożarowej w Lasach Państwowych (LP) wiąże się z ogromnymi nakładami finansowymi. Corocznie na ochronę przeciwpożarową LP wydają ok. 60 mln zł. Pożary są głównym i najniebezpieczniejszym zagrożeniem dla lasów. Ogień szybko ogarnia ogromne połacie drzewostanów, doszczętnie niszcząc środowisko naturalne. Po pożarze las odradza się przez dziesiątki lat. Zagrożenie pożarami polskich lasów należy do najwyższych w Europie. Najczęstszymi czynnikami je wywołującymi są długotrwałe susze powodujące słabą wilgotność ściółki oraz jej zwiększoną podatność na ogień. Tylko w rzadkich przypadkach pożary powstają w wyniku zjawisk przyrody, np. uderzenia piorunu. Około 95 proc. wszystkich pożarów lasu spowodowanych jest przez nieodpowiedzialne zachowania człowieka - nieostrożne obchodzenie się z otwartym ogniem, palenie ognisk i tytoniu w lasach, bezmyślne wyrzucanie niedopałków papierosów z samochodów

i pociągów. Niejednokrotnie przyczyną pożaru staje się wypalanie łąk i ściernisk w pobliżu lasu.

Duże zalesienie obszarów Polski spowodowało nawiązanie współpracy między Lasami Państwowymi a Państwową Strażą Pożarną. Współpraca ta zaowocowała wspólnymi planami działania na wypadek powstawania zarówno pożarów lasów, jak i obszarów przyleśnych oraz zawięzaniu umów regulujących zasady współpracy między nimi. Dzięki temu PSP może skutecznie działać podczas pożarów terenów leśnych, korzystając przy tym ze statków gaśniczych będących w dyspozycji Lasów Państwowych. Niestety PSP nie jest wyposażone w samoloty i śmigłowce i ich użycie jest zależne od innych służb. Zasady dysponowania określone są w planach ratowniczych, w których umieszczone zostały siły i środki Krajowego Systemu Ratowniczo – Gaśniczego oraz innych podmiotów, które wyraziły zgodę na współpracę z PSP na mocy umów lub porozumień [4].

Wymagania dotyczące zabezpieczenia ppoż. lasów zostało zawarte w rozporządzeniu z dnia 22 marca 2006 r. Ministra Środowiska w sprawie szczegółowych zasad zabezpieczenia przeciwpożarowego lasów (Dz. U. Nr 58. poz. 405 z późn. zm.). Ustalono w nim, iż w kompleksach leśnych o powierzchni powyżej 300 ha zaliczonych do I lub II kategorii zagrożenia pożarowego lasów, w okresie oznaczonym dla tych lasów 1 – go , 2 – go lub 3 – go stopnia zagrożenia pożarowego lasów, wymagane jest prowadzenie obserwacji i patrolowania mające na celu wczesne wykrycie pożaru, zawiadomienie o jego powstaniu, a także podjęcie działań ratowniczych.

Jednym z podstawowych warunków skutecznej ochrony przeciwpożarowej lasów jest szybkie zlokalizowanie źródła ognia. Dlatego też na obszarach leśnych stosowane są następujące sposoby wykrywania pożarów [10]:

- a) sieć stałych punktów obserwacji naziemnej,
- b) naziemne patrole przeciwpożarowe,
- c) patrole lotnicze.

Punktami obserwacyjnymi są wieże lub stanowiska obserwacyjne usytuowane na obiektach lub wzniesieniach, pozwalające na wykrycie niebezpieczeństwa pożaru w promieniu co najmniej 10 km. Taki punkt wyposaża się w urządzenia umożliwiające wykrycie pożaru, przez określenie miejsca i czasu jego wystąpienia. Niezbędne są również środki łączności, książka meldunków i instrukcje postępowania dla osoby prowadzącej obserwację. Położenie „punktów obserwacji” lasu, zaliczonego do I kategorii zagrożenia pożarowego powinno zapewnić możliwość obserwacji lasu, co najmniej z dwóch „punktów obserwacji”. Obserwacja lasu z „punktów obserwacji” nie jest wymagana dla: lasów zaliczonych do I kategorii zagrożenia pożarowego o powierzchni do 1000 ha, lasów zaliczonych do II kategorii zagrożenia pożarowego o powierzchni do 2000 ha o ile zapewniono inne sposoby obserwacji lub patrolowania. Obserwacja lasów zaliczonych do III kategorii zagrożenia pożarowego lasów prowadzona jest w uzgodnieniu z właściwym miejscowo komendantem powiatowym (miejskim) PSP.

W skład systemu obserwacyjnego LP wchodzi:

- a) 639 dostrzegalni przeciwpożarowych, w tym 200 wyposażonych w system kamer telewizyjnych,
- b) 8 samolotów patrolowych.

Efektywność wykrywania pożarów w LP przez dostrzegalnie przeciwpożarowe wyniosła 35%, samoloty wykryły 2% pożarów, a osoby postronne 54%. Pozostałe 9% pożarów wykryły patrole przeciwpożarowe. Sieć łączności i alarmowania w Lasach Państwowych stanowiło: 7 591 radiotelefonów, w tym 1 278 bazowych, 2 971 przewoźnych i 3 342 nasobnych. Zaopatrzenie w wodę dla celów gaśniczych zapewniało 12 044 stanowisk

czerpania wody, w tym 4,5 tys. naturalnych i 2,5 tys. sztucznych. Ponadto wodę zapewniało ponad 4,7 tys. hydrantów zlokalizowanych w sąsiedztwie lasów.

Lasy Państwowe w roku 2011 dysponowały sprzętem w postaci:

- a) 25 samolotów gaśniczych i 7 śmigłowców,
- b) 379 lekkich samochodów patrolowo-gaśniczymi,
- c) 16 samochodów średnich i ciężkich,
- d) 276 motopomp.

Sprzętem naziemnym Lasów Państwowych ugaszono 6% wszystkich pożarów, a pozostałe gasiły jednostki Państwowej Ochotniczej Straży Pożarnej [22].

Prowadzenie obserwacji lasów przez naziemne patrole przeciwpożarowe jest jedną z wymaganych form zabezpieczenia ppoż. obszarów leśnych o powierzchni do 1000 ha – zaliczonych do I kategorii zagrożenia pożarowego oraz do 2000 ha – zaliczonych do II kategorii zagrożenia pożarowego. Są one wymagane w razie braku prowadzenia obserwacji pozostałymi sposobami, tj. ze stałych punktów obserwacji naziemnej, zwanych dalej „punktami obserwacyjnymi” oraz przez patrole lotnicze. Naziemne patrole przeciwpożarowe uruchamiane są również na najbardziej niebezpiecznych pod względem pożarowym terenach, np. wzdłuż szlaków komunikacyjnych PKP, w rejonach obozowisk czy też obszarów udostępnionych dla turystów. Przeprowadzane są one przez pracowników zawodowej służby leśnej, funkcjonariuszy straży leśnej oraz strażników parków.

Naziemne patrole przeciwpożarowe mają wyznaczone rejony patrolowania. Pora wykonywania patrolu naziemnego ustalana jest przez nadleśnictwo, dla każdego dnia z uwzględnieniem stopnia zagrożenia pożarowego lasu. Niezbędnym jest wyposażenie patrolujących w radiotelefon lub inny środek łączności z Punktem Alarmowym Nadleśnictwa. Posiadanie takiego urządzenia umożliwia szybkie działanie oraz pozostanie na miejscu pożaru w celu dalszego informowania o jego rozprzestrzenianiu. Ze względu na mały zasięg widoczności, metoda ta nie spełnia do końca swoich zadań i ma jedynie charakter doraźny.

