

Quaderni IAI

I VELIVOLI A PILOTAGGIO REMOTO E LA SICUREZZA EUROPEA

Sfide tecnologiche e operative

Alessandro R. Ungaro e Paola Sartori



Edizioni Nuova Cultura

Ringraziamenti

Il team di ricerca intende ringraziare per il sostegno, le informazioni e i suggerimenti ricevuti tutte le persone intervistate, la cui franchezza, interesse e competenza hanno alimentato l'elaborazione di questa ricerca. Per lo scambio proficuo e costruttivo di opinioni sulla ricerca, un ringraziamento speciale va: allo Stato Maggiore Aeronautica e al personale del 3° Reparto "Pianificazione dello Strumento Aerospaziale"; al Segretariato Generale della Difesa (SGD)/Direzione Nazionale degli Armamenti (DNA) e, in particolare, alla Direzione Armamenti Aeronautici e per l'Aeronavigabilità; al Ministero dell'Interno, Dipartimento Pubblica Sicurezza, Servizio Controllo del Territorio; e, infine, ad ENAV - Funzione "Security". Gli autori si assumono la piena ed esclusiva paternità e responsabilità per i contenuti dello studio. La presente ricerca è stata realizzata con il contributo di Leonardo – Finmeccanica e col supporto dei Settori "Aeronautica" e "Elettronica, Difesa e Sistemi di Sicurezza". Si ringraziano infine Francesco Jonas Badde e Sofia Cecinini, tirocinanti nel programma Sicurezza e Difesa dello IAI, per il prezioso contributo nella revisione dell'elaborato.

Quaderni IAI

Direzione: Natalino Ronzitti

Prima edizione luglio 2016 – Edizioni Nuova Cultura

Per Istituto Affari Internazionali (IAI)
Via Angelo Brunetti 9 - I-00186 Roma
www.iai.it

Copyright © 2016 Edizioni Nuova Cultura - Roma

ISBN: 9788868127084

Copertina: Luca Mozzicarelli

Composizione grafica: Luca Mozzicarelli

È vietata la riproduzione non autorizzata, anche parziale, realizzata con qualsiasi mezzo, compresa la fotocopia, anche ad uso interno o didattico.



Questo libro è stampato su carta FSC amica delle foreste. Il logo FSC identifica prodotti che contengono carta proveniente da foreste gestite secondo i rigorosi standard ambientali, economici e sociali definiti dal Forest Stewardship Council

Indice

Introduzione	7
Lista degli acronimi	9
1. La sicurezza europea e i velivoli a pilotaggio remoto: alcune ipotesi di impiego	13
1.1 L'impiego dei velivoli a pilotaggio remoto: considerazioni preliminari	13
1.2 Ipotesi di impiego dei velivoli a pilotaggio remoto in ambito civile/sicurezza ...	16
1.2.1 Sorveglianza delle frontiere terrestri e marittime	17
1.2.2 Supporto ad operazioni di varia natura delle Law Enforcement Agencies (LEAs)	25
1.2.3 Supporto ad operazioni di ricerca e soccorso	29
1.2.4 Monitoraggio delle infrastrutture critiche, di siti nucleari e/o impianti industriali di rilevanza strategica	32
1.2.5 Supporto ad operazioni in caso di disastri naturali e/o antropici e supporto alle reti di comunicazione	37
1.3 Prospettive di impiego da parte di agenzie europee	46
1.3.1 Gli APR per la sorveglianza delle frontiere	46
1.3.2 Gli APR a supporto di operazioni in caso disastri naturali e/o antropici	49
2. Aspetti e vulnerabilità dei velivoli a pilotaggio remoto nel dominio cyber	53
2.1 Cybersecurity e APR: vulnerabilità e tipologie di attacco	53
2.2 Sicurezza delle comunicazioni nei collegamenti C2 e protezione delle informazioni derivanti dalle attività svolte con gli APR	64
2.3 Aspettative e considerazioni sulle capacità automatiche e autonome dei velivoli a pilotaggio remoto	72
3. Prospettive future per i velivoli a pilotaggio remoto	81
3.1 Le prospettive di mercato e sviluppo tecnologico dei velivoli a pilotaggio remoto	81
3.2 L'integrazione dei velivoli a pilotaggio remoto nello spazio aereo non segregato e l'inserimento in ambiente ATM: elementi tecnologici e cooperazione civile-militare	98
Bibliografia	117

Introduzione

Alla luce delle sfide e delle minacce che attualmente caratterizzano la sicurezza dell'Europa, i velivoli a pilotaggio remoto – definiti anche aeromobili a pilotaggio remoto (APR) – sia ad ala fissa che ad ala rotante, si rivelano sempre più un valido strumento a supporto di un ampio spettro di operazioni non-militari atte a garantire la sicurezza nazionale e quella del Vecchio Continente. A fronte di tale considerazione, il progetto di ricerca IAI “I velivoli a pilotaggio remoto e la sicurezza europea: sfide tecnologiche e operative” ha cercato di trattare la tematica da tre diverse angolature, afferenti rispettivamente all’ambito operativo, cibernetico, tecnologico e di mercato.

Nel primo capitolo si è cercato di porre in evidenza quali siano le potenziali applicazioni di questi sistemi in ambito civile e di sicurezza, attraverso l’elaborazione di diversi scenari a livello europeo e nazionale che proponessero delle ipotesi di impiego duale degli APR. In effetti, grazie alle caratteristiche tecniche e alle intrinseche capacità operative – tra cui persistenza e “spendibilità” –, tali sistemi potrebbero risultare particolarmente adatti per tutta una serie di funzioni ed esigenze dove l’azione dell’uomo o dei velivoli tradizionali risulterebbe eccessivamente pericolosa e/o poco efficiente. Ne sono un esempio la sorveglianza delle frontiere terrestri e marittime, il monitoraggio dei flussi migratori nonché il supporto alle attività di gestione delle emergenze o, ancora, la protezione delle infrastrutture critiche.

Il secondo capitolo si concentra sui principali aspetti e le vulnerabilità dei sistemi APR nel dominio cibernetico. Alla luce delle principali criticità e minacce relative al cyberspazio, il capitolo pone specifica attenzione a due tematiche particolarmente rilevanti: la prima riguarda la sicurezza dei collegamenti C2 (comando e controllo) e la protezione/integrità dei dati ottenuti e trasmessi nell’ambito delle loro attività; la seconda riguarda più da vicino le capacità automatiche ed autonome dei velivoli a pilotaggio remoto.

Infine, considerate le crescenti potenzialità di questi aeromobili, tan-

to in una prospettiva di breve-medio termine quanto di lungo periodo, il terzo e ultimo capitolo ha cercato di evidenziare i principali “driver” di mercato e sviluppo tecnologico, proponendo altresì delle riflessioni sulla dimensione industriale europea nel segmento APR. Nel farlo sono state evidenziate le principali sfide che l’Unione europea e gli Stati membri saranno chiamati ad affrontare, prima fra tutte l’integrazione dei velivoli a pilotaggio remoto all’interno dello spazio aereo non segregato e in ambiente ATM (Air Traffic Management).

Considerata la vastità e la complessità della tematica, si è deciso di concentrarsi su alcuni aspetti ritenuti particolarmente rilevanti al fine di contribuire al più ampio dibattito relativo alle potenzialità di impiego civile dei sistemi a pilotaggio remoto, sia a livello nazionale che europeo. La presente riflessione pone in evidenza come a fronte dei potenziali vantaggi derivanti dall’utilizzo degli APR, permangono ancora diverse criticità che richiedono l’adozione e il perseguimento di un approccio armonico, coordinato e sinergico tra i numerosi stakeholder in gioco, sia civili che militari. L’obiettivo rimane quello di garantire che il segmento degli APR cresca sul piano economico, industriale – e quindi occupazionale – all’interno di un mercato unico degli APR, assicurando al tempo stesso il rispetto di adeguati livelli di sicurezza e protezione per i cittadini europei.

Lista degli acronimi

3D	Dull, Dirty and Dangerous
ABSAA	Airborne Sense and Avoid
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance-Broadcast
AIS	Automatic Identification Systems
AMISOM	African Union Mission in Somalia
AOC	Air Operation Center
APR	Aeromobili a pilotaggio remoto
ASD	AeroSpace and Defence Industries Association
ATC	Air Traffic Control
ATM	Air Traffic Management
AUV	Autonomous Underwater Vehicle
AWACS	Airborne Warning and Control Systems
BLOS	Beyond Line of Sight
BRLOS	Beyond Radio Line of Sight
BVLOS	Beyond Visual Line of Sight
C2	Comando e controllo
C4I	Command, Control, Communications, Computers, and Intelligence
CAGR	Compound Annual Growth Rate
CBP	Custom and Border Protection
CESMA	Centro studi militari aeronautici "Giulio Douhet"
CIA	Central Intelligence Agency
CNPC	Control No-Payload Communication
COTS	Commercial Off-the-Shelf
CRI	Croce rossa italiana
DAA	Detect and Avoid
DAAA	Direzione Armamenti aeronautici e per l'aeronavigabilità
DOS	Denial of Service

EASA	European Aviation Safety Agency
ECA	European Cockpit Association
ECAC	European Civil Aviation Conference
ECU	Engine Control Unit
EDA	European Defence Agency
EDS	Exploitation Data Station
EFCA	European Fisheries Control Agency
ELINT/COMINT	Electronic Signals Intelligence/ Communications Intelligence
EMARs	European Military Airworthiness Requirements
EMSA	European Maritime Safety Agency
ENAC	Ente nazionale per l'aviazione civile
ENAV	Ente nazionale per l'assistenza al volo
EO/IR	Elettro-ottico/infrarosso
ERA	Enhanced RPAS Automation
EREA	European Research Establishments in Aeronautics
ESA	European Space Agency
EUNAVFOR Atalanta	European Union Naval Force Atalanta
EUMC	European Union Military Committee
EUMS	European Union Military Staff
EUROCAE	European Organisation for Civil Aviation Equipment
EUROCONTROL	European Organisation for the Safety of Air Navigation
EUROSUR	European Border Surveillance System
EVLOS	Extended Visual Line of Sight
EW	Electronic Warfare
FINAS	Flight In Non-Segregated Air Spaces
FLIR	Forward Looking Infrared
GBSAA	Ground-Based Sense and Avoid
GCS	Ground Control Station
GDT	Ground Data Terminal
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
HALE	High-Altitude Long Endurance
ICAO	International Civil Aviation Organization
ICT	Information and Communications Technology

IFF	Identification Friend or Foe
IFR	Instrument Flight Rules
ILS	Instrument Landing System
IRTC	Internationally Recommended Transit Corridor
ISR	Intelligence, Surveillance, Reconnaissance
ITU	International Telecommunication Union
JAPCC	Joint Air Power Competence Centre
JARUS	Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems
JCGUAS	Joint Capability Group on Unmanned Aerial Systems
JRC	Joint Research Centre
LEA	Law Enforcement Agency
LIDAR	Light Detection and Ranging
LOCUST	Low-Cost UAV Swarming Technology
LOS	Line of Sight
M&S	Modelling and Simulation
MALE	Medium-Altitude Long Endurance
MAWA	Military Airworthiness Authorities
MED/OCC	Mediterraneo occidentale
MIDCAS	MID-air Collision Avoidance System
ML	Machine Learning
MTOW	Maximum Take-Off Weight
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NIR	Near InfraRed
NNPC	Nigerian National Petroleum Company
OPV	Optionally Piloted Vehicle
PMI	Piccole e medie imprese
R&D	Research & Development
RLOS	Radio Line of Sight
ROA	Remotely Operated Aircraft
RoE	Rules of Engagement
RPA	Remotely Piloted Aircraft
RPAS	Remotely Piloted Aircraft System
RPV	Remotely Piloted Vehicle
RTCA	Radio Technical Commission for Aeronautics
RUAV	Rotary UAV

SAPR	Sistemi aeromobili a pilotaggio remoto
SAR	Search and Rescue
SAR	Synthetic Aperture Radar
SDSR	Strategic Defence and Security Review
SES	Single European Sky
SESAR	Single European Sky ATM Research
SIGINT	Signal Intelligence
SJU	SESAR Joint Undertaking
SSR	Surface Search Radar
SWaP	Size, Weight and Power
TCAS	Traffic Alert and Collision Avoidance System
TCO	Total Cost of Ownership
THz	Terahertz
TRL	Technology Readiness Level
UAS	Unmanned Aerial System
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
UCPM	Union Civil Protection Mechanism
UHF/VHF	Ultra High Frequency/Very High Frequency
USV	Unmanned Surface Vehicle
UTM	Unmanned Aerial Vehicle Traffic Management
UVS	Unmanned Vehicle System
V2	Vehicle-to-Vehicle
VFR	Visual Flight Rules
VLL	Very Low Level
VLOS	Visual Line of Sight
VTOL	Vertical Take-Off and Landing
WFP	World Food Programme

1.

La sicurezza europea e i velivoli a pilotaggio remoto: alcune ipotesi di impiego

1.1 L'IMPIEGO DEI VELIVOLI A PILOTAGGIO REMOTO: CONSIDERAZIONI PRELIMINARI

Inizialmente concepiti per soddisfare esigenze in ambito strettamente militare, soprattutto per missioni cosiddette “Dull, Dirty, Dangerous” (3D) – ovvero ripetitive, “sporche” ed estremamente prolungate e pericolose – i velivoli a pilotaggio remoto (APR)¹ hanno dato prova di grande flessibilità d'impiego e si stanno dimostrando validi strumenti per rispondere a svariati requisiti operativi. In particolare, negli ultimi anni si è registrato un crescente interesse ad utilizzare tale sistemi in ambito civile e di sicurezza, grazie soprattutto ad un'evoluzione in campo tecnologico che ha permesso un sensibile incremento delle performance strutturali nonché degli aspetti capacitivi. Inoltre, gli sviluppi positivi derivanti dal loro più che decennale utilizzo in ambito militare hanno altresì contribuito al miglioramento delle loro applicazioni in campo civile.

Prima di presentare i possibili scenari operativi per gli APR nell'am-

¹ L'espressione è stata introdotta dall'International Civil Aviation Organization (ICAO) quale sottocategoria del più vasto insieme costituito dai velivoli “unmanned”. Nel caso dei velivoli a pilotaggio remoto il pilota può interagire con le autorità di Air Traffic Control (ATC) ed è in grado di controllare la piattaforma durante tutte le fasi della missione attraverso una stazione mobile o fissa. Per quanto concerne la loro denominazione, si specifica che i termini Unmanned Aerial Vehicle (UAV) e Unmanned Vehicle System (UVS) sono usati da ICAO con accezione onnicomprensiva. Oltre a UAV e UVS, a livello internazionale vengono comunemente impiegati acronimi di derivazione anglosassone, tra cui: ROA (Remotely Operated Aircraft), RPV (Remotely Piloted Vehicle), RPA (Remotely Piloted Aircraft), RPAS (Remotely Piloted Aircraft System). In Italia, con l'approvazione della legge 178/2004, è stata introdotta la denominazione di aeromobili a pilotaggio remoto (APR). In questo studio, per evitare un'eccessiva ridondanza di termini ma mantenere al tempo stesso una certa coerenza metodologica, si utilizzerà principalmente la denominazione italiana APR.

bito della sicurezza nazionale ed europea, di seguito verranno elencati alcuni dei principali vantaggi derivanti all'impiego, anche duale, di tali sistemi rispetto ai velivoli tradizionali. Si specifica comunque che, pur riconoscendo il crescente e indiscutibile valore degli aeromobili a pilotaggio remoto, è ritenuto improbabile che essi sostituiscano in toto i velivoli "manned" nel breve-medio termine². Coerentemente con questa prospettiva, una corretta combinazione di APR e aeromobili tradizionali consentirebbe di ottimizzare le caratteristiche peculiari di ciascuno strumento, impiegandole nel momento e nelle modalità più opportuni, massimizzando l'efficacia operativa e riducendo al minimo i rischi per la vita dell'equipaggio³. Ad esempio, la persistenza e la ridotta rilevabilità degli assetti pilotati da remoto li rende adatti a monitorare e supervisionare più agevolmente specifiche aree o punti di interesse (anche in aree urbane), per poi innescare gli eventuali processi di intervento che sarebbero più efficacemente gestibili con assetti manned⁴. Di converso, negli scenari in cui risulta più rilevante la percezione e la deterrenza, un'iniziale attività condotta con assetti tradizionali può risultare più efficace.

