



UNMANNED AERIAL VEHICLES IN FIRE PROTECTION [BEZZAŁOGOWE STATKI POWIETRZNE W OCHRONIE PRZECIWPOŻAROWEJ]

Katarzyna KOSTUR*
Małgorzata ŻMIGRODZKA**
Tomasz BALCERZAK***

ABSTRACT: Wildfires affect 67M hectares (ha) worldwide per year, approximately 1.7 % of the land area, and costs over €2,000B per year globally - considering both firefighting and economic damage. The social and environmental costs include the damage to human health and fatalities (estimated at 340,000 premature deaths per year due to fire), release of greenhouse gases and damage to infrastructures. Extinguishing a wildfire is an extremely complex task. Current alternatives to fight wildfires include helicopters, hydroplanes, and firefighters. Unfortunately, all these options have several limitations. It is significant that they put human lives at risk. Meanwhile, price and operation costs of aerial means are huge pain points for owners and operators. Another important challenge is that current firefighting civil aviation regulations only allow firefighting manned aircrafts to operate between first and last light due to safety concerns for pilots, limiting the operation time to an average of 12 hours, which leads to many fires reactivating at night. Also, distance from which the water must be released using hydroplanes or helicopters is too far and, as such, the fire extinguishing efficiency is low and the water usage results too high. Unmanned aircrafts, also referred as drones, have the potential to overcome these drawbacks, as no lives would be put at risks even during night operations and offering the possibility to fly at low altitudes to improve effectiveness. However, nowadays the use of tactical drones in fires is limited to monitoring, surveillance and data collection tasks; while there is no single drone in the market capable of extinguishing fires. This is because current drone technologies lack the fire extinguishing capabilities that current firefighting aerial means have.

STRESZCZENIE:

Pożary niszczą globalnie ok. 67 mln hektarów (ha) rocznie. To jest około 1,7% powierzchni lądowej, a koszty zniszczeń to ponad 2000 mld EUR rocznie na całym świecie - biorąc pod uwagę zarówno pożary jak i straty gospodarcze. Koszty społeczne i środowiskowe obejmują szkody dla zdrowia ludzkiego oraz ofiary śmiertelne (szacuje się ok. 340 000 przedwczesnych zgonów rocznie w wyniku pożaru), uwolnienie gazów cieplarnianych i uszkodzenie infrastruktury. Gaszenie pożaru jest niezwykle złożonym zadaniem. Obecne techniki wykorzystywane do walki z pożarami obejmują śmigłowce, hydroplany oraz standardowo pracę strażaków. Niestety, wszystkie te opcje mają kilka ograniczeń. Znaczące jest, że narażają życie ludzkie służb pożarniczych, często występują ofiary pożarów, a także zniszczenia infrastruktury.

* Mgr inż. Katarzyna Kostur-Lotnicza Akademia Wojskowa, Dęblin.

** Dr Małgorzata Żmigrodzka-Lotnicza Akademia Wojskowa, Dęblin.

*** Dr inż. Tomasz Balcerzak-Politechnika Śląska, Katowice.

Innym ważnym wyzwaniem jest to, że obecne przepisy dotyczące lotnictwa cywilnego w pożarnictwie pozwalają jedynie załogowym samolotom gaśniczym na działanie między wschodem a zachodem słońca ze względu na obawy związane z bezpieczeństwem pilotów, ograniczając przy tym czas pracy średnio do 12 godzin, co prowadzi do reaktywacji wielu pożarów w nocy. Również odległość, z której woda musi zostać dostarczona przy użyciu hydroplanów lub śmigłowców, jest zbyt duża, a zatem skuteczność gaszenia pożaru jest niska, a zużycie wody jest zbyt wysokie. Istnieje zatem potrzeba wykorzystania bezzałogowych statków powietrznych, zwanych także „dronami”, które posiadają potencjał przezwyciężenia tych niedogodności, ponieważ praktycznie żadne życie ludzkie nie byłoby zagrożone, nawet podczas nocnych operacji gaszenia pożaru. Bezzałogowe statki powietrzne oferują również możliwość latania na niskich wysokościach, aby poprawić skuteczność gaszenia pożarów. Obecnie użycie taktycznych dronów w pożarach ogranicza się do zadań monitorowania, nadzoru i gromadzenia danych. Na rynku nie ma pojedynczego „drona” zdolnego do gaszenia pożarów. Dzieje się tak, ponieważ przy wykorzystaniu obecnych technologii w bezzałogowych statkach powietrznych brakuje możliwości gaszenia pożaru, jakie mają obecne klasyczne środki powietrzne przeciwpożarowe np. śmigłowce lub samoloty. Technologia bezzałogowych statków powietrznych znajduje coraz większą popularność i zastosowanie w codziennym życiu. W artykule przedstawiono analizę możliwości ich wykorzystania w działaniach Straży Pożarnej oraz propozycję rozwiązania technologicznego-bezpilota statku powietrznego dedykowanego do działań Straży Pożarnej..

KEYWORDS: fires, unmanned aerial vehicles, drones, fire detection, technical requirements, operational requirements, unmanned aircraft, UAS, aviation law, EASA, European Union.

SŁOWA KLUCZOWE: pożary, bezzałogowe statki powietrzne, drony, rozpoznanie pożaru, wymogi techniczne, wymogi operacyjne, bezzałogowy statek powietrzny, UAS, prawo lotnicze, EASA, Unia Europejska.

1. Wstęp

Pożary niszczą globalnie ok. 67 mln hektarów (ha) rocznie. To jest około 1,7% powierzchni lądowej, a koszty zniszczeń to ponad 2000 mld EUR rocznie na całym świecie - biorąc pod uwagę zarówno pożary jak i straty gospodarcze. Koszty społeczne i środowiskowe obejmują szkody dla zdrowia ludzkiego oraz ofiary śmiertelne (szacuje się ok. 340 000 przedwczesnych zgonów rocznie w wyniku pożaru), uwolnienie gazów cieplarnianych i uszkodzenie infrastruktury. Gaszenie pożaru jest niezwykle złożonym zadaniem. Obecne techniki wykorzystywane do walki z pożarami obejmują śmigłowce, hydroplany oraz standardowo pracę strażaków. Niestety, wszystkie te opcje mają kilka ograniczeń. Znaczące jest, że narażają życie ludzkie służb pożarniczych, często występują ofiary pożarów, a także zniszczenia infrastruktury. Innym ważnym wyzwaniem jest to, że obecne przepisy dotyczące lotnictwa cywilnego w pożarnictwie pozwalają jedynie załogowym samolotom gaśniczym na działanie między wschodem a zachodem słońca ze względu na obawy

związane z bezpieczeństwem pilotów, ograniczając przy tym czas pracy średnio do 12 godzin, co prowadzi do reaktywacji wielu pożarów w nocy. Również odległość, z której woda musi zostać dostarczona przy użyciu hydroplanów lub śmigłowców, jest zbyt duża, a zatem skuteczność gaszenia pożaru jest niska, a zużycie wody jest zbyt wysokie.



Rys. 1. Obraz prezentujący żywioł palącego się lasu oraz warunki panujące w czasie pożaru.

Istnieje zatem potrzeba wykorzystania bezzałogowych statków powietrznych, zwanych także „dronami”, które posiadają potencjał przewyższenia tych niedogodności, ponieważ praktycznie żadne życie ludzkie nie byłoby zagrożone, nawet podczas nocnych operacji gaszenia pożaru. Bezzałogowe statki powietrzne oferują również możliwość latania na niskich wysokościach, aby poprawić skuteczność gaszenia pożarów. Obecnie użycie taktycznych dronów w pożarach ogranicza się do zadań monitorowania, nadzoru i gromadzenia danych. Na rynku nie ma pojedynczego „drona” zdolnego do gaszenia pożarów. Dzieje się tak, ponieważ przy wykorzystaniu obecnych technologii w bezzałogowych statkach powietrznych brakuje możliwości gaszenia pożaru, jakie mają obecne klasyczne środki powietrzne przeciwpożarowe np. śmigłowce lub samoloty.

Technologia bezzałogowych statków powietrznych znajduje coraz większą popularność i zastosowanie w codziennym życiu. W artykule przedstawiono analizę możliwości ich wykorzystania w działaniach Straży Pożarnej oraz propozycję rozwiązania technologicznego-bezpilotowego statku powietrznego dedykowanego do działań Straży Pożarnej.¹

¹ WILDHOPPER-The first firefighting drone using an innovative water nebulization technology, DRONE HOPPER S.L. (www.drone-hopper.com).