Naziemne patrole przeciwpożarowe powinny być uruchamiane w obszarze występowania pożarów oraz w miejscach szczególnie zagrożonych [12]:

- a) wiosną – na obrzeżach lasów przy łąkach i nieużytkach,
- b) wczesnym latem – w miejscach występowania jagód, a także na terenach przyległych do ośrodków wypoczynkowych, tras turystycznych, jezior, miejsc imprezowych i obszarach zajętych okresowo przez wojsko w czasie ćwiczeń.

Patrole takie powinny być wyposażone w [10]:

- a) środek transportu (samochód, motocykl, motorower, rower),
- b) podręczny sprzęt do gaszenia (łopata, tłumica, hydronetka plecakowa),
- c) środek łączności (radiotelefon, telefon),
- d) mapę terenu, busolę podręczną, zegarek, książkę meldunków, instrukcję,
- e) wyciąg ze „Sposobu postępowania na wypadek powstania pożaru lasu”, dotyczący systemu alarmowania oraz współdziałania z właściwą miejscowo jednostką ratowniczo – gaśniczą.

Patrolowanie naziemne często przeprowadzane jest przy użyciu samochodu patrolowo - gaśniczego, co umożliwia natychmiastowe rozpoczęcie akcji gaśniczej i powstrzymanie rozwoju pożaru do momentu przybycia zastępów gaśniczych jednostek ochrony ppoż., a czasami nawet ugaszenia pożaru. Patrolowanie naziemne to działanie w większości przypadków tylko prewencyjne, które jest spowodowane tym, że służby leśne mające ograniczone możliwości poruszania się, prowadzą patrol tylko i wyłącznie ciągami komunikacyjnymi oraz utartymi szlakami, przez co mają mały wgląd w głąb lasu. Obowiązek uruchamiania naziemnych patroli przeciwpożarowych spoczywa na właścicielach, zarządcach

i użytkownikach lasów. Mają oni w obowiązku ustalenie tras, a także rejonów patrolowania [12].

W ostatnich latach do patrolowania i gaszenia lasów coraz częściej stosuje się samoloty i śmigłowce. Dysponowanie ich odbywa się na podstawie planów ratowniczych oraz na podstawie umowy cywilno-prawnej lub porozumienia. W stanach wyższej konieczności kierujący akcją gaśniczą jest uprawniony do zadysponowania samolotów lub śmigłowców.

Do patrolowania lasów wykorzystuje się samoloty (najczęściej PZL-104 Wilga, Cessna C-152 o M-18 B Dromader) oraz śmigłowce (najczęściej W-3A Sokół), które na drodze umowy po wygranym przetargu pełnią te zadanie. W niektórych przypadkach samoloty lub śmigłowce niejednokrotnie zgłaszały zauważony pożar za pomocą służb kontroli przestrzeni powietrznej. Wymienione powyżej statki powietrzne mogą wykonywać trzy rodzaje lotów [12]:

- a) patrolowanie – wykonywane w celu obserwacji i wykrywania pożarów lasów,
- b) rozpoznawczy - lot w ustalony kompleks leśny w celu określenia zaistniałej sytuacji,
- c) gaśniczy – którego zadaniem jest gaszenie pożaru przez rzut środka gaśniczego.

Wykorzystanie statków powietrznych w ochronie przeciwpożarowej lasów jest nieodzowne w celu zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego. Wykorzystuje się je do rozpoznania lotniczego ustalonego rejonu kompleksów leśnych w celu określenia zaistniałej sytuacji lub do gaszenia powstałego pożaru (lot z pełnym ładunkiem gaśniczym). Podczas rozwiniętej akcji gaśniczej, śmigłowiec lub wytypowane śmigłowce pozostają w dyspozycji kierującego działaniem ratowniczym do wykonywania lotów dowódczo – rozpoznawczych. Ich zadaniem jest ocena sytuacji z powietrza, nanoszenie na mapy linii spalania i powierzchni objętej pożarem oraz wypracowywanie koncepcji działań naziemnych [12].

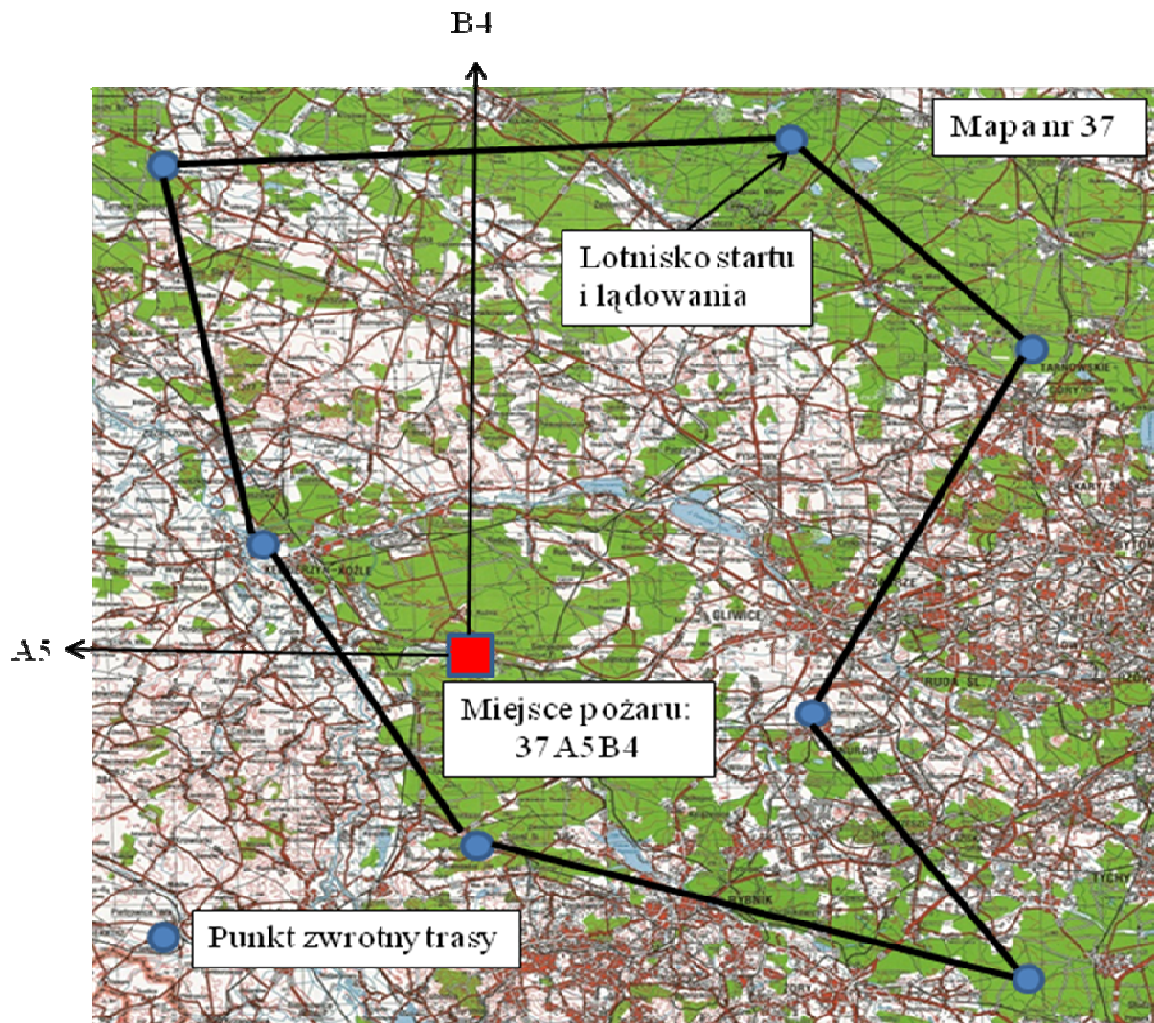
Patrolowanie przeciwpożarowe odbywa się zazwyczaj w okresie od kwietnia do października. Lot taki powinien być wykonywany na wysokości od 200 do 500 m nad terenem, gdzie występuje zagrożenie pożarowe. Przygotowaniem takiej trasy zajmuje się Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych (RDLP) w porozumieniu z nadleśnictwami. Patrolowanie lotnicze uruchamiane jest przy zagrożeniu pożarowym lasu przez Punkt Alarmowo Dyspozycyjny Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych. Trasa każdego lotu zaczyna się i kończy na lądowisku oraz przebiega przez określone punkty zwrotne lub obszary.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów dobowych oraz aktualnej prognozy pogody w danym dniu, RDLP wydaje dyspozycję do przeprowadzenia patrolowania na ustalonym terenie według przyjętego programu. Na wyposażeniu pilota powinny znaleźć się następujące elementy: radiotelefon umożliwiający współpracę Punktu Alarmowo-dyspozycyjnego Nadleśnictwa (PAD) i PSP oraz GPS umożliwiający dokładne określenie miejsca wykrytego pożaru. Pilot przed przystąpieniem do lotu patrolowego powinien zapoznać się z trasą, jaką będzie musiał przelecieć. Rozkaz startu wydawany jest przez PAD RDLP. Podczas wykonywania lotu patrolowego pilot powinien zapewnić przekazywanie informacji do PAD RDLP po przechodzeniu przez kolejne punkty zwrotne, prowadzenie stałej obserwacji terenu oraz utrzymywanie wcześniej wyznaczonej trasy, a także przekazywanie oraz weryfikowanie informacji o dostrzeżonym ewentualnym zadymieniu do PAD RDLP. Jeżeli pilot zauważy pożar, powinien określić, w jakim sektorze mapy on się znajduje. Wykonuje się to poprzez nalot na kierunek północny lub południowy ewentualnie w kierunkach wschodnim lub zachodnim w celu określenia dokładnego sektora i porównaniu terenu z mapą lub wykorzystanie GPS do dokładnej lokalizacji tego miejsca. Wszystkie informacje o ewentualnych zauważonych zarzewiach ognia i pożarach są przekazywane z samolotu za pośrednictwem radiotelefonów.