Tra i fattori che vengono spesso richiamati a favore dell'impiego di sistemi APR piuttosto che di velivoli tradizionali figura la variabile economica. Alcune analisi comparative pongono in evidenza come i sistemi a pilotaggio remoto siano caratterizzati da costi di acquisizione e di esercizio più contenuti rispetto ai velivoli con equipaggio a bordo⁵. Al riguardo, tuttavia, va sottolineato che la valutazione del costo di un APR dipende da una molteplicità di fattori, tra i quali: classe di appartenenza del velivolo, payload, complessità del relativo segmento di terra per il comando e controllo e dei sistemi di comunicazione e, infine, scenario operativo. Inoltre, basti pensare che soluzioni avioniche e di comunicazione pos-

² Australian Senate, *Use of Unmanned Air, Maritime and Land Platforms by the Australian Defence Force*, June 2015, <http://trove.nla.gov.au/version/213386827>.

³ Si precisa tuttavia che al momento la conduzione di simili operazioni presenterebbe ancora delle complessità da un punto di vista operativo, soprattutto in ambito civile/sicurezza. Intervista, 18 maggio 2016. Interessante a riguardo la notizia per cui il consorzio europeo Ariadna, guidato da Indra, ha sperimentato all'interno di un aeroporto civile le prime prove di volo in simultanea di un APR e di un velivolo con equipaggio. Michela Della Maggesa, "Volano in simultanea un RPAS e un aereo con equipaggio", in *Airpress online*, 24 maggio 2016, <http://www.airpressonline.it/?p=10582>.

⁴ Intervista, 18 maggio 2016.

⁵ Siemon Wezeman, *UAVs and UCAVs: Developments in the European Union*, Brussels, European Parliament, October 2007, [http://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=EXPO-SEDE_ET\(2007\)381405](http://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=EXPO-SEDE_ET(2007)381405).

sono concorrere per circa il 60 per cento del costo complessivo di una piattaforma⁶. Per tale motivo, un confronto tra le due categorie basato su parametri puramente economici risulterebbe alquanto complesso se non fuorviante, tanto più che, per quanto riguarda il costo orario, non sembra sussistere una metrica di valutazione condivisa all'interno della comunità aeronautica internazionale⁷.

Pertanto, ai fini di una migliore valutazione è necessario includere altri parametri che, in questo caso, costituiscono dei vantaggi "strategici" degli APR rispetto ai velivoli con equipaggio a bordo: possono compensare aspetti che sembrerebbero meno vantaggiosi dal punto di vista meramente economico e costituire un valore aggiunto anche nell'ambito civile/sicurezza⁸. Tra questi:

Persistenza. Questa caratteristica, propria soprattutto delle piattaforme di medio-grandi dimensioni, rappresenta un vantaggio cruciale in caso di missioni di sorveglianza di lunga durata⁹. Non essendo limitati dalla resistenza fisica del pilota a bordo, questi sistemi sono in grado di operare per un orizzonte temporale molto più ampio. Infatti, gli operatori a terra possono alternarsi nel corso della missione garantendone così la continuità.

Spendibilità. L'assenza del pilota a bordo accresce la "spendibilità" dei sistemi a pilotaggio remoto e li rende particolarmente adatti per essere impiegati ad esempio in operazioni altamente rischiose¹⁰. Secondo alcuni, in termini di rapporto costo-efficacia, questo aspetto costituirebbe da solo un vantaggio strategico in grado di bilanciare le riserve in merito all'economicità di tali strumenti¹¹.

Flessibilità. Gli APR sono dotati di un'elevata flessibilità operativa. La varietà nel design e nelle capacità consente di inserirli in una vasta gamma

⁶ Le percentuali sono crescenti su soluzioni di velivoli con dimensioni inferiori. Si veda CESMA, "Sviluppo di aeromobili a pilotaggio remoto", in *I Quaderni del CESMA*, n. 1 (2014), p. 67, <http://www.cesmamil.org/wordpress/wp-content/uploads/2014/06/Quaderni-CESMA-01-APR.pdf>.

⁷ Ibid., p. 68.

⁸ Therese Skrzypietz, "Unmanned Aircraft Systems for Civilian Missions", in *BIGS Policy Papers*, No. 1 (February 2012), <http://www.bigs-potsdam.org/index.php/42-publikationen/policy-paper/371>.

⁹ Therese Skrzypietz, *Unmanned Aircraft Systems for Civilian Missions*, cit., p. 10.

¹⁰ Antonio De Rosa, "Gli aeromobili militari a pilotaggio remoto: evoluzione normativa e prospettive", in *Giustizia Militare*, No. 2 (2014), http://www.difesa.it/Giustizia_Militare/rassegna/Bimestrale/2014/Pagine/Rivistanumero2anno2014.aspx.

¹¹ CESMA, "Sviluppo di aeromobili a pilotaggio remoto", cit., p. 68-69.

di applicazioni. Da un lato, la possibilità di scegliere tra diversi tipi di piattaforme consente applicazioni in ambienti operativi diversi; dall'altra, la modularità del payload garantisce l'acquisizione di una grande varietà di dati a seconda delle specifiche esigenze¹².

1.2 IPOTESI DI IMPIEGO DEI VELIVOLI A PILOTAGGIO REMOTO IN AMBITO CIVILE/SICUREZZA

Le applicazioni in ambito civile/sicurezza degli APR sono piuttosto variegate e multiformi, e la maggior parte di esse presenta analogie ed affinità. Il loro impiego consente di massimizzare le informazioni a disposizione poiché i dati raccolti nel quadro di una specifica missione possono rivelarsi utili per altre esigenze, non necessariamente correlate a quella determinata operazione¹³. Questo aspetto rappresenta uno dei vantaggi principali derivanti dall'impiego degli APR ed è riconducibile alla caratteristica di elevata flessibilità di questi sistemi che, attraverso una vasta gamma di tecnologie, sono in grado di garantire delle applicazioni "multifaccia"¹⁴. Infatti, queste piattaforme possono essere equipaggiate con una varietà di apparati e dispositivi, tra i quali videocamere, camere termiche, sensori infrarossi e tecnologie di motion detection, solo per citarne alcuni. Pertanto, i dati collezionati nell'ambito di una missione di disaster management o protezione delle infrastrutture critiche potrebbero risultare particolarmente utili anche nell'ambito, ad esempio, della ricerca scientifica. La protezione delle principali vie di comunicazione presenta delle sovrapposizioni con la missione di sorveglianza delle frontiere e durante un'attività di monitoraggio ambientale si possono raccogliere informazioni che possono essere sfruttate a supporto della fase di prevenzione e/o ripristino in caso di disastri naturali.

In un simile contesto risulterebbe controproducente introdurre un sistema di ripartizione degli scenari di applicazione, in quanto ciascuno di essi raramente può essere considerato come a sé stante¹⁵. Considerando queste premesse, saranno introdotte ed analizzate cinque macro-categorie di impiego:

¹² Measure and American Red Cross, *Drones for Disaster Response and Relief Operations*, April 2015, p. 7, <http://www.issue4lab.org/resources/21683/21683.pdf>.

¹³ Therese Skrzypietz, "Unmanned Aircraft Systems for Civilian Missions", cit., p. 12.

¹⁴ Intervista, 12 maggio 2016.

¹⁵ Therese Skrzypietz, "Unmanned Aircraft Systems for Civilian Missions", cit., p. 12.

1. supporto ad operazioni di sorveglianza delle frontiere terrestri e marittime nazionali ed europee, monitoraggio dei flussi migratori e lotta ai trafficanti di esseri umani, monitoraggio e contrasto alla pirateria e al contrabbando;
2. supporto ad operazioni di varia natura da parte delle Law Enforcement Agencies (LEAs);
3. supporto ad operazioni di ricerca e soccorso;
4. monitoraggio delle infrastrutture critiche, con particolare riguardo alle infrastrutture energetiche e alle principali vie di comunicazione terrestri e marittime;
5. supporto ad operazioni in caso di disastri naturali e/o antropici e supporto alle reti di comunicazione, ovvero una indagine delle possibili applicazioni nelle varie fasi della gestione dell'emergenza, con un focus specifico su alcune ipotesi di impiego caratterizzanti – monitoraggio ambientale e del territorio, supporto ad operazioni in caso di eventi nucleari, biologici, chimici e radiologici (NBCR) e lotta agli incendi boschivi.

Prima di procedere con l'introduzione delle suddette categorie di applicazione, è opportuno specificare che gli scenari proposti nei seguenti paragrafi sono ricavati da studi e pubblicazioni di settore a carattere scientifico/divulgativo e, in alcuni casi, rappresentano solo delle ipotesi di impiego che potrebbero non trovare ancora riscontro a livello operativo.

1.2.1 Sorveglianza delle frontiere terrestri e marittime

Storicamente, tra i primi impieghi civili dei sistemi APR figura l'attività di sorveglianza e monitoraggio delle frontiere esterne da parte di autorità governative. Dinamiche quali flussi migratori incontrollati, attività illegali di traffico di esseri umani e di contrabbando di droga e/o armi e attività terroristiche, contribuiscono ad accrescere la necessità di garantire il controllo delle frontiere esterne, siano esse terrestri o marittime¹⁶.

A livello internazionale, infatti, è possibile rilevare una tendenza crescente da parte di molti Paesi ad effettuare la sorveglianza delle frontiere attraverso l'impiego di tecnologie all'avanguardia, tra cui i sistemi APR¹⁷. Di fronte all'elevata complessità e volatilità di tali dinamiche, gli

¹⁶ US Customs and Border Protection, *Concept of Operations for CBP's Predator B Unmanned Aircraft System. Fiscal Year 2010 Report to Congress*, 29 June 2010, p. 2, <https://www.eff.org/node/74811>.

¹⁷ Luisa Marin and Kamila Krajčíková, "Deploying Drones in Policing Southern Euro-

aeromobili remotati sono in grado di fornire un utile contributo al fine di garantire una costante “situational awareness” rispetto a confini terrestri e marittimi. Inoltre, la possibilità di impiegare diversi tipi di sensori e condividere i dati raccolti attraverso un sistema di telemetria integrata consente di fornire una “common operational picture” condivisibile tra i vari attori incaricati di garantire la sicurezza nazionale¹⁸.

Questo tipo di missioni sfrutta gli elevati livelli di persistenza e di automazione nei processi di analisi che possono risultare essenziali per ottimizzare l'osservazione di vaste porzioni di territorio e di spazi marittimi per periodi di tempo prolungati. In questo caso le piattaforme di riferimento corrispondono solitamente a velivoli con caratteristiche Medium-Altitude Long Endurance (MALE) in grado di garantire un volo ininterrotto anche di trenta ore consecutive¹⁹. Inoltre, in caso di aree particolarmente estese è stata dimostrata altresì l'efficacia derivante dall'impiego di piattaforme High-Altitude Long Endurance (HALE), soprattutto per missioni di sorveglianza marittima²⁰.

Per adempiere ai compiti specifici quali rilevamento, localizzazione, classificazione e individuazione, nonché fornire supporto ad operazioni di polizia giudiziaria, il sistema può impiegare sensori elettro-ottici e infrarossi (EO/IR), laser “designation and ranging”, oltre ai radar ad apertura sintetica (Synthetic Aperture Radar, SAR)²¹.

A seconda delle condizioni operative e dell'oggetto della missione, verranno adottate tecniche e profili di ricerca differenti, con specifiche velocità e quote operative. Nel caso siano richiesti compiti specifici di ca-

pean Borders: Constraints and Challenges for Data Protection and Human Rights”, in Aleš Završnik (ed.), *Drones and Unmanned Aerial Systems. Legal and Social Implications for Security and Surveillance*, Heidelberg and New York, Springer, 2016, p. 101-127.

¹⁸ US Customs and Border Protection, *Concept of Operations for CBP's Predator B Unmanned Aircraft System*, cit., p. 2.

¹⁹ Jason Blazakis, “Border Security and Unmanned Aerial Vehicles”, in *Connections*, Vol. 5, No. 1 (Fall 2006), p. 156, <https://globalnetplatform.org/pfpc/border-security-and-unmanned-aerial-vehicles>.

²⁰ Tra i principali vantaggi derivanti dall'impiego di una piattaforma HALE, oltre ad una maggiore persistenza rispetto ad un normale pattugliatore, vi sarebbe anche la possibilità di effettuare una sorveglianza a 360 gradi grazie all'impiego di particolari sensori radar e sistemi di supporto elettronico. Greg Miller, *MQ-4C BAMS UAS, Broad Area Maritime Surveillance Unmanned Aircraft System*, presentation at the International Conference on Autonomous Unmanned Vehicles (ICAUUV 2012), Bangalore, 24-25 February 2012.

²¹ US Customs and Border Protection, *Concept of Operations for CBP's Predator B Unmanned Aircraft System*, cit., p. 18.

tegorizzazione è importante che i sensori riescano a distinguere l'attività oggetto dell'osservazione, inizialmente sulla base di parametri quali dimensioni e velocità che non richiedano modifiche al profilo della missione e, in seguito, attraverso un avvicinamento del punto e dell'angolo di osservazione. Invece, nel caso di supporto ad attività giudiziarie, al sistema APR potrebbe essere richiesto di acquisire video, immagini radar, illuminare il target attraverso infrarossi o riflettori e fornire dati precisi relativi alla posizione di navigazione²².

Per quanto sia possibile fornire una sorveglianza costante anche attraverso piattaforme manned, l'impegno logistico e di personale – unitamente ai costi operativi – renderebbe quest'opzione proibitiva, come sembrerebbero mostrare i dati della tabella 1.

Tabella 1 – Velivoli tradizionali e a pilotaggio remoto a confronto in termini di endurance

Profilo missione: durata delle operazioni 24h, area di interesse a 2h dalla base	Numero missioni	Numero turni equipaggio	Totale ore di volo richieste
Velivolo tradizionale (8h endurance)	6	6	48
APR MALE (30h endurance)	1	4	28
Dati calcolati assumendo che la velocità sia equivalente tra velivoli tradizionali e APR, sia nella fase di transito sia in quella di volo operativo			

Fonte: rielaborazione IAI da rapporto Cobham Aviation Services²³.

Questi dati sembrerebbero evidenziare il vantaggio derivante dall'assenza del pilota a bordo. In altre parole, l'impiego di una piattaforma pilotata da remoto consentirebbe di evitare la sostituzione dell'equipaggio nel corso della stessa missione, evitando così di dover transitare più volte dalla base di supporto. Questo fattore porterebbe a contenere le ore di volo richieste per lo svolgimento dell'operazione (stimate in 28) e a ridurre i costi di esercizio.

Alla luce di queste valutazioni, alcuni esperti del settore sostengono che, indipendentemente dalla natura della missione (militare o civile), gli APR di medio-grandi dimensioni porterebbero vantaggi significativi, soprattutto nel caso di attività di sorveglianza. Infatti, in virtù della loro

²² Ibid., p. 26-27.

²³ Cobham Aviation Services, *Inquiry into the potential use by the Australian Defence Force of unmanned air, maritime and land platforms*, Submission to the Australian Senate Foreign Affairs, Defence and Trade Committee, 6 February 2015, <http://www.aph.gov.au/DocumentStore.ashx?id=ea744f39-de5c-4f50-83ba-87d97468faab&subId=303217>.

elevata persistenza, a parità di ore di volo richieste per raggiungere l'area di interesse, la percentuale di tempo dedicato effettivamente allo svolgimento della missione è superiore nel caso di sistemi a pilotaggio remoto, con conseguenti benefici logistici e di efficienza operativa²⁴.

**Tabella 2 – Velivoli tradizionali e a pilotaggio remoto:
ore di volo operativo / % volo operativo**

Ore di volo richieste per raggiungere l'area di interesse	Velivolo tradizionale (8h endurance)	APR MALE (30h endurance)
1	6h/75%	28h/93%
2	4h/50%	26h/87%
3	2h/25%	24h/80%
4	0h/0%	22h/73%

Dati calcolati assumendo che la velocità sia equivalente tra velivoli tradizionali e APR, sia nella fase di transito sia in quella di volo operativo

Fonte: rielaborazione IAI su dati Cobham Aviation Services²⁵.

