



Kacper JAGIELSKI

<https://orcid.org/0009-0007-7775-5910>

Bezzałogowe systemy latające: ewolucja od starożytności do współczesności

Streszczenie

Niniejszy artykuł analizuje rozwój Bezzałogowych Systemów Latających (BSL) w perspektywie długofalowej – od starożytnych prekursorów po zaawansowane platformy autonomiczne z lat 2025–2026. Głównym założeniem tekstu jest teza, że ewolucja BSL stanowi unikalny w historii techniki proces „technologicznej adaptacji środowiskowej”. W ramach tej koncepcji wykazano, że każda kolejna generacja systemów bezzałogowych jest bezpośrednią odpowiedzią na specyficzne bariery zewnętrzne: od wczesnych potrzeb zwiadowczych, przez konieczność unikania wykrycia radarowego (turecki ekranoplan Talay) i odporność na walkę elektroniczną (polski Warmate 5), aż po optymalizację zasobów i logistyki (brazylijski Tupan BEE, litewski Airvolve). Artykuł dowodzi, że postępująca autonomizacja i miniaturyzacja (systemy Nano) to formy przystosowania maszyn do przetrwania w nasyconym technologią środowisku, co trwale redefiniuje rolę człowieka, przesuając go z pozycji bezpośredniego pilota do rangi strategicznego nadzorca inteligentnych systemów.

Słowa kluczowe: bezzałogowe systemy latające, BSL, ewolucja techniki, adaptacja technologiczna, sztuczna inteligencja, autonomia, Polska, Turcja.

Wstęp: Od Ikarowego marzenia do autonomicznej rzeczywistości

Współczesny świat staje w obliczu coraz nowszych wyzwań związanych z szeroko pojętą globalizacją oraz postępową zaawansowanych technologii. Mają one różnorodny charakter, zróżnicowaną siłę oddziaływania i stanowią potencjalne zagrożenie dla stabilności i porządku publicznego. Historia oraz wydarzenia, których jesteśmy świadkami – od pandemii COVID-19 po dynamiczne zmiany w architekturze bezpieczeństwa Europy Wschodniej – wskazują, że pokój i stabilizacja nie zostały nam dane raz na zawsze. Przyczyn tego stanu jest wiele: od przemian społeczno-gospodarczych po gwałtowną ewolucję techniczną, która bezpośrednio zmienia charakter współczesnych zagrożeń. Skok technologiczny, jaki dokonał się na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat, doprowadził do upowszechnienia

nienia specjalistycznych środków, takich jak Bezzałogowe Systemy Latające (BSL). Są one wykorzystywane zarówno w sferze militarnej, jak i cywilnej, przez służby odpowiedzialne za bezpieczeństwo powszechne¹. Ta współczesna dynamika stanowi zwieńczenie długiego procesu, który można opisać jako drogę od lkarowego marzenia do autonomicznej rzeczywistości. Choć termin „dron” kojarzy się dziś nierozdzielnie z nowoczesnością, idea oddzielenia pilota od statku powietrznego ma swoje korzenie w antycznej mechanice i nowożytnej pneumatyce². Proces ten nie był jednak liniowy; stanowił raczej ciąg gwałtownych skoków, wymuszonych przez kryzysy globalne oraz nieustanną potrzebę minimalizacji ryzyka ludzkiego.

Kluczowym katalizatorem doskonalenia bezzałogowców stała się dążność do zastępowania człowieka w najbardziej wymagających scenariuszach operacyjnych. Dzięki temu technologia stała się głównym narzędziem ochrony życia i zdrowia operatorów w strefach bezpośredniego zagrożenia³. Niniejszy artykuł stawia tezę, że ewolucja BSL stanowi unikalny w historii techniki proces „technologicznej adaptacji środowiskowej”. Bezzałogowce ewoluowały od prymitywnych, jednowymiarowych automatów mechanicznych do złożonych, wielowarstwowych ekosystemów cyfrowych. Doprowadziło to do ostatecznego odwrócenia ról: z maszyn pomocniczych drony stały się systemami dominującymi, które samodzielnie narzucają tempo i charakter współczesnych operacji⁴. Aby dowieść postawionej tezy, w pracy podjęto próbę odpowiedzi na następujące pytania badawcze:

- Jakie presje zewnętrzne (polityczne i techniczne) wymusiły przejście BSL z etapu systemów nieadaptacyjnych do fazy rozwiązań posiadających świadomość sytuacyjną w czasie rzeczywistym?
- W jaki sposób proces miniaturyzacji i cyfryzacji doprowadził do dywergencji technologicznej dronów, dzieląc je na potężne systemy strategiczne oraz masowe, tanie jednostki taktyczne (COTS)?
- Czy współczesna faza autonomizacji oznacza całkowite wyeliminowanie „czynnika ludzkiego” z procesu decyzyjnego w obszarze bezpieczeństwa powszechnego?

W celu rzetelnego opracowania tematu oraz weryfikacji postawionej tezy zastosowano wieloaspektowe podejście badawcze. Główną metodą jest krytyczna analiza literatury przedmiotu, obejmująca monografie historyczne oraz specjalistyczne opracowania techniczne z zakresu inżynierii bezzałogowej⁵. Wy-

¹ R.K. Barnhart, S.B. Hottman, D.M. Marshall, & E. Shappee *Introduction to unmanned aircraft systems*, Baton Rouge 2012.

² I. Austin, *Unmanned aircraft systems: UAVS design, development and deployment*, Chichester 2010.

³ S.J. Zaloga, *Unmanned aerial vehicles: Robotic air warfare 1917–2007*, Oxford 2008.

⁴ Ibidem.

⁵ I. Austin, *Unmanned aircraft systems...*

korzystano również metodę analizy historyczno-porównawczej, która pozwoliła na zestawienie parametrów technicznych BSL z różnych etapów ich rozwoju⁶. Uzupełnieniem procesu jest analiza systemowa, służąca do zbadania relacji między innowacjami a ewolucją środków nadzoru i ochrony⁷. Praca koncentruje się na syntetycznym ujęciu kierunków rozwoju technologii bezzałogowej oraz identyfikacji kluczowych paradygmatów wpływających na jej współczesny kształt.

Mechaniczne początki – od antyku do narodzin fotogrametrii

Uwarunkowania terminologiczne i pojęciowe

Bezzałogowy System Powietrzny UAS (*Unmanned Aircraft System*) to według NATO „system składający się z bezzałogowego statku powietrznego, systemu wsparcia oraz całości wyposażenia i personelu niezbędnego do kierowania bezzałogowym statkiem powietrznym”⁸. Głównym elementem tej struktury jest bezzałogowy statek powietrzny UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*); pojęcie to na stałe weszło do terminologii wojskowej w latach 90. XX wieku. Bezzałogowe Statki Powietrzne (zwane dalej: „bezzałogowcami” lub „BSP”) funkcjonują w literaturze również jako bezzałogowe aparaty latające, samoloty bezzałogowe czy też potocznie – „drony”. Zgodnie z *Leksykonem Wiedzy Wojskowej*, bezpilotowe środki napędu powietrznego definiowane są jako aparaty latające sterowane za pomocą autonomicznych systemów kierowania, samonaprowadzania i telekierowania bez bezpośredniego udziału człowieka⁹. W ujęciu operacyjnym BSP określa się jako bezzałogowy, silnikowy statek powietrzny wielokrotnego użytku, sterowany zdalnie, automatycznie lub metodą mieszaną. Jest on przeznaczony do przenoszenia wyposażenia oraz ładunków użytecznych, które czynią go zdolnym do realizacji konkretnych zadań operacyjnych¹⁰. W latach 90. XX wieku pojawiło się pojęcie *Unmanned (uninhabited) Aerial Vehicle*¹¹, stąd posługujemy się dzisiaj skrótem UAV rozumianym właśnie jako bezzałogowe statki powietrzne.