Po określeniu miejsca pożaru pilot powinien oszacować następujące parametry z nim związane:

- a) wielkość pożaru,
- b) kierunek rozprzestrzeniania się i jego szybkość,
- c) długość frontu pożaru,
- d) rodzaj drzewostanu,
- e) rodzaj pożaru,
- f) zagrożone obiekty i tereny.

Na rys. 3 przedstawiono poglądową trasę lotu patrolowego, które wykonują samoloty lub śmigłowce w czasie zagrożenia pożarowego lasów. Oznaczenie miejsca pożaru zawiera numer mapy (np. 37) oraz współrzędne wskazanego sektora (np. A5 i B4)

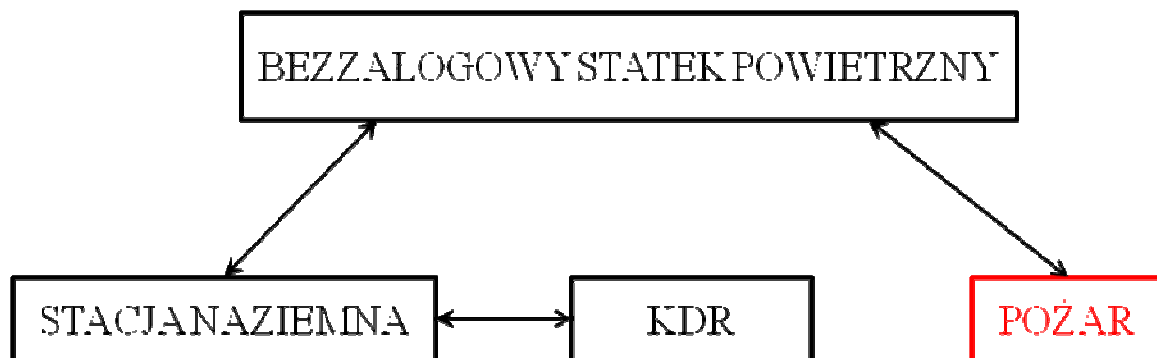


**Rys. 3.** Poglądowa trasa lotu patrolowego samolotu  
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7]

Zastosowanie Bezzałogowego Statku Powietrznego jako podsystemu do patrolowania lasów i rozpoznania sytuacji pożarowej oraz systemu wspomaganie decyzji przez kierującego akcją ratowniczą wydaje się ekonomicznie oraz technologicznie uzasadnione. System oparty byłby na tzw. systemie UAV, który wykorzystywany jest przez wojsko w działaniach rozpoznawczych i patrolujących. Składałby się on od 1 do 6 statków powietrznych wyposażonych w system kamery telewizyjnej oraz IR, które przesyłałyby obraz w czasie rzeczywistym podczas akcji gaśniczej do stacji naziemnej, jaką mógłby być kontener przewoźny – miejsce pracy operatora Bezzałogowego Statku Powietrznego.



Wykorzystanie Bezzałogowych Statków Powietrznych w ochronie przeciwpożarowym polegałoby na zastosowaniu tej techniki w trzech etapach. Pierwszy etap to patrolowanie, drugi to rozpoznanie sytuacji pożarowej, a trzeci kontrola pogorzeliska. Przed omówieniem ww. etapów należy zatem zwrócić uwagę na sposób organizacji systemu, jakim jest Bezzałogowy Statek Powietrzny. Najpierw należy stworzyć odpowiednie porozumienia oraz system współdziałania między Państwową Strażą Pożarną a Regionalną Dyrekcją Lasów Państwowych. Statki wykonywałyby loty patrolowe według wcześniej zaplanowanej trasy. Patrolowanie kierowane byłoby z naziemnej stacji kierowania lub zdalnie podczas wykonywania rutynowych lotów po ustalonych trasach podczas sezonu dużego zagrożenia pożarowego lasów. Rozwiązanie takie musiałyby opierać się na dwukierunkowym łączu oraz transmisji danych, np. po łączach satelitarnych lub nadajnikach internetowych. Najtańszym jednak i chyba najmniej wadliwym systemem komunikacji: baza – statek powietrzny, byłyby radiowe łącza mikrofalowe. Podstawową ich zaletą jest duża szerokość pasma komunikacyjnego, a więc co z tym się bezpośrednio wiąże, stosunkowo duże szybkości transmisji danych przy niskim poziomie zakłóceń. System przesyłania danych pomiędzy statkiem a stacją naziemną powinien posiadać możliwości dużego i nieograniczonego przesyłu danych, jak również powinien być łatwy i prosty w obsłudze. Łącza muszą umożliwiać planowanie trasy lotu oraz wprowadzanie korekt w jego trasie. System wykrywania zagrożenia mógłby opierać się nie na ciągłym wpatrywaniu się operatora w obraz przesyłany z kamer na monitorze, ale na zautomatyzowaniu powyższego procesu. Podstawowym zadaniem musi być wyeliminowanie czynnika ludzkiego, ograniczenie ludzkiego błędu do minimum oraz zmniejszenie czasu podejmowania decyzji. Na rys. 4 pokazano proponowany schemat łączności Bezzałogowych Statków Powietrznych ze stacją naziemną i dowódcą akcji gaśniczej (KDR).