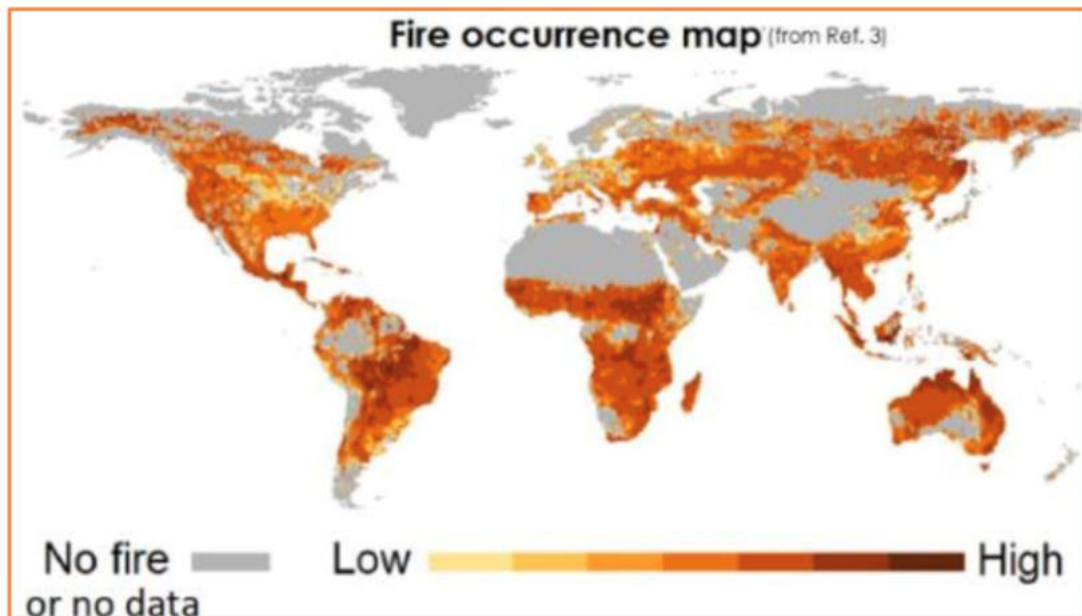
2. Globalny problem pożarów

Obecnie, szczególnie niektóre kraje stoją w obliczu trwającego zagrożenia ze strony pożarów. Obserwuje się tendencję wzrostową szczególnie dużych pożarów lasów. Tendencja ta przypisywana jest m.in. zmianom klimatu, przedłużającym się suszom, porzucaniu i nieuprawianiu dużych połaci gruntów i rozszerzaniu się „dziko-miejskich” terenów. Pożary mogą nieść ze sobą ofiary śmiertelne, niszczyć domy, siedliska dzikiej przyrody i drzewa oraz zanieczyszczając środowisko naturalne emisjami szkodliwymi dla zdrowia ludzkiego. Negatywny efekt pożarów na środowisko naturalne może być długotrwały. Odbudowa zieleni często trwa latami. Ostatnio dostrzega się wiele fatalnych w skutkach pożarów, które okazują się globalnym problemem.

Poniżej wymienione zostały ostatnie przykłady fatalnych w skutkach pożarów:

- Kalifornia, USA, październik 2018 r.
- Attica, Grecja, lipiec 2018 r.
- Kalifornia, USA, sierpień 2018 r.
- Portugalia i region Galicji (Hiszpania), październik 2017 r.²
- Las Palmas (Wyspy Kanaryjskie), Hiszpania, sierpień 2016 r.

Poniższy rysunek ilustruje obszary na kuli ziemskiej o największym zagrożeniu pożarowym.



Rys. 2. Obszary o najwyższym zagrożeniu pożarowym na świecie. Źródło: WILDHOPPER-The first firefighting drone using an innovative water nebulization technology, DRONE HOPPER S.L. (www.drone-hopper.com).

² BBC News, on Portugal wildfires 2017: Firefighters expressed that lack of equipment was one of the emergency response problems that could have contributed to the scale of the disasters.

Na powyższym rysunku widać, że praktycznie większość naszej kuli ziemskiej obecnie zagrożona jest pożarami. Wielokrotnie skala pożarów przekracza możliwości opanowania ich przez władze jednego państwa. Zdarzenia te pokazały ograniczenia i wyzwania przed jakimi stoją służby przeciwpożarowe, szczególnie w zakresie pojemności dostępnych środków powietrznych, szybkości ich rozmieszczenia oraz skuteczności tych aktywów w przypadku pożarów. Wiele krajów na całym świecie musiało zastanowić się, jak najlepiej zorganizować posiadane środki do zwalczania pożarów. Zasoby lotnicze - samoloty, śmigłowce i związane z nimi urządzenia oraz infrastruktura pomocnicza, stanowią szczególne wyzwanie, ponieważ są wykorzystywane tylko przez część danego roku, często są wyspecjalizowane w projektowaniu i zwykle są kosztowne w zakupie i obsłudze.

3. Pożary: wpływ gospodarczy, społeczny i środowiskowy

Chociaż częściowo pożary naturalne odgrywają pozytywną rolę w zarządzaniu ekosystemem, mają również negatywny wpływ, niszcząc miliony hektarów lasów, powodując utratę życia ludzi i zwierząt oraz ogromne szkody gospodarcze. Jak już wspomniano wcześniej, jeśli weźmiemy pod uwagę globalne liczby, pożary mają wpływ na 67 milionów hektarów na całym świecie rocznie, co stanowi około 1,7% powierzchni gruntów³. Średnie roczne globalne obciążenie ekonomiczne pożarami, biorąc pod uwagę gaszenie pożarów, szkody gospodarcze w infrastrukturze, straty gospodarcze w sektorze turystycznym i przemysłowym, problemy zdrowotne itp. wynosi ponad 2 000 mld EUR rocznie.⁴

Pożary są również największym zagrożeniem dla lasów i terenów zalesionych w Europie, ich liczba w UE zwiększyła się ponad dwukrotnie w porównaniu do 2017 r., dotykając obszar dwukrotnie większy od Luksemburga⁵. Obecnie w Europie odnotowuje się 65 000 pożarów rocznie, spalających około pół miliona hektarów dzikich terenów i lasów, z czego ponad 450 000 hektarów dotyczy Hiszpanii, Portugalii, Grecji, Włoch i Francji. Kraje te stanowią ponad 85% spalonego obszaru.

Koszty społeczne i środowiskowe obejmują szkody dla zdrowia ludzkiego - poza bezpośrednimi ofiarami śmiertelnymi szacuje się, że każdego roku 340 000 przedwczesnych zgonów ma miejsce z powodu pożaru⁶ - uwalniania gazów cieplarnianych i uszkodzenia infrastruktury. Skutki środowiskowe po pożarze, takie jak przyspieszone powodzie, erozja gleby, masowe przemieszczanie się i zanieczyszczenie zbiorników wodnych, należą do najbardziej kosztownych skutków dla społeczeństwa. Pośrednie skutki społeczne obejmują zakłócenia w procesach i funkcjonowaniu społecznym, takie jak zakłócenia w ruchu drogowym i lotniczym oraz zamykanie przedsiębiorstw podczas pożaru i bezpośrednio po nim, a nawet

³ P.Lierop et al. Global forest area disturbance from fire, pests, diseases and severe weather events, *Forest Ecology and Management* 2015.

⁴ B. Chatenoux UNEP/GRID-Geneva Biomass fires: preliminary estimation of ecosystems global economic losses. UN , disaster risk reduction.

⁵ C.Harries, Climate change blamed as EU's forest fires more than double, *Euronews* 2017.

⁶ Johnston FH, et al. Estimated global mortality attributable to smoke from landscape fires. *Environ.Health Perspect.* 120, 695–701 (2012).

długoterminowe zmniejszenie turystyki, obniżone walory estetyczne oraz krajobrazowe, a także mieszkalne. Zmiany w użytkowaniu gruntów, zmiany klimatyczne i ograniczenia instytucjonalne w zakresie zrównoważonego zarządzania lasami zwiększyły ryzyko pożaru, wpływając na większy obszar i paląc z większą dotkliwością.⁷

4. Ograniczenia obecnych technologii przeciwpożarowych

Alternatywy do walki z pożarami, jak pokazano na rysunkach poniżej, obejmują straż pożarną z załogowymi statkami powietrznymi, takimi jak samoloty, śmigłowce, naziemne wozy strażackie oraz naziemny personel strażaków.



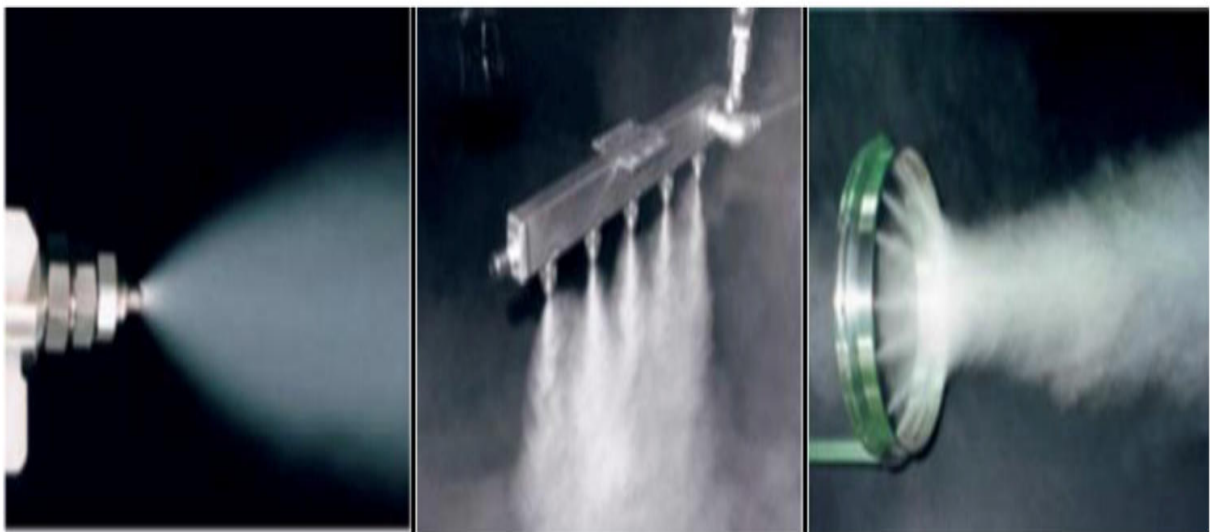
Rys. 3. Obecne technologie wykorzystywane do gaszenia pożarów.