Od Gołębia z Tarentu po chińskie latawce – narodziny maszyn nieadaptacyjnych

Według źródeł historycznych pierwsze koncepcje zbliżone do idei lotu bezzałogowego pojawiły się już w antyku. Były to pionierskie wizje maszyn zdolnych

⁶ S.J. Zaloga, *Unmanned aerial vehicles...*

⁷ *Introduction to unmanned...*

⁸ M. Gregorski, *Regulacje dotyczące bezzałogowych statków powietrznych w prawie Unii Europejskiej w kontekście międzynarodowym*. https://journalse.com/pliki/pw/2-2017_Gregorski.pdf [dostęp: 12.01.2026].

⁹ *Leksykon wiedzy wojskowej*, red. M. Laprus, Warszawa 1979, s. 41.

¹⁰ M. Adamski, J. Rajchel, *Bezzałogowe statki powietrzne*, cz. 1: *Charakterystyka i wykorzystanie*, Dąblin 2013, s. 15.

¹¹ B. Senson, J. Ritter, *Aerospace Engineering: From the ground up*, Nowy Jork 2011, s. 63.

do samodzielnego unoszenia się w powietrzu, a ich głównymi architektami byli Grecy oraz Chińczycy. Kluczowym ośrodkiem myśli technicznej w Helladzie było miasto-państwo Tarent, położone na południu Półwyspu Apenińskiego (w ówczesnej „Wielkiej Grecji”). To właśnie tam, na przełomie V i IV wieku p.n.e., Archytas z Tarentu przedstawił projekty pierwszych aparatów latających. Archytas, uznawany za prekursora mechaniki i często nazywany „Leonardem da Vinci antycznego świata”, stworzył prototyp małego robota przypominającego ptaka¹². Konstrukcja ta, znana jako *Peristera*, poruszała się w powietrzu dzięki skrzydłom zapewniającym siłę nośną. Według przekazów urządzenie napędzane energią sprężonego powietrza mogło pokonać dystans około 200 metrów¹³. Archytas eksperymentował również z napędem parowym, co stanowiło przełomową próbę wykorzystania energii wewnętrznej do poruszania automatów. Równolegle, po drugiej stronie globu, dynamicznie rozwijała się myśl techniczna Chin, która wniosła do historii bezzałogowców element praktycznego zastosowania w obszarze bezpieczeństwa. Już około V wieku p.n.e. chińscy inżynierowie konstruowali pierwsze latawce, szybko adaptowane do celów militarnych i nadzorczych. Służyły one jako pierwowzory systemów rozpoznania: mierzyły odległość do wrogich fortyfikacji i pozwalały na przekazywanie sygnałów za pomocą barwnych płócien. Kolejne innowacje przyniósł okres późniejszy, m.in. dzięki wynalazkom generała Zhuge Lianga. Wykorzystał on papierowe balony (znane dziś jako lampiony Kongminga) wypełnione lampami olejowymi do dezorientacji wroga podczas walki¹⁴. Te prekursorskie systemy pełniły nie tylko funkcje psychologiczne, ale stanowiły wczesną formę zdalnej sygnalizacji, kluczowej dla koordynacji działań na rozległym polu bitwy. Opisane konstrukcje były klasycznymi przykładami systemów nieadaptacyjnych. Ich trajektoria lotu była ściśle uzależniona od stałej budowy mechanicznej lub prądów powietrznych, bez możliwości dynamicznej korekty w trakcie misji. Mimo tych ograniczeń położyły one fundament pod ideę autonomicznego panowania nad przestrzenią powietrzną.

Europejskie i amerykańskie próby opanowania przestrzeni powietrznej – od średniowiecznej sygnalizacji po pierwsze ataki powietrzne

Mimo że starożytne wynalazki miały ograniczony zasięg i precyzję, stały się fundamentem dla późniejszej myśli technicznej. Przez stulecia wiedza o mechanice i aerodynamice, czerpana z antycznych traktatów, przenikała do europejskich ośrodków naukowych, ewoluując od form czysto rozrywkowych w stronę praktycznych zastosowań militarnych. To właśnie te wczesne doświadczenia za-

¹² K.P. Valavanis, *Advances in Unmanned Aerial Vehicles. State of the Art and the Road to Autonomy*, Tampa, Florida 2007, s. 35.

¹³ J. Kasperkiewicz, *Bezzałogowe statki powietrzne (drony) i najnowsze projekty regulacji prawnych dotyczących ich wykorzystania*, „Przegląd Prawniczy UW” 2015, t. 14, nr 1, s. 46.

¹⁴ J. Chojnacki, D. Pasek, *Historia wykorzystania bezzałogowych statków powietrznych*, „Rocznik Bezpieczeństwa Międzynarodowego” 2017, vol. 11, nr 1, s. 177.

początkowały prace nad urządzeniami latającymi zdolnymi do wspierania działań wojennych. Idea stworzenia aparatów pozbawionych pilota zyskała wielu zwolenników w czasach nowożytnych. Główną zaletą takich środków miało być zminimalizowanie ryzyka strat ludzkich oraz element zaskoczenia przeciwnika¹⁵. W Europie po raz pierwszy użyto latawców w celach wojskowych do sygnalizacji i łączności między oddziałami w bitwie pod Hastings w 1066 roku pomiędzy Normanami a Anglosasami¹⁶. W XIII wieku wizjonerzy tacy jak Roger Bacon snuli teoretyczne rozważania o maszynach, które mogłyby poruszać się dzięki mechanizmom, a nie sile ludzkich mięśni. Epoka Renesansu przyniosła jeszcze śmielsze projekty. Jednym z nich był mechaniczny ptak Leonarda da Vinci z 1508 roku, napędzany korbą i poruszający skrzydłami¹⁷. Z kolei wiek XVII i XVIII to rozkwit techniki raketowej, gdzie prymitywne systemy bezzałogowe zaczęto wykorzystywać do przenoszenia ładunków wybuchowych, co czyni je bezpośrednimi przodkami dzisiejszej amunicji krążącej. Kolejny przełom nastąpił w XIX wieku, gdy próby te wyszły poza sferę koncepcji i stały się realnym elementem strategii oblężniczej. W 1849 roku wojska austriackie, według pomysłu porucznika Franza von Uchatiusa, użyły bezpilotowych balonów do zrzucania bomb na włoskich rewolucjonistów w Wenecji. Choć pierwsza próba zakończyła się niepowodzeniem przez silny wiatr, który przewiał „latające bomby” znad miasta, a część z nich spadła na stacjonujące w pobliżu oddziały austriackie, to atak z sierpnia (z użyciem około 200 balonów) doprowadził do kapitulacji miasta¹⁸. Zastosowanie balonów wywołało silny efekt psychologiczny, konfrontując obrońców z nieznanym dotąd orężem. Wszystkie te rozwiązania były klasycznymi przykładami systemów nieadaptacyjnych – ich skuteczność zależała od budowy mechanicznej lub nieprzewidywalnej pogody, bez możliwości korekty toru lotu po starcie. Mimo to udowodniły one, że walka bezzałogowa może przynieść przewagę strategiczną. Podobnych środków używano podczas wojny secesyjnej (1861–1865). W 1863 roku Charles Perley skonstruował balon na gorące powietrze wyposażony w mechanizm czasowy do zrzutu ładunku nad terytorium wroga¹⁹. Równolegle rozwijała się myśl dotycząca konstrukcji pionowego startu: w 1860 roku Ponton d’Amecourt zastosował mechanizm sterowania modelem helikoptera²⁰, a w 1880 roku Thomas Edison zaprojektował model śmigłowca z silnikiem elektrycznym²¹. Kluczowy dla narodzin nowoczesnych BSL okazał się jednak przełom XIX i XX wieku. Prace Ottona Lilienthala nad zdalnie sterowanymi maszynami, choć przerwane jego tragiczną śmiercią, stały się inspiracją dla kolejnych od-

¹⁵ Ibidem.