Tuttavia, nonostante queste considerazioni, le opinioni riguardo l'effettivo costo-efficacia dei sistemi APR per missioni di sorveglianza delle frontiere risultano contrastanti. Da un lato, alcuni sottolineano il “force multiplier effect” delle piattaforme pilotate da remoto – in virtù del loro contributo sia diretto che indiretto allo svolgimento della missione – mentre altri ne riconoscono l'effetto positivo solo in ambito militare e ritengono invece che in ambito civile altre tecnologie siano in grado di garantire lo stesso risultato a costi minori²⁶.

Rispetto a quest'ultima valutazione è opportuno osservare comunque che le critiche mosse all'impiego di piattaforme APR per il monitoraggio delle frontiere prendono spesso in esame l'impiego di sistemi militari altamente performanti e con costi estremamente elevati²⁷. In questo contesto è interessante notare come si stia facendo strada la tendenza ad utilizzare sistemi tattici i quali, grazie alla continua evoluzione tecnologica, avrebbero acquisito la capacità di condurre missioni prima riservate ad altre piattaforme, come ad esempio quelle di tipo MALE. Infatti, gli sviluppi nel

²⁴ Ibid., p. 2.

²⁵ Ibid.

²⁶ Chad C. Haddal, Jeremiah Gertler, “Homeland Security: Unmanned Aerial Vehicles and Border Surveillance”, in *CRS Reports for Congress*, No. RS21698 (8 July 2010), p. 6, <http://www.fas.org/sgp/crs/homsec/RS21698.pdf>.

²⁷ Cobham Aviation Services, *Inquiry into the potential use by the Australian Defence Force of unmanned air, maritime and land platforms*, cit., p. 3.

payload hanno portato ad una riduzione dei requisiti richiesti in termini di dimensioni, peso e potenza consentendo agli operatori di queste piattaforme di poter usufruire di una vasta gamma di capacità, quali sensori EO/IR, piccoli sistemi SAR e sistemi di intelligence-gathering²⁸. Aldilà dell'emergere di nuove tecnologie, l'ampio utilizzo di sistemi tattici rispetto a un gran numero di operazioni sarebbe agevolato anche dalla maggiore rapidità di impiego e dal ridotto footprint operativo rispetto ai velivoli MALE²⁹.

In modo analogo, alcuni progetti hanno valutato l'impiego di mini APR per svolgere attività di pattugliamento marittimo. Queste piattaforme risulterebbero più economiche rispetto agli elicotteri pilotati e comunque in grado di garantire elevate prestazioni di osservazione grazie alla capacità di hovering, alla velocità contenuta e all'impiego di sensori visivi ad alta risoluzione³⁰.

Alla luce di queste considerazioni generali, possono essere analizzati alcuni esempi di impiego basati su esperienze operative. Nell'ambito delle cosiddette operazioni di "homeland security" il principale esempio di utilizzo di velivoli a pilotaggio remoto è senz'altro rappresentato dagli Stati Uniti. Infatti, l'Agenzia per le dogane e per la protezione delle frontiere (Custom and Border Protection, CBP) ha introdotto l'impiego di sistemi APR per la sorveglianza delle frontiere già nel 2005³¹ per monitorare soprattutto eventuali ingressi illegali, traffico di droga e attività di contrabbando lungo la frontiera con il Messico e, dal 2009, anche lungo i confini settentrionali³². Secondo i dati del 2015, l'agenzia sarebbe dotata di nove Predator B – versione modificata dell'MQ-9 Reaper operato dall'Air Force – di cui otto operativi³³. Sei di questi sistemi sono impiegati lungo il confine meridionale, mentre i restanti due lungo la frontiera settentrionale³⁴.

²⁸ Huw Williams, "Closing the Gap: Tactical UASs Set to Muscle in on MALE Mission Space", in *Jane's International Defence Review*, 31 March 2016, p. 5, http://www.janes360.com/images/assets/313/59313/Closing_the_gap_tactical_UASs_set_to_muscle_in_on_MALE_mission_space.pdf.

²⁹ Ibid.

³⁰ Intervista, 4 maggio 2016.

³¹ Bahadır Yilmaz, "Cost and Effectiveness Analysis on Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Use at Border Security", in *SPIE Proceedings*, Vol. 8711 (2013), par. 1.

³² US Customs and Border Protection, "Unmanned Aircraft System MQ-9 Predator B", in *CBP Fact Sheets*, October 2015, <https://www.cbp.gov/node/91465>.

³³ Craig Whitlock, "U.S. Surveillance Drones Largely Ineffective along Border, Report Says", in *The Washington Post*, 6 January 2015, <http://wpo.st/emRj1>.

³⁴ Ron Johnson, *The State of America's Border Security*, Majority Staff Report, Senate Committee on Homeland Security and Governmental Affairs, 23 November 2015, p. 27,

Nel caso americano gli APR fungono da “force multiplier” a supporto dei tradizionali strumenti di sorveglianza. La tipologia di missione solitamente consiste nel rilevare cambiamenti avvenuti all'interno dell'area di osservazione, per cui il velivolo remotato effettua l'operazione impiegando telecamere ad alta risoluzione, per poi tornare sullo stesso luogo dopo alcuni giorni per effettuare altre riprese³⁵. I video vengono poi messi a disposizione degli analisti che attraverso specifici software sono in grado di identificare eventuali cambiamenti intercorsi. Questa specifica tipologia di missione è iniziata nel marzo 2013 e viene identificata con il nome di “change detection”: il velivolo opera ad una quota operativa compresa tra i 19.000 e i 28.000 piedi (corrispondenti a 6.000-9.000 metri), ad una distanza dal confine compresa tra le 25 e le 60 miglia (40-100 km).

Anche in Europa diversi Paesi si servono dei sistemi a pilotaggio remoto per garantire la sicurezza dei propri confini. Tra questi la Svizzera che dal 2006 utilizza il sistema Ranger³⁶ equipaggiato con videocamere ad infrarossi, mentre le immagini raccolte vengono trasmesse in tempo reale e condivise con la stazione di terra o con la postazione mobile da cui viene coordinata la missione³⁷. Va evidenziato che il Ranger viene solitamente impiegato in combinazione con una tradizionale piattaforma ad ala rotante, il Super Puma, equipaggiata con sensori E/O e Forward Looking Infrared (FLIR). Similmente, i nuovi Elbit Hermes 900 – che sostituiranno nei prossimi anni i sistemi Ranger – verranno utilizzati in missioni di monitoraggio di edifici, strade e spazi aperti, a supporto delle attività di ricerca e soccorso (Search and Rescue, SAR) e durante la fase di valutazione dei danni a seguito di disastri naturali³⁸.

La Turchia, invece, impiega attualmente sistemi tattici e MALE per garantire la sorveglianza delle proprie frontiere sud-orientali³⁹. Tra questi,

<http://www.hsgac.senate.gov/download/border-report>.

³⁵ “Drone Surge: Predators Patrol Nearly Half of US-Mexico Border”, in *Reuters*, 13 November 2014, <http://on.rt.com/xicdd>.

³⁶ Verrà sostituito con il sistema Hermes 900 della Elbit System. Gareth Jennings, “Elbit announces Hermes 900 deal for Switzerland”, in *Jane's Defence Weekly*, 26 November 2015, <http://www.janes.com/article/56274>.

³⁷ Forze aeree svizzere, *Le Forze aeree svizzere*, aprile 2016, p. 8, http://www.lw.admin.ch/internet/luftwaffe/it/home/dokumentation/die_lw.html.

³⁸ *Ibid.*, p. 23.

³⁹ Gli Stati Uniti forniscono supporto alla Turchia con immagini in tempo reale tramite l'impiego di sistemi Predator MQ-1B dalla base aerea di Incirlik. Questi sistemi operano secondo regole d'ingaggio definite da Ankara e forniscono dati e immagini relative ai campi del PKK nel Kurdistan iracheno. Aaron Stein, “Can Turkey and the United States

la piattaforma di produzione turca Bayraktar e la piccola flotta di 9 sistemi Heron vengono utilizzate in missioni aventi l'obiettivo di individuare attività illegali di organizzazioni presenti nell'area⁴⁰. Data la conformazione montuosa di questi territori, l'impiego degli APR in operazioni di sorveglianza e "cross-border reconnaissance" risulta molto più efficace rispetto ai sistemi di monitoraggio basati a terra. Non solo: secondo alcune ricerche, l'introduzione di un'architettura di sorveglianza basata su sistemi APR può portare – rispetto ai sistemi tradizionali – ad una maggiore efficienza operativa grazie alle maggiori capacità tecniche a disposizione e ad una notevole riduzione del rischio per il personale turco addetto a tali operazioni⁴¹.

A questo gruppo di utilizzatori dovrebbe aggiungersi in futuro anche il Regno Unito che ha mostrato interesse per l'acquisizione di velivoli a pilotaggio remoto a supporto di missioni di sorveglianza marittima⁴². Questa opzione è stata oggetto di numerosi dibattiti durante il processo di adozione della recente Strategic Defence and Security Review (SDSR) e sarà analizzato nel dettaglio all'interno della futura Maritime UAS Strategy, concentrata sull'analisi di questa tematica con un orizzonte temporale fino al 2050⁴³. Il Regno Unito ha in programma di acquisire 20 sistemi "Protector", raddoppiando il numero della flotta di Reaper MQ-9 che saranno chiamati a sostituire⁴⁴. Infine, di recente sembra che anche la Finlandia stia testando dei sistemi APR per monitorare i propri confini con la Russia a causa della crescente ondata migratoria⁴⁵.

come together on drones?", in *War on the Rocks*, 25 April 2016, <http://warontherocks.com/?p=12197>.

⁴⁰ Sinem Kahvecioglu and Hakan Oktal, "Turkish UAV Capabilities As a New Competitor in the Market", in *International Journal of Intelligent Unmanned Systems*, Vol. 2, No. 3 (2014), p. 185, <http://dx.doi.org/10.1108/IJIUS-04-2014-0004>.

⁴¹ Berfu Kiziltan, "Turkey's Border Porosity Problem with PKK", in *Small Wars Journal*, 18 June 2009, p. 2, <http://smallwarsjournal.com/jrnl/art/turkeys-border-porosity-problem-with-pkk>.

⁴² Louisa Brooke-Holland, "Overview of Military Drones Used by the UK Armed Forces", in *House of Commons Briefing Papers*, No. 06493 (8 October 2015), p. 10, <http://researchbriefings.parliament.uk/ResearchBriefing/Summary/SN06493>.

⁴³ Ibid., p. 19.

⁴⁴ UK Prime Minister's Office, *National Security Strategy and Strategic Defence and Security Review 2015. A Secure and Prosperous United Kingdom*, November 2015, p. 32, <https://www.gov.uk/government/publications/national-security-strategy-and-strategic-defence-and-security-review-2015>.

⁴⁵ Tuomas Forsell, "Finland to test drones on Russian border as migrant flow grows", in *Reuters UK*, 1 February 2016, <http://reut.rs/1UD5xar>.

Anche nell'ambito della sorveglianza dei flussi migratori, l'impiego di APR può fornire un valido supporto, garantendo una maggiore situational awareness. Nel Mar Mediterraneo, dove ancora oggi l'Unione europea è impegnata a rispondere ad una crescita esponenziale dei flussi migratori provenienti dalla sponda sud, si è reso necessario l'avvio di diverse missioni navali – di iniziativa nazionale e europea – le quali si sono avvalse del contributo di apparecchi pilotati da remoto⁴⁶.

In ambito nazionale, la Marina Militare ha intrapreso una serie di operazioni nel Mediterraneo finalizzate alla gestione della crisi migratoria, al contrasto dei trafficanti e al rafforzamento della sicurezza potendo contare sul supporto dei sistemi APR in dotazione all'Aeronautica Militare. Nell'ambito della missione Mare Nostrum⁴⁷, ad esempio, sono state impiegate le piattaforme MQ-1C Predator A+ e MQ-9 Predator B per il monitoraggio e l'individuazione dell'imbarcazioni usate per il trasporto dei migranti⁴⁸. Tali velivoli sono stati impiegati dal 29 ottobre 2013 al 2 luglio 2014 dall'aeroporto di Amendola e dalla base di Sigonella per svolgere attività di ricognizione e sorveglianza su porzioni di mare assegnati dall'Air Operation Center (AOC) di Poggio Renatico⁴⁹. Grazie all'impiego di sensori EO, IR e radar è stato possibile fornire informazioni immediate alla Marina Militare rispetto alla posizione e alla composizione delle imbarcazioni, accelerando altresì l'avvio delle attività di soccorso⁵⁰. Infatti, le immagini e i video raccolti tramite i sensori di bordo venivano condivisi in tempo reale con la sala operativa dell'AOC, che in stretta collaborazione con lo Stato Maggiore della Marina e i rispettivi Comandi operativi, ha servito da collegamento tra la componente aerea e quella navale⁵¹.

⁴⁶ Alessandro Marrone, Michele Nones e Alessandro R. Ungaro, "Politica di difesa, strumento militare e operazioni nel Mediterraneo", in Alessandro Marrone e Michele Nones (a cura di), *La sicurezza nel Mediterraneo*, Roma, Nuova Cultura, 2015 (Quaderni IAI n. 15), p. 116, <http://www.iai.it/it/node/5607>.

⁴⁷ Potenziamento del dispositivo di controllo dei flussi migratori, attivo nell'ambito della missione Constant Vigilance, svolta dalla Marina Militare dal 2004. Vedi Marina Militare, *Operazioni Concluse: Mare Nostrum*, <http://www.marina.difesa.it/cosa-facciamo/operazioni-concluse/Pagine/mare-nostrum.aspx>.

⁴⁸ Aeronautica Militare, *Le vetrine dell'Aeronautica Militare: 10 anni di "Predator"...* 10 anni luce avanti..., 28 maggio 2015, http://www.aeronautica.difesa.it/archiviovetrine_news/Pagine/10annidipredator10anniluceavanti.aspx.

⁴⁹ Ibid.

⁵⁰ Aeronautica Militare, News: Mare Nostrum: 1^ missione del Predator, 29 ottobre 2013, <http://www.aeronautica.difesa.it/News/Pagine/MareNostrumIlPredatorAMindividuaunaimbarcazioneconpersoneabordo.aspx>.

⁵¹ Ibid.

Con specifico riferimento ad operazioni antipirateria, può essere citato l'impiego dei sistemi Predator italiani nell'ambito della missione EUNAVFOR Atalanta⁵². Questa occasione ha costituito il primo impiego da parte delle forze navali europee di un sistema APR in operazioni antipirateria, attività di solito condotta da velivoli tradizionali ad ala fissa quali il CN-235 e il P-3 Orion. I Predator hanno supportato le operazioni di monitoraggio antipirateria fino a febbraio 2015, accumulando più di 300 ore di volo. Il sistema è stato trasferito dall'Afghanistan alla base italiana in Gibuti e ha effettuato dal settembre 2014 il monitoraggio degli Internationally Recommended Transit Corridor (IRTC) nel Golfo di Aden, nello Stretto di Bab el Mandeb Strait e nella porzione settentrionale della costa somala. L'architettura della missione, definita come "Remote Split Operation", ha consentito di ridurre il footprint presso la base di rischiaramento, lasciando al Task Group Atlante dispiegato presso la base francese Chabelley a Gibuti solo le fasi di decollo ed atterraggio, e conducendo invece la missione con sistemi e personale operanti presso la base di Amendola in Italia. Oltre a fornire intelligence in tempo reale riguardo a possibili attacchi di pirateria, gli APR sono stati impiegati per fornire protezione alle imbarcazioni operanti nell'ambito dell'African Union Mission in Somalia (AMISOM) e del World Food Programme (WFP) per la distribuzione di cibo e altri generi di prima necessità alle popolazioni dell'Africa orientale.