Niestety wszystkie te opcje narażają życie ludzkie i nie mogą pracować w nocy, ograniczając czas pracy średnio do 12 godzin. Ponadto ich mobilność jest ograniczona, a sposób uwalniania wody jest wysoce nieefektywny, ponieważ po prostu zrzucają wodę grawitacyjnie z określoną prędkością. Ponadto wypuszczanie wody jest utrudnione przez odległość, do której mogą się zbliżyć od ogniska pożaru. Samolot nie może zmniejszyć swojej prędkości poziomej poniżej prędkości przeciągnięcia, która zazwyczaj przekracza 100 km/h, niezbędną do zbliżenia się do pożaru, a śmigłowce nie mogą zbliżyć się do pożaru na odległość mniejszą niż 50 m, ponieważ mogą rozniecić ogień za pomocą swojego wirnika. Ponadto muszą zrzucić wodę z pewną prędkością poziomą (wodnosamoloty) i na pewnej wysokości (śmigłowce), co utrudnia jej kontrolę. Co więcej, potrzebują punktu lądowania-ładowiska/lotniska, co oznacza kilka problemów operacyjnych, takich jak obowiązek powrotu do punktu lądowania, aby woda i / lub paliwo były tankowane do kolejnej misji. Poza wszystkimi ograniczeniami operacyjno-technicznymi ich koszty kapitałowe i operacyjne są wyjątkowo wysokie, tj. w zależności od typu wykorzystywanego statku powietrznego, odpowiednio od 1 aż do 35 mln euro rocznie.

⁷ Forest and other vegetation fires, FAO.

5. Proponowana innowacja

WILDHOPPER: Pierwszy UAV do walki z pożarami. Jednym z ostatnio zaprezentowanych na rynku bezzałogowców jest dron o nazwie WILDHOPPER. Będzie on pierwszym ciężkim dronem zaprojektowanym z myślą o wsparciu lotniczym w pożarnictwie gaśniczym działającym równie skutecznie jak obecne rozwiązania i za ułamek ich ceny. Będzie to zaawansowane technologicznie rozwiązanie, które można dostosować do różnych warunków gaśniczych, w tym do operacji nocnych, stromych lądów i silnych wiatrów (> 20 m / s). Dron będzie w stanie transportować i rozpylać do 600 litrów wody w skuteczny i bezpieczny sposób. Dzięki opracowanej technologii i sprawdzonemu systemowi uwalniania wody wystarczy jedno uwolnienie wody z dwóch WILDHOPPERS, aby pokryć powierzchnię ok. 1000 m², co odpowiada hydroplanowi o pojemności 5500 litrów.



Rys. 4. Nowoczesna technologia rozpylania wody używana w WILDHOPPER. Źródło: WILDHOPPER-The first firefighting drone using an innovative water nebulization technology, DRONE HOPPER S.L. (www.drone-hopper.com).

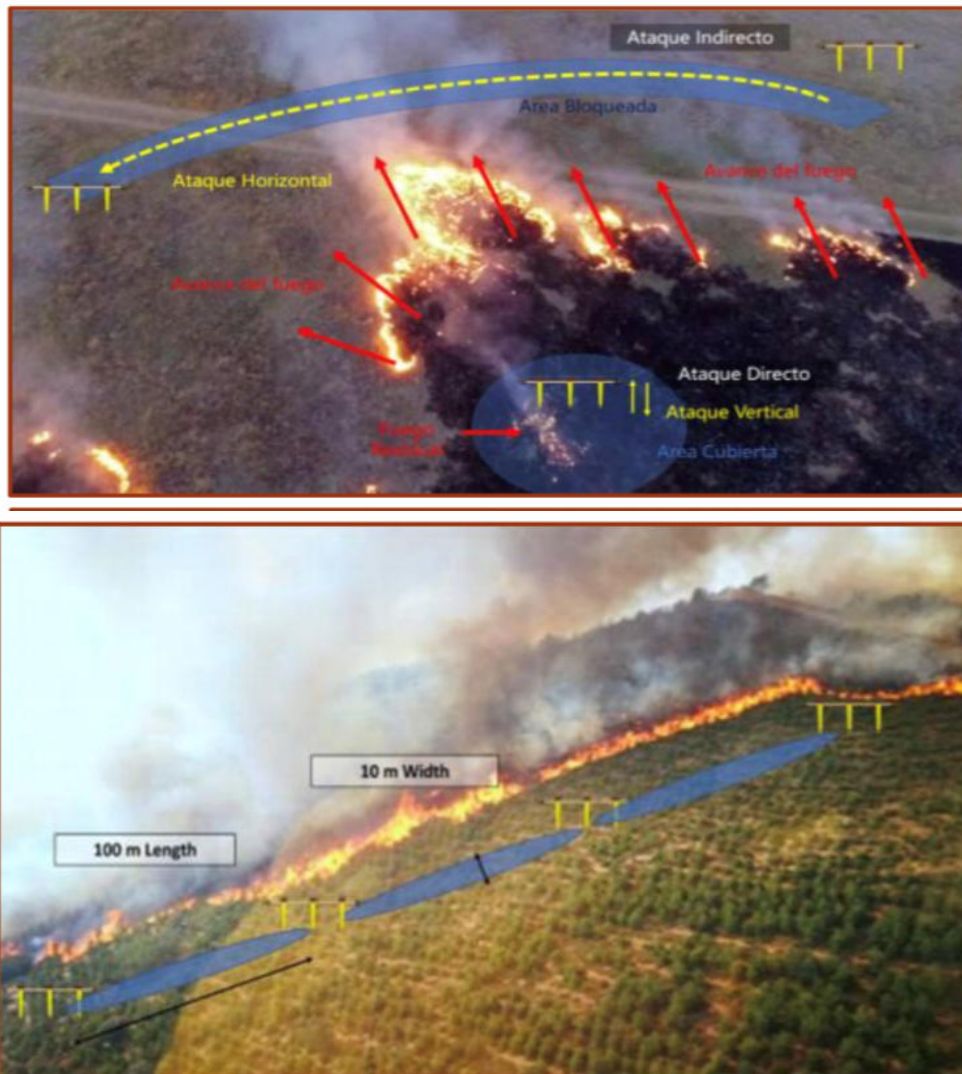
WILDHOPPER jest wykonany z odpornej na wysokie temperatury powłoki z włókna węglowego, więc może zbliżyć się do ognia na odległość 10 m, w przeciwieństwie do śmigłowców i hydroplanów, które muszą pozostawać w odległości co najmniej 50 m od ognia. Również istotne jest to, że WILDHOPPER może przeprowadzać bezpośrednie ataki na duże pożary zamiast operacji z wodnosamolotów, które muszą przeprowadzać ataki pośrednie w celu ograniczenia zasięgu działania. Konstrukcja bezzałogowca zapewnia kompaktowe, stabilne i odporne na awarie rozwiązanie w przypadku niekorzystnych warunków pracy. Dron zawiera modyfikacje strukturalne w celu transportu i rozpylania do 600 litrów wody w bezpieczny i kontrolowany sposób. Obejmuje również systemy sterowania, kamery termograficzne i odpowiednie systemy nawigacyjne.



Rys. 5. Zdjęcia prezentujące WILDHOPPER. Źródło: WILDHOPPER-The first firefighting drone using an innovative water nebulization technology, DRONE HOPPER S.L. (www.drone-hopper.com).

Przełomowe innowacje w WILDHOPPER w operacjach gaśniczych można podsumować w następujących punktach:

- Zasięg działania do 10 metrów od ognia i zużycia wody w sposób bardziej efektywny niż jakikolwiek hydroplan i śmigłowiec.
- Wysokość robocza (operowania drona) do 6000 metrów nad poziomem morza, odpowiednia do pożarów wysokogórskich dzięki silnikom turbo-termicznym. WILDHOPPER będzie mógł działać jako metoda zapobiegania pożarom, tworząc i utrzymując zapory ogniowe. Ma to kluczowe znaczenie dla ochrony ludzi i infrastruktury w czasie rzeczywistym.
- Duża mobilność, aby osiągnąć punkt docelowy dzięki wysokiej zwrotności i zwiększonemu systemowi stabilności.
- Korzystanie z najnowocześniejszych kamer termograficznych, czujników ciepła, systemów geolokalizacji i nawigacji. Technologia ta pozwala zidentyfikować najbardziej odpowiedni obszar akcji gaśniczej. WILDHOPPER użyje hybrydowego systemu do pozycjonowania: tradycyjnej nawigacji satelitarnej i naziemnej technologii opartej na metodach estymacji wizualnej pozycji poprzez stosowanie odpowiednich algorytmów. Systemy te wysyłają dane w czasie rzeczywistym w zakresie obszarów ognia zapewniając stałą informację o krytycznym obszarze oraz aspekty takie jak warunki terenowe, lokalizację, warunki klimatyczne i intensywność ognia. Reaktywność w czasie rzeczywistym zapewni technologiczną przewagę w zarządzaniu, stosowanie dynamicznych scenariuszy w walce z pożarem. Dzięki systemowi komunikacji WILDHOPPER będzie w stanie koordynować zadania z zespołami ratowniczymi, procedurami ewakuacyjnymi i innymi wymaganymi działaniami zapobiegawczymi.
- Koncepcja polega na umieszczeniu ciężarówki z wodą do zasilania drona w okolicach pożaru. Czas przewidywany między zrzutami wody nie przekracza 15 minut, co w porównaniu do minimum 30-40 minut w przypadku konwencjonalnych samolotów jest znaczącym postępem.
- Bezpośredni i pośredni atak przeciwpożarowy pokazano na poniższych rysunkach. W pierwszym przypadku składa się z ataku pionowego, szczególnie odpowiedniego dla pożaru resztkowego. W przypadku ataków pośrednich tryb działania WILDHOPPER jest poziomy, aby działał jako zaporę ogniową zapobiegającą postępowi pożaru. Największe korzyści wykorzystania WILDHOPPER dotyczą dużych pożarów trwających kilka dni i nocy, gdyż dron będzie mógł pracować prawie non stop.