¹⁶ J. Kasperkiewicz, *Bezzałogowe statki powietrzne (drony)...*, s. 46.

¹⁷ J.G. Leishman, *Principles of Helicopter Aerodynamics*, Cambridge 2016.

¹⁸ J. Chojnacki, D. Pasek, *Historia wykorzystywania bezzałogowych...*, s. 177.

¹⁹ J. Kasperkiewicz, *Bezzałogowe statki powietrzne (drony)...*, s. 46.

²⁰ K.P. Valavanis, *Advances in Unmanned Aerial Vehicles...*, s. 35.

²¹ Ibidem, s. 36.

krywców. Największy wpływ na ewolucję systemów bezzałogowych miały jednak wynalazki Nikoli Tesli. W 1898 roku zaprezentował on w Nowym Jorku prototyp zdalnie sterowanej radiowo torpedy podwodnej (*Teleautomation*). Wynalazek ten ostatecznie udowodnił, że możliwe jest kontrolowanie maszyn z powierzchni Ziemi za pomocą fal radiowych, co otworzyło drogę do ery nowoczesnych bezzałogowców²². W roku 1907 Paul Cornu skonstruował maszynę latającą, którą uznaje się, za pierwszą, która uniosła człowieka nad ziemią²³.

Od wizji do precyzji – ewolucja BSL w odpowiedzi na wyzwania I wojny światowej

Współczesna historia konfliktów zbrojnych pokazuje, że najwięksi aktorzy sceny politycznej zawsze sięgali po nowoczesne technologie, aby zdominować pole walki. Jednym z kluczowych narzędzi tej rywalizacji stały się bezzałogowe systemy powietrzne (BSL). Prawdziwy przełom w ich doskonaleniu przyniósł wybuch I wojny światowej – moment, w którym mocarstwa zaczęły przeznaczać ogromne środki na rozwiązania mogące przechylić szalę zwycięstwa na ich stronę. Już w 1914 roku głównym motorem napędowym inżynierów stała się potrzeba wyeliminowania czynnika ludzkiego z najbardziej niebezpiecznych misji. Pierwsze znaczące próby podjęto w Wielkiej Brytanii, gdzie profesor Archibald Low pracował nad projektem o nazwie *Aerial Target*²⁴. To właśnie wtedy lotnictwo bezzałogowe przestało być domeną marzycieli, stając się przedmiotem realnego zainteresowania sztabów generalnych. Najbardziej spektakularne postępy dokonały się jednak za oceanem, głównie dzięki pracom Ambrose’a Sperry’ego oraz Charlesa Ketteringa. Ambrose Elmer Sperry, twórca żyroskopowych przyrządów nawigacyjnych, skonstruował pierwszy na świecie system mechanicznego autopilota oraz żyrokompas. Jego „torpedy powietrzne” (*aerial torpedoes*), dzięki stabilizacji żyroskopowej, potrafiły utrzymywać zadany kurs bez ingerencji pilota²⁵. Kolejny krok wykonał Charles Kettering, projektując latającą bombę o zasięgu około 80 km. W 1918 roku zaprezentowano prototyp pocisku nazwanego Kettering Bug. Była to maszyna mniejsza i tańsza od torpedy Sperry’ego. Niska skuteczność na rzeczywistym polu walki (wynosząca ok. 22%) doprowadziła ostatecznie do zaprzestania produkcji. Te wczesne systemy z okresu I wojny światowej stanowiły decydujące przejście od urządzeń nieadaptacyjnych do systemów sterowanych i programowalnych. Mimo ówczesnych ograniczeń technicznych, to właśnie one wyznaczyły kierunek ewolucji współczesnej broni precyzyjnej.

²² J. Chojnacki, D. Pasek, *Historia wykorzystywania bezzałogowych...*, s. 178.

²³ K.P. Valavanis, *Advances in Unmanned Aerial Vehicles...*, s. 35.

²⁴ J. Kasperkiewicz, *Bezzałogowe statki powietrzne (drony)*...

²⁵ *Encyklopedia PWN*, s. 131.

Era „Królowej Pszczół” i rozwój systemów seryjnych w okresie międzywojennym

Doświadczenia I wojny światowej dobitnie wykazały potrzebę dalszego doskonalenia maszyn bezpilotowych. Lata 30. XX wieku okazały się przełomowe – państwa dążyły wówczas do stworzenia systemów pozwalających na bezpieczne i realistyczne szkolenie artylerzystów. Kluczową rolę odegrał tu Brytyjczyk Reginald Denny, który budował zdalnie sterowane modele samolotów i zaoferował je armii, aby służyły za ruchome cele do szkolenia obsługi dział przeciwlotniczych. Jego pasja do modelarstwa oraz technologii radiowej stała się fundamentem dla amerykańskiego przemysłu dronowego (Radioplane). Równolegle w Wielkiej Brytanii w aparaturę do sterowania radiowego doposażano samoloty de Havilland Tiger Moth, które zyskały nazwę Queen Bee (Królowa Pszczół). To właśnie zespół konstruktorów udoskonalający te maszyny po raz pierwszy zaczął nazywać je „dronami”²⁶. Przełomowym momentem dla oceny skuteczności tych rozwiązań był rok 1933. Brytyjska marynarka wojenna (Royal Navy) zainicjowała wtedy test, w którym przeprowadzono 40 przelotów bezzałogowców nad okrętami wyposażonymi w najnowocześniejszą broń przeciwlotniczą. Co zaskakujące, żaden z aparatów nie został całkowicie zestrzelony. Wynik ten był dla sztabów jasnym sygnałem: BSL mogą służyć nie tylko jako cele ćwiczebne, ale w przyszłości stać się niezwykle trudnymi do zwalczania platformami bojowymi²⁷. Podobną ścieżką podążyła armia amerykańska, inwestując w drony MQM-33 oraz Curtiss N2C-2. Projekty te, wspierane przez doświadczenie Denny’ego, pozwoliły na przejście do produkcji masowej. Ostatecznie ugruntowało to pozycję systemów bezzałogowych w strukturach sił zbrojnych jeszcze przed wybuchem kolejnego globalnego konfliktu.

Bezzałogowe systemy uderzeniowe II wojny światowej – od latających bomb po sterowanie wizyjne

Kolejnym potężnym impulsem do rozwoju techniki wojskowej stała się II wojna światowa. Przyspieszono wówczas prace nad modernizacją i udoskonalaniem operacyjnych systemów bezzałogowych, ze szczególnym uwzględnieniem maszyn uderzeniowych. To właśnie w tym okresie technologie te przestały być jedynie celami ćwiczebnymi, a stały się realnym zagrożeniem na froncie. Najbardziej rozpoznawalnym rozwiązaniem tamtej ery były niemieckie „latające bomby” V-1 (będące *de facto* połączeniem bezzałogowego samolotu z napędem pulsacyjnym). Przez cały okres wojny niemieckie wojsko wystrzeliło około 22,5 tys. tych maszyn, kierując je głównie przeciwko celom w Belgii oraz Anglii. Według danych operacyjnych były one w 94% skuteczne pod względem samego dotarcia

²⁶ P. Bukowski, G. Szala, *Bezzałogowe statki powietrzne – geneza, teraźniejszość i przyszłość*, „Postępy w inżynierii mechanicznej” 2018, nr 11(6), s. 11.