1.2.2 Supporto ad operazioni di varia natura delle Law Enforcement Agencies (LEAs)

Tra le varie applicazioni civili dei sistemi APR rientra anche il supporto ad operazioni condotte dalle cosiddette Law Enforcement Agencies. Secondo diversi studi, questi attori insieme ad altre autorità pubbliche rappresenterebbero i potenziali utilizzatori futuri di sistemi a pilotaggio remoto⁵³. Nello specifico, sistemi remotati potrebbero essere impiegati per un ampio ventaglio di missioni⁵⁴, tra cui:

⁵² EUNAVFOR Somalia, *Mission*, <http://eunavfor.eu/mission>; "First EU Navfor anti-piracy UAV deployment concludes", in *DefenceWeb*, 11 February 2015, <http://www.defence-web.co.za/index.php?view=article&id=37941>.

⁵³ Rachel L. Finn et al., *Study on Privacy, Data Protection and Ethical Risks in Civil Remotely Piloted Aircraft Systems Operations. Final Report*, Brussels, European Commission, November 2014, p. 181, <http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/8550>.

⁵⁴ European Emergency Number Association (EENA), *Remote Piloted Airborne Systems (RPAS) and the Emergency Services*, 20 November 2015, p. 9, <http://www.eena>.

1. supportare il monitoraggio di aree remote in caso di necessità;
2. garantire rapidità di impiego e quindi di risposta in caso di emergenze;
3. aumentare la situational awareness del personale dislocato sul territorio;
4. sorvegliare grandi eventi;
5. garantire l'ordine pubblico;
6. garantire sorveglianza e protezione in funzione anti-terrorismo.

Nonostante le prospettive di impiego siano effettivamente molteplici, esse possono essere ricondotte a due macro categorie d'insieme: la prima riguarda il servizio di pattugliamento e sorveglianza di vaste porzioni di territorio e zone costiere, mentre la seconda si riferisce ai servizi di ordine pubblico svolti solitamente con il sorvolo di zone urbane di dimensioni più contenute.

A seconda della natura e delle caratteristiche specifiche della missione, diverse piattaforme potrebbero fornire il loro contributo in maniera efficace. Ad esempio, nel caso di un'operazione di ricerca dispersi è importante che il velivolo sia dotato di elevata persistenza, mentre nel caso del mantenimento dell'ordine pubblico si richiedono solitamente bassa velocità, piccole dimensioni, ma soprattutto garanzie in termini di safety. Nel caso specifico di operazioni condotte a supporto della polizia giudiziaria, invece, una delle caratteristiche principali sarebbe la silenziosità del velivolo⁵⁵.

Secondo alcune valutazioni, nel primo e nell'ultimo caso si potrebbero impiegare dei sistemi ad ala fissa di medie dimensioni, mentre nel secondo dei sistemi di dimensioni più contenute ad ala rotante. Per motivazioni sostanzialmente di carattere economico, a livello internazionale l'interesse di queste agenzie si rivolge principalmente all'acquisizione di sistemi a pilotaggio remoto di dimensioni contenute⁵⁶. I costi operativi, di acquisizione, mantenimento nonché di addestramento corrisponderebbero infatti a una limitata percentuale dei costi per un aeromobile ad ala rotante tradizionale.

Con riferimento al payload, per operazioni di ordine pubblico come

org/download.asp?item_id=153.

⁵⁵ Polizia di Stato, "Droni e sicurezza": la Polizia al salone aeronautico di Roma, 24 maggio 2014, <http://www.poliziadistato.it/articolo/view/33560>.

⁵⁶ Scott Harris, "Unmanned Aerial Vehicles: More Than a Surveillance Tool", in *The Police Chief*, No. 81 (December 2014), p. 66-67, http://www.policchiefmagazine.org/magazine/index.cfm?fuseaction=display_arch&article_id=3593.

sorveglianza di grandi eventi o monitoraggio di veicoli e/o persone, vi è la tendenza a considerare l'impiego di sensori video ad alta risoluzione, videocamere per la ripresa di immagini fisse e sistemi di localizzazione GPS mentre, per l'identificazione di attività illecite, è previsto il ricorso a videocamere termiche⁵⁷. Infine, le operazioni di polizia giudiziaria richiederebbero l'impiego di sensori audio con capacità di registrazione. In questi casi possono essere sufficienti semplici microfoni come quelli impiegati per la registrazione di video oppure strumenti acustici più complessi che includano l'impiego di radar passivi⁵⁸. Considerato il rumore emesso dalla piattaforma a pilotaggio remoto la tendenza è quella di preferire l'impiego della seconda tipologia.

Inoltre, alcuni studi riportano la possibilità di integrare i sensori di sorveglianza sopra menzionati con specifici software che, sulla base di modelli prestabiliti, avrebbero la capacità di assistere le operazioni di polizia attraverso applicazioni definite di "smart surveillance". Questa tecnologia potrebbe ridurre il potenziale impatto negativo sull'opinione pubblica circa gli aspetti di privacy e protezione dei dati, consentendo di minimizzare la quantità di dati raccolti attraverso l'impiego di filtri capaci di selezionare solo i dati di interesse per l'operazione⁵⁹.

Secondo alcune analisi, per missioni che richiedano l'impiego di piattaforme MALE, gli APR militari potrebbero rispondere ad alcune esigenze operative delle LEAs, sebbene il loro impiego risulti ancora troppo oneroso economicamente e complesso dal punto di vista procedurale e tecnico-operativo⁶⁰. Per ovviare a tale criticità, a livello nazionale è stato concluso nel 2014 un accordo che prevede il concorso degli APR Predator dell'Aeronautica Militare ad attività istituzionali della Polizia di Stato e dell'Arma dei Carabinieri⁶¹. Secondo la dichiarazione dell'allora Capo della Polizia, questo accordo costituisce un "esempio di una cooperazione tra organi dello Stato, anche ai fini del contenimento della spesa pubblica. Si tratta di strumenti complessi e costosi e noi con questo accordo abbiamo acquistato a 'prezzo zero' il meglio che c'è sul mercato"⁶². Nell'ambito

⁵⁷ Intervista, 22 aprile 2016.

⁵⁸ Rachel L. Finn et al., *Study on Privacy, Data Protection and Ethical Risks*, cit., p. 182.

⁵⁹ Ibid.

⁶⁰ Scott Harris, "Unmanned Aerial Vehicles: More Than a Surveillance Tool", cit.

⁶¹ Aeronautica Militare, *Accordo tra Aeronautica, Carabinieri e Polizia*, 26 novembre 2014, http://www.aeronautica.difesa.it/News/Pagine/20141126_Accordo-tra-Aeronautica-Carabinieri-e-Polizia.aspx.

⁶² "L'occhio dei 'Predator' per sorveglianza ordine pubblico", in *Adnkronos*, 26 novembre

delle attività previste dall'intesa, è possibile rilevare come il supporto alle operazioni di polizia giudiziaria incontri delle difficoltà relativamente alla sicurezza delle informazioni. Nello specifico, nel corso dell'iter normativo relativo all'inserimento di APR nello spazio aereo civile potrebbero emergere particolari necessità "pubbliche" col rischio di compromettere la segretezza dell'operazione e/o spiacevoli inconvenienti mediatici⁶³. Comunque, già prima del 2014 i Predator furono utilizzati per contribuire alla sicurezza interna in occasione di alcuni "grandi eventi" quali il vertice italo-russo tenutosi a Bari nel marzo 2007 o il G8 dell'Aquila del luglio 2009⁶⁴.

Per garantire il supporto ad operazioni di sicurezza interna, le forze di polizia starebbero altresì collaborando con Ente nazionale per l'aviazione civile (ENAC) per valutare l'acquisizione di sistemi a pilotaggio remoto⁶⁵. Sembra che questo interesse sia diretto verso sistemi di piccole dimensioni ad ala rotante da impiegare per operazioni di controllo del territorio in contesti urbani⁶⁶. A riguardo, recentemente è stato pubblicato un decreto per disciplinare le modalità di impiego dei sistemi remotati in dotazione o in uso alle forze di polizia impiegati in attività di controllo del territorio al fine di garantire l'ordine e la sicurezza pubblica, in particolare in relazione al contrasto del terrorismo e alla prevenzione di reati di criminalità organizzata e ambientale⁶⁷.

A livello internazionale, APR per il monitoraggio di grandi eventi sono stati impiegati anche in occasione delle Olimpiadi di Sochi e della Coppa

2014, http://www.adnkronos.com/fatti/cronaca/2014/11/26/occhio-dei-predator-per-sorveglianza-ordine-pubblico_IquNuCblvOq03fsfvqH6H.html.

⁶³ Intervista, 18 maggio 2016.

⁶⁴ Da notare che in queste occasioni l'impiego è stato reso possibile attraverso apposite ordinanze d'urgenza redatte dai Prefetti delle due città, che con ENAV hanno garantito il necessario coordinamento del traffico aereo, ovviamente sottoposto a precise limitazioni per quelle specifiche zone. Antonio De Rosa, "Gli aeromobili militari a pilotaggio remoto: evoluzione normativa e prospettive", cit., p. 5.

⁶⁵ Giulia Saudelli, "Tra la polizia italiana e i droni potrebbe nascere presto una grande storia d'amore", in *VICE News*, 5 novembre 2015, <https://news.vice.com/it/article/droni-polizia-italiana>.

⁶⁶ Polizia di Stato, *Avviso pubblico relativo al comodato finalizzato alla sperimentazione di apparecchi di tipo SAPR (Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto) per i servizi effettuati da personale della Polizia di Stato*, 9 dicembre 2015, <http://www.poliziadistato.it/articolo/40713>.

⁶⁷ Ministero dell'Interno, Decreto 29 aprile 2016: Modalità di utilizzo da parte delle Forze di polizia degli aeromobili a pilotaggio remoto (GU n. 111 del 13 maggio 2016), <http://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2016/05/13/16A03629/sg%20>.

del Mondo in Brasile. In questi casi tali sistemi hanno assicurato una sorveglianza continuativa su zone trafficate e monitoraggio assembramenti al fine di rilevare e comunicare agli organi competenti l'emergere di eventuali situazioni di disordine⁶⁸.

1.2.3 Supporto ad operazioni di ricerca e soccorso

Anche le operazioni di ricerca e soccorso potrebbero beneficiare del supporto di sistemi a pilotaggio remoto. Questo tipo di attività sono spesso caratterizzate da difficoltà ricorrenti legate al tempo limitato a disposizione e ad un ambiente operativo tendenzialmente ostile, sia esso la scena di un disastro naturale, il mare aperto o un territorio montuoso.

In tali scenari, questi sistemi sarebbero in grado di fornire rilevamenti topografici a vantaggio della situational awareness dei soccorritori e a supporto del processo decisionale⁶⁹. Non solo: potrebbero generare benefici in termini di sicurezza per le squadre di primo intervento, consentendo di velocizzare e rendere più sicuro lo svolgimento delle operazioni.

A seconda delle circostanze, diversi studi propongono l'impiego di un sistema ad ala fissa o di uno ad ala rotante. Nel primo caso si può disporre di una endurance e di un raggio d'azione ben maggiori, ma vi è l'inconveniente di una minore manovrabilità e la necessità di spazi adeguati per il decollo⁷⁰. Nel secondo caso invece, APR ad ala rotante compensano la minore persistenza con la capacità di hovering nonché con la possibilità di decollare e atterrare in aree limitate⁷¹. Una piattaforma con queste caratteristiche è impiegata nell'ambito della missione SAR nel Mediterraneo avviata su iniziativa del milionario americano Christopher Catrambone⁷². Nell'ambito della missione sono impiegati due sistemi APR per fornire

⁶⁸ Intervista, 19 aprile 2016.

⁶⁹ Siew Ping Yeong, Lisa M. King and Sharul Sham Dol, "A Review on Marine Search and Rescue Operations Using Unmanned Aerial Vehicles", in *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, Vol. 9, No. 2 (2015), p. 396, <http://waset.org/publications/10001953>.

⁷⁰ A titolo di esempio, la Guardia costiera americana impiega APR ad ala fissa per assistere gli aeromobili tradizionali nelle operazioni SAR così da ridurre il rischio per gli operatori ed estendere l'area di ricerca.

⁷¹ Siew Ping Yeong, Lisa M. King and Sharul Sham Dol, "A Review on Marine Search and Rescue Operations Using Unmanned Aerial Vehicles", cit., p. 396.

⁷² Cristopher Miller, "Drones Help Save Migrants in the Mediterranean", in *Mashable*, 21 August 2015, <http://mashable.com/2015/08/21/drones-help-find-migrants-in-the-mediterranean-sea>.

in tempo reale video e informazioni rispetto alla posizione di eventuali imbarcazioni in difficoltà, consentendo alle unità operative di aumentare la rapidità e l'efficienza della risposta⁷³.

Tuttavia, dal momento che ogni situazione di emergenza costituisce spesso un unicum, risulta particolarmente complesso concepire un sistema che possa rispondere a tutto lo spettro delle esigenze operative. Sulla base di questo assunto, il progetto europeo ICARUS analizza l'impiego di piattaforme complementari: un APR tattico ad ala fissa con endurance elevata, un quadricottero per compiti di delivery e monitoraggio in spazi aperti, un più piccolo multirobot per operazioni di ricerca all'interno degli edifici e, infine, un sistema simile al quadricottero utilizzato anch'esso per attività di delivery⁷⁴. I quattro aeromobili sarebbero in grado di fornire supporto agli operatori sul campo per garantire maggiore situational awareness, coadiuvare le operazioni di ricerca attraverso algoritmi di localizzazione, nonché per distribuire un piccolo kit di primo soccorso alle vittime nell'attesa dell'arrivo dei soccorritori.

Altri progetti hanno analizzato, invece, l'impiego di uno sciame di APR per ridurre sensibilmente i tempi di ricerca, garantendo un più rapido e accurato monitoraggio dell'area del disastro. Infatti, avendo più apparecchi a disposizione lo stesso punto può essere monitorato in maniera ripetuta entro un arco temporale limitato, riducendo al minimo il rischio di mancare l'individuazione di un disperso⁷⁵. A livello internazionale vi sono già numerosi esempi di applicazione in operazioni SAR e, secondo alcuni sondaggi, il loro utilizzo troverebbe ampio consenso anche tra l'opinione pubblica⁷⁶. Negli Stati Uniti, sistemi APR militari sono stati utilizzati per missioni SAR in California e a supporto delle attività di soccorso a seguito delle inondazioni che hanno colpito la Carolina del Sud e la valle del Mississippi nel 2015⁷⁷. Nel 2012, un gruppo SAR basato in Texas ha

⁷³ Ibid.

⁷⁴ Geert De Cubber et al., "ICARUS: Providing Unmanned Search and Rescue Tools", in *ICARUS Scientific Publications*, 2012, <http://www.fp7-icarus.eu/icarus-providing-unmanned-search-and-rescue-tools>.

⁷⁵ Ehsan Ebrahimi-Oskoei, *Swarm of UAVs: Search & Rescue Operation in Chaotic Ship Wakes*, Master Thesis, Royal Institute of Technology, Stockholm, April 2014, <http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:784038/FULLTEXT01.pdf>.

⁷⁶ Richard Bloss, "Unmanned Vehicles While Becoming Smaller and Smarter are Addressing New Applications in Medical, Agriculture in Addition to Military and Security", in *Industrial Robot*, Vol. 41, No. 1 (2014), p. 82-86.

⁷⁷ Gregg Zoroya, "Pentagon: Military Spy Drones in U.S. Used for Disaster Relief", in *USA Today*, 10 March 2016, <http://usat.ly/1piUvxy>.

impiegato un velivolo a pilotaggio remoto per localizzare un bambino di due anni scomparso, dopo che una tradizionale missione di ricerca era fallita. Nel 2006 a seguito dell'uragano Katrina, due APR sono stati impiegati per effettuare una valutazione dei danni e per localizzare eventuali sopravvissuti⁷⁸.