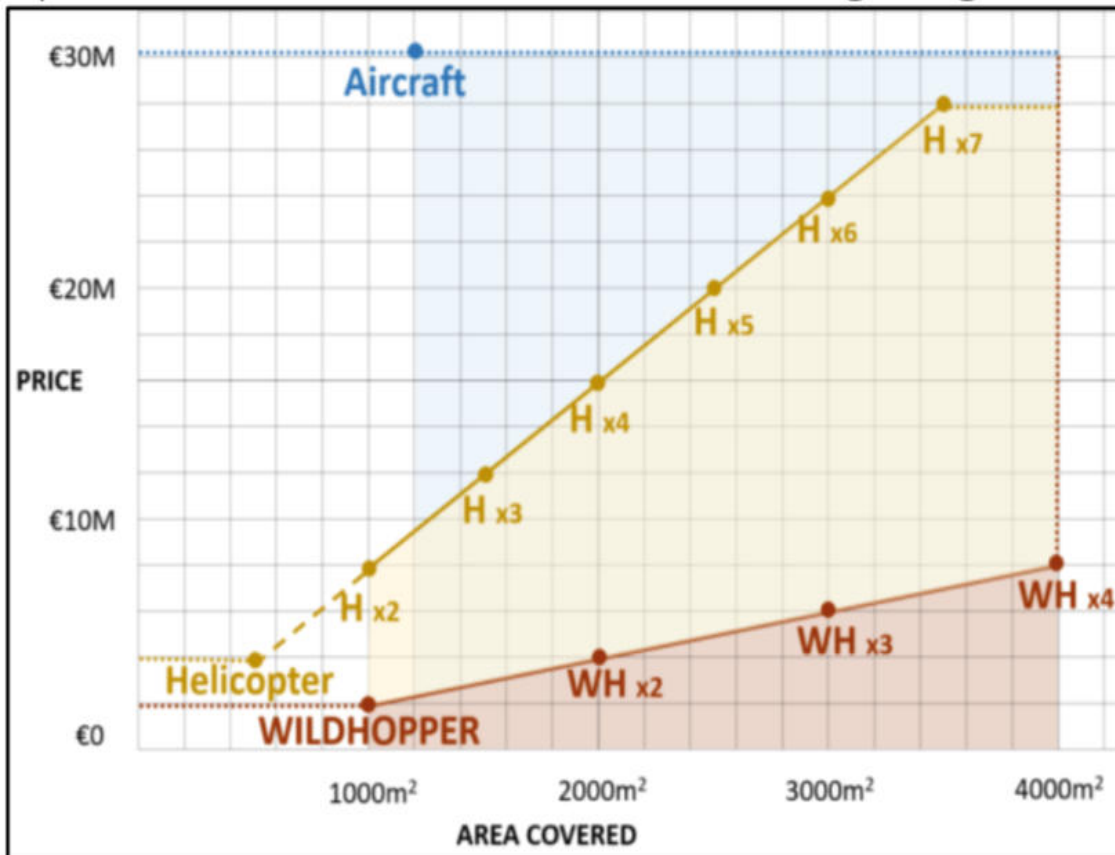


Rys. 6. Zdjęcia i schematy prezentujące taktykę gaszenia pożarów przez WILDHOPPER.
Źródło: WILDHOPPER-The first firefighting drone using an innovative water nebulization technology, DRONE HOPPER S.L. (www.drone-hopper.com).

Prezentowana technologia posiada również potencjał, aby działać w skoordynowanych zespołach dronów („roju dronów”) szybko pokrywających szerokie obszary ognia. Autonomiczna koordynacja misji i autonomiczne operacje gaszenia pożarów należą do głównych linii rozwoju przy pełnym wykorzystaniu WILDHOPPER.

Prezentowana technologia należy do jednej z pierwszych technologii dronów do skutecznego i bezpiecznego gaszenia pożarów przy konkurencyjnej cenie zakupu lub najmu w zależności od wersji od 2 do 2,5 mln EUR, w porównaniu z 4-35 mln EUR w przypadku zakupu wodnosamolotu lub śmigłowca. Koszt najmu prezentowanego drona to ok. 500 tys. EUR/sezon, w porównaniu do 4 mln EUR kosztów wynajmu śmigłowca na 6-7 miesięcy sezonu „pożarowego”.

Poniższa tabela porównuje cenę w stosunku do wydajności (obszar objęty) samolotów (typu Canadair, Boeing itp), śmigłowców do operacji gaśniczych i bezałogowca WILDHOPPER.



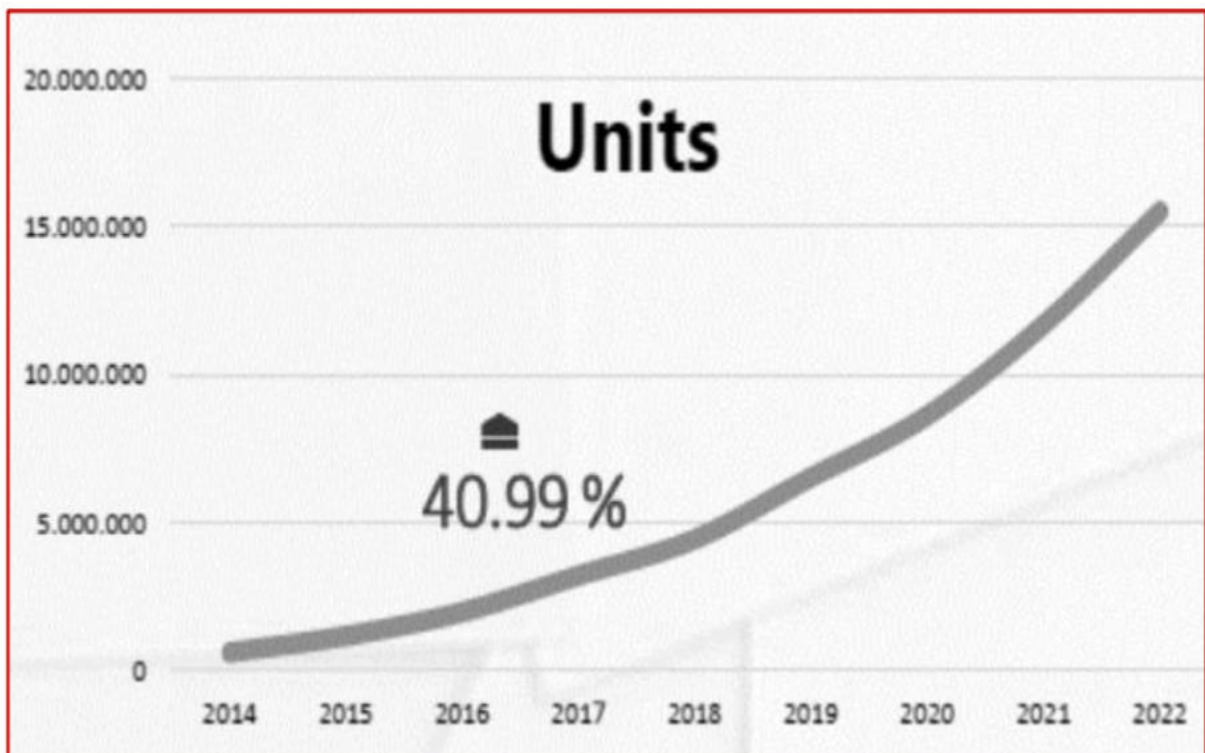
Rys. 7. Porównanie kosztów eksploatacji różnych środków powietrznych w operacjach gaszenia pożarów. Źródło: WILDHOPPER-The first firefighting drone using an innovative water nebulization technology, DRONE HOPPER S.L. (www.drone-hopper.com).

Koszt nabycia środków powietrznych do gaszenia pożarów zaczyna się od 3 mln €. Biorąc pod uwagę, że zwykle operacje gaśnicze wymagają kilku samolotów lub helikopterów, koszt ten może wzrosnąć nawet do kilkudziesięciu milionów euro dla całej floty. Koszty operacyjne mogą być również znaczące przy wynajmie helikoptera, wynajęciu pilota, przeprowadzeniu obsługi technicznej i opłaceniu opłat za obsługę i infrastrukturę. Koszt eksploatacji wodnego tankowca-samolotu-hydropłanu przekracza 4000 € / h. Administracje (odpowiedzialne za ochronę ludności i zdarzenia pożarowe) zwykle napotykają ograniczenia budżetowe w zakresie nabywania, prowadzenia, prowadzenia i / lub wynajmu usługi gaśniczej.

6. Rosnący rynek dronów

Jesteśmy świadkami szybkiego rozwoju globalnego rynku bezałogowców-dronów. Rośnie również zapotrzebowanie na drony autonomiczne. Również zapotrzebowanie na potężne, wielkomasowe drony szybko rośnie i nie ma aktualne platformy zdolnej dać odpowiedź na pewne wymagania. Globalny rynek dronów wyceniono na 6,2 mld € 2016 r. I oczekuje się, że do 2023 r.

osiągnię 21,7 mld euro CAGR 20,7%⁸. Pod względem jednostek, liczba dronów może przekroczyć 15 milionów do 2022 r (patrz rysunek poniżej).



Rys. 8. Prognoza rozwoju globalnego rynku bezzałogowców-dronów. Źródło: <https://tvn24bis.pl/tech,80/pwc-na-127-mln-dol-szacuje-sie-potencjal-globalnego-ryнку-dronow,642355.html> , (dostęp 29.06.2019).

Według podziału regionalnego Ameryka Północna przewodzi rynkowi z udziałem 46,8% i CAGR 14,4%. Kolejne miejsca zajmują kraje Azji i Pacyfiku (23,7%) oraz Europa (21,5%), które rosną odpowiednio na poziomie 26,1% i 20,7%.⁹ Oczekuje się, że rynek dronów dla sektora bezpieczeństwa publicznego będzie świadkiem wysokiego poziomu wzrostu. W 2022 r. oczekuje się, że rynek osiągnie przychody w wysokości 0,93 mld EUR, rosnąc w CAGR na poziomie 102,5% (okres 2017–2023). W ciągu najbliższych pięciu lat oczekuje się, że drony zostaną zastosowane w wielu aplikacjach bezpieczeństwa publicznego, takich jak gaszenie pożarów, ale także egzekwowanie prawa, usługi medyczne, poszukiwania i ratownictwo oraz zarządzanie kryzysowe.