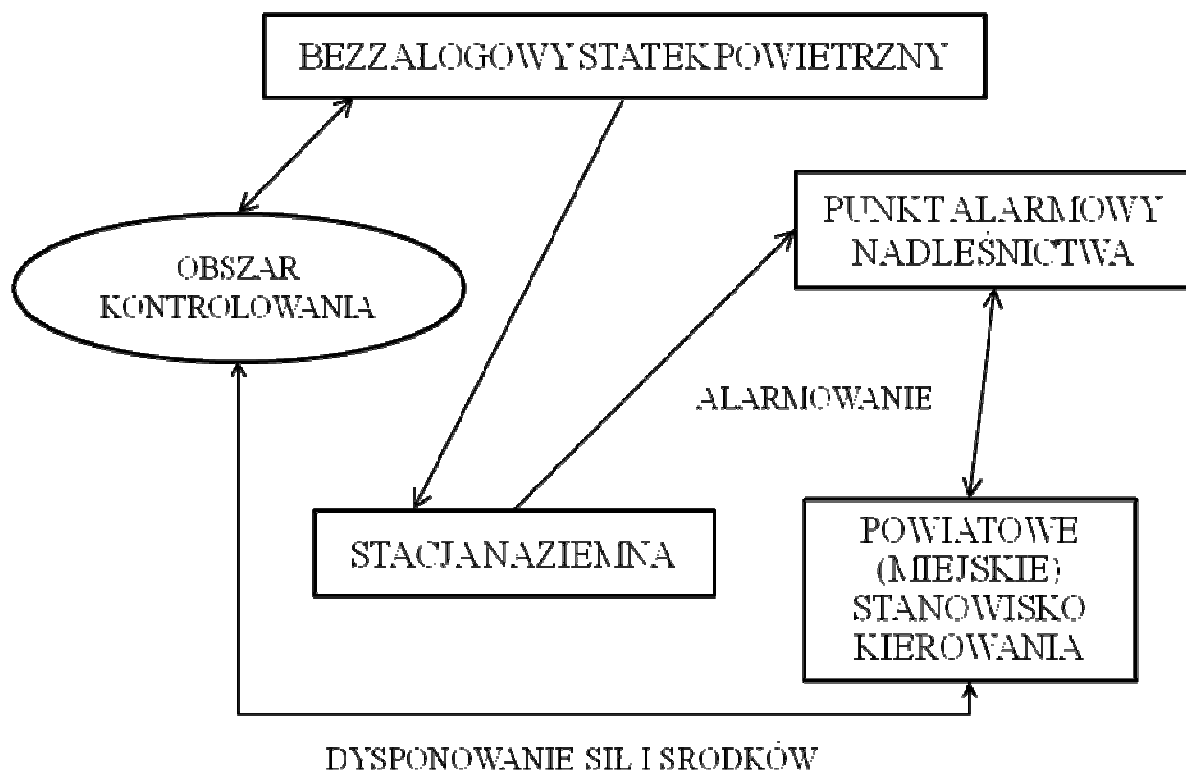


**Rys. 4.** Schemat łączności BSP ze stacją naziemną i dowódcą akcji gaśniczej

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7]

System przeznaczony do wykrywania pożarów lasów powinien umożliwiać analizę przesyłanych informacji, czyli tzw. obróbkę danych. Jako przykład można wskazać analizę spektralną widma przesyłanego z kamery na podczerwień pod kątem poszukiwania płomieni. W przypadku wykrycia takiego pasma operator informowany jest sygnalizacją dźwiękową o zaistniałym zdarzeniu poprzez alarm akustyczny oraz wskazanie dokładnej lokalizacji przez nadajnik GPS.

Ważnym elementem koncepcji jest sposób dysponowania Bezzałogowymi Statkami Powietrznymi do patrolowania lasów. Na drodze umowy pomiędzy PSP a RDLP o zakresie i zastosowaniu BSP powinno być zawarte ustalenia co do ich dysponowania i sposobu alarmowania. Powinno ono odbywać się telefonicznie między RDLP a PSP, natomiast między BSP a stacją naziemną na drodze radiowej. Proponowane rozwiązanie pokazano schematycznie na rys. 5.

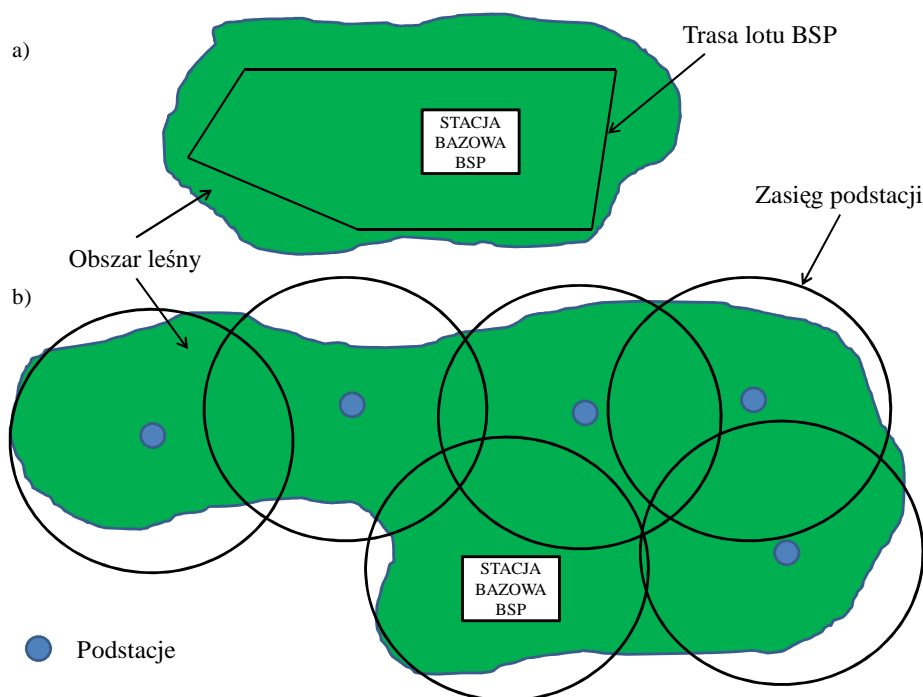


**Rys. 5.** Schemat dysponowania BSP

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7]

Bezzałogowe Statki Powietrzne w ochronie lasów odgrywają ważną rolę, ale należy zwrócić uwagę na pewne aspekty ich wykorzystania w porównaniu ze statkami powietrznymi. Obszary lasów na terenie Polski zajmującą pewną część procentową powierzchni, mają zróżnicowaną topografię. Występują zarówno duże kompleksy leśne, a także mniejsze powierzchniowo lub obszary częściowo zalesione. Z tego wynika, że do patrolowania lasów bardzo ważnymi parametrami są zasięg i czas. W Polsce najlepiej nadającym się systemem byłaby klasa (MR). Promień zasięgu lotu w tej klasie wynosi od 70 do 200 km, a czas patrolowania nie przekracza kilku godzin. Statek należy dobrać tak, aby miał on odpowiedni zasięg radiowy, który umożliwiłby łączność ze stacją jak i również posiadał możliwość przesyłania dobrej jakości obrazów. W przypadku dużych kompleksów leśnych można zastosować system kilku Bezzałogowych Statków Powietrznych. Statki te przesyłałyby w czasie rzeczywistym dane z kilku miejsc jednocześnie. Takie rozwiązanie jest słuszne przy założeniu, że BSP będzie miał zasięg około 70 km. Kolejnym proponowanym rozwiązaniem jest utworzenie bazy głównej i kilku baz pośrednich dla BSP przy dużych kompleksach leśnych. Takie bazy pośrednie miałyby za zadanie przejmowanie kontroli nad pojedynczym statkiem powietrznym. Daje to możliwość dalszego patrolowania obszaru leśnego do następnego punktu podstacji, a w razie ewentualnej awarii BSP lub jakiegoś podzespołu czy też braku paliwa, jego naprawę lub uzupełnienie. Warunkiem koniecznym jest, aby zasięg poszczególnych podstacji pokrywał się. Do utworzenia podstacji można użyć istniejących wież obserwacyjnych. Na rys. 6 przedstawiono projekt zastosowania stacji bazowych BSP w ochronie ppoż. lasów dla niewielkiego kompleksu leśnego (przypadek a) i dla większych kompleksów leśnych (przypadek b).