²⁷ J. Chojnacki, D. Pasek, *Historia wykorzystywania bezzałogowych...*, s. 180.

w rejon celu²⁸. Choć ich precyzja uderzenia w konkretny obiekt pozostawała dyskusyjna, masowość użycia V-1 zrewolucjonizowała myślenie o pociskach manewrujących. W odpowiedzi na te wyzwania w 1944 roku Amerykanie rozpoczęli dwa niezależne projekty: Afrodyta (*Aphrodite* – realizowany przez lotnictwo wojskowe) oraz Anvil (prowadzony przez marynarkę wojenną). Oba zakładały przeszkolenie wycofanych ze służby ciężkich bombowców B-17 i B-24 w zdalnie sterowane, latające bomby. W przypadku B-17 nowatorskim rozwiązaniem było zastosowanie dwóch kamer transmitujących obraz do lecącego wyżej samolotu bazy. Jedna z nich, umieszczona w kabinie, pozwalała na kontrolę przyrządów pokładowych, druga zaś pokazywała obraz przed samolotem. Był to milowy krok w stronę naprowadzania wizyjnego. Rzeczywistość pola walki okazała się jednak brutalna dla tych wczesnych systemów – pomimo odbicia kilku misji bojowych, nigdy nie udało się precyzyjnie trafić w wyznaczony cel. Bariery nie do przejścia okazały się wówczas zakłócenia sygnału radiowego oraz prymitywna optyka, która nie pozwalała na skuteczną korektę kursu w ostatniej fazie lotu. Mimo tych niepowodzeń doświadczenia z projektów Afrodyta i Anvil, w połączeniu z niemieckimi osiągnięciami w dziedzinie napędów odrzutowych, ostatecznie zamknęły erę prostych automatów i otworzyły drogę do zaawansowanych konstrukcji zimnowojennych.

Zimna wojna i era zwiadu – bezzałogowce w służbie wywiadu i rozpoznania

Po II wojnie światowej, w obliczu rywalizacji pomiędzy blokiem wschodnim a zachodnim, możliwości wykorzystania systemów bezzałogowych gwałtownie wzrosły. Nowym priorytetem stały się zadania wywiadowcze: podsłuch, zwiad oraz rozpoznanie elektroniczne. Już podczas wojny koreańskiej (1950–1953) testowano bezzałogowe śmigłowce do misji ratunkowych i zbierania danych. Jednak prawdziwą ikoną tego okresu stał się amerykański dron AQM-34 Ryan Firebee. Wszystkie te „nowinki techniczne” odegrały kluczową rolę podczas wojny w Wietnamie, wykonując tysiące misji zwiadowczych nad silnie bronionym terytorium przeciwnika. Pozwoliło to na zdobycie cennych danych wywiadowczych przy całkowitym wyeliminowaniu ryzyka utraty pilotów. Po II wojnie światowej rozpoczął się okres „zimnej wojny” pomiędzy blokiem państw socjalistycznych a kapitalistycznych. W tym okresie zwiększyły się możliwości wykorzystywania bezzałogowych systemów. Rozpoczęły się zadania dla służb wywiadowczych – podsłuchy, zwiady, rozpoznanie. Przykładem był amerykański dron AQM-34. W trakcie wojny koreańskiej (1950–1953) użyto bezzałogowego helikoptera. Służył on do misji ratunkowych, zbierania informacji o wrogu. W latach 70. XX wieku prace konstrukcyjne skupiły się na zwiększeniu autonomii i dokładności BSP. Przełomem okazało się wyposażenie ich w system nawigacji satelitarnej GPS, co radykalnie zmieniło sposób planowania misji – drony mogły odtąd poru-

²⁸ P. Bukowski, G. Szala, *Bezzałogowe statki powietrzne...*, s. 14.

szać się po precyzyjnie wyznaczonych trasach bez bieżącej korekty ze strony operatora. W tym samym czasie lidera rynku, obok USA, wyrósł Izrael. Tamtejsi konstruktorzy stworzyli drony typu Scout. Maszyny te, dzięki lekkiej konstrukcji i niskiej sygnaturze radarowej, okazały się niezwykle skuteczne podczas wojny w Libanie (1982). Izrael wykorzystał je do paraliżowania syryjskich baterii przeciwlotniczych, co stało się momentem zwrotnym w taktyce wojskowej. Doświadczenia te udowodniły, że małe, relatywnie tanie i precyzyjnie nawigowane drony stanowią przyszłość sztuki wojennej. Ewolucja ta pokazała, że BSL stają się kluczowym elementem nowoczesnego systemu rozpoznania (ISR – *Intelligence, Surveillance and Reconnaissance*). Innowacje z okresu zimnej wojny oraz sukcesy konstrukcji izraelskich ostatecznie uitorowały drogę do powstania maszyn klasy Predator, które zdefiniowały pole walki na przełomie XX i XXI wieku.

W stronę współczesności – era Predatora i dylematy etyczne

Koniec XX wieku przyniósł ścisłą współpracę między dotychczasowymi liderami technologii bezzałogowych. Wspólnym dziełem Amerykanów i Izraelczyków był protoplasta nowoczesnych dronów – RQ-2 Pioneer, wykorzystany intensywnie podczas wojny w Zatoce Perskiej w 1991 roku. Warto zaznaczyć, że w Europie pozycję lidera przez lata zajmowała Francja, której modele również brały udział w operacji „Pustynna Burza”²⁹. Prawdziwy przełom nastąpił jednak w połowie lat 90. W 1994 roku skonstruowano najpopularniejszy system tamtej ery – MQ-1 Predator. W 2001 roku został on doposażony w środki rażenia (pociski Hellfire), co radykalnie zmieniło oblicze „wojny z terrorem”. Wzbudziło to bardzo dużo kontrowersji na gruncie prawa międzynarodowego, polityki oraz „etyki działań wojennych”³⁰. Po zamachach z 11 września 2001 roku liczba BSL w siłach zbrojnych USA gwałtownie wzrosła. Rozszerzył się również zakres ich misji, co stało się widoczne podczas konfliktów w Afganistanie (2001) i Iraku (2003). Bezzałogowce przestały być jedynie narzędziem wspierającym, a stały się kluczowym elementem strategii. Oprócz funkcji zwiadowczych realizowały zadania związane z ochroną infrastruktury krytycznej oraz bezpośrednią eliminacją liderów organizacji terrorystycznych. Służby wywiadowcze USA wykorzystywały je intensywnie w Pakistanie, Jemenie, Somalii, Libii (2012) oraz Syrii (2014). Najczęściej operowano systemami MQ-9 Reaper³¹ (udoskonalona wersja Predatora B), przystosowanymi do precyzyjnego niszczenia celów nawodnych i naziemnych. Maszyny te wyposażono w system automatycznego startu i lądowania, a do ich obsługi w fazie lotu wystarczał jeden operator³². Możliwość prowadzenia precyzyjnych uderzeń z bezpiecznej odległości całkowicie przedefiniowała pojęcie

²⁹ J. Kasperkiewicz, *Bezzałogowe statki powietrzne (drony)...*, s. 47.

³⁰ J. Chojnacki, D. Pasek, *Historia wykorzystywania bezzałogowych...*, s. 183.

³¹ Reaper – nowa nazwa udoskonalonego Predatora B.

³² J. Chojnacki, D. Pasek, *Historia wykorzystywania bezzałogowych...*, s. 13.

poła walki, stawiając pytania o granice odpowiedzialności i moralność w konfliktach asymetrycznych.