7. Segmentacja rynku według analizy geograficznej

Na świecie istnieje kilka regionów o największym zapotrzebowaniu na „gaśnicze” bezzałogowce-drony. W tych krajach drony zapewnią rozwiązania dla potrzeb administracji publicznej i firm gaśniczych: gaszenie pożarów,

⁸ UAV Drones – Global Market Outlook (2017-2023), Statistics MRC.

⁹ UAV Drones – Global Market Outlook (2017-2023), Statistics MRC.

szybką reakcję, efektywność operacyjną i opłacalność. Biorąc pod uwagę liczbę incydentów związanych z pożarami, obowiązujące prawodawstwo i logistykę potrzebną do komercjalizacji potencjalny rynek obejmuje następujące regiony:

- Hiszpania, Portugalia (2021),
- Francja, Włochy, Grecja, Chile, USA, Kanada,
- Reszta Europy, Ameryka Północna, Ameryka Łacińska.

Poniższa tabela prezentuje wartość „przeciwożarowego” rynku bezzałogowców-dronów.

Total Available Market (TAM) and Serviceable Available Market (SAM)						
	2019	2020	2021	2022	2023	2024
TAM Firefighting drones market (€M)	€ 1,846.7	€ 2,229.0	€ 2,690.4	€ 3,247.3	€ 3,919.5	€ 4,730.8
Europe (€M)	€ 397.0	€ 479.2	€ 578.4	€ 698.2	€ 842.7	€ 1,017.1
North America (€M)	€ 825.1	€ 995.9	€ 1,202.1	€ 1,450.9	€ 1,751.2	€ 2,113.7
South America (€M)	€ 92.3	€ 111.4	€ 134.5	€ 162.4	€ 196.0	€ 236.5
SAM (€M)	€ 1,314.5	€ 1,586.6	€ 1,915.0	€ 2,311.4	€ 2,789.9	€ 3,367.4

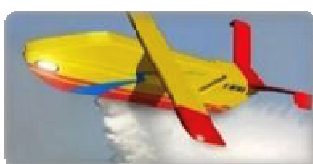
Rys. 9. Wartość „przeciwożarowych” rynku bezzałogowców-dronów. Opracowanie własne na podstawie: WILDHOPPER-The first firefighting drone using an innovative water nebulization technology, DRONE HOPPER S.L. (www.drone-hopper.com).

Głównymi czynnikami, które uwzględniono podczas definiowania planu komercjalizacji oraz międzynarodowej ekspansji do różnych krajów docelowych, były:

- Odpowiednie regulacje prawne,
- Interesariusze i partnerstwa: producenci, logistyka i dostawcy,
- Częstotliwość występowania pożarów,
- Wydatki-inwestycje regionu na technologie dronów.

Innymi bezzałogowymi statkami powietrznymi w zakresie wykorzystania przeciwożarowego wobec prezentowanej technologii WILDHOPPER są:

- Nitorifrex: Rozwiązanie oparte na małych autonomicznych hydroplanach ze skrzydłami stałymi wyrzeliwanych z dużego samolotu transportowego (tj. A400M). Brak znanych testów scenariuszy lub prototypów. Niezwykle złożona operacja.



- Singular Aircraft: Rozwiązania oparte na małych autonomicznych samolotach hydroplanach uruchamianych z lotniska. Prototyp zbudowany, ale nie testowany w rzeczywistych scenariuszach. Mniej skomplikowana operacja w porównaniu z innymi bezpośrednimi konkurentami, ale oczekiwania dotyczące wydajności lotu są niższe.



- Ention Embention Flamingo: sterowana bomba cywilna, która leci całkowicie autonomicznie dzięki połączeniu INS / GPS i innych czujników. Dzięki ładunkowi środka opóźniającego lub środka gaśniczego o pojemności 200 l umożliwia zarówno bezpośrednie tworzenie ognia, jak i chemiczną zapórę ogniową.



- Aeronex: Wysokowydajny multirotor wielozadaniowy o ładowności do 100 kg zdalnego sterowania i autonomicznych rozwiązaniach lotu i automatycznych systemach bezpieczeństwa, rozwiązania elektroniczne.



- Elide Fire Ball - łamliwe kolby wypełnione roztworami chemicznymi. Natryskiwanie chemiczne strumieniami wody-służą do gaszenia pożarów początkowych. Ten niedrogi produkt o niskiej wydajności kosztuje tylko 76,99 € za piłkę.



- Inne: LUF Firefighter - bezprzewodowa zdalnie sterowana mobilna maszyna przeciwpożarowa oczyszcza drogę do odległości do 300 metrów dzięki zastosowaniu wentylatora nadciśnieniowego o dużej pojemności i mgły „wiązki wodnej”. Tego robota nie można kupić, ale można go wynająć za około 150 000 € za użycie.



Poniższe tabele prezentują możliwości techniczne- pojemność zbiorników wodnych oraz koszty eksploatacji różnych statków powietrznych dla celów operacji przeciwpożarowych.

■ Hydroplanes

Planes	Capacity (liters)	Pricing
PZL – Mielec M-18 Dromader	2,200	\$180,000 / hours
Air Tractor AT – 802F	3,050	\$3.25M (\$26.00M lot of 8)
Air Tractor AT – 1002	3,800	N/A
Grumman S-2 Tracker	4,500	\$2.2 million
Canadair CL-215	4,900	\$37 million CAD
Bombardier CL-415	6,140	\$57 million (5 year lease)
McDonnell Douglas DC-10	12,000	N/A

■ Helicopters

Helicopters	Capacity (liters/bucket)	Pricing
Bell 204	500	\$900,000 to \$1.2M
Boeing CH-47 Chinook	7570	\$16,000,000
Boeing CH-46 Sea Knight	847	\$6,000,000
Sikorsky S-80E	7570	\$25,000,000
Sikorsky UH-60 Black Hawk	2952	\$21,300,000
Buckets Only	Capacity (liters/bucket)	Pricing (average)
Bambi Bucket	275 - 10,000	\$4,500.00
Cloudburst Fire Bucket	200 – 10,000	\$6,000.00
HELIFIRE Monsoon Bucket	175 – 5,000	\$3,400
Water Hog Bucket	4,000 – 20,000	\$6,600

Alternatives in the market providing wildfire aerial support.

	Manned		Unmanned	
	Helicopters	Hydroplanes	Fix-wing hydroplanes	WILDHOPPER
Capacity (l)	500- 2,000	1,000-6,000	2,000	600
Water release efficiency	Low (Gravity)	Low (Gravity)	Low (Gravity)	High (Water mist)
Needs landing track	YES	YES	YES	NO
Human lives at risk	YES	YES	NO	NO
Night operation	NO	NO	YES	YES
Cost purchase	€ 4-6 M	€ 25-35 M	€ 3-4 M	€2M (first presales) €2,5M by 2021
Operation costs (1 h), €	5,000 - 10,000	4,000	N/A	500
Time between releases	30-40 min	30 min	> 60 min	15 min
Pilot service hours	Limited	Limited	No pilot	No pilot

Rys. 10. Możliwości techniczne- pojemność zbiorników wodnych oraz koszty eksploatacji różnych statków powietrznych dla celów operacji przeciwpożarowych. Opracowanie własne na podstawie: WILDHOPPER-The first firefighting drone using an innovative water nebulization technology, DRONE HOPPER S.L. (www.drone-hopper.com).

8. Analiza ekonomiczna skutków pożarów

Przeanalizowano liczbę pożarów i koszty ponoszone przez rządy w zakresie ochrony przeciwpożarowej. Chociaż wydatki jednego kraju nie powinny być ekstrapolowane na pozostałe kraje, można założyć, że jednostka wydatków w euro na hektar (€ / ha) może być wykorzystana jako narzędzie porównawcze między krajami. Jako punkt odniesienia do obliczenia tej jednostki wzięto Hiszpanię, biorąc pod uwagę całkowitą powierzchnię spaloną (ha) i całkowite wydatki na zapobieganie pożarom w 2015 r. W rezultacie oszacowano zainwestowane 5 486,75 EUR / ha spalony. W celu obliczenia kosztu gaszenia pożarów na całym świecie odniesiono się do danych dostarczonych przez Giglio z 2013. W związku z tym i przy użyciu tej samej metody, o której mowa w Hiszpanii w odniesieniu do danych za 2015 r., możemy zobaczyć następujące kwestie dotyczące inwestycji w ochronę przeciwpożarową.



Rys. 11. Budżety poszczególnych krajów przeznaczone na ochronę przeciwpożarową. Źródło: WILDHOPPER-The first firefighting drone using an innovative water nebulization technology, DRONE HOPPER S.L. (www.drone-hopper.com) -odniesienie do Rys. 12.

Biorąc pod uwagę, że polityka przeciwpożarowa każdego kraju może się różnić, a zatem może różnić się budżetem przeznaczonym na tę działalność, najciekawszymi rynkami będą te, których budżety są równe lub większe niż budżet w Hiszpanii (2015), odpowiadający regionom: EURO, BONA, TENA, CEAM, SHSA, NHSA, BOAST i AUST. Te obszary geograficzne stanowią łącznie około 460 mld EUR wydatków na zapobieganie pożarom.