**Rys. 6.** Projekt zastosowania stacji bazowych BSP w ochronie ppoż. lasów w Polsce

a) dla obszaru lasu będącego w zasięgu pojedynczego BSP

b) dla większych kompleksów leśnych z wykorzystaniem podstacji

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7]

W omawianej koncepcji zastosowania Bezzałogowego Statku Powietrznego wyróżniamy trzy etapy jego zastosowania w ochronie przeciwpożarowej lasów:

### 1. Patrolowanie

Do zadań Bezzałogowych Statków Powietrznych będzie patrolowanie obszaru leśnych w czasie największego zagrożenia pożarowego. Patrolowanie będzie polegało na locie według ustalonej trasy. Trasa ta będzie wcześniej zaplanowana, a punkty zwrotne będą opisane za pomocą współrzędnych geograficznych i przebiegać przez rejony, gdzie pożary są możliwe, jak również obszary lasów, gdzie wystąpienie pożaru jest mało prawdopodobne ze względu na rodzaj drzewostanów i podłoża. Główną rolą patrolowania jest wczesne wykrycie ogniska pożaru na obszarach leżących poza zasięgiem wież obserwacyjnych. W czasie patrolowania zadanego obszaru będzie istniała możliwość zmiany trasy lotu ze względu na wykrycie pożaru lub sprawdzenie, czy dane zadymienie jest pożarem czy też wypalaniem związanym z pracami w lesie. Patrolowanie z powietrza jest bardziej skuteczne niż obserwacja naziemna, ponieważ uzyskujemy w szybkim czasie przegląd kilkuset lub nawet kilku tysięcy hektarów lasu. Bez rozpoznania lotniczego, koordynacja działań może być oparta tylko na informacjach przekazywanych pomiędzy dowódcami poszczególnych odcinków bojowych znajdujących się w różnych miejscach. Często oceny ich indywidualnych sytuacji są całkowicie subiektywne, na co ma wpływ topografia terenu, która utrudnia lub uniemożliwia wizualny dostęp do całego obszaru pożaru. Wysokość lotu bezzałogowego statku będzie uzależniona od panujących warunków atmosferycznych, które dają najlepsze warunki widoczności. Zalecana wysokość lotu patrolowego dla BSP powinna się zawierać w granicach od 100 do 300 m.

## 2. Rozpoznanie sytuacji pożarowej

Podczas rozpoznania sytuacji pożaru na ziemi można napotkać duże trudności. Ogień i zadymienie może pokryć tak duży obszar, że lokalizacja pożaru jest utrudniona. Warunki naturalne mogą dodatkowo ograniczyć widoczność poprzez, topografię terenu i roślinność. Powyższe problemy można rozwiązać za pomocą Bezzałogowego Statku Powietrznego, który może szybko podać dokładną informację o całym pożarze. Użycie rozpoznania pożaru z powietrza jest logicznym rozwiązaniem. Dobre rozpoznanie jest podstawą do podjęcia odpowiednich zamiarów taktycznych. Zastosowanie Bezzałogowych Statków Powietrznych można porównać do drugiej pary oczu dowódcy akcji poprzez spojrzenie na pożar z lotu ptaka. Po dolicie na miejsce wcześniej wykrytego pożaru lub wcześniej wskazane BSP zatacza okrąg w celu dokładniejszego rozpoznania sytuacji pożarowej. Wysokość, na jakiej powinien utrzymywać w tym czasie powinna uwzględniać warunki pożarowe, a w szczególności zasięg strefy turbulentnej wynikającej z pożaru oraz strefę zadymienia. W tym czasie następuje przekaz obrazu z powietrza do stacji naziemnej. Dzięki temu dowódca przybyły na miejsce pożaru będzie miał informację na temat aktualnej sytuacji.

Podczas monitorowania pożaru Bezzałogowy Statek Powietrzny powinien przekazywać następujące informacje:

- a) kierunek rozprzestrzeniania się pożaru,
- b) określenie strefy zadymienia,
- c) określenie dróg dojazdowych,
- d) nadzorowanie gaszenia pożaru,
- e) określenie powierzchni pożaru,
- f) określenie zagrożonych obiektów zlokalizowanych w lesie (ośrodki wypoczynkowe, obozowiska, leśniczówki),
- g) lokalizacja stanowisk czerpania wody.

## 3. Kontrola pogorzeliska

Kontrola pogorzeliska jest ostatnim etapem akcji gaśniczej. Ma ona na celu wyeliminowanie ponownego wystąpienia pożaru. W tym przypadku można połączyć te zadanie z patrolowaniem pozostałych obszarów leśnych. Bardzo przydatne będzie zastosowanie kamery termowizyjnej w celu sprawdzenia, czy na danym terenie nie występują jeszcze niewidoczne gołym okiem źródła pożarów. W przypadku gdy pożar lasu miał miejsce na podłożu torfowym, z reguły są to pożary wtórne pokrywają gleby. Taki pożar wymaga konkretnego rozpoznania sytuacji i w tym przypadku należy bazować głównie na zdjęciach z kamer IR.

Proponowana koncepcja wykorzystania BSP w ochronie przeciwpożarowej stawia przed systemem następujące wymagania [11]:

- a) loty patrolowo – rozpoznawcze - powinny być wykonywane z jednej lub z kilku baz, np. zlokalizowanych w poszczególnych nadleśnictwach, czyli jeden statek przypada na obszar złożony z kilku mniejszych nadleśnictw. Planowanie lotów powinno wykonane w taki sposób, aby nie został pominięty żaden obszar chroniony,
- b) możliwość wykonywania lotów niezależnie od warunków pogodowych oraz pory dnia,
- c) konieczność monitoringu obszarów przy pomocy systemu kamer TV oraz IR,
- d) możliwość prowadzenia długotrwałego patrolowania i rozpoznania. Czas lotu powinien wynosić około 6 h,
- e) informacje powinny być przekazywane w czasie rzeczywistym lub z niewielkim opóźnieniem do stacji naziemnej,

- f) istnienie odpornej na zakłócenia łączności, a także możliwość zapewnienia sterowania BSP na całym obszarze chronionym,
- g) posiadanie automatycznego programowania i zdalnego sterowania,
- h) start oraz lądowanie powinny być zautomatyzowane, a także powinna istnieć możliwość lądowania na ziemi lub na wodzie,
- i) możliwość lądowania awaryjnego w przypadku utraty kontroli nad maszyną,
- j) posiadanie nieskomplikowanego zestawu naprawczego,
- k) dopuszczenie do lotów w przestrzeni powietrznej, odpowiednie certyfikaty oraz zezwolenia,
- l) masa całkowita wraz z wyposażeniem i paliwem nie powinna przekraczać 80 kg,
- m) zakres prędkości wynikających z założeń konstrukcyjnych BSP powinien wynosić od 80 do 160 km/h
- n) BSP powinien być napędzany silnikiem spalinowym.

Podstawowym parametrem, jakim powinien charakteryzować się BSP, jest zapewnienie bezstratnej i niezakłóconej wymiany danych między nim a stacją naziemną. Najlepiej do tego celu nadają się łącza mikrofalowe, których zaletą jest możliwość regulacji pasma komunikacyjnego i wynikającej z tego możliwości dopasowania szybkości transmisji danych do aktualnych potrzeb, przy niewielkim poziomie zakłóceń. Ze względu na to, że ziemia jest kulą, zasięg bezpośredniej widoczności dla anten nadajnikowych ograniczony jest, tzw. horyzontem radiowym. Aby horyzont radiowy był jak największy, anteny nadajnikowe należy instalować jak najwyżej. Najlepszymi do tego celu są naturalne wzniesienia terenowe.