Globalny wyścig zbrojeń: od strategicznej dominacji po współpracę z człowiekiem

Mimo rosnącej konkurencji liderem w rozwoju bezzałogowców pozostają Stany Zjednoczone. Waszyngton, bazując na ogromnym doświadczeniu operacyjnym z Iraku i Afganistanu, adaptuje obecnie drony do nowych ról strategicznych oraz logistycznych. Dobrym przykładem jest GD-2000³³ (Silent Arrow) – innowacyjny bezzałogowiec szybujący do skrytego transportu zaopatrzenia – oraz MQ-25A Stingray³⁴. Ten ostatni to pierwszy na świecie bezzałogowy tankowiec operujący z lotniskowców, który rewolucjonizuje zasięg lotnictwa morskiego. Amerykańska dominacja stanowi jednak wyzwanie dla Chińskiej Republiki Ludowej, która w procesie błyskawicznej rozbudowy armii postawiła na skok technologiczny. Chiny rozwijają projekty takie jak GJ-11³⁵ (uderzeniowe „latające skrzydło”) oraz futurystyczny An Jian (Mroczny Miecz)³⁶. Ten ostatni jest kluczowym elementem nowej koncepcji ewolucyjnej – ma on pełnić rolę tzw. „lojalnego skrzydłowego” (Loyal Wingman). W tym modelu dron nie operuje samodzielnie, lecz staje się autonomicznym wsparciem dla myśliwców załogowych (np. J-20), przejmując na siebie najbardziej ryzykowne zadania uderzeniowe i zwiadowcze. Ta faza ewolucji pokazuje, że rola człowieka nie znika, lecz przesuwana się w stronę nadzoru nad inteligentnymi systemami. Stanowi to bezpośrednią odpowiedź na postawione w pracy trzecie pytanie badawcze dotyczące przyszłości czynnika ludzkiego w lotnictwie.

Turecki fenomen: regionalna potęga i innowacje asymetryczne

Współczesna faza technologicznej adaptacji nie byłaby kompletna bez uwzględnienia dynamicznego rozkwitu przemysłu bezzałogowego w Republice Tureckiej. Ankara stała się jednym z najważniejszych producentów BSL na świecie, tworząc maszyny, które pod względem stosunku kosztów do efektywności bojowej zdefiniowały na nowo standardy nowoczesnego pola bitwy. Tureckie konstrukcje zyskały status rozwiązań sprawdzonych w walce (*combat-proven*) dzięki ich masowemu wykorzystaniu w konfliktach ostatniej dekady, m.in. w Górskim Karabachu oraz podczas wojny na Ukrainie. Ankara stawia przede

³³ R. Muczyński, *Debiut bezzałogowca transportowego Silent Arrow GD-2000*, <https://milmag.pl/debiut-bezzałogowca-transportowego-silent-arrow-gd-2000/>, [dostęp: 10.01.2026].

³⁴ Idem, MQ-25A tankował F-35C, <https://milmag.pl/mq-25a-tankowal-f-35c/>, [dostęp: 10.01.2026].

³⁵ *Chiński lojalny skrzydłowy GJ-11 w towarzystwie J-20*, MILMAG. <https://milmag.pl/chinski-lojalny-skrzydlowy-gj-11-w-towarzystwie-j-20/> [dostęp: 2.12.2025].

³⁶ <https://greydynamics.com/avic-dark-sword-chinas-stealth-combat-drone/> [dostęp: 1.12.2025].

wszystkim na systemy klasy MALE (*Medium-Altitude Long-Endurance*), które oferują wysoką skuteczność przy zachowaniu relatywnie niskich nakładów produkcyjnych. Do fundamentów tureckiej potęgi należą:

- Bayraktar TB2³⁷ – wielozadaniowy dron firmy Baykar, który stał się globalnym symbolem ukraińskiego oporu w 2022 roku. Dysponuje zasięgiem operacyjnym do 4000 km, może przebywać w powietrzu do 27 godzin i udowodnił bezprecedensową zdolność do niszczenia ciężkiego sprzętu pancernego oraz systemów obrony przeciwlotniczej.
- Bayraktar Akinci³⁸ – znacznie potężniejszy bezzałogowiec o udźwigu 1350 kg. Jego konstrukcja pozwala na przenoszenie zaawansowanych pocisków manewrujących SOM, co przesuwą go z roli drona wsparcia do rangi strategicznego nosiciela uzbrojenia dalekiego zasięgu.

Najnowszą fazę tureckiej ewolucji reprezentują projekty wyznaczające standardy w wojnie asymetrycznej, gdzie kluczem jest unikanie wykrycia oraz wykorzystanie sztucznej inteligencji:

- TALAY – dzieło firmy Solid Aero, będące pierwszym na świecie bezzałogowym ekranoplanem (*sea-skimming drone*). Wykorzystując efekt przypowierzchniowy, maszyna porusza się na wysokości od 30 cm do 100 m nad lustrem wody, co czyni ją niemal niewykrywalną dla radarów okrętowych. Inspirowany koncepcją radzieckiego „Potwora Kaspijskiego”, Talay posiada 3-metrową rozpiętość skrzydeł, osiąga prędkość 200 km/h i może autonomicznie atakować jednostki nawodne lub porty, wykorzystując AI do realizacji misji³⁹.
- Kemankes 2 – miniaturowy, inteligentny pocisk manewrujący (amunicja krążąca) napędzany silnikiem odrzutowym. Posiada zasięg ponad 200 km i może przebywać w powietrzu przez godzinę. Wyposażony w optyczny system naprowadzania wspierany przez AI, potrafi rozpoznawać i niszczyć cele z chirurgiczną precyzją nawet w ekstremalnie trudnych warunkach atmosferycznych oraz przy silnych zakłóceniach elektronicznych⁴⁰.

Wielka dywergencja: BSP jako uniwersalne narzędzie ery hybrydowej

Współczesna faza ewolucji bezzałogowców udowadnia, że technologia ta przestała być jedynie „latającą kamerą”, stając się pełnoprawnym zamiennikiem dla załogowych statków powietrznych w najbardziej ryzykownych misjach. Pro-

³⁷ W. Zabłocki, *Bayraktar TB2 w służbie Sił Zbrojnych Ukrainy*, „Wojsko i Technika” 2022, nr 1, s. 49.

³⁸ Ł. Pacholski, *Nowości z sił powietrznych świata*, „Wojsko i Technika” 2022, nr 2, s. 60.

³⁹ Shweta, *Turkey Unveils TALAY: Sea-Skimming Defense Drone*, <https://hammermindset.com/turkey-unveils-talay-sea%E2%80%91skimming-defense-drone/> [dostęp: 3.01.2026].

⁴⁰ M. Trinko, *Baykar has tested the Kemankes 2 smart cruise missile for Bayraktar Akinci, Bayraktar TB-2 and Bayraktar TB-3 UAVs*. <https://gagadget.com/en/487328-baykar-has-tested-the-kemankes-2-smart-cruise-missile-for-bayraktar-akinci-bayraktar-tb-2-and-bayraktar-tb-3-uavs/> [dostęp: 9.01.2026].

ces ten, nazywany wielką dywergencją, prowadzi do powstania konstrukcji o skrajnie różnych przeznaczeniach – od logistyki i ratownictwa, aż po bezpośrednią walkę powietrzną w formule „dron vs dron”.

Logistyka i ratownictwo: Bezzałogowe „woły robocze”

Największą zmianę obserwujemy w segmencie transportu taktycznego i ewakuacji medycznej (CASEVAC), gdzie drony zaczynają wypierać tradycyjne śmigłowce:

- Airvolve Airlift (Litwa): Ten litewski system VTOL (pionowego startu i lądowania) to sześciometrowa konstrukcja o charakterystycznym, kontenerowym wyglądzie. Dzięki hybrydowemu napędowi i dużemu zasięgowi idealnie nadaje się do misji ewakuacyjnych oraz gaszenia pożarów w strefach, gdzie wystanie załogowego helikoptera byłoby zbyt niebezpieczne. Konstrukcja ta nie stawia na prędkość, lecz na radykalną redukcję kosztów i ryzyka operacyjnego⁴¹.
- Tupan BEE (Brazylia): Brazylijska platforma modułowa to przykład cywilno-wojskowej adaptacji na wielką skalę. Dzięki napędowi alkoholowo-elektrycznemu Tupan BEE występuje w wyspecjalizowanych wersjach: *Agro Bee* (rolnictwo), *Guardian Bee* (ratownictwo i pożarnictwo) oraz *Log Bee* (logistyka). To klasyczny przykład drona, który „zdejmuje” z człowieka ciężar rutynowych i niebezpiecznych prac⁴².