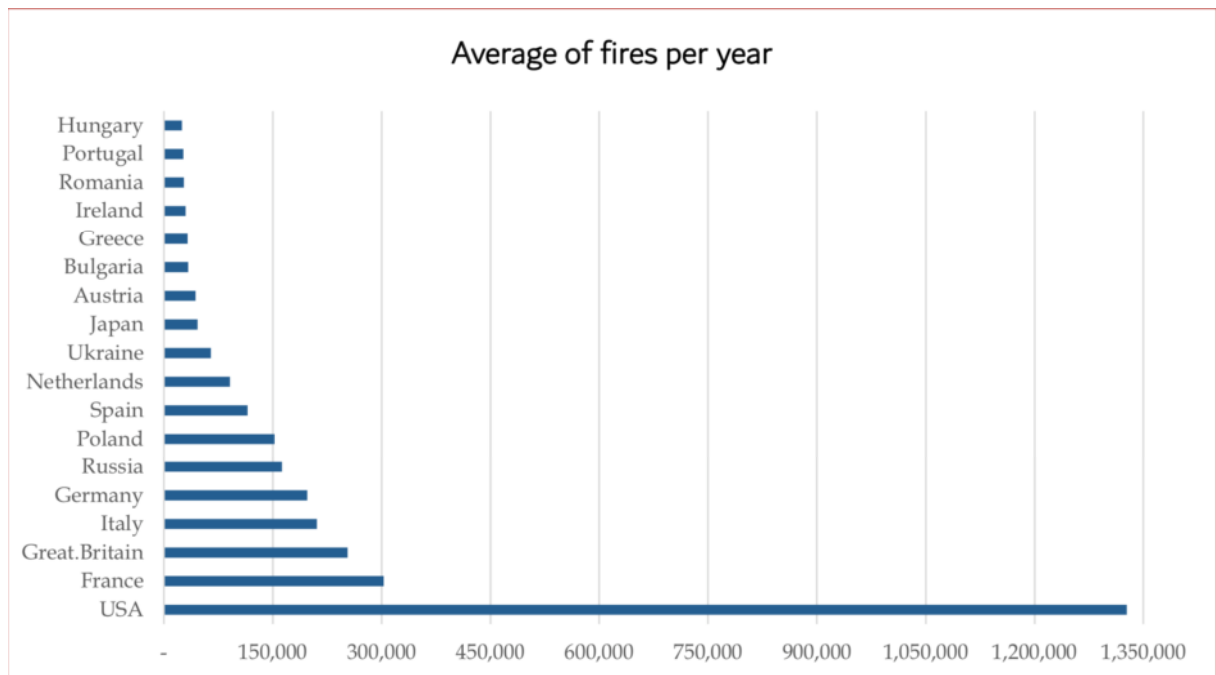
Table. Investment in Extinction Worldwide

Region	Area Burned (Mha)	Investment M€
BONA	2,2	12.071
TENA	1,8	9.876
CEAM	1,8	9.876
NHSA	2,6	14.266
SHSA	18,7	102.602
EURO	0,7	3.841
MIDE	0,8	4.389
NHAF	117,7	645.790
SHAF	125	685.843
BOAS	5,6	30.726
CEAS	13,6	74.620
SEAS	7	38.407
EQAS	1,6	8.779
AUST	50,2	275.435
Global	349,7	1.918.716

Rys. 12. Budżety poszczególnych krajów przeznaczone na ochronę przeciwpożarową. Źródło: WILDHOPPER-The first firefighting drone using an innovative water nebulization technology, DRONE HOPPER S.L. (www.drone-hopper.com).

LATAM to interesujący rynek międzynarodowy wyróżniający się ze względu na dużą liczbę pożarów i niższy poziom rozwoju, co umożliwia duży wzrost dzięki wykorzystaniu nowych technologii. Istnieje kilka krajów rozwijających się w dziedzinie technologii dronowych, takie jak Brazylia i Chile. Liczba pożarów w Chile rośnie z roku na rok. W 2017 r., między 18 stycznia a 5 lutego, miało miejsce ponad 717 pożarów na 467 000 ha.

W Australii (AUST) pożary są bardzo powszechne ze względu na suchy klimat, niskie opady deszczu, wysoką temperaturę i gęstą roślinność. Sezon 2015-16 był druzgocący w Australii pod względem zniszczeń spowodowanych pożarami lasów. Odnotowano trzy duże pożary, które dotknęły ponad 300 000 ha.



Rys. 13. Analiza liczby pożarów w poszczególnych krajach. Opracowanie własne na podstawie WILDHOPPER-The first firefighting drone using an innovative water nebulization technology, DRONE HOPPER S.L. (www.drone-hopper.com).

Bardziej szczegółowa analiza liczby pożarów została przeprowadzona i pokazano to na rysunku powyżej. Można zauważyć, że oprócz USA, krajem o największej liczbie pożarów rocznie jest Wielka Brytania, a następnie Włochy. Polska znajduje się na siódmym miejscu z rozważanych regionów.

9. Lotnicze przeciwpożarowe systemy gaśnicze

(a) Pojazdy załogowe: W tej chwili istnieją dwa główne lotnicze urządzenia przeciwpożarowe: samoloty załogowe i załogowe śmigłowce. Posiadają wysokie koszty eksploatacji, które mogą osiągnąć 35 mln euro i wiele ograniczeń operacyjnych, takich jak brak możliwości działania w nocy.

(b) Bezzałogowe statki powietrzne (UAV), powszechnie znane jako drony.

NITROFIREX: Rozwiązanie oparte na małych autonomicznych hydroplanach uruchamianych z dużego samolotu transportowego (tj. A400M). System nie jest certyfikowany do użytku komercyjnego. Brak znanych testów scenariuszy lub prototypów. Niezwykle skomplikowana procedura użycia:

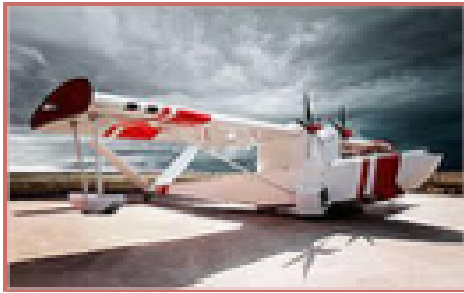
- Konieczność przewiezienia ich innym samolotem do miejsca pożaru,
- Brak możliwości ponownego załadowania wody lokalnie (w rzeczywistości, operacja jednorazowa),
- Operacja multi-drone (rój): nie uwzględniona w żadnych przepisach certyfikacyjnych na całym świecie,
- Brak kontroli wzrokowej pilota,
- Złożone problemy bezpieczeństwa i certyfikacji oraz zabezpieczeń w przypadku potencjalnego zagrożenia zderzeniem z innymi statkami powietrznymi,
- Brak zmiany metody uwalniania wody (tak samo jak w przypadku wodnosamolotów, ale przy mniejszej ilości wody),
- Potrzeba użycia kontrolowanej przestrzeni powietrznej, aby dotrzeć do punktu lądowania.



c) Pojedynczy samolot. Rozwiązanie oparte na małych autonomicznych samolotach hydroplanowych uruchamianych z lotniska. Nie jest certyfikowany do użytku komercyjnego. Zbudowany prototyp. Brak wiadomości o testowaniu rzeczywistych scenariuszy. Mniej skomplikowana operacja, ale także oczekiwania dotyczące wydajności.

- Potrzeba infrastruktury umożliwiającej start i lądowanie samolotów blisko występowania pożaru,
- Lokalizacja (ograniczony zasięg),
- Brak możliwości ponownego załadowania wody lokalnie (w rzeczywistości, operacja jednorazowa)
- Konieczność korzystania z kontrolowanej przestrzeni powietrznej w celu dotarcia do lokalizacji i punktu lądowania, które nie podlegają certyfikacji zgodnie z obowiązującymi przepisami.

- Brak zmiany metody uwalniania wody (tak samo jak w przypadku wodnosamolotów, ale przy mniejszej ilości wody).



10. Normy i certyfikacja

Reguły dotyczące międzynarodowego wykorzystania dronów są obecnie zdefiniowane na poziomie ONZ przez Międzynarodową Organizację Lotnictwa Cywilnego (ICAO). Dopuszcza ona użytkowanie RPAS w niewydzielonej przestrzeni powietrznej pod warunkiem udzielenia zgody przez właściwy podmiot krajowy. Tego rodzaju autoryzacje są ograniczone do konkretnego typu operacji w konkretnych warunkach, żeby zapewnić jak największe bezpieczeństwo w przestrzeni powietrznej. Niektóre państwa członkowskie UE uchwaliły już własne regulacje dotyczące wykorzystania lekkich dronów (m.in. Niemcy, Francja i Polska). Pozwala to na uniknięcie każdorazowego uzyskiwania autoryzacji od właściwych podmiotów krajowych przed wykonaniem lotu. Tego rodzaju autoryzacje nie zawsze są jednak uznawane międzynarodowo i nie pozwalają na loty na terenie całej Unii.¹⁰

Zasady użytkowania europejskiej przestrzeni powietrznej zostały ustalone wspólnie przez Komisję Europejską, ICAO oraz EUROCONTROL w ramach rozporządzenia wykonawczego Komisji Europejskiej 923/2012 – SERA31. Wyróżnione zostały w nich jednak wyłącznie balony wolne bezzałogowe, pozostawiając inne statki bezzałogowe jako podlegające wspólnym zasadom dla wszystkich statków powietrznych.¹¹

Zdalnie sterowane statki powietrzne o masie operacyjnej powyżej 150 kg podlegają przepisom rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady 216/2008¹², a więc ich działanie jest w kompetencji Europejskiej Agencji Bezpieczeństwa Lotniczego (EASA). W Załączniku II do tego rozporządzenia wśród wyłączeń wymienione są w punkcie i) „bezpilotowe statki powietrzne o masie operacyjnej nieprzekraczającej 150 kg”¹³. Wynika z tego, że RPA lżejsze

¹⁰ Komisja Europejska, Remotely Piloted Aviation Systems (RPAS) – Frequently Asked Questions, Bruksela 2014.

¹¹ Gregorski M., Regulacje dotyczące bezzałogowych statków powietrznych w prawie międzynarodowym i prawie Unii Europejskiej, Centrum Europejskie Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2016.