Tra le attività in ambito italiano, vale la pena citare l'esercitazione "Grifone 2015" svolta annualmente ed organizzata dall'Aeronautica Militare nell'ambito dell'Accordo SAR MED/OCC (Mediterraneo Occidentale) tra Italia, Spagna e Francia. A carattere multinazionale, interforze e interagenzia, l'esercitazione ha simulato attività SAR a seguito di un sinistro aereo su terra riuscendo a coordinare le operazioni di 14 elicotteri con un aeromobile a pilotaggio remoto "Predator"⁷⁹. Degno di nota è anche il programma SAPR nell'ambito del quale la Croce rossa italiana (CRI) si è dotata di sistemi a pilotaggio remoto per la gestione di operazioni SAR (e non solo) in caso di disastri naturali. Il progetto è il primo a livello nazionale a prevedere l'impiego di tali velivoli in zone particolarmente critiche ed è stato sviluppato in stretto contatto con l'ENAC e un consorzio di aziende del settore⁸⁰. Secondo il progetto saranno attivate sul territorio italiano dieci unità operative cui verranno assegnati circa venti piloti e altrettanti multirotori. I sistemi in dotazione alla CRI saranno un quadricottero, un esacottero, e anche un APR ad ala rotante per trasportare materiale sanitario e medicinali⁸¹. Quest'ultimo sarà probabilmente impiegato anche in missioni internazionali per il monitoraggio di coste e campi profughi, e per giungere in tempi rapidi nelle zone colpite da disastri naturali⁸².

⁷⁸ Sonia Waharte and Niki Trigoni, *Supporting Search and Rescue Operations with UAVs*, International Conference on Emerging Security Technologies, 2010, p. 1, https://www.cs.ox.ac.uk/files/3198/submission_waharte.pdf.

⁷⁹ Aeronautica Militare, *News: Al via in Calabria l'esercitazione "Grifone 2015"*, 21 settembre 2015, <http://www.aeronautica.difesa.it/News/Pagine/Al-via-in-Calabria-l-esercitazione-di-soccorso-aereo-Grifone-2015.aspx>.

⁸⁰ Croce rossa italiana, *Droni: parte il progetto della Croce Rossa Italiana. Il 24 febbraio la presentazione alla Roma Drone Conference*, febbraio 2015, <https://www.cri.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/25452>.

⁸¹ Croce rossa italiana, *La Croce Rossa a "Roma Drone Urbe 2015" con la sua nuova flotta di droni per le attività di soccorso*, maggio 2015, <https://www.cri.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/27139>.

⁸² Davide Bartocchini, "Roma Drone Expo&Show 2016 dal 13 al 15 maggio", in *Difesa Online*, 13 maggio 2016, <http://www.difesaonline.it/node/6324>.

1.2.4 Monitoraggio delle infrastrutture critiche, di siti nucleari e/o impianti industriali di rilevanza strategica

Per il monitoraggio delle cosiddette infrastrutture critiche, una sorveglianza continuativa e dettagliata permetterebbe di individuare eventuali malfunzionamenti o minacce e garantire così maggiore tempestività di intervento, sia in una prospettiva di prevenzione che di gestione di un'eventuale emergenza.

In questo contesto, i velivoli a pilotaggio remoto possono fornire un valido supporto sia alle autorità nazionali che alle società private per assicurare l'incolumità degli operatori di tali infrastrutture. A fronte di tale attività, APR di piccole e medie dimensioni possono potenzialmente costituire dei mezzi di osservazione e monitoraggio adeguati a seconda delle necessità. Per quanto riguarda la sensoristica, il velivolo potrebbe disporre di strumentazioni differenti in base al tipo di missione e all'infrastruttura oggetto dell'attività: semplici videocamere per sorvegliare vie di comunicazione oppure, soprattutto nel caso di impianti di produzione di energia elettrica e industriali, termo-camere e camere multi spettrali in grado di registrare la radiazione naturale rilasciata o riflessa dall'oggetto o le aree circostanti attraverso lo spettro elettromagnetico⁸³.

In particolare, nel settore energetico sono sempre di più le aziende interessate alle applicazioni dei sistemi APR. I potenziali benefici di un loro impiego sarebbero riconducibili ad una diminuzione dei costi e ad una maggiore efficienza nelle fasi di esercizio e di manutenzione nonché ad un sensibile guadagno in termini di sicurezza per il personale a terra. Attualmente, il monitoraggio delle infrastrutture volte alla distribuzione di energia avviene attraverso elicotteri e aeromobili ad ala fissa e/o mediante servizi di vigilanza a piedi o su ruote, attività che risultano particolarmente dispendiose in termini economici, soprattutto in alcune regioni. Nel caso dei gasdotti, ad esempio, le attività di sorveglianza hanno il compito di controllare i movimenti entro un raggio di circa 20 metri dalla struttura ed è previsto che, nell'eventualità di una minaccia, vengano segnalate altresì tutte le attività in corso entro un'area di 200 metri⁸⁴.

Per tale motivo, l'impiego di piattaforme a pilotaggio remoto potrebbe costituire una soluzione alternativa per supportare o sostituire in toto gli attuali sistemi di monitoraggio. La loro applicazione consentirebbe, supe-

⁸³ CESMA, "Sviluppo di aeromobili a pilotaggio remoto", cit., p. 29.

⁸⁴ Dieter Hausamann et al., "Monitoring of Gas Pipelines - A Civil UAV Application", in *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, Vol. 77 No. 5 (2005), p. 353.

rando le restrizioni derivanti dalla natura del terreno, di effettuare controlli periodici e stimare l'entità di eventuali danni analizzando in maniera dettagliata e sistematica eventuali criticità dell'infrastruttura, nonché l'evoluzione dell'ambiente circostante grazie alla capacità di effettuare riprese a 360 gradi⁸⁵.

Coerentemente con il tipo di informazioni da acquisire e le caratteristiche dell'ambiente operativo, alcuni studi hanno indagato l'impiego di diversi tipi di aeromobili. Nel caso di una missione di monitoraggio o ispezione su brevi distanze, in cui sia richiesta un'osservazione ravvicinata di porzioni particolarmente delicate dell'infrastruttura, APR di classe micro ad ala rotante sarebbero indicati come la soluzione più adatta⁸⁶. Infatti, non essendo richiesta una quota operativa elevata, un sistema Vertical Take-Off and Landing (VTOL) grazie alla sua maggiore manovrabilità nonché alla sua capacità di hovering sarebbe in grado di fornire un'accurata valutazione delle condizioni delle infrastrutture. Ad esempio, per il monitoraggio delle linee elettriche la capacità di decollo verticale risulterebbe vantaggiosa in quanto consente al sistema di ascendere in maniera parallela rispetto ai tralicci di un elettrodotto garantendo una maggiore accuratezza dell'osservazione⁸⁷.

Qualora invece il profilo della missione dovesse richiedere un'osservazione costante, come nel caso di ispezioni per verificare la presenza di eventuali fughe di gas o problemi strutturali, gli APR ad ala fissa potrebbero corrispondere alle necessità operative⁸⁸. In questi casi l'utilizzo di una videocamera per riprese fisse e Near InfraRed (NIR) e, eventualmente, anche di un radar per Light Detection and Ranging (LIDAR) potrebbe consentire di raccogliere i dati necessari per eseguire un confronto con osservazioni precedenti e successive al fine di individuare eventuali variazioni.

⁸⁵ Linxin Li, "The UAV Intelligent Inspection of Transmission Lines", in Ming Liu and Xiangdong Zhang (eds.), *Proceedings of the 2015 International Conference on Advances in Mechanical Engineering and Industrial Informatics (AMEII 2015)*, Paris, Atlantis Press, 2015, p. 1542, http://www.atlantis-press.com/php/download_paper.php?id=21957.

⁸⁶ Cristina Gómez and David R. Green, "Small-Scale Airborne Platforms for Oil and Gas Pipeline Monitoring and Mapping", in *Proceedings of the Fifth International Conference on Remote Sensing for Marine and Coastal Environments: 5-7 October 1998, San Diego, California, USA*, Vol. 1, Ann Arbor, ERIM International, 1998, p. 42, https://www.abdn.ac.uk/geosciences/documents/UAV_Report_Redwing_Final_Appendix_Update.pdf.

⁸⁷ Linxin Li, "The UAV Intelligent Inspection of Transmission Lines", cit., p. 1542.

⁸⁸ Cristina Gómez and David R. Green, "Small-Scale Airborne Platforms for Oil and Gas Pipeline Monitoring and Mapping", cit., p. 43.

Nel caso di infrastrutture più grandi, estese ad aree remote e difficilmente raggiungibili, alcuni studi ipotizzano invece l'impiego di un sistema di medie dimensioni equipaggiato con un radar (SAR) e strumentazioni di rilevamento ottico e a infrarossi in grado di garantire un'osservazione periodica per individuare eventuali danni o malfunzionamenti⁸⁹. Rispetto agli scenari precedentemente descritti, quest'opzione presenta però maggiori costi di acquisizione e operativi nonché un più complesso processo di analisi dei dati che richiede un livello di sofisticazione tecnologica più elevato.

Gli APR possono mostrarsi efficaci non solo per la sorveglianza della rete di distribuzione energetica, ma anche per il controllo degli impianti di generazione: bacini idroelettrici, centrali termoelettriche, impianti eolici e fotovoltaici o centrali nucleari. Infatti, rispetto ai sistemi di monitoraggio tradizionali affidati a videocamere a circuito chiuso o effettuati attraverso servizi di vigilanza, i sistemi a pilotaggio remoto possono generare notevoli risparmi economici e di tempo, garantendo una sorveglianza costante a 360 gradi⁹⁰. L'impiego di sensori visivi per il rilevamento del calore e delle radiazioni consente oggi di acquisire una grande quantità di dati e monitorare il perimetro dell'impianto per individuare eventuali intrusioni o rilevare in maniera tempestiva eventuali malfunzionamenti.

In particolare, nel caso delle centrali nucleari, gli APR equipaggiati con sensori di rilevamento consentirebbero di monitorare costantemente il livello di radiazioni garantendo un servizio più efficiente rispetto ai tradizionali rilevatori fissi. I sistemi a pilotaggio remoto sarebbero in grado di individuare la fonte di una radiazione troppo elevata stabilendo se questa si trovi all'interno dell'impianto o se sia invece causata da fattori esterni, evitando una dispendiosa sospensione delle attività industriali⁹¹.

Altre ricerche hanno messo in luce le potenzialità degli aeromobili a pilotaggio remoto per garantire il monitoraggio di grandi impianti industriali ed individuare eventuali danni strutturali. Essendo la maggior parte delle strutture industriali costruita in ferro ed esposta alle intemperie, questi impianti sono soggetti ad un graduale deterioramento col passare del tempo. Dato che la corrosione e il logoramen-

⁸⁹ Ibid.

⁹⁰ Caroline Baylon, "Leveraging Drones to Improve Nuclear Facility Security and Safety", in *Chatham House Expert Comments*, 22 January 2015, <https://www.chathamhouse.org/expert/comment/16722>.

⁹¹ Ibid.

to dei materiali sembrano potersi annoverare tra le cause principali di avaria degli impianti industriali, risulta fondamentale una costante verifica delle condizioni strutturali. Grazie all'impiego di sistemi APR e di appositi sensori, le immagini di una stessa area monitorata in frangenti temporali successivi possono essere sovrapposte dando la possibilità di verificare lo stato delle strutture senza soluzione di continuità⁹².

Nell'ambito della sicurezza delle infrastrutture critiche, anche il monitoraggio delle principali vie di comunicazione potrebbe avvantaggiarsi dell'impiego dei sistemi APR, che consentirebbero di acquisire e fornire informazioni sull'andamento del traffico per prevenire o monitorare eventuali congestionamenti oppure per fornire supporto nel caso di un incidente⁹³. La versatilità dei sistemi disponibili consentirebbe inoltre di acquisire un maggior numero di informazioni riguardanti la traiettoria dei veicoli, il percorso e possibili vie alternative⁹⁴. La tendenza sarebbe quella di impiegare sistemi di medie dimensioni per superare i limiti degli APR più piccoli in caso di mal tempo⁹⁵. In generale però, non è necessario che questi sistemi siano particolarmente performanti: sarebbero sufficienti aeromobili con una quota operativa relativamente bassa e un Maximum Take-Off Weight (MTOW) limitato⁹⁶.

Recentemente si è assistito ad un incremento nell'impiego di sistemi APR per garantire la sicurezza delle infrastrutture critiche. Certamente, l'introduzione di un sistema efficiente e affidabile che ne garantisca il monitoraggio costante rientra negli interessi di molti Paesi nonché di molte aziende private⁹⁷. La Nigerian National Petroleum Corporation (NNPC), ad esempio, ha recentemente annunciato di voler acquistare 500 APR per monitorare i siti di estrazione petrolifera e ridurre così le

⁹² Thomas Moranduzzo and Farid Melgani, "Monitoring Structural Damages in Big Industrial Plants with UAV Images", in *IEEE-International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS-2014*, New York, IEEE, 2014, p. 4950-4953.

⁹³ Benjamin Coifman et al., "Roadway Traffic Monitoring from an Unmanned Aerial Vehicle", in *IEE Proceedings - Intelligent Transport Systems*, Vol. 153, No. 1 (March 2006), p. 11-20.

⁹⁴ Anuj Puri, *A Survey of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) for Traffic Surveillance*, Tampa, University of South Florida Department of Computer Science and Engineering, 2004, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.108.8384>.

⁹⁵ Edward D. McCormack, *The Use of Small Unmanned Aircraft by the Washington State Department of Transportation*, Washington, Washington State Transportation Center, June 2008, <http://www.wsdot.wa.gov/research/reports/fullreports/703.1.pdf>.

⁹⁶ Intervista, 22 aprile 2016.

⁹⁷ Therese Skrzypietz, *Unmanned Aircraft Systems for Civilian Missions*, cit., p. 17.

perdite dovute ai furti, stimate in circa il 5 per cento della produzione giornaliera⁹⁸.

Già da tempo, invece, il sistema israeliano Aerostar sta effettuando il monitoraggio dei gasdotti di Chevron Texaco in Angola⁹⁹. Recentemente anche l'australiana Queensland Gas Company ha introdotto l'impiego del velivolo ScanEagle per monitorare i suoi giacimenti e infrastrutture, dopo 18 mesi di esercitazioni e grazie alla collaborazione dell'Australia's Civil Aviation Safety Authority¹⁰⁰. Anche in Italia Enel impiega già da tempo gli APR per il monitoraggio dei campi solari ed eolici, degli impianti termoelettrici, di dighe e lungo le linee elettriche¹⁰¹.

Nonostante il trend in forte crescita, l'impiego di tali strumenti rimane circoscritto a causa delle limitazioni normative e tecnologiche che non ne consentono l'integrazione entro gli spazi aerei civili¹⁰². La possibilità di impiegare sistemi APR in modo transnazionale consentirebbe di migliorare la protezione delle infrastrutture critiche europee, ossia di quelle infrastrutture critiche ubicate negli Stati membri il cui danneggiamento o distruzione avrebbe un significativo impatto su due o più Stati membri dell'Unione. Basti pensare ai gasdotti che in Europa si estendono per oltre 300.000 km; poterne garantire la protezione attraverso operazioni di sorveglianza transnazionali rappresenterebbe un guadagno notevole in termini di sicurezza, soprattutto in un periodo storico in cui l'accresciuta possibilità del verificarsi di un attacco terroristico rende ipotizzabili scenari complessi e drammatici. Un "effetto domino", a seguito di un attentato, sarebbe in grado di danneggiare un numero cospicuo di infrastrutture, mettendo a rischio la vita di diverse persone e l'approvvigionamento energetico di molti Paesi¹⁰³.

⁹⁸ Michael Blades, *Global Civil Unmanned Aerial Systems (UAS) Market. Strong Market Growth will Accelerate Over the Next Several Years*, Frost & Sullivan, April 2016, p. 23.

⁹⁹ Joseph Barnard, *The Use of Unmanned Air Vehicles in Exploration and Production Activities*, Barnard Microsystems, 2007, p. 1, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.434.7839>.

¹⁰⁰ "ScanEagle in Natural Gas BVLOS Operations", in *UAS Vision*, 4 May 2016, <http://www.uasvision.com/?p=43013>.

¹⁰¹ "I droni Enel. L'energia vista dal cielo", in *ENEL News*, 27 ottobre 2015, <https://www.enel.it/it-it/eventi-news/Pagine/I-droni-Enel--L-energia-vista-dal-cielo.aspx>.

¹⁰² Therese Skrzypietz, *Unmanned Aircraft Systems for Civilian Missions*, cit., p. 17.

¹⁰³ Luisa Franchina, "Dalla Direttiva UE alla 'governance' nazionale. Infrastrutture Critiche sotto protezione", in *Gnosis*, n. 3/2008, <http://gnosis.aisi.gov.it/gnosis/Rivista16.nsf/ServNavig/17>.