Autonomia morska i ciężki transport: Proteus

Włosko-brytyjska współpraca w ramach firmy Leonardo zaowocowała powstaniem systemu Proteus. Ta 3-tonowa maszyna, bazująca na konstrukcji śmigłowca AW09, potrafi przenosić znaczne ładunki z dużą prędkością przelotową. Proteus to „inteligentny łowca”, który dzięki zaawansowanemu oprogramowaniu AI może autonomicznie tropić okręty podwodne lub dostarczać zaopatrzenie dla marynarki wojennej, operując ramię w ramię z jednostkami załogowymi⁴³.

Walka o przestworza: Drony przechwytyjące

Dywergencja doprowadziła również do powstania nowej klasy maszyn „myśliwców dronów”. Przykładem jest system Sting stworzony przez ukraińską firmę Wild Hornets w celu zwalczania rosyjskich bezzałogowych systemów latających.

⁴¹ M. Łysoń, *Ten niepozorny pojazd może zastąpić helikoptery wojskowe. Zaskakujący projekt z Litwy*. <https://www.chip.pl/2026/02/najwieksze-zloze-litu-salar-de-uyuni-problemy> [dostęp: 9.01.2026].

⁴² MundoGEO, *BEE Platform: Brazilian Innovation in Aerial Mobility for Agriculture, Logistics and Emergency Response*, <https://mundogeo.com/en/2025/06/03/bee-platform-brazilian-innovation-in-aerial-mobility-for-agriculture-logistics-and-emergency-response/>, [dostęp: 10.01.2026].

⁴³ D. Górecki, *Autonomiczny Proteus wzbił się w niebo. To łowca okrętów podwodnych*. <https://geekweek.interia.pl/militaria/news-autonomiczny-proteus-wzbil-sie-w-niebo-to-lowca-okretow-podw,nld,22541871> [dostęp: 5.01.2026].

Za ułamek ceny tradycyjnych rakiet Ukraina zyskała interceptora wspomagane go przez AI, który osiąga prędkości rzędu 160–250 km/h (z potencjałem do wyższych wartości). Operując na wysokim pułapie, Sting udowadnia, że współczesna technologia pozwala na tworzenie tanich, a zarazem niezwykle szybkich i autonomicznych systemów defensywnych⁴⁴.

Polski wkład w ewolucję BSL: od elitarnych systemów rozpoznawczych po inteligentną amunicję i nanotechnologię

W procesie globalnej adaptacji technologicznej szczególne miejsce zajmuje Polska, należąca do ścisłego grona państw definiujących kierunki rozwoju nowoczesnych bezzałogowców. Polska myśl techniczna, reprezentowana przede wszystkim przez Grupę WB, zdobyła uznanie na całym świecie dzięki projektowaniu maszyn cechujących się wyjątkową niezawodnością w warunkach realnego, pełnoskalowego konfliktu. Konstrukcje te stawiają na rozwiązanie „inteligentne”, zdolne do skutecznego operowania w środowiskach ekstremalnie nasyconych walką elektroniczną (WRE). Fundamentem polskiej obecności na współczesnym polu walki stały się drony FLYEYE, masowo wykorzystywane m.in. przez stronę ukraińską do precyzyjnego namierzania rosyjskich celów i korygowania ognia artylerii na froncie⁴⁵. Odpowiedzią na współczesne zapotrzebowanie na kompleksowe systemy rażenia jest z kolei program GLADIUS, określany mianem „latającej artylerii”. To rozbudowany system uderzeniowy obejmujący drony rozpoznawcze FT-5 (o zasięgu 300 km i wytrzymałości lotu do 18 h) oraz bezzałogowce uderzeniowe o zasięgu do 100 km, dedykowane do niszczenia fortyfikacji i pojazdów opancerzonych⁴⁶. Dalsza ewolucja polskich systemów, zaprezentowana m.in. podczas targów DSEI 2025, stanowi bezpośrednią odpowiedź na globalną miniaturyzację oraz potrzebę autonomizacji pola walki. Nowoczesne trendy w Grupie WB wyznaczają dwa kluczowe projekty:

- Warmate 5 – najnowsza generacja amunicji krążącej o zasięgu 100 km. Maszyna ta, zdolna do rażenia silnie opancerzonych celów za pomocą wymiennych głowic o masie 5–10 kg, wprowadza nową jakość w obszarze autonomii. Jej kluczowym atutem jest zdolność do samodzielnej identyfikacji i rażenia celów, co niemal całkowicie eliminuje potrzebę bezpośredniego sterowania przez operatora w końcowej fazie ataku⁴⁷.

⁴⁴ O. Pokotylo, *Wild Hornets' Sting interceptor hits 315 km/h, shoots down over 200 Shaheds and Gerberas*. <https://thedefender.media/en/2025/08/dyki-shershni-showcased-sting-315-km-god/> [dostęp: 6.01.2026].

⁴⁵ B. Stech, *Polskie drony namierzają rosyjskie pozycje w Ukrainie*. Spider's Web. <https://spider-sweb.pl/2022/03/polskie-drony-ukraina-namierzanie-rosjan.html> [dostęp: 10.01.2026].

⁴⁶ B. Stech, *Gladius czyli latająca artyleria*. Spider's Web. <https://spidersweb.pl/2022/05/drony-gladius-2.html> [dostęp: 7.01.2026].

⁴⁷ J. Link-Lenczowski, R. Muczyński, *DSEI 2025: Zagraniczne premiery Grupy WB z Warmate 5 i X-Fronter V*. <https://milmag.pl/dsei-2025-zagraniczne-premiery-grupy-wb-z-warmate-5-i-x-fronter-v/>, [dostęp: 2.01.2026].

- X-Fronter V – rewolucyjny, kieszonkowy system czterowirnikowy, reprezentujący polskie osiągnięcia w dziedzinie technologii nano i mikro. Przy wadze zaledwie 1 kg i średnicy 90 mm, urządzenie to jest pionowzlotem niewymagającym żadnej infrastruktury lotniczej. X-Fronter V jest wysoce odporny na zakłócenia WRE i może pełnić rolę zwiadowcy lub precyzyjnego mikropociśku operującego w inteligentnym roju⁴⁸.

Powyższe rozwiązania udowadniają, że polski sektor obronny skutecznie adaptuje się do zmieniającego się środowiska technologicznego, przesuwając granice między tradycyjnym zwiadem a autonomiczną bronią precyzyjną. Polska nie tylko nadąża za światowymi trendami, ale wyznacza standardy – do których dążą inne nowoczesne armie – w takich obszarach, jak odporność na WRE czy integracja AI w małych platformach.

Bezzałogowe Systemy Nano (MAV) – granica technologii

Odrębną, niezwykle fascynującą grupę w procesie „adaptacji środowiskowej” stanowią bezzałogowe platformy poziomu nano, nazywane MAV (*Micro Air Vehicle*). Współczesne trendy dążą do tak radykalnej miniaturyzacji, że aparaty te zaczynają przypominać owady lub małe ptaki, co pozwala im niemal całkowicie zlać się z otoczeniem. Przykładem takiej ekstremalnej adaptacji jest izraelski dron „mini motyl”⁴⁹ firmy IAI, który waży zaledwie 20 gramów i porusza się identycznie jak żywy owad. Równie przełomowy jest norweski Black Hornet Nano⁵⁰ – miniaturowy śmigłowiec rozpoznawczy mieszczący się w dłoni, który dostarcza obraz wysokiej jakości prosto do żołnierza na polu walki.