¹² Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) Nr 216/2008 z dnia 20 lutego 2008 r. w sprawie wspólnych zasad w zakresie lotnictwa cywilnego i utworzenia Europejskiej Agencji Bezpieczeństwa Lotniczego oraz uchylające dyrektywę Rady 91/670/ EWG, rozporządzenie (WE) nr 1592/2002 i dyrektywę 2004/36/WE, Dz. Urz. UE L 79/1 z 19.3.2008.

¹³ Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) Nr 216/2008 z dnia 20 lutego 2008 r. w sprawie wspólnych zasad w zakresie lotnictwa cywilnego i utworzenia Europejskiej

niż 150 kg są regulowane przez przepisy krajowe państw członkowskich, natomiast cięższe podlegają jurysdykcji EASA. Warto zwrócić w tym miejscu uwagę na fakt, że „mniejsze bezzałogowe statki powietrzne”¹⁴ podlegają w prawie unijnym dyrektywie 2009/48/EC¹⁵. Z definicji są to produkty przeznaczone do użytku dla dzieci poniżej 14. roku życia. W niektórych przypadkach zakwalifikowanie danego statku powietrznego może być więc dodatkowo utrudnione. Zgodnie z wykładnią EASA¹⁶ „mniejsze bezzałogowe statki powietrzne” podlegają na równi z modelami latającymi rozporządzeniu 923/2012 – SERA.

Obecnie obowiązujące regulacje prawne można podzielić na dwie kategorie: istniejące już wcześniej regulacje, których interpretację można rozciągnąć także na statki bezzałogowe, oraz nowe przepisy ustanawiane specjalnie na potrzeby dronów. W przypadku pierwszej kategorii pojawiają się problemy wynikające z różnic między statkami załogowymi a bezzałogowymi. Technologia zmienia się na tyle szybko, że także przepisy odnoszące się bezpośrednio do statków bezzałogowych mogą nie być do końca adekwatne. Nie ulega wątpliwości, że obszar statków bezzałogowych powinien być uregulowany na poziomie międzynarodowym, podobnie jak uregulowane są loty załogowe. Wynika to z konieczności zapewnienia bezpieczeństwa w przestrzeni powietrznej.

Podejmowane są próby opracowania jednolitych przepisów, zarówno na poziomie UE, jak i całego świata (przez ICAO). Przez analogię do lotów załogowych można oczekiwać, że podstawowe ramy prawne będą wyznaczone przez ICAO. Kwestie bardziej szczegółowe mogą być regulowane na poziomie poszczególnych państw albo grup państw (np. UE). Prace nad uregulowaniem obszaru lotów bezzałogowych w UE rozpoczęły się w 2011 r. Problem został już wtedy dostrzeżony, ale popularność dronów była wtedy zdecydowanie mniejsza niż obecnie. Utrudnieniem jest konieczność koordynowania prac bardzo wielu zaangażowanych instytucji.

Ponieważ nie istnieją obecnie spójne regulacje na poziomie międzynarodowym oraz UE, tworzone są przepisy krajowe. Im więcej istnieje takich odrębnych systemów, tym trudniejsza będzie ich późniejsza integracja. Wzrasta także zagrożenie wystąpienia zdarzeń lotniczych z udziałem UAV z powodu ciągle zwiększającej się liczby statków, niekontrolowane- go ich użytkowania oraz braku wymagań dotyczących wyposażenia i kwalifikacji pilota. Brak kontroli oznacza też większe możliwości dla działań przestępczych oraz ataków terrorystycznych. Cechy dronów sprawiają, że są one bardzo wygodnym i anonimowym narzędziem do popełnienia deliktu. Z tego powodu obecnie opracowywane są różne metody przeciwdziałania takim czynom, wykorzystujące np. zakłócanie komunikacji albo fizyczne przechwytywanie statków.

Agencji Bezpieczeństwa Lotniczego oraz uchylające dyrektywę Rady 91/670/ EWG, rozporządzenie (WE) nr 1592/2002 i dyrektywę 2004/36/WE, Dz. Urz. UE L 79/1 z 19.3.2008.

¹⁴ Minidrony o masie poniżej 1 kg.

¹⁵ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/48/WE z dnia 18 czerwca 2009 r. w sprawie bezpieczeństwa zabawek, CELEX 32009L0048.

¹⁶ EASA, Transposition of Amendment 43 to Annex 2 to the Chicago Convention on remotely piloted aircraft systems (RPAS) into common rules of the air, 3.04.2014, pkt. 2.4.5.4.2 Toy aircraft.

Warto też zwrócić uwagę na wpływ sytuacji prawnej na gospodarkę. Z jednej strony niepełne regulacje mogą oznaczać większą sprzedaż i zyski dla producentów. Urządzenia mogą być tańsze, bo nie muszą spełniać specyficznych wymogów. Jeśli istnieją wyłącznie regulacje na poziomie krajowym, to producent może wybrać kraj z mniej restrykcyjnymi wymogami. Sam proces zakupu też jest prosty, ponieważ nie wymaga dodatkowych czynności ani kosztów. Być może brak regulacji można uznać za jeden z powodów tak szybkiego rozwoju tej branży. Z drugiej jednak strony uregulowanie obszaru lotów bezzałogowych jest bardzo korzystne dla gospodarki. Powstaje wiele nowych firm, miejsc pracy, a sektor generuje zyski. Brak regulacji międzynarodowych daje też pewną korzyść dla krajowych legislatorów. Mają wtedy oni większą kontrolę nad systemem prawnym w kraju oraz mogą łatwiej osiągnąć spójność z innymi przepisami i wymaganiami technicznymi.

Można założyć, że ICAO doprowadzi do końca trwający obecnie proces tworzenia przepisów dotyczących lotów bezzałogowych. Zgodnie z art. 37 konwencji chicagowskiej wszystkie strony konwencji są zobowiązane do dostosowywania swojego prawa do jej postanowień. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że Unia Europejska jako podmiot nie jest stroną konwencji, chociaż wszystkie państwa członkowskie są stronami. Oznacza to, że UE nie jest zobligowana do tworzenia prawa spójnego z konwencją. W takiej sytuacji UE przez EASA kontynuuje prace nad własnymi regulacjami w obszarze lotów bezzałogowych. Tym samym państwa członkowskie UE będą zobligowane z jednej strony do przestrzegania przepisów ICAO (które są stronami), a z drugiej strony do przepisów UE. Poza tym istnieć będą jeszcze krajowe przepisy w tym zakresie, które mogą być sprzeczne z nowymi regulacjami. W przypadku takich kolizji wyższość będzie miało prawo unijne¹⁷.

PODSUMOWANIE

Według ostatnich badań Goldman Sachs, globalny przemysł gaśniczy związany z dronami szacuje się na 716 mln euro (881 mln dolarów) w USA¹⁸. Całkowity rynek dronów gaśniczych szacuje się na wartość 1.530 mln euro. Na przykład w Stanach Zjednoczonych 69 z 347 agencji bezpieczeństwa publicznego, które zakupiły drony (2009 i 2017) było strażami pożarnymi. Do 2023 r. rynek zostanie wyceniony na 1,8 mld EUR.

Drony prawdopodobnie będą jedną z kolejnych dużych zmian w straży pożarnej. Pomimo rosnących przykładów sposobów ich wykorzystania przez straż pożarną, obecnie systemy bezzałogowe zasadniczo wykorzystywane są do monitorowania i nadzoru. W tym sensie drony oferują doskonałą okazję do oceny informacji ze znaczących incydentów i wydarzeń na dużą skalę, które mogą zapewnić dowódcy zdarzenia dodatkową świadomość sytuacyjną.

¹⁷ Gregorski M., Regulacje dotyczące bezzałogowych statków powietrznych w prawie międzynarodowym i prawie Unii Europejskiej, Centrum Europejskie Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2016.

¹⁸ Drones in Firefighting: How, Where and When They're Used.

Zaangażowane w świadomość sytuacyjną urządzenia te mogą być wyposażone w kamery wideo do przechwytywania wideo i / lub dostarczania obrazu na żywo. UAV wyposażone w kamery (wideo i podczerwień) mogą również zapewniać w czasie rzeczywistym przegląd rozprzestrzeniania się pożarów i potencjalną zagrożenie dla strażaków i okolicznych społeczności znajdujących się w obszarze objętym pożarem.

Potencjał dronów w gaszeniu pożarów nie kończy się na monitorowaniu. Tendencja branży zmierza w kierunku wykorzystania UAV jako rzeczywistych „pojazdów strażackich” podczas operacji gaśniczych¹⁹. W tym sensie trwają testy mające na celu zdalne sterowanie UAV w celu podnoszenia wody i dostarczania jej tam, gdzie jest to konieczne do gaszenia ognia. Podstawowy warunek użycia jest tutaj oczywisty: posiadanie drona do dyspozycji straży pożarnej po przybyciu do obszaru objętego żywiołem pożaru. Pozwoliłoby to strażakom oraz postronnym ludziom nie tylko pozostać w bezpiecznej odległości od pożaru, ale także działać z niezwykle korzystnego punktu widzenia. Nie jest zaskoczeniem, że organy ścigania są również zainteresowane UAV, ponieważ mogą one zmniejszać ryzyko i zwiększać użyteczność transferowanych danych, które mogą pomóc w opracowaniu bardziej świadomej strategii i taktyki realizacji określonego celu.