1.2.5 *Supporto ad operazioni in caso di disastri naturali e/o antropici e supporto alle reti di comunicazione*

Generalmente la gestione delle crisi, ivi compresi i disastri naturali e/o antropici, può essere suddivisa in quattro fasi: prevenzione, preparazione, risposta e ripristino¹⁰⁴. A seconda della tipologia di evento, i sistemi APR sono potenzialmente in grado di supportare operazioni lungo tutto il processo di gestione, sebbene attualmente siano impiegati per lo più nella fase di risposta¹⁰⁵. Prima del verificarsi di un evento catastrofico, tali sistemi possono essere impiegati a supporto di attività di prevenzione e individuazione tempestiva. Nella fase di risposta hanno invece la capacità di fornire informazioni in tempo reale per facilitare le operazioni di intervento e mitigazione del rischio. Durante le attività di ripristino, infine, questa tecnologia può fornire un valido strumento per la valutazione dei danni e contribuire alla fase di ricostruzione post-disastro¹⁰⁶.

Questi strumenti sarebbero ritenuti piuttosto promettenti, in grado di migliorare la gestione dell'emergenza – anche operando in maniera complementare ai sistemi tradizionali – assicurando maggiore sicurezza, prontezza ed efficienza. Ciò nonostante le autorità nazionali competenti sembrano ancora piuttosto riluttanti nell'impiegarli e, secondo un rapporto redatto dalla Croce Rossa americana, tale esitazione è dovuta al loro scetticismo rispetto al vero valore aggiunto degli APR, riconducibile principalmente a quattro motivazioni¹⁰⁷:

1. i costi elevati di acquisizione e manutenzione;
2. la necessaria preparazione cui devono essere sottoposti gli operatori;
3. la relativa novità dell'impiego di questi sistemi e il limitato riscontro rispetto alla loro efficacia;
4. l'idea che la loro integrazione all'interno delle operazioni possa rappresentare una sfida logistica¹⁰⁸.

¹⁰⁴ Federica Di Camillo et al., *Il sistema di sicurezza civile italiano*, Roma, Nuova Cultura, 2014 (Quaderni IAI n. 8), p. 17, <http://www.iai.it/it/node/1792>.

¹⁰⁵ Measure and American Red Cross, *Drones for Disaster Response and Relief Operations*, cit., p. 12.

¹⁰⁶ Agoston Restas, "Drone Applications for Supporting Disaster Management", in *World Journal of Engineering and Technology*, Vol. 3, No. 3C (October 2015), p. 316-321, <http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=60553>.

¹⁰⁷ Measure and American Red Cross, *Drones for Disaster Response and Relief Operations*, cit., p. 15.

¹⁰⁸ Secondo un rapporto della European Emergency Number Association, un'inadeguata gestione di un sistema APR durante le operazioni di gestione dell'emergenza potrebbe

Detto ciò, secondo lo stesso rapporto vi sarebbero numerose ragioni per le quali l'introduzione di questi sistemi nella gestione delle emergenze potrebbe determinare effetti positivi, tra cui:

- una riduzione dell'esposizione al rischio per i soccorritori;
- un aumento dell'efficacia della risposta, a supporto degli strumenti tradizionali;
- grazie alla mancanza di limitazioni rispetto alle zone da sorvolare e alla quota di volo consentita, sono in grado di fornire un punto di vista unico;
- la modularità del payload garantisce una molteplicità di impieghi, servizi e applicazioni;
- maggiore costo-efficacia rispetto ai velivoli tradizionali.

Come già accennato, i sistemi APR possono sperimentare diverse applicazioni a seconda del tipo di disastro che si è chiamati ad affrontare¹⁰⁹. Ad esempio, nel caso di un evento sismico, essi potrebbero costituire il mezzo più rapido per effettuare la valutazione dei danni e supportare la fase di ripristino. Per quanto riguarda le alluvioni, invece, si potrebbe sfruttare la capacità di monitoraggio dei sistemi APR in via preventiva a beneficio del processo decisionale della autorità competenti, nonché per valutare la necessità di un'eventuale evacuazione. Nel caso di un incidente NBCR, gli APR possono coadiuvare le fasi di gestione dell'emergenza attraverso il monitoraggio dell'evento e della fuga di materiale tossico.

Data la vastità delle operazioni afferenti la categoria "disastri naturali e/o antropici", la seguente analisi intende soffermarsi solo su alcuni scenari maggiormente indicativi delle potenzialità dei sistemi APR, ovvero:

- monitoraggio ambientale e del territorio;
- supporto ad operazioni in caso di eventi NBCR;
- supporto alle reti di comunicazione;
- supporto alla lotta agli incendi boschivi.

Monitoraggio ambientale e del territorio

Con il progressivo mutamento degli ecosistemi e il sempre più frequente verificarsi di calamità naturali a causa del cambiamento climatico e del

interferire negativamente sull'azione di altri sistemi – quali i velivoli pilotati tradizionali. EENA, *Remote Piloted Airborne Systems (RPAS) and the Emergency Services*, cit., p. 10.

¹⁰⁹ Agoston Restas, "Drone Applications for Supporting Disaster Management", cit.

fenomeno dell'urbanizzazione, il monitoraggio ambientale per via aerea è destinato ad acquisire un'importanza crescente.

Mappare le zone soggette a disastri naturali risulterebbe vantaggioso per coordinare gli sforzi delle squadre di soccorso a seguito di una calamità, indicando ad esempio le infrastrutture che necessitano di essere poste in sicurezza in via prioritaria¹¹⁰. Non solo: i dati raccolti in precedenza possono agevolare la fase di ripristino e ricostruzione fornendo un quadro dettagliato della situazione pre-evento catastrofico. Ciò contribuirebbe a guidare la successiva attività di ricostruzione che, in alternativa, potrebbe basarsi solo su immagini satellitari probabilmente non aggiornate o su mappe approssimative, come accadde nel 2013 a seguito del tifone Yolanda che colpì le Filippine¹¹¹.

Per quanto riguarda il monitoraggio di zone potenzialmente interessate da dissesto idro-geologico, l'impiego di un sistema di piccole dimensioni, tendenzialmente ad ala rotante, permetterebbe di acquisire immagini quanto più dettagliate della zona monitorata a supporto delle attività di prevenzione e contenimento del rischio¹¹². Infatti il vantaggio comparato derivante dall'impiego di questi sistemi rispetto ai velivoli tradizionali o ai sistemi basati a terra risiede proprio nel profilo di volo degli APR, in grado di sorvolare ad una distanza ravvicinata l'oggetto di osservazione anche in zone ad elevato rischio, altrimenti inaccessibili all'essere umano¹¹³. In generale, i velivoli a pilotaggio remoto sarebbero un mezzo rapido, efficace ed economico per il monitoraggio ambientale poiché garantiscono un elevato grado di precisione a costi contenuti, grazie anche agli sviluppi commerciali in campo tecnologico e sensoristico¹¹⁴.

A seguito del terremoto dell'Aquila, diverse analisi hanno studiato le potenzialità degli APR di classe micro di supportare la fase di ricostruzione e pianificazione strutturale post-sisma. Secondo i risultati, questi sistemi consentirebbero di superare eventuali problemi di accessibilità

¹¹⁰ Measure and American Red Cross, *Drones for Disaster Response and Relief Operations*, cit., p. 15.

¹¹¹ Ibid., p. 16.

¹¹² Eleonora Bertacchini et al., "Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) for High-Resolution Topography and Monitoring Civil Protection Purposes in Hydrogeological Context", in *SPIE Proceedings*, Vol. 9245 (2014).

¹¹³ Mauro Caprioli et al., "Management of Environmental Risks in Coastal Areas", in *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XL-3/W3 (2015), p. 268, <http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XL-3-W3/263/2015>.

¹¹⁴ Ibid., p. 264.

fornendo così un'indagine tridimensionale completa ed accurata¹¹⁵. Anche sul piano internazionale, i casi di impiego in attività di monitoraggio a seguito o durante disastri naturali e/antropici non mancano. Dopo le intense piogge che colpirono nel 2011 la Thailandia, alcuni APR vennero utilizzati per tre mesi con lo scopo di raccogliere immagini georeferenziate e dati attraverso una telecamera elettro-ottica e monitorare così l'andamento delle precipitazioni. Grazie anche al loro impiego, gli sforzi per contenere l'inondazione riuscirono ad evitare l'allagamento del centro di Bangkok¹¹⁶.

Nel 2010 un Global Hawk dell'Air Force degli Stati Uniti venne invece utilizzato con funzioni di ricognizione e raccolta dati per determinare l'estensione dei danni a seguito del terremoto che colpì Haiti in quell'anno¹¹⁷. Volando dal Maryland ad Haiti il velivolo effettuò missioni giornaliere, della durata media di circa 14 ore, che consentirono di acquisire circa 700 immagini ad alta risoluzione¹¹⁸. Non solo: il velivolo venne di nuovo utilizzato a seguito del tifone Haiyan che colpì le Filippine nel 2013 e, attraverso i dati raccolti, fu possibile identificare la presenza di un aeroporto in prossimità delle zone colpite – che poté essere sfruttato come base per le operazioni di soccorso – ed effettuare valutazioni logistiche circa lo stato della viabilità al fine di coadiuvare le squadre di soccorso nel raggiungere i superstiti¹¹⁹.

Supporto ad operazioni in caso di eventi nucleari, biologici, chimici e radiologici

Nel caso di incidenti NBCR, il grande valore aggiunto dei sistemi APR potrebbe essere quello di evitare la contaminazione delle squadre di soccor-

¹¹⁵ Valerio Baiocchi, Donatella Dominici, Martina Mormile, "Uav Application In Post-Seismic Environment", in *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XL-1/W2 (2013), p. 21, <http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XL-1-W2/21/2013>.

¹¹⁶ Measure and American Red Cross, *Drones for Disaster Response and Relief Operations*, cit., p. 17.

¹¹⁷ Russell P. Petcoff, "Global Hawk Collects Reconnaissance Data during Haiti Relief Efforts", in *U.S. Air Force News*, 15 January 2010, <http://www.af.mil/News/ArticleDisplay/tabid/223/Article/118014/global-hawk-collects-reconnaissance-data-during-haiti-relief-efforts.aspx>.

¹¹⁸ Stuart M. Adams and Carol J. Friedland, *A Survey of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Usage for Imagery Collection in Disaster Research and Management*, Ninth International Workshop on Remote Sensing for Disaster Response, Stanford, 15-16 September 2011, https://blume.stanford.edu/sites/default/files/RS_Adams_Survey_paper_0.pdf.

¹¹⁹ Elizabeth Malloy, "Relief from Above", in *INSIDE Aerospace*, April 2014, p. 18-20, http://www.northropgrumman.com/Capabilities/GlobalHawk/Documents/Relief_From_Above.pdf.

so¹²⁰. In questo quadro, dunque, la capacità di fornire immagini in tempo reale nonché la modularità/versatilità del payload rendono gli APR dei potenziali ed efficaci strumenti a supporto di operazioni di disaster management per misurare il livello di agenti contaminanti a seguito di incidenti NBCR¹²¹. Non solo: secondo i risultati di recenti ricerche, velivoli a pilotaggio remoto potrebbero trovare futura applicazione anche per il rilevamento preventivo di armi chimiche e nucleari, grazie al processo di miniaturizzazione di appositi sensori che ne ha consentito l'integrazione su APR di piccole dimensioni¹²². Inoltre, dal momento che nel contesto emergenziale mancano di frequente informazioni e dati precisi circa l'entità del disastro, il ricorso a questo tipo di aeromobili consentirebbe alle squadre di intervento di individuare le fonti di contaminazione/pericolo e valutare le dimensioni dei danni provocati, fornendo un grande contributo in termini di situational awareness.

A seconda delle necessità, diverse classi di APR possono sostenere le attività di intervento e monitoraggio. Ad esempio sistemi di piccole dimensioni, che possono essere lanciati anche da piattaforme improvvisate, sono in grado di effettuare la sorveglianza aerea dell'area colpita e supportare la valutazione dei danni con tempi rapidi di dispiegamento¹²³. Gli APR di grandi dimensioni possono invece essere utilizzati con funzionalità cargo per distribuire beni di prima necessità alle vittime o dispositivi e materiali per agevolare la gestione dell'emergenza¹²⁴. Potrebbero inoltre limitare gli effetti della contaminazione attraverso il trasporto e il rilascio di sostanze chimiche e agenti neutralizzanti nell'area colpita. A seguito del disastro della centrale nucleare di Fukushima in Giappone nel 2011 – colpita da uno tsunami scatenatosi dopo un forte terremoto – i micro APR T-Hawk americani hanno volato per misurare il livello di radiazioni ed effettuare una prima ispezione delle strutture¹²⁵. Nella stessa occasione un Global Hawk statunitense ha sorvolato la centrale nucleare al fine di monitorare attra-

¹²⁰ CESMA, "Sviluppo di aeromobili a pilotaggio remoto", cit., p. 103.

¹²¹ Therese Skrzypietz, *Unmanned Aircraft Systems for Civilian Missions*, cit., p. 15.

¹²² Rob Schultz, "UW-Madison - Drone Technology Could Help Fight Terrorism, Bomb-sniffing Drone Technology Developed at UW-Madison Could Save Lives", in *Wisconsin State Journal*, 24 April 2016, http://host.madison.com/wsj/news/local/education/university/bomb-sniffing-drone-technology-developed-at-uw-could-become-nightmare/article_498e9cb0-f638-5a91-8899-40be16ab6d29.html.

¹²³ Measure and American Red Cross, *Drones for Disaster Response and Relief Operations*, cit., p. 26.

¹²⁴ Ibid.

¹²⁵ Therese Skrzypietz, *Unmanned Aircraft Systems for Civilian Missions*, cit., p. 15.

verso l'impiego di sensori telescopici e infrarossi il successo dei tentativi di raffreddamento dei reattori¹²⁶. Infine, un ulteriore esempio riguarda l'impiego nel 2011 di un velivolo a pilotaggio remoto a Cipro per verificare l'entità dei danni riportati dalla principale centrale elettrica dell'isola a seguito di un'esplosione avvenuta all'interno della base navale greco-cipriota¹²⁷.

Supporto alle reti di comunicazione

Uno dei temi di maggiore interesse è quello dei sistemi di comunicazione stand-alone¹²⁸ durante la gestione dell'emergenza; a seguito di evento catastrofico una delle priorità principali è di ristabilire le comunicazioni¹²⁹. Questo aspetto è particolarmente rilevante nella fase di risposta, ma può avere utili implicazioni anche a supporto della successiva fase di ripristino.

Considerando la capacità delle piattaforme a pilotaggio remoto, soprattutto quelle di medio-grandi dimensioni, di raggiungere velocemente quote operative elevate e, nel caso di sistemi ad ala rotante, di stazionare su un'area specifica per un prolungato periodo di tempo, i sistemi APR forniscono un'utile soluzione temporanea nel caso di danni alle infrastrutture di comunicazione¹³⁰. In questo scenario, i sistemi APR potrebbero essere impiegati per:

- trasmettere comunicazioni radio UHF/VHF;
- trasmettere stazioni radio di emergenza qualora venissero equipaggiati con un ripetitore FM;
- garantire la trasmissione di dati e comunicazioni audio, fungendo da ripetitore per il personale impegnato nella gestione dell'emergenza;
- ristabilire il segnale di rete mobile qualora le infrastrutture siano state danneggiate, agendo da antenna per le comunicazioni;
- fornire un servizio mobile di data link, in grado di acquisire infor-

¹²⁶ Stuart M. Adams, Carol J. Friedland, *A Survey of Unmanned Aerial Vehicle (Uav) Usage for Imagery Collection in Disaster Research and Management*, cit.

¹²⁷ Measure and American Red Cross, *Drones for Disaster Response and Relief Operations*, cit., p. 27.

¹²⁸ Ovvero un sistema in grado di garantire le comunicazioni in maniera indipendente rispetto all'infrastruttura di terra.

¹²⁹ Milan Erdelj, Enrico Natalizio, "UAV-assisted disaster management: Applications and open issues", in *Proceedings of IEEE ICNC*, February 2016, Kauai, United States, 2016, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01305371/document>.