Podsumowanie i wnioski

Niniejszy artykuł miał na celu wykazanie, że ewolucja bezzałogowych systemów latających (BSL) nie jest jedynie ciągiem przypadkowych innowacji, lecz unikalnym procesem „technologicznej adaptacji środowiskowej”. Analiza historyczna – rozciągająca się od pionierskich wizji i konstrukcji z czasów I wojny światowej aż po ultranowoczesne systemy z lat 2025–2026 – pozwala na sformułowanie wniosków będących bezpośrednią odpowiedzią na postawione wcześniej pytania badawcze. Wykazano, że transformacja BSL została wymuszona przez radykalne zmiany w globalnym środowisku bezpieczeństwa. Presja polityczna, ukierunkowana na bezwzględną minimalizację strat ludzkich, oraz presja tech-

⁴⁸ Ibidem.

⁴⁹ K. Kurdyła, *Mikro-drony wyglądające jak ważki? Spokojnie, wojsko już nad tym pracuje*. <https://antyweb.pl/mikro-drony-wygladajace-jak-wazki-spokojnie-wojsko-juz-nad-tym-pracuje> [dostęp: 5.02.2026].

⁵⁰ T. Wróbel, *Szerszeń do zadań specjalnych*, <https://polska-zbrojna.pl/home/articleshow/43563?t=Szerszen-do-zadan-specjalnych> [dostęp: 5.02.2026].

niczna w postaci rozwoju systemów antydostępowych A2/AD sprawiły, że drony musiały wykształcić zdolność do przetrwania w skrajnie nieprzyjavnym warunkach. Ta adaptacja objawiła się w przejściu od prostych automatów do maszyn posiadających pełną świadomość sytuacyjną. Współczesne platformy – takie jak turecki Talay operujący tuż nad lustrem wody czy polski FLYEYE wykazujący wysoką odporność na zaawansowane środki walki elektronicznej – stanowią realne formy przystosowania się do „drapieżnego” środowiska nasyconego radarami i systemami zakłócającymi. Proces miniaturyzacji i powszechnej cyfryzacji doprowadził do trwałego rozdzielenia technologii dronowej na dwie odrębne gałęzie rozwojowe. Z jednej strony w niniejszym opracowaniu wskazano na ewolucję systemów strategicznych, takich jak amerykański MQ-25 Stingray czy włoski Proteus, które skutecznie przejmują rolę ciężkich maszyn załogowych. Z drugiej strony narodził się nurt masowych, tanich i wysoce wyspecjalizowanych narzędzi taktycznych, czego przykładem jest ukraiński interceptor Sting, polski Warmate 5 czy brazylijska platforma Tupan BEE. Ta dywergencja dowodzi, że drony – niczym organizmy żywe – ewoluują w stronę wypełniania każdej dostępnej niszy: od logistyki i rolnictwa po bezwzględna walkę o panowanie w powietrzu. Analiza tych projektów wskazuje jednoznacznie, że ewolucja nie zmierza do całkowitego wyeliminowania człowieka, lecz do radykalnej redefinicji jego roli. Adaptacja polega tutaj na przesunięciu podmiotu decyzyjnego z pozycji bezpośredniego pilota do roli operatora strategicznego lub zarządcy roju. Sztuczna inteligencja przejmuje zadania w momentach krytycznych, co staje się niezbędne w środowisku, gdzie tempo podejmowania decyzji przekracza ludzkie możliwości biologiczne. Perspektywa wykraczająca poza rok 2026 wskazuje, że kolejna faza ewolucji będzie dotyczyć przejścia od autonomii reaktywnej do autonomii poznawczej oraz budowy tzw. Internetu Dronów (IoD). W tym scenariuszu BSL przestają być izolowanymi narzędziami, a stają się samoorganizującymi się sieciami, zdolnymi do dynamicznej wymiany danych i współdzielenia zasobów w czasie rzeczywistym. Jednocześnie granice między domenami lotną, wodną i lądową ulegają zatarciu na rzecz uniwersalnych robotów adaptacyjnych (cross-domain). Należy jednak podkreślić, że obecnie jedyną barierą ewolucji nie jest już technologia, lecz etyka i prawo. Pojawienie się autonomicznych systemów zabójczych wymusza na społeczności międzynarodowej wypracowanie nowego, cyfrowego prawa wojennego, które dopełni postęp techniczny niezbędnymi ramami regulacyjnymi. W ostatecznym rozrachunku postawiona w artykule teza o technologicznej adaptacji środowiskowej została w pełni potwierdzona. Droga od Ikaro- wego marzenia do współczesnych rojów sterowanych przez zaawansowaną inteligencję maszynową uświadamia nam, że technologia bezzałogowa stała się autonomicznym przedłużeniem ludzkiej woli i intelektu. Utrzymanie obecnej dynamiki rozwoju sprawia, że przestrzeń powietrzna przestaje być domeną bezpośredniej obecności pilota, stając się naturalnym środowiskiem operacyjnym sys-

temów cyfrowych, w którym rola człowieka ewoluuje w stronę strategicznego architekta działań autonomicznych.

Bibliografia

Monografie

- Adamski M., Rajchel J., *Bezzałogowe statki powietrzne*, Wydawnictwo Lotniczej Akademii Wojskowej, Dęblin 2013.
- Austin R., *Unmanned Aircraft Systems: UAVS Design, Development and Deployment*, John Wiley & Sons, Chichester 2010.
- Barnhart, R.K., Hottman, S.B., Marshall, D.M., & Shappee, E., *Introduction to unmanned aircraft systems*, CRC Press Taylor & Francis Group, Baton Rouge 2012.
- Benson B., Ritter J., *Aerospace Engineering: From the Ground Up*, Cengage Learning, Clifton Park 2011.
- Bezpieczeństwo w międzynarodowym i krajowym prawie lotniczym i kosmicznym*, red. Dynia E., Kubas S., Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego, Rzeszów 2019.
- Gontarz A., Kędzierska E., Kosieliński S., Rutkowski P., *Człowiek – maszyna - bezpieczeństwo. Systemy inteligentne w zarządzaniu kryzysowym i działaniach militarnych*, Fundacja „Instytut Mikromakro” Warszawa 2013.
- Konert A., *Bezzałogowe statki powietrzne. Nowa era w prawie lotniczym. Zagadnienia cywilnoprawne*, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa 2020.
- Kopeć R., Wasiuta O., Wójtowicz T., *Wojna dronów. Militarne wykorzystanie bezzałogowych statków powietrznych*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Pedagogicznego, Kraków 2021.
- Leishman J.G., *Principles of Helicopter Aerodynamics*, Cambridge University Press, Cambridge 2016.
- Leksykon wiedzy wojskowej*, red. Laprus M., Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej, Warszawa 1979.
- Leśnikowski W., *Drony. Bezzałogowe aparaty latające od starożytności do współczesności*, Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń 2016.
- Ostrihansky M., Szmigiero M., *Prawo dronów. Bezzałogowe statki powietrzne w prawie Unii Europejskiej oraz krajowym*, Wolters Kluwer Polska, Warszawa 2020.
- Słownik terminów i definicji NATO zawierający wojskowe terminy i ich definicje stosowane w NATO AAP-6*, Biuro Standaryzacji NATO (NSO), Bruksela 2017.
- Valavanis K.P., *Advances in Unmanned Aerial Vehicles. State of the Art and the Road to Autonomy*, Tampa, Florida 2007.
- Zabłocki W., *Współczesne systemy bezzałogowe w konfliktach asymetrycznych*, Wydawnictwo Księgarnia Akademicka, Kraków 2022.

- Zaloga S.J., *Unmanned Aerial Vehicles: Robotic Air Warfare 1917–2007*, Osprey Publishing, Oxford 2008.
- Zieliński T., *Bezzałogowe statki powietrzne na współczesnym polu walki. Narzędzie wsparcia czy autonomiczny komponent dominacji*, Akademia Sztuki Wojennej, Warszawa 2025.