Obecnie drony są coraz częściej wykorzystywane przez strażaków do monitoringu. Urządzenia te są wyposażone w kamery wideo do przechwytywania wideo i / lub dostarczania obrazu na żywo. UAV wyposażone w kamery (wideo i podczerwień) mogą, jak już wcześniej wspomniano, zapewniać w czasie rzeczywistym przegląd rozprzestrzeniania się pożarów terenów i potencjalnych zagrożeń dla strażaków biorących udział w akcji gaśniczej oraz okolicznej społeczności. Jednak poza tymi zastosowaniami wykorzystanie UAV do realizacji operacji gaśniczych (uwalnianie wody w celu gaszenia pożaru) jako alternatywy i / lub uzupełnienia załogowych statków powietrznych jest nadal nierozwiązanym wyzwaniem. Szansa na użycie dronów przeciwpożarowych jest ogromna, ale nadal istnieją ograniczenia technologiczne uniemożliwiające ich użycie, ponieważ muszą one obejmować niezwykle precyzyjny i skuteczny system uwalniania wody, który pozwala na użycie lekkiego, kompaktowego i zwrotnego bezzałogowego statku powietrznego zdolnego do transportu ciężkich ładunków wody mogącej uwolnić się nad ogniem, a jak dotąd nie udało się tego osiągnąć. Ponadto obciążenie i udźwig drona oraz system kontroli jest jednym z wyzwań technologicznych do pokonania.

Według europejskiego systemu informacji o pożarach (EFFIS) każdego roku w UE występuje średnio 65 000 pożarów. W UE duże pożary (≥ 50 hektarów) stanowią 75% całkowitej spalonej powierzchni, co stanowi 2,6% całkowitej liczby pożarów. Pożary lasów wywołane przez człowieka stanowią około 95% ogólnej liczby pożarów.

Półwysep Iberyjski - Hiszpania i Portugalia. W tym regionie przewiduje się średni wzrost temperatury od 2 do 3 stopni Celsjusza w miesiącach lipcu i sierpniu w porównaniu do obecnych temperatur, co oznacza większą liczbę wyjątkowo gorących dni w nadchodzących latach. Podobnie liczba dni

¹⁹ Fire Technology: Using Drones In the Fire Service.

deszczowych spadnie o 25% w tym okresie. Wzrost będzie jeszcze większy od 2051 r. do 2075 r., ponieważ w tym okresie przewiduje się wzrost o 4 stopnie Celsjusza temperatury w miesiącach letnich, co jest krytycznym momentem dla pożarów. Ryzyko pożarów wzrasta również z powodu innych czynników meteorologicznych, takich jak przedłużające się susze.

Duża liczba wypadków i ofiar powoduje konieczność ulepszenia i opracowania nowych środków gaśniczych w celu radzenia sobie z różnymi czynnikami, w których występują pożary. Ponadto ze względu na zmiany klimatu i nienormalne warunki pogodowe na Półwyspie Iberyjskim w ciągu ostatnich 30 lat, gwałtownie wzrosły pożary w sezonie letnim.

Główny celem w Hiszpanii jest, w odniesieniu do występowania pożarów, zmniejszenie całkowitej powierzchni spalonej. Niemniej jednak, GF (Great Fire- Wielkie Pożary) są powszechne, a liczba GF jest bardzo podobna do poprzednich dekad. Uważa się zatem, że kontrola dużych pożarów nie jest zbyt udana.

Niedawno Portugalia została ponownie poważnie dotknięta pożarami. Ma to miejsce m.in. ze względu na bliskość i podobieństwo do hiszpańskiego klimatu. W 2016 r. spalonych zostało 64 443 hektary, z około 15 151 całkowitej liczby pożarów. 17 czerwca 2017 r. wydarzył się największy i najbardziej rozległy pożar w Portugalii, a jednocześnie najbardziej zabójczy w historii tego kraju i jeden z 11 najbardziej zabójczych na świecie od 1900 r. Portugalia ma niewielką kontrolę nad kwestiami zapobiegania i niwelowania skutków śmiertelnych.

Podobnie jak w Portugalii i Hiszpanii, Włochy są jednym z krajów najbardziej dotkniętych przez pożary. W 2016 r. wybuchło 5 442 pożarów o ogromnych rozmiarach-GF, które spaliły 41 511 hektarów. Włochy dołożyły ogromnych starań w zakresie gaszenia pożarów i zapobiegania im, chociaż istnieją różnice między prowincjami. Z powodu pożarów w ubiegłym roku we Włoszech spłonęło 30 000 hektarów.

Grecja: Liczba pożarów i cechy klimatu w Grecji są podobne do Hiszpanii. Należy zwrócić uwagę na negatywny element Grecji w odniesieniu do ochrony przeciwpożarowej- liczne cięcia budżetowe, które miały miejsce w wielu różnych departamentach rządowych w wyniku kryzysu gospodarczego.

Polska: Obecne warunki w Polsce charakteryzują się dość wysokim czynnikiem ryzyka pożarowego. Trzy warunki mają szczególny wpływ na wystąpienie ognisk: długie okresy niskich opadów, duża obecność turystów w lasach i wysokie zanieczyszczenie powietrza, co powoduje niszczenie-rozkład drzew, wytwarzając łatwopalny materiał. W 2015 r. w Polsce wystąpiła duża liczba pożarów. Co roku Polska przeznaczona dużą część swojego budżetu na gaszenie pożarów (ponad 20 milionów EUR). Ponadto przewiduje się wdrożenie nowych środków mających na celu zwalczanie i zapobieganie pożarom, co świadczy o coraz większym znaczeniu zagrożenia pożarami w naszym kraju.

LITERATURA

1. Caruso M.J., Smith C.H., Bratland T., Schneider R., A New Perspective on Magnetic Field Sensing, Honeywell, Inc. 5/98.
2. DF Marchant, The sky's the limin, Health + Safety at work, marzec 2015.
3. Eksperyment – dron dla Straży Pożarnej, <http://bezzalogowce.pl> (dostęp 21.06.2019).
4. Gregorski M., Regulacje dotyczące bezzałogowych statków powietrznych w prawie międzynarodowym i prawie Unii Europejskiej, Centrum Europejskie Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2016.
5. Koruba Z., Tuśnio J., A gyroscope-based system for locating a point source of low-frequency electromagnetic radiation, Journal of Theoretical and Applied Mechanics, nr 2, s. 343-362, 2009.
6. Koruba Z., Tuśnio J., Koncepcja i algorytm manewru ochrony obiektu latającego przed kolizją z napowietrzną linią przesyłową wysokiego napięcia, Problemy Mechatroniki. Uzbrojenie, lotnictwo, inżynieria
7. Linear Technology Corporation: LTC1068 Series Clock-Tunable, Quad.
8. Łazorko T., Ogólna koncepcja wykorzystania bezzałogowego samolotu do zabezpieczenia przeciwpożarowego lasów, praca dyplomowa, sgsp, Warszawa 2013.
9. Niklas J., Walkowiak A., Drony – nadzór z powietrza, Fundacja Panoptykon.
10. Pilotless police drone takes off, b b c , http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/england/merseyside/6676809.stm (dostęp 20.06.2019).
11. Prawdopodobieństwo trafienia platformy powietrznej, <http://bezzalogowce.pl> (dostęp 21.06.2019).
12. Rachel L. Finn, David Wright, Unmanned aircraft systems: Surveillance, ethics and privacy in civil applications, Computer Law & Security review, 2012.
13. Richard M. C., ucav. Air power by the people, for the people, but not with the people , Air University Press, Alabama 2000.
14. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. nr 109, poz. 719).
15. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 22września 2000 r. w sprawie szczegółowych zasad wyposażenia jednostek organizacyjnych Państwowej Straży Pożarnej (Dz.U. nr 93, poz. 1035).
16. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 marca 2006 r. w sprawie szczegółowych zasad zabezpieczenia przeciwpożarowego lasów (Dz.U. nr 58, poz. 405, z późn. zm.).
17. Sałaga M., Koncepcja zastosowania bezzałogowych statków powietrznych w ochronie przeciwpożarowej lasów w Polsce, praca dyplomowa, sgsp, Warszawa 2010.
18. Sałaga M., Koncepcja zastosowania bezzałogowych statków powietrznych wochronie przeciwpożarowej lasów w Polsce, praca dyplomowa, SGSP, Warszawa, 2010.

19. Snoch J., Dzięki dronom podczas powodzi uratowano 200 osób, Komputer Świat, <http://www.komputerswiat.pl/> (dostęp 20.06.2019).
20. TheEconomist, Secure enough, <http://www.economist.com/news/united-states/21579828-spending-billions-more-fences-and-drones-will-do-more-harm-good-secure-enough> (dostęp 21.06.2019).
21. Tuśnio N., Krzysztofik I., Tuśnio J., Zastosowanie bezzałogowych statków powietrznych jako elementów mobilnego systemu monitorowania zagrożeń pożarowych, Problemy mechatroniki. Uzbrojenie, lotnictwo, inżynieria bezpieczeństwa 2014, nr 16.
22. Tuśnio N., Nowak A.-Szkoła Główna Służby Pożarniczej w Warszawie, Tuśnio J., Wolny P. Politechnika Świętokrzyska, Bezzałogowe statki powietrzne w działaniach Państwowej Straży Pożarnej – propozycja dedykowana Państwowej Straży Pożarnej, Zeszyty Naukowe sgsp 2016, nr 58 (tom 1)/2/2016.
23. Urząd Lotnictwa Cywilnego, Bezzałogowe statki powietrzne w Polsce, Warszawa 2013.
24. Zygmunt A. Pierwsze drony w polskich nieruchomościach komercyjnych, <http://www.administrator24.info/> (dostęp dn. 20.06.2019).
25. Żmigrodzka M., Współczesne zagrożenia bezpieczeństwa osób i mienia w dobie rozwoju UAV/RPAS, w: Przeciwdziałanie zagrożeniom powstałym w wyniku bezprawnego i celowego użycia bezzałogowych platform mobilnych, redakcja naukowa Jarosław Cymerski, Krzysztof Wiciak, Szczytno 2015.

Recibido el 29 de julio de 2019. Aceptado el 25 de noviembre de 2019