¹³⁰ Measure and American Red Cross, *Drones for Disaster Response and Relief Operations*, cit., p. 38.

mazioni da eventuali sensori di rilevamento a terra e trasmetterli alla stazione centrale, senza che le unità sul terreno debbano effettuare personalmente i controlli.

A titolo di esempio, possono essere citati alcune ipotesi di impiego. In operazioni di lotta agli incendi boschivi, nei casi in cui la configurazione del terreno impedisca una chiara comunicazione tra le unità di soccorso, alcuni studi propongono l'impiego di un sistema APR classe HALE, che posto ad una quota operativa elevata sopra il luogo dell'incendio possa fungere da ripetitore per i sistemi di comunicazione¹³¹. Nello scenario proposto, il ricetrasmittente radio di bordo permetterebbe di mantenere comunicazioni chiare e stabili tra le unità operative sul terreno. Similmente, anche nell'ambito di operazioni SAR in zone particolarmente remote in cui risulta impossibile stabilire una rete di collegamento, un sistema APR può fungere da relay di comunicazione¹³².

Alcuni analisti hanno inoltre indagato la possibilità di sfruttare piattaforme remotate come Airborne Warning and Control Systems (AWACS) temporanei in grado di fornire segnale Wi-Fi e copertura cellulare in un'area colpita da un disastro naturale in cui le linee elettriche e telefoniche siano state distrutte, consentendo così le comunicazioni tra vittime e soccorritori¹³³. Uno studio condotto da un team di ricercatori della North Texas University ha dimostrato la capacità di un sistema APR di fornire copertura Wi-Fi entro un'area di circa 5 km¹³⁴. Alcune ricerche hanno valutato altresì l'opzione di impiegare APR di piccole dimensioni per fornire una rete wireless a supporto alle attività di soccorso oltre che per estendere la capacità di comunicazione nel caso di grandi eventi¹³⁵. In Italia in alcune circostanze (es. G8) il sistema Predator è stato impiegato dall'Ae-

¹³¹ Andrija Vidović and Dino Diminić, "Possibility of Implementing Unmanned Aerial Vehicles in Firefighting Operations", in Stanislav Pavlin and Mario Šafran (eds.), *International Scientific Conference Development Possibilities of Croatian Transport System*, Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, 2014, p. 107-116, <http://bib.irb.hr/prikazi-rad?rad=694229>.

¹³² Siew Ping Yeong, Lisa M. King and Sharul Sham Dol, "A Review on Marine Search and Rescue Operations Using Unmanned Aerial Vehicles", cit., p. 397.

¹³³ Measure and American Red Cross, *Drones for Disaster Response and Relief Operations*, cit., p. 20.

¹³⁴ Ibid.

¹³⁵ Alvaro Valcarce et al., "Airborne Base Stations for Emergency and Temporary Events", in Riadh Dhaou et al. (eds.), *Personal Satellite Services*, Heidelberg and New York, Springer, 2013, p. 13-25, <https://arxiv.org/pdf/1307.3158>.

ronautica Militare anche per coadiuvare le comunicazioni via radio con specifici assetti di terra¹³⁶.

Supporto alla lotta agli incendi boschivi

La componente aerea tradizionale gioca un ruolo determinante in molte operazioni di lotta agli incendi boschivi. Oltre al trasporto delle unità operative e al supporto nella fase di estinzione, tali velivoli sono ampiamente utilizzati in tutte le fasi di gestione dell'emergenza incendio: sia nella fase di sorveglianza delle zone a rischio sia nella fase post-incendio per monitorare la presenza di eventuali focolai residui¹³⁷.

Anche in questo caso, i sistemi a pilotaggio remoto potrebbero offrire dei vantaggi rispetto all'impiego di velivoli tradizionali. Il primo di questi riguarda la riduzione del fattore di rischio per l'operatore: durante gli incendi i velivoli tradizionali sono costretti ad operare a bassa quota in un ambiente estremo caratterizzato da alte temperature e scarsa visibilità. Considerato che volare in queste condizioni risulta particolarmente pericoloso per il pilota, l'utilizzo di APR consentirebbe di manovrare il velivolo da una distanza di sicurezza¹³⁸.

Un ulteriore vantaggio è relativo ai costi di impiego. Tali attività richiedono generalmente considerevoli risorse, sia materiali che umane¹³⁹. Alcune di queste sono direttamente coinvolte nelle fasi di spegnimento e pertanto difficilmente sostituibili, ma nel caso di attività quali la mappatura, il monitoraggio delle zone critiche, l'individuazione di un incendio e la valutazione, gli APR potrebbero contribuire all'operazione in modo efficiente ed efficace¹⁴⁰.

Partendo dalla fase di monitoraggio, nel corso degli anni sono stati impiegati apparati automatizzati per il controllo e l'individuazione dei cosiddetti principi di incendio. Solitamente tale strumentazione è posizionata a terra ed è dotata di sensori e videocamere ad infrarossi in grado di identificare il fumo e/o le radiazioni prodotte dalle fiamme¹⁴¹. Tuttavia,

¹³⁶ Intervista, 18 maggio 2016.

¹³⁷ J. Ramiro Martínez de Dios, "Fleets of Small Unmanned Aerial Systems for Forest Fire Applications", in *Forest Research*, Vol. 4, No. 1 (March 2015), p. 1-2, <http://dx.doi.org/10.4172/2168-9776.1000e115>.

¹³⁸ Measure and American Red Cross, *Drones for Disaster Response and Relief Operations*, cit., p. 21.

¹³⁹ J. Ramiro Martínez de Dios, "Fleets of Small Unmanned Aerial Systems for Forest Fire Applications", cit.

¹⁴⁰ Agoston Restas, "Drone Applications for Supporting Disaster Management", cit.

¹⁴¹ J. Ramiro Martínez de Dios, "Fleets of Small Unmanned Aerial Systems for Forest

date alcune limitazioni di queste apparecchiature – come ad esempio la visuale limitata o l'alto tasso di falsi allarmi – in alcuni casi l'impiego di piattaforme medio/grandi potrebbe rappresentare una buona alternativa per fornire dati in tempo reale e con una risoluzione adeguata¹⁴². Non solo: alcuni studi hanno evidenziato l'efficacia dell'utilizzo degli "sciame" di mini APR sia per il monitoraggio che per l'individuazione dell'origine dell'incendio. Nell'analisi di questo scenario viene proposto il ricorso a piattaforme ad ala fissa per l'attività di osservazione, mentre nel secondo caso sono consigliati i velivoli ad ala rotante con capacità di decollo e atterraggio verticale¹⁴³. Nell'ipotesi di impiego durante le operazioni di spegnimento, invece, i sistemi APR consentirebbero di tenere sotto controllo la zona in maniera continuativa attraverso l'impiego di telecamere a visione notturna e di collezionare dati da analizzare in tempo reale dalla stazione di controllo a terra aumentando notevolmente la situational awareness delle squadre sul campo¹⁴⁴. Infine, nel caso in cui le unità a terra fossero equipaggiate di trasmettitori in grado di far rilevare i propri movimenti ai sensori dell'APR, sarebbe possibile sovrapporre le immagini rilevate con una mappa esistente, in modo da ottenere una visione tridimensionale che fornisca l'esatta posizione delle unità di intervento¹⁴⁵.

L'esperienza internazionale offre già alcuni esempi di impiego di velivoli a pilotaggio remoto come asset a supporto del monitoraggio e lotta agli incendi. Nell'ottobre 2007 un APR partecipò per la prima volta alle attività di controllo in tempo reale di alcuni incendi sviluppatasi in California. Il sistema Ikhana della NASA (Predator B della General Atomics adattato per uso civile) realizzò diverse missioni per monitorare alcuni dei maggiori incendi nella California meridionale, raccogliendo immagini a infrarossi per supportare il lavoro delle squadre di primo intervento¹⁴⁶. Anche nel recente incendio che ha colpito la provincia canadese di Alberta, piccoli APR ad ala rotante sono stati adoperati per determinarne la causa¹⁴⁷. Equipaggiati

Fire Applications", cit.

¹⁴² Measure and American Red Cross, *Drones for Disaster Response and Relief Operations*, cit., p. 22.

¹⁴³ J Ramiro Martínez de Dios, "Fleets of Small Unmanned Aerial Systems for Forest Fire Applications", cit.

¹⁴⁴ Enric Pastor et al., "Architecture for a Helicopter Based Unmanned Aerial Systems Wildfire Surveillance System", in *Geocarto International*, Vol. 26, No. 2 (2011), p. 115.

¹⁴⁵ Ibid.

¹⁴⁶ Enric Pastor et al., "Architecture for a Helicopter Based Unmanned Aerial Systems Wildfire Surveillance System", cit., p. 114.

¹⁴⁷ Rod Nickel, "Alberta Flies Drones to Find Cause of Epic Canadian Wildfire", in

con sensori ottici, IR e ultravioletti essi hanno supportato l'individuazione del punto di origine delle fiamme sulla base di alcuni fattori tra cui variabili temporali e atmosferiche.

1.3 PROSPETTIVE DI IMPIEGO DA PARTE DI AGENZIE EUROPEE

Già a partire dagli anni novanta la Commissione europea è impegnata nel favorire e regolamentare lo sviluppo dei sistemi a pilotaggio remoto. Negli ultimi anni ha inoltre contribuito a finanziare un numero considerevole di progetti industriali e scientifici, studi di fattibilità e ricerche di vario genere. Sono infatti numerose le iniziative volte alla sperimentazione in ambito civile degli APR, anche allo scopo di instaurare un efficace sinergia con gli stakeholder militari. È in questo contesto che si inseriscono le varie agenzie europee che hanno espresso interesse nonché l'esigenza di acquisire dei sistemi APR a supporto delle loro operazioni, soprattutto nell'ambito della sorveglianza delle frontiere esterne e a supporto di operazioni di gestione delle crisi a seguito di disastri naturali e/o antropici.

1.3.1 Gli APR per la sorveglianza delle frontiere

Il controllo delle frontiere esterne, e in particolare il monitoraggio dei flussi migratori, è stato e continua ad essere uno dei temi caldi dell'agenda europea. Nonostante le divergenze a livello politico tra gli Stati membri circa le modalità di gestione di un fenomeno così complesso, l'Unione mostra un crescente interesse per l'impiego di APR a supporto di operazioni di sorveglianza, in particolare nell'ambito delle attività di pattugliamento marittimo e guardia costiera. Le agenzie coinvolte nella trattazione di questa problematica a livello europeo sono Frontex, anche attraverso il Sistema europeo di sorveglianza delle frontiere (Eurosir), l'Agenzia europea per la sicurezza marittima (EMSA) e l'Agenzia europea di controllo della pesca (EFCA).

Recentemente, a fronte dell'aggravarsi dell'emergenza migratoria, è stata evidenziata la necessità di rafforzare la cooperazione tra le suddette agenzie sfruttando più efficacemente eventuali sinergie operative

Reuters, 7 May 2016, <http://reut.rs/1XehoiD>.

in modo tale da offrire alle autorità nazionali capacità complementari e polivalenti. A tal fine la Commissione ha presentato a dicembre 2015 una serie di proposte volte alla creazione di un'Agenzia europea della guardia costiera e di frontiera¹⁴⁸ mentre EMSA sarebbe responsabile di guidare il processo di rafforzamento delle frontiere marittime esterne dell'Unione¹⁴⁹. Per tale motivo si raccomanda che l'Agenzia acquisisca dei sistemi APR in grado di superare gli attuali limiti operativi¹⁵⁰. In sostanza, EMSA fungendo da "prestatore di servizi istituzionali" dovrebbe mettere a disposizione questi strumenti anche per operazioni condotte dalla nuova ed eventuale Agenzia europea della guardia costiera e di frontiera. Le informazioni raccolte tramite l'impiego di APR andrebbero ad aggiungersi a quelle che EMSA già fornisce al sistema Eurosur e la sorveglianza dovrebbe strutturarsi in maniera modulare con la predisposizione di una serie di operazioni simultanee nel Mediterraneo su quattro zone di interesse: Mar Egeo (confine tra Grecia e Turchia), Mediterraneo centrale (Libia), Mediterraneo occidentale (Stretto di Gibilterra) e Mediterraneo orientale (Cipro)¹⁵¹.

Di recente, la stessa EMSA ha pubblicato un bando di gara per l'acquisizione di un sistema APR per attività di information gathering¹⁵² e, secondo il suo programma di lavoro per l'anno 2016, tale acquisizione andrebbe a beneficio dei servizi che l'Agenzia fornisce a Frontex nell'ambito di attività di monitoraggio del traffico e della sorveglianza marittima¹⁵³.

¹⁴⁸ Commissione europea, *Una guardia costiera e di frontiera europea per proteggere le frontiere esterne dell'Europa*, 15 dicembre 2015, http://europa.eu/rapid/press-release_IP-15-6327_it.htm.

¹⁴⁹ Commissione europea, *Proposta di Regolamento che modifica il regolamento (CE) n. 1406/2002 che istituisce un'Agenzia europea per la sicurezza marittima* (COM/2015/667), 15 dicembre 2015, p. 3, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/it/TXT/?uri=celex:52015PC0667>.

¹⁵⁰ Tali limiti sarebbero riconducibili alla difficoltà di individuare con gli attuali metodi di rilevamento satellitari o basati a terra le piccole imbarcazioni atte a trasportare i migranti, solitamente in legno o gomma. Questo tipo di imbarcazioni infatti non genererebbe abbastanza riverbero per essere rilevate dalla tecnologia radar satellitare e con gli attuali strumenti ottici sarebbe possibile coprire solo una piccola porzione di territorio, nella fascia diurna e in assenza di nubi. Inoltre, le immagini satellitari potrebbero non essere disponibili immediatamente. *Ibid.*, p. 6.

¹⁵¹ *Ibid.*, p. 7.

¹⁵² Richard Thomas, "EMSA Tender for Surveillance UAV", in *UV Online*, 25 April 2016, <https://www.shephardmedia.com/news/uv-online/emsa-tender-surveillance-uav>.

¹⁵³ European Maritime Safety Agency, *Work Programme 2016*, 16 February 2016, <http://www.emsa.europa.eu/emsa-documents/latest/item/2651-work-programme-2016.html>.

In particolare, i sistemi APR in acquisizione rientrerebbero nel più ampio contributo dell'Agenzia a supporto dell'Agenda europea per la migrazione¹⁵⁴. Secondo le intenzioni espresse dal suo Direttore esecutivo, EMSA sarebbe alla ricerca di un sistema di medio/grandi dimensioni da utilizzare inizialmente per attività di monitoraggio dell'ambiente, ma destinato altresì ad un impiego in operazioni "multi-purpose" nel lungo periodo¹⁵⁵. Ciò nonostante, il pieno sfruttamento di tali velivoli risente di lacune a livello normativo e regolamentare circa la possibilità di operare in spazi aerei non segregati¹⁵⁶ nonché dell'assenza di una certificazione europea che consenta loro di operare in aree transnazionali. Il programma di lavoro di EMSA precisa a riguardo che questi sistemi verranno impiegati "dove possibile, con un ristretto numero di Stati membri interessati"¹⁵⁷.

Proprio la complessità nel definire una regolamentazione appropriata sarebbe una delle principali motivazioni che hanno condotto Frontex a considerare l'acquisizione di un sistema ibrido¹⁵⁸ nonostante il plurienale interesse mostrato per l'acquisizione di sistemi a pilotaggio remoto. Date le loro caratteristiche, i cosiddetti Optionally Piloted Vehicle (OPV)¹⁵⁹ possono eludere le attuali limitazioni normative che non consentono ai sistemi APR di volare entro gli spazi aerei civili¹⁶⁰. Il fatto che il velivolo

¹⁵⁴ Commissione europea, *Agenda europea sulla migrazione* (COM/2015/240), 13 maggio 2015, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/it/TXT/?uri=celex:52015DC0240>.

¹⁵⁵ Richard Thomas, "EMSA Tender for Surveillance UAV", cit.