Artykuły naukowe

- Bukowski P., Szala G., *Bezzałogowe statki powietrzne – geneza, teraźniejszość i przyszłość*, „Postępy w Inżynierii Mechanicznej” 2018, nr 11(6).
- Brzezina J., Chojnacki Z., *Bezzałogowe statki powietrzne w ostatnich konfliktach*, „Przegląd Sił Powietrznych” 2008, nr 9.
- Chojnacki J., Pasek D., *Historia wykorzystywania bezzałogowych statków powietrznych*, „Rocznik Bezpieczeństwa Międzynarodowego” 2017, t. 11, nr 1.
- Kasperkiewicz J., *Bezzałogowe statki powietrzne (drony) i najnowsze projekty regulacji prawnych dotyczących ich wykorzystania*, „Przegląd Prawniczy UW” 2015, R. 14, nr 1.
- Pacholski Ł., *Nowości z sił powietrznych świata*, „Wojsko i Technika” 2022, nr 2.
- Skóra J., *Wykorzystanie bezzałogowych statków powietrznych w kontekście zapewnienia bezpieczeństwa w państwie*, „Aviaton and Security Issues” 2022, nr 1.
- Szopa M., *Bezzałogowiec IT-AIR1 od ITWL i Airbus Defence and Space*, „Lotnictwo” 2014, nr 12.
- Zabłocki W., *Bayraktar TB2 w służbie Sił Zbrojnych Ukrainy*, „Wojsko i Technika” 2022, nr 1.

Źródła internetowe

- Gregorski M., *Regulacje dotyczące bezzałogowych statków powietrznych w prawie Unii Europejskiej w kontekście międzynarodowym*. https://journalse.com/pliki/pw/2-2017_Gregorski.pdf [dostęp: 12.01.2026].
- Górecki D., *Autonomiczny Proteus wzbił się w niebo. To łowca okrętów podwodnych*. GeekWeek Interia. <https://geekweek.interia.pl/militaria/news-autonomiczny-proteus-wzbil-sie-w-niebo-to-lowca-okretow-podw,nld,22541871> [dostęp: 5.01.2026].
- Chiński lojalny skrzydłowy GJ-11 w towarzystwie J-20, MILMAG. <https://mil-mag.pl/chinski-lojalny-skrzydlowy-gj-11-w-towarzystwie-j-20/> [dostęp: 2.12.2025].
- <https://greydynamics.com/avic-dark-sword-chinas-stealth-combat-drone/> [dostęp: 1.12.2025].
- Kurdyła K., *Mikro-drony wyglądające jak ważki? Spokojnie, wojsko już nad tym pracuje*. <https://antyweb.pl/mikro-drony-wygladajace-jak-wazki-spokojnie-wojsko-juz-nad-tym-pracuje> [dostęp: 5.02.2026].

- Link-Lenczowski, J., Muczyński, R. (2026, 27 stycznia). *DSEI 2025: Zagraniczne premiery Grupy WB z Warmate 5 i X-Fronter V*. Milmag. <https://milmag.pl/dsei-2025-zagraniczne-premiery-grupy-wb-z-warmate-5-i-x-fronter-v/> [dostęp: 2.01.2026].
- Łysoń M., *Ten niepozorny pojazd może zastąpić helikoptery wojskowe. Zaskakujący projekt z Litwy*. Chip.pl. <https://www.chip.pl/2026/02/najwieksze-zloze-litu-salar-de-uyuni-problemy> [dostęp: 9.01.2026].
- Michalik Ł., *X-Fronter – nowy dron WB Electronics*. WP Technologia. <https://tech.wp.pl/x-fronter-nowy-dron-wb-electronics-wyglada-jak-termos-i-miesci-sie-w-kieszeni,6767280822369056a> [dostęp: 8.01.2026].
- Muczyński R., *MQ-25A tankował F-35C*. Milmag. <https://milmag.pl/mq-25a-tankowal-f-35c/> [dostęp: 10.01.2026].
- Muczyński R., *Debiut bezzałogowca transportowego Silent Arrow GD-2000*. Milmag. <https://milmag.pl/debiut-bezzałogowca-transportowego-silent-arrow-gd-2000/> [dostęp: 10.01.2026].
- MundoGEO., *BEE Platform: Brazilian Innovation in Aerial Mobility for Agriculture, Logistics and Emergency Response*. <https://mundogeo.com/en/2025/06/03/bee-platform-brazilian-innovation-in-aerial-mobility-for-agriculture-logistics-and-emergency-response/> [dostęp: 10.01.2026].
- NATO AAP-6: *Słownik terminów i definicji NATO*. <https://www.wojsko-polskie.pl/u/db/91/db91999b-d249-417b-9993-90d56c8034b0/aap-6-pl.pdf> [dostęp: 10.01.2026].
- Pacholski Ł., *Bayraktar Akinci – nowa generacja tureckich bezzałogowców*. Wojsko i Technika. <https://zbiom.pl/artykuly/bayraktar-akinci/> [dostęp: 12.01.2026].
- Pokotylo O., *Wild Hornets' Sting interceptor hits 315 km/h, shoots down over 200 Shaheds and Gerberas*. The Defender Media. <https://thedefender.media/en/2025/08/dyki-shershni-showcased-sting-315-km-god/> [dostęp: 6.01.2026].
- Papastergiou A., *AVIC Dark Sword: Chiński dron walki o kradzież*. <https://greydynamics.com/avic-dark-sword-chinas-stealth-combat-drone/> [dostęp: 1.01.2026].
- Shweta., *Turkey Unveils TALAY: Sea-Skimming Defense Drone*. Hammer Mindset. <https://hammermindset.com/turkey-unveils-talay-sea%E2%80%91skimming-defense-drone/> [dostęp: 3.01.2026].
- Stech B., *Polskie drony namierzają rosyjskie pozycje w Ukrainie*. Spider's Web. <https://spidersweb.pl/2022/03/polskie-drony-ukraina-namierzanie-ro-sjan.html> [dostęp: 10.01.2026].
- Stech B., *Gladius czyli latająca artyleria*. Spider's Web. <https://spidersweb.pl/2022/05/drony-gladius-2.html> [dostęp: 7.01.2026].

Trinko M., *Baykar has tested the Kemankes 2 smart cruise missile*. Gadget. <https://gagadget.com/en/487328-baykar-has-tested-the-kemankes-2-smart-cruise-missile/> [dostęp: 9.01.2026].

Urząd Lotnictwa Cywilnego – Bezzałogowe Statki Powietrzne, <https://www.ulc.gov.pl/pl/drony/informacje-ogolne> [dostęp: 6.04.2022].

Wróbel T., *Szerszeń do zadań specjalnych*, <https://polskazbrojna.pl/home/articleshows/43563?t=Szerszen-do-zadan-specjalnych> [dostęp: 5.02.2026].

Unmanned Aerial Systems: Evolution from Antiquity to Modern Times

Summary

This article examines the evolution of Unmanned Aerial Systems (UAS) from a long-term perspective – from ancient precursors to advanced autonomous platforms of 2025–2026. The core premise is the thesis that UAS evolution represents a technological environmental adaptation unique in the history of engineering. Within this framework, it is demonstrated that each successive generation of unmanned systems is a direct response to specific external barriers: from early reconnaissance needs to the necessity of radar evasion (Turkish Talay sea-skimmer), resistance to electronic warfare (Polish Warmate 5), and optimization of resources and logistics (Brazilian Tupan BEE, Lithuanian Airvolve). The article proves that ongoing autonomy and miniaturization (Nano systems) are forms of machine adaptation for survival in a technology-saturated environment, permanently redefining the human role by shifting the individual from a direct pilot to a strategic supervisor of intelligent systems.

Keywords: unmanned aerial systems, UAS, evolution of technology, technological adaptation, artificial intelligence, autonomy, Poland, Turkey.