W przypadku zastosowań technologicznych w tej koncepcji należy zapewnić się o dużej mocy wraz z urządzeniami nadawczo-odbiorczymi. Urządzenia nadawczo – odbiorcze mogłyby znajdować się w dużych odległościach od siebie. Technologiczne rozwiązanie powinno umożliwiać budowę dużych regionalnych sieci bezprzewodowych o różnych standardach, które działają w zakresie fal od 10 do 60 GHz. Należy brać pod uwagę możliwości tego sygnału do pokonywania utrudnień terenowych. Dodatkowym utrudnieniem w komunikacji między statkiem a naziemną stacją kontroli lotu mogą być warunki atmosferyczne. Największy problem stanowi zakłócenie strefy odbioru poprzez wyładowania atmosferyczne, jakie mają miejsce podczas burzy. Problem można by rozwiązać poprzez zainstalowanie większej liczby anten w danym punkcie o węższych kątach propagacji. Efekty uzyskane w ten sposób są następujące: strefa burzowa zasłania mniejszy sektor obserwacji i zastosowanie większej liczby anten o mniejszym kącie propagacji spowoduje wzrost mocy sygnału na łączu. Takie rozwiązania powinny zapewnić możliwość odbioru sygnałów między statkiem a antenami poprzez wiele torów odbiorczych. Spowoduje to minimalizację błędów transmisyjnych. Wydawanie poleceń do samolotu powinno odbywać się z jednego nadajnika określonego toru odbiorczego, w którym sygnał ma największą siłę oraz minimalne zniekształcenia odbieranych sygnałów.

Kolejnym rozwiązaniem mogłoby być zastosowanie samochodów dowodzenia – łączności do sterowania BSP i wtedy w zależności od potrzeby można by udać się w określony region zagrożenia, w którym wprowadzono, np. I lub II stopień zagrożenia pożarowego. Ważnym zastosowaniem jest cyfrowy system sterowania i nawigacji, który umożliwia autonomiczny lot według zadanych punktów trasy, niezależnie od łączności ze stacją naziemną. Punkty zwrotne definiowane są poprzez współrzędne geograficzne oraz wysokość. W zasięgu łącza stacja naziemna obrazuje istotne parametry lotu oraz pozwala na zmianę planu misji podczas jej realizacji. Bezzałogowy Statek Powietrzny ma być przystosowany do startu klasycznego oraz do lądowania na spadochronie lub na podwoziu kołowym. Konstrukcja płatowca musi zostać dostosowana przede wszystkim do szybkiego i łatwego montażu podzespołów z mechanizmami oraz do zabudowy głowicy obserwacyjnej wraz z mechanizmem jej

wysuwania z kadłuba po starcie. Ponadto w konstrukcji płatowca muszą być zabudowane moduły elektroniczne współpracujące z głowicą obserwacyjną. Głowica obserwacyjna wykorzystywana w BSP musi posiadać system wysuwania i chowania jej w kadłubie kadłuba. Daje to możliwość ochrony przed uszkodzeniem podczas startu i lądowania. Głowica obserwacyjna oprócz wysuwania powinna jeszcze posiadać możliwość obrotu względem trzech osi, w celu zapewnienia odpowiednio dużego pola widzenia bez konieczności wykonywania zbędnych manewrów przez BSP.

W przypadku konstrukcji Bezzałogowego Statku Powietrznego proponowane rozwiązanie to model konstrukcji wolnonośnej w układzie klasycznym z trójkołowym podwoziem, które umożliwi mu start i lądowanie zarówno z pasa utwardzonego jak i trawiastego. Powinien on być wyposażony w jeden lub dwa silniki dwusuwowe dwucylindrowe typu bokser o napędzie spalinowym o pojemności 100 cm<sup>3</sup> i mocy około 11 KM każdy pracujące na mieszance paliwie 95-cio oktanowego oraz oleju. Wyposażenie łącznie z autopilotem będą zasilane z pakietów akumulatorowych. Do wyposażenia awionicznego stosowane są pakiety NiMh o pojemności 8600 mAh, a do autopilota pakiet LiPo o pojemności 5200 mAh. Jednostka dostarczana jest wraz z szybką ładowarką mikroprocesorową przeznaczoną do szybkiego ładowania pakietów.

Biorąc pod uwagę dzisiejsze możliwości techniczne z zakresu systemów wizyjnych proponuje się zastąpienie analogowych systemów wideo poprzez zastosowanie cyfrowych systemów wizyjnych dostarczających obraz wysokiej jakości. Wyposażenie obserwacyjne jednostki mogą stanowić różnego rodzaju systemy wizyjne lub termowizyjne. Wszystkie systemy obserwacyjne montowane są na trójosiowej głowicy obserwacyjnej (kontrola kierunku, pochylenia i przechylenia) umożliwiającej sterowanie osią optyczną kamer. Jednostka może być wyposażona w następujące systemy wideo:

1. Cyfrowa kamera termowizyjna IP model A320 firmy FLIR pokazana na rys. 7. Jej parametry techniczne podano w tab. 3.



**Rys. 7.** Kamera termowizyjna firmy FLIR model A320

Źródło: [www.flir.com](http://www.flir.com) [19]

**Tab. 3.** Parametry techniczne kamery FLIR model A320

Lp.	Parametr	Wartość
1	2	3
1	Rozdzielczość	320 (H) x 240 (H)
2	Odświeżanie obrazu przy różnych kodekach obrazu	do 30 fps w kodeku MPEG-4
3	Pomiar w zakresie temperatur	-20 °C do 1200 °C w dwóch podzakresach: 2% lub $\pm 2$ °C
4	Czułość termiczna	0.05 °C
5	Pomiar temperatury we wskazanym punkcie	Pomiar w 4 punktach i obszarach
6	Wykrywanie aktywności ludzkiej	Z odległości 100 m kamera posiada rozdzielczość na poziomie 14 cm / piksel, stąd bez problemu można wykryć aktywność człowieka
7	Praca w temperaturze otoczenia	-15 °C do +50 °C
8	Praca w otoczeniu o wilgotności	do 95 %
9	Odporność na uder	25 g
10	Odporność na wibrację	2 g
11	Zoom	8-mio krotny, cyfrowy

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [19]

2. Cyfrowa kamera wideo IP model GV-BX110B firmy GEOVISION pokazana na rys. 8. Jej wybrane parametry techniczne podano w tab. 4

**Rys. 8.** Widok kamery wideo IP model GV-BX110B firmy GEOVISION

Źródło: [www.geovision.com](http://www.geovision.com) [20]

**Tab. 4.** Parametry techniczne kamery wideo IP model GV-BX110B firmy GEOVISION

Lp.	Parametr	Wartość
1	2	3
1	Rozdzielczość maks.	1280 (H) x 1024 (V)
2	Odświeżanie obrazu	do 30 klatek / sekundę
3	Typ kompresji	H.264, MJPEG lub MPEG4
4	Czułość	- czułość 0.1 lx (1/5 sek.), 1 lx (1/60 sek.), 30 IRE, F1.4, AGC wł. w trybie dziennym kolorowym - czułość 0.05 lx (1/5 sek.), 0.1 lx (1/60 sek.), 30 IRE, F1.4, AGC wł. w trybie nocnym cz/b
5	Typ pracy kamery	Dzień/noc

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [20]

Bardzo ważnym elementem koncepcji jest wyliczenie przykładowych kosztów, jakie należałoby ponieść przy zakupie całego systemu BSP, tj. statku, wyposażenia, szkolenia operatorów itd. W tab. 5 podano szacunkowy koszt samego Bezzałogowego Statku Powietrznego oraz elementów jego wyposażenia jak i stacji naziemnej.

**Tab. 5.** Przybliżony koszt systemu BSP

Lp.	Opis produktu	Szt.	Cena (zł)
1	2	3	4
1	Bezzałogowy Statek Powietrzny	1	40.000,00
2	Naziemna stacja kontroli	1	25.000,00
3	Antena o dużym zasięgu	1	10.000,00
	Wyposażenie :		
4	• Zestaw GPS	1	1.500,00
	• Kamera termowizyjna	1	8.000,00
	• Kamera dzień-noc	1	2.000,00
	• Głowica do kamer	1	1.000,00
5	Części zamienne - zestaw	1	6000,00
6	Szkolenie operatora	1	5.000,00
7	Serwis	1	3.500,00
	<b>Razem</b>		<b>100.000,00</b>

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7]

Bezzałogowy Statek Powietrzny, spełniający zadania ochrony przeciwpożarowej lasów w Polsce, może zostać zakupiony u producentów krajowych jak i również u dostawców z innych krajów. Oferta, jaką proponują państwa, które wykorzystują takie systemy, jest bardzo szeroka. Jednak biorąc pod uwagę rozwiązania oraz myśl technologiczną i dorobek w tym kierunku można stwierdzić, że Polska posiada znaczącą wiedzę do prowadzenia prac badawczo – rozwojowych w tym zakresie. Polscy inżynierowie mogliby więc stworzyć własny Bezzałogowy Statek Powietrzny odpowiadający wszystkim stawianym mu wymaganiom. Polski potencjał naukowo – badawczy, techniczny i produkcyjny jest wystarczający, by móc projektować systemy bezpilotowe. Badania wykonane przez Instytut Lotnictwa, Akademię Górniczo-Hutniczą oraz Politechnikę Warszawską i Rzeszowską pokazują, że nie ma szczególnych przeciwwskazań do stworzenia takiego systemu. Jeśli chodzi o same elementy konstrukcyjne to w większości jesteśmy je w stanie wykonać, a w przypadku braku ich dostępności w kraju można by je sprowadzić z zagranicy. Nowe technologie BSP powinny być priorytetowe w sektorze lotniczym. Warto zatem pomyśleć o szerszym wykorzystaniu BSP i stworzeniu systemu, który nie tylko byłby zaprogramowany na ochronę przeciwpożarową lasów, ale mógłby spełniać również inne zadania np. monitorowanie przyrody, granic, zagrożenia powodziowe, itp. Takie rozwiązanie umożliwia współfinansowanie systemu przez kilku odbiorców, wspieranych przez takie resorty jak: MSWiA, Ministerstwo Rolnictwa, PARP, Urząd Lotnictwa Cywilnego, Ministerstwo Infrastruktury, fundusze regionalne przy wsparciu funduszy unijnych i Lasy Państwowe.

Analiza kosztów zakupu i wdrożenia systemu Bezzałogowego Statku Powietrznego, a następnie porównanie ich z kosztami poniesionymi z wykorzystaniem samolotów i śmigłowców przez Lasy Państwowe na ochronę ppoż. lasów w całym kraju, pozwala na stwierdzenie, że zakup BSP jest opłacalny i zwróci się w ciągu kilku lat jego użytkowania. Współfinansowanie tego systemu przez innych odbiorców może spowodować zwrot kosztów już po niedługim czasie eksploatacji.

## PODSUMOWANIE

W niniejszej pracy podjęto próbę stworzenia koncepcji zastosowania Bezzałogowego Statku Powietrznego wykorzystującego nowe technologie. Miało ono na celu wprowadzenie rozwiązań ułatwiających pracę Państwowej Straży Pożarnej oraz Lasów Państwowych w zakresie zabezpieczenia ppoż. lasów. Przedstawione podstawowe rozwiązania dotyczące zastosowania BSP powinny znaleźć swoje odzwierciedlenie w zapewnieniu bezpieczeństwa pożarowego lasów na terenie Polski. Ważnym elementem jest stworzenie systemu ochrony ppoż. lasów przy zastosowaniu Bezzałogowych Statków Powietrznych. System ten obejmowałby cały kraj lub tylko jego część, gdzie zagrożenie pożarowe jest bardzo wysokie. Może on zostać podzielony na województwa lub okręgi, które odpowiadałyby zasięgom nadleśnictw. Należałoby się zastanowić przed wdrożeniem nie tylko systemu, lecz także nad ilością statków i ich wyposażeniem z uwzględnieniem szkolenia operatorów i kosztów przetargu.

Ważnym elementem, którego nie można pominąć są przepisy prawne dotyczące lotów w przestrzeni powietrznej. Kwestia użytkowania systemów bezzałogowych w polskiej przestrzeni powietrznej uregulowana została w przepisach prawa lotniczego. Prawo lotnicze ustanawia ogólną regułę, zgodnie z którą lot Bezzałogowego Statku Powietrznego możliwy jest jedynie po uzyskaniu zezwolenia prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego (ULC), jeżeli lot taki odbywać miałby się w kontrolowanej przestrzeni powietrznej. Zatem, jeżeli użytkowanie Bezzałogowego Statku Powietrznego miałyby nastąpić w niekontrolowanej przestrzeni powietrznej albo w przestrzeni niesklasyfikowanej, taki lot nie wymaga zezwolenia.

Właściwe uregulowania prawne na poziomie ustawowym oraz na poziomie aktów wykonawczych powinny zmierzać do ustalenia jednolitej terminologii zgodnej z nazewnictwem międzynarodowym dla określenia omawianej kategorii urządzeń. Niezbędne jest stworzenie ram prawnych dla bezpiecznego użytkowania BSP w przestrzeni, określenie zasad ich separowania od pozostałych statków powietrznych, reguł korzystania z lotnisk i wykonywania operacji na lotniskach oraz kryteriów zdolności do lotu. Zapewnienie Bezzałogowym Statkom Powietrznym dostępu do kontrolowanej i niekontrolowanej przestrzeni powietrznej wymusza konieczność określenia zasad badania wypadków i incydentów lotniczych z ich udziałem, a także reguł odpowiedzialności prawnej za szkody powstałe w powietrzu i na ziemi. Należy sprawić, aby regulacje prawne zapewniały wszystkim użytkownikom polskiej przestrzeni powietrznej jak największy poziom bezpieczeństwa. Biorąc pod uwagę uregulowania Agencji Bezpieczeństwa Lotniczego (EASA) i bezpieczeństwo lotnicze osób znajdujących się na ziemi, jak również innych użytkowników przestrzeni lotniczej, uregulowania systemowe muszą obejmować nadawanie uprawnień dla personelu operacyjnego, eksploatację statków powietrznych, nadzór operacyjny nad wykonywaniem operacji lotniczych i nadzór nad szkoleniem personelu operacyjnego.

Kolejną kwestią, jaką należałoby jeszcze poruszyć przed wprowadzeniem systemu Bezzałogowych Statków Powietrznych, są wymagania w zakresie transmisji danych i systemów łączności dla cywilnych potrzeb wykorzystania. Obecnie brakuje odpowiednich uregulowań cywilnych. Przepisy muszą ściśle określać zależności pomiędzy transmisją danych w systemie: BSP a operatorem. Ważne jest, by była zapewniona dobra jakość przesyłanego i odbieranego obrazu do poszczególnych stanowisk kierowania i dowodzenia. Do odbioru dobrej jakości obrazu należałoby wybrać odpowiedniej klasy kamery TV oraz IR. W przypadku wdrożenia tego systemu do innych służby należy go poddać normalizacji. Do standardowych rozwiązań można zaliczyć:

- a) wybór odpowiedniej klasy statku bezzałogowego oraz wyposażenia jego w zależności od potrzeb,
- b) wybór operatorów oraz trybu szkolenia,

- c) możliwość zmiany zaplanowanej trasy lotu wynikającej z zaistniałych istotnych zdarzeń i współpracę systemu nadzorującego lot z systemem sterowania BSP,
- d) analiza zmienności warunków atmosferycznych,
- e) oszacowanie liczby BSP wynikającej z wielkości terenów leśnych oraz kategorii zagrożenia pożarowego,
- f) analiza przydatności podmiotów współpracujących z systemem wczesnego wykrywania pożaru oraz wspomaganie decyzji przez KDR,
- g) wybór odpowiedniego miejsca (miejsc) na lokalizację centrum dowodzenia systemem BSP.
- h) utworzenie jednej bazy na każde województwo lub kilka miejsc stacjonowania statków w poszczególnych nadleśnictwach lub powiatach.
- i) utworzenie baz lub podstacji i ich rozmieszczenie, które byłoby zależne od wielkości obszaru chronionego oraz promienia zasięgu BSP.

Zastosowanie BSP do monitorowania lasów w Polsce wydaje się być w pełni uzasadnione. W przypadku braku pełnego zwrotu kosztów w pierwszych latach od zakupu systemu, program powinien być traktowany jako inwestycja na lata następne. Wiele krajów korzysta z możliwości BSP już od kilku lat. Można przyjąć, że zastosowanie systemu Bezzałogowych Statków Powietrznych jest w pełni opłacalne. Posiadanie własnych źródeł rozpoznania powietrznego umożliwi KDR samodzielne zbieranie informacji w niezbędnym dla niego zakresie, zwłaszcza w specyficznych warunkach środowiska, do których można zaliczyć trudny teren i związane z nim niedogodności.

W niniejszej pracy podano szacunkowe parametry BSP (długość i wysokość lotu, odporność na warunki atmosferyczne, szybkość zbierania i przesyłania informacji), jakie powinien posiadać BSP, aby mógł skutecznie realizować swoje zadania. Dzięki informacji otrzymanej za pośrednictwem BSP dowódca akcji uzyskuje możliwość szybkiej oceny i wiedzy o rozwijającej się sytuacji pożarowej. W przypadku gdyby udało się wprowadzić nowe uregulowania prawne oraz uzyskać korzystne ceny zakupu i wdrożenia systemu, można by stworzyć bardzo dobry i sprawnie działający system ochrony przeciwpożarowej lasów.. Wprowadzenie tej koncepcji w życie może przynieść korzyści zarówno dla społeczeństwa jak i dla gospodarki przez istotną poprawę bezpieczeństwa przeciwpożarowego lasów oraz obszarów przyleśnych. Może on również znaleźć zastosowanie w innych dziedzinach np. bezpieczeństwie transportu materiałów niebezpiecznych.

Niniejsza praca była finansowana przez NCBiR w zakresie dwóch projektów z dziedziny „Bezpieczeństwo i obronność Państwa” o numerach O ROB 0006 01/ID 6/1 i O ROB 0010 001/ID/10/1.

## **BIBLIOGRAFIA**

### **Opracowania zwarte:**

1. Becmer D., *Bezzałogowe systemy latające klasy I-II w przyszłym systemie walki*. Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Oficerskiej Wojsk Lądowych 2007, Nr 1, s. 34-44.
2. Blazajis J.: *Border Security and Unmanned Aerial Vehicles*. CRS Report For Congress, 2004.
3. Gajewski P., Wszelak S., *Technologie bezprzewodowe sieci teleinformatycznych*. WKiŁ, wyd. I, Warszawa 2007.
4. Karlikowski T., *Požary lasu*. PWRiL, wyd. I, Warszawa 1975.
5. Karpowicz J, Kozłowski K., *Bezzałogowe statki powietrzne i miniaturowe aparaty latające*, AON, wyd. II, Warszawa 2003.
6. Kestrel Autopilot System, *Autonomous Autopilot and Ground Control For Small Unmanned Aerial Vehicles* 2008.



7. Łazorko T., *Ogólna koncepcja wykorzystania bezzałogowego samolotu do zabezpieczenia przeciwpożarowego lasów*. Praca magisterska SGSP, Warszawa 2013.
8. Peter W. Merlin., *Unmanned Aircraft System Western Fire Missions*. Western States Fire Missions Book, NASA, Washington, 2009.
9. Richard M. C., UCAV. *Air power by the people, for the people, but not with the people*. Air University Press, Alabama 2000.
10. Willer K., *Ochrona lasów przed pożarami*. CILP, wyd. II poprawione, Warszawa 2007.
11. *Wildfire Management Supported by UAV Based Air Reconnaissance: Experiments and Results at the Szendro Fire Department, Hungary* 2006.
12. Wiśniewski W., *Organizacja i Technologia Gaszenia Pożarów Lasu*. SAPSP, wyd. I, Poznań 2001.

#### **Akty prawne:**

13. Ustawa z dnia 3 lipca 2002 r. - Prawo lotnicze (Dz. U. z 2006 r. Nr 100, poz. 696, z późn. zm.).
14. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 15 lipca 2003 r. w sprawie klasyfikacji statków powietrznych, par.2 ust.3 (Dz. U. z 2003 r. Nr 139 poz. 1333).
15. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 marca 2006 r. w sprawie szczegółowych zasad zabezpieczenia przeciwpożarowego lasów (Dz. U. z 2006r. Nr 58 poz. 405).

#### **Źródła internetowe:**

16. [www.af.mil](http://www.af.mil) ( 12.11.2012).
17. [www.altair.h2.pl](http://www.altair.h2.pl) ( 12.11.2012).
18. [www.asimo.pl](http://www.asimo.pl) (19.11.2012).
19. [www.flir.com](http://www.flir.com) (15.12.2012).
20. [www.geovision.com](http://www.geovision.com) (16.12.2012).
21. [www.geomatyka.lasy.gov.pl](http://www.geomatyka.lasy.gov.pl), (26.10.2012).
22. [www.lasy.gov.pl](http://www.lasy.gov.pl) (03.01.2013).
23. [www.projektproteus.pl](http://www.projektproteus.pl) (28.10.2012).
24. [www.samolotypolskie.pl](http://www.samolotypolskie.pl) (12.11.2012).
25. [www.supertoolbar.ask.com](http://www.supertoolbar.ask.com) ( 12.01.2013).
26. [www.teletechessentials.com](http://www.teletechessentials.com) ( 22.12.2012).
27. [www.wikipedia.org/wiki/UAV](http://www.wikipedia.org/wiki/UAV) ( 01.10.2012).

## **A GENERAL IDEA OF APPLICATION OF UNMANNED AIRCRAFT TO FIRE SAFETY OF THE FORESTS IN POLAND**

### **Abstract**

*A general idea of application of unmanned aircraft (UVA) to fire safety of the forests in Poland is presented in this paper. This technique is often used in West countries, because it leads to the reduction of the costs connected with fire safety of the forests. It was possible thanks to the significant decreasing of the weight and size of standard and infrared cameras, which are basic equipment of unmanned flying objects in those applications. The main goal of the concept proposed in the paper was a replacement of the present forest patrolling and air reconnaissance by the methods using UVA. Application of UVA also helps in realization of the missions, which must be done by fire fighting and rescue activities commander. A general description of UVA construction, control systems and equipment is included in the first part of this work. Basic definition and actual situation in Poland*

*concerning air reconnaissance are explained in the next chapter. Original proposition of the system using UVA useful for either air patrolling or cooperation with fire fighting activities commander during forest fire is included in the same section of the paper. Last part of this work contains summary and conclusions.*

**Autorzy:**

bryg. dr inż. **Jerzy Gałaj** – Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego, Zakład Hydromechaniki i Przeciwpożarowego Zaopatrzenia w Wodę, kierownik zakładu, galaj@sgsp.edu.pl

mgr inż. **Tomasz Łazorko** – Komenda Powiatowa Państwowej Straży Pożarnej w Mielcu, Jednostka Ratowniczo-Gaśnicza nr 1, zastępca dowódcy zmiany, pilot samolotowy zawodowy i instruktor szybowcowy, tomaszlazorko@wp.pl