¹⁵⁶ In uno spazio aereo non segregato, il velivolo deve essere in grado di individuare altri velivoli e mettere in atto misure correttive. Se ciò non è possibile, le sue operazioni devono essere limitate a uno spazio aereo segregato. Commissione europea, *Una nuova era per il trasporto aereo. Aprire il mercato del trasporto aereo all'uso civile dei sistemi aerei a pilotaggio remoto in modo sicuro e sostenibile* (COM/2014/207), 8 aprile 2014, p. 2, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/it/TXT/?uri=celex:52014DC0207>.

¹⁵⁷ European Maritime Safety Agency, *Work Programme 2016*, cit., p. 19.

¹⁵⁸ Ben Hayes, Chris Jones and Eric Töpfer, *EURODRONES Inc.*, London, Statewatch, February 2014, p. 71, http://statewatch.org/observatories_files/drones/eu/eurodrones.htm.

¹⁵⁹ Sono concepiti per volare con o senza pilota a bordo e si inseriscono nel mondo delle applicazioni civili per condurre principalmente missioni ISR (Intelligence, Surveillance, Reconnaissance). Da un punto di vista tecnico devono essere abbastanza grandi da contenere sia il pilota sia il payload necessario per operare in versione manned, ma allo stesso tempo devono garantire una endurance simile ad un velivolo non pilotato delle stesse dimensioni se operati in modalità a pilotaggio remoto. Zach Rosenberg, "AUVSI - Flying With or Without Pilots", in *Flightglobal News*, 5 August 2011, <https://www.flightglobal.com/news/articles/auvsi-flying-with-or-without-pilots-360354>.

¹⁶⁰ Nikolaj Nielsen, "EU Looks to 'Hybrid Drones' for Legal Shortcut on Migration", in *EUobserver*, 14 October 2013, <https://euobserver.com/priv-immigration/121735>.

abbia la possibilità di essere pilotato consente di attraversare spazi aerei nazionali dove l'integrazione dei sistemi APR è rigidamente vincolata alle sole aree segregate, per poi operare in modalità remotata una volta raggiunta la zona stabilita¹⁶¹. Frontex ha pertanto optato per un OPV per supportare le operazioni di sorveglianza marittima nella zona centrale del Mediterraneo nell'ambito dell'operazione Triton¹⁶². L'agenzia europea avrebbe firmato un contratto di servizio per introdurre il velivolo P2006T MRI nelle operazioni di sorveglianza marittima al fine di individuare eventuali imbarcazioni illegali impegnate nel traffico di esseri umani nonché fornire supporto ad operazioni SAR nel caso di sinistri marittimi¹⁶³. Il velivolo, la cui persistenza è compresa tra le quattro e le sei ore¹⁶⁴, è equipaggiato con sensori FLIR, Surface Search Radar (SSR) e un sistema di identificazione automatica delle unità navali (Automatic Identification System, AIS). Tutte le immagini e i dati raccolti vengono inviati in tempo reale alla stazione di controllo del velivolo e contemporaneamente anche al quartier generale presso l'aeroporto di Brindisi, da dove è gestita l'operazione. Le informazioni sono condivise contemporaneamente anche con gli uffici di Frontex a Varsavia e con il Centro di Coordinamento e Controllo della Guardia di Finanza a Pomezia¹⁶⁵.

1.3.2 *Gli APR a supporto di operazioni in caso disastri naturali e/o antropici*

Anche in questo ambito, la Commissione europea è impegnata a cofinanziare un numero rilevante di progetti di ricerca e sviluppo di sistemi a pilotaggio remoto da impiegare in operazioni di gestione delle crisi¹⁶⁶. Tra

¹⁶¹ Marc Selinger, "Filling a Niche with a Switch", in *Unmanned Systems*, January 2014, p. 15, http://proxytechnologies.com/content/upload/files/01_14UnmannedSystems_web.pdf.

¹⁶² "Il Tecnam P2006T MRI di Indra si unisce all'operazione Triton", in *Fly Orbit News*, 22 marzo 2016, <http://wp.me/p7AKj8-2Kw>.

¹⁶³ Gareth Jennings, "Indra P2006T MRI Aircraft to Patrol Mediterranean for Frontex", in *Jane's Defence Weekly*, 23 March 2016, <http://www.janes.com/article/58997>.

¹⁶⁴ "Frontex Incorporates Indra's MRI P2006T Plane Into the Triton Migration Management Operation In the Mediterranean", in *Defence-Aerospace*, 22 March 2016, <http://www.defence-aerospace.com/articles-view/release/3/172376/indra's-mri-p2006t-plane-joins-frontex-operation-in-med.html>.

¹⁶⁵ Gareth Jennings, "Indra P2006T MRI Aircraft to Patrol Mediterranean for Frontex", cit.

¹⁶⁶ Tra le altre iniziative esistenti a livello europeo, degno di nota è anche il programma guidato dal Joint Research Centre (JRC) per l'utilizzo di APR e immagini satellitari per una rapida valutazione dei danni nella fase post-emergenza e per supportare la fase di ripristino. AIRBEAM punta invece allo sviluppo di un toolbox in grado di migliorare la situational

questi, ad esempio, URready40S mira a rendere disponibile al Meccanismo europeo di protezione civile (UCPM) – che cofinanzia il progetto – una flotta di Autonomous Underwater Vehicle (AUV), Unmanned Surface Vehicle (USV) e APR aventi la capacità di intervenire nel caso di sversamenti di petrolio nei mari europei, attraverso l'impiego di tecnologie robotiche che prevedono la cooperazione tra diversi tipi di sistemi (“cooperative multivehicle robotic technologies”)¹⁶⁷.

L'idea di integrare diversi APR all'interno dell'UCPM è stata ribadita anche a marzo 2015 in occasione di una riunione del Civil Protection Committee¹⁶⁸. A livello operativo, l'integrazione di sistemi APR nell'ambito del disaster management condotte dall'UCPM avrebbe già dato prova di un importante valore aggiunto. I sistemi sviluppati nell'ambito di due progetti, denominati ICARUS e TIRAMISU, hanno fornito supporto alle squadre SAR nel corso delle inondazioni che hanno colpito i Balcani nella primavera 2014 attraverso sofisticati algoritmi in grado di processare dati tridimensionali¹⁶⁹.

Ciò nonostante, prima che l'integrazione degli APR all'interno dello European Emergency Response Capacity¹⁷⁰ si possa concretizzare per garantirne così un utilizzo più efficace e strutturato nell'ambito delle missioni dell'UCPM, dovrà essere raggiunto il consenso sugli standard tecnici e operativi¹⁷¹. Per tale motivo la Direzione generale per gli aiuti umani-

awareness in una vasta area colpita da disastro naturale sfruttando un insieme di APR, aerostati e satelliti. Il progetto DARIUS ha invece l'obiettivo di sviluppare una stazione di controllo generica in grado di coordinare diverse piattaforme di sistemi *unmanned* mentre SHERPA e BERISUAS analizzano, rispettivamente, l'impiego di sistemi APR per operazioni SAR in ambiente alpino e incidenti in mare. European Commission, *Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) Workshop for Civil Protection Experts. Final Report*, March 2016, p. 4, <http://www.eurocontrol.int/publications/rpas-workshop-civil-protection-experts-final-report>.

¹⁶⁷ European Commission, *European Civil Protection Forum 2015. Final Report*, July 2015, p. 35, http://ec.europa.eu/echo/sites/echo-site/files/cp_forum_2015_final_report.pdf.

¹⁶⁸ European Commission, *Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) Workshop*, cit., p. 2.

¹⁶⁹ European Commission, *European Civil Protection Forum 2015*, cit., p. 35. Il primo progetto prevede lo sviluppo di un set di sistemi integrati comprendente sistemi aerei, terrestri e marittimi a pilotaggio remoto equipaggiati con sensori per l'individuazione di vittime in operazioni SAR. Il secondo mira a fornire un toolbox per gestire vari aspetti legati alle missioni di sminamento umanitario.

¹⁷⁰ La European Emergency Response Capacity viene definita come una “voluntary pool” e mette a sistema squadre di soccorso, esperti e il relativo equipaggiamento che gli Stati Membri mettono a disposizione per le operazioni gestite dall'UCPM.

¹⁷¹ European Commission, *Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) Workshop*, cit., p. 2.

tari e la protezione civile (DG ECHO) ha organizzato nel gennaio 2016 un seminario che ha raccolto i maggiori esperti provenienti dai Paesi facenti parte dell'UCPM al fine di discutere le principali sfide all'uso degli APR. Nel corso dell'incontro sono state analizzate le principali limitazioni all'impiego di sistemi pilotati in remoto nell'ambito di operazioni di gestione dell'emergenza. Nello specifico, le sessioni del seminario riflettevano le principali problematiche esistenti sul piano normativo, tecnico-operativo e strategico¹⁷².

In merito al primo aspetto, l'assenza di un chiaro quadro normativo europeo è stata indicata come uno dei principali fattori limitanti l'impiego nell'ambito dell'UCPM. Per mitigarne gli effetti, EUROCONTROL (European Organisation for the Safety of Air Navigation) ha proposto l'introduzione di una sorta di "passaporto per APR". L'iniziativa mira al mutuo riconoscimento tra i vari Stati dei requisiti normativi, tecnici e operativi esistenti a livello nazionale, in modo da consentire l'impiego dei sistemi a pilotaggio remoto in Paesi differenti da quello di origine.

Secondo il rapporto finale del workshop, le problematiche relative alla mancanza di una normativa comune generano ricadute altresì nell'ambito tecnico-operativo, in quanto potrebbero potenzialmente ritardare e complicare lo svolgimento di eventuali missioni condotte nell'ambito dell'UCPM. Inoltre, sono state evidenziate delle potenziali criticità relative alla gestione del rischio nel caso di un futuro impiego di sistemi remotati che richiederebbe un necessario coordinamento con i velivoli tradizionali. Infine, sempre in ambito operativo, è stata ricordata l'importanza di gestire l'eventuale indisponibilità di connessione con la piattaforma, causata dalla perdita di segnale GPS e data link, in modo da garantire la continuazione delle operazioni.

Per quanto riguarda invece gli aspetti strategici, la DG ECHO raccomanda di verificare le possibilità di collaborazione con altre agenzie europee tra cui EMSA che, come segnalato in precedenza, dovrebbe dotarsi entro la fine del 2016 di APR multiruolo da impiegare eventualmente anche in ambito UCPM.

Inoltre, a livello nazionale dei singoli Stati membri la sessione ha evidenziato la possibilità di "mutualizzare" gli APR militari per impieghi civili. A tal proposito è stato raccomandato di rafforzare il dialogo con gli attori militari sia a livello di Stati membri sia a livello europeo per identificare le necessità operative per eventuali scenari di impiego. A riguardo

¹⁷² Ibid., p. 2-6.

è interessante notare come in un documento redatto dall'EU Military Staff (EUMS) gli scenari operativi¹⁷³ individuati per l'utilizzo di sistemi APR a supporto di velivoli tradizionali prendano in considerazione anche operazioni civili e di sicurezza quali: gestione delle crisi, sorveglianza delle frontiere, SAR, soccorso in caso di catastrofe e lotta agli incendi¹⁷⁴.

¹⁷³ Il quadro concettuale per il contributo dei sistemi APR ad operazioni militari a guida europea è stato definito dall'EU Military Committee (EUMC) nel marzo 2014. A questo documento è seguita l'elaborazione di cinque scenari operativi per supportare l'European Defence Agency (EDA) nell'elaborazione dei requisiti per il progetto MALE 2020-2025. Benoit Malevergne and Franjo Hrala, "Developing European Remotely Piloted Aircraft Systems - RPAS", in *Impetus*, No. 20 (Autumn/Winter 2015), p. 17, http://www.eeas.europa.eu/csdp/structures-instruments-agencies/eu-military-staff/documents/impetus_n20.pdf.

¹⁷⁴ Council of the European Union, *Concept for the Contribution of Remotely Piloted Aircraft Systems to EU-led Military Operations*, 31 March 2014, p. 15, <http://www.statewatch.org/news/2014/oct/eu-eeas-rpas-8387-14.pdf>.

2.

Aspetti e vulnerabilità dei velivoli a pilotaggio remoto nel dominio cyber

2.1 CYBERSECURITY E APR: VULNERABILITÀ E TIPOLOGIE DI ATTACCO

Dall'analisi degli ipotetici scenari d'impiego svolta nella precedente sezione emerge un dato pressoché incontrovertibile: tali velivoli interagiscono con l'ambiente circostante tramite l'elettronica e lo spettro elettromagnetico, raccogliendo, processando e scambiando una grande quantità di dati e informazioni che viaggiano nel cyberspazio e tra le infrastrutture fisiche e di rete a loro dedicate. Ne consegue che i velivoli a pilotaggio remoto e il dominio cibernetico sono due facce della stessa medaglia, un connubio indissolubile. Tuttavia, alla possibilità di fare affidamento sul cyberspazio – che offre incredibili opportunità, ancora per certi versi inesplorate – corrispondono altrettante potenziali vulnerabilità che, se non adeguatamente affrontate e mitigate, potrebbero compromettere l'efficacia del sistema, dell'operazione e, nel peggiore dei casi, mettere a repentaglio l'individuo stesso.

Nel corso dell'ultimo decennio, i casi di attacchi cyber hanno riguardato sia APR militari che civili. Sembrerebbe, ad esempio, che nel 2009 alcuni militanti iracheni siano riusciti a intercettare i feed video dei Predator americani utilizzando semplicemente un software chiamato SkyGrabber acquistabile sul mercato per meno di 26 dollari¹. A quel tempo, secondo alcune fonti ufficiali, gran parte della flotta a pilotaggio remoto americana non era adeguatamente "criptata" ed era quindi esposta a possibili accessi da fonti esterne. Nel dicembre 2011, le forze armate iraniane entrarono in possesso di un velivolo senza pilota RQ-170 Sentinel operato dalla CIA nel quadro di una missione di intelligence per sorvegliare e mappare la presenza di siti nucleari sospetti. Le circostanze in base alle quali il velivolo venne ritrovato in territorio iraniano vicino alla

¹ Siobhan Gorman, Yochi J. Dreazen and August Cole, "Insurgents Hack U.S. Drones", in *The Wall Street Journal*, 17 December 2009, <http://on.wsj.com/1zd4qWh>.

città di Kashmar – a circa 140 miglia dal confine afgano – rimasero per lungo tempo controverse e furono causa di accese discussioni diplomatiche tra i due Paesi². Cosa abbia provocato la perdita del velivolo non è ancora chiaro – o almeno non se ne ha la certezza – ma nel corso dei mesi successivi emersero due ipotesi che misero ulteriormente in luce la vulnerabilità in campo cibernetico di tali sistemi³. La prima riconduceva la perdita del Sentinel ad un malfunzionamento tecnico. Verosimile o meno che sia questa interpretazione, ciò che è accaduto ha fatto riflettere sulla necessità di intervenire sul comportamento dei sistemi, ovvero sulla capacità del velivolo di scegliere in modo autonomo la migliore strategia da adottare per garantire la sicurezza delle informazioni raccolte in caso di situazioni gravi e/o danni rilevanti. La seconda ipotesi sosteneva invece che fosse stato attaccato il sistema GPS del velivolo attraverso un cosiddetto “spoofing”. In altre parole, dopo aver disturbato o accecato (jamming) la comunicazione satellitare dell’aeromobile, il segnale GPS venne presumibilmente “coperto” da un segnale GPS “spoofed” più forte così da inviare false informazioni sulla posizione del velivolo e farlo atterrare in territorio iraniano⁴.

Per individuare le vulnerabilità nel segmento cyber, includendo anche quelle di tipo elettronico, è necessario considerare tutte le componenti di un sistema APR, il quale è composto nelle sue configurazioni più complesse dai seguenti elementi: il velivolo, la Ground Control Station (GCS), i link di comunicazione e la Exploitation Data Station (EDS).

Il velivolo è composto da un sistema C2 (comando e controllo), un sistema di comunicazioni e scambio dati, un sistema di navigazione e gestione della traiettoria nello spazio, un sistema di gestione dei sensori e dei dati raccolti, e un sistema di gestione delle avarie ed emergenze⁵. Esso può essere equipaggiato con telecamere e sensori elettro-ottici, infrarossi, radar o di altra natura che consentono di effettuare un’ampia varietà di operazioni a seconda delle caratteristiche del payload e delle necessità.

² Scott Shane and David E. Sanger, “Drone Crash in Iran Reveals Secret U.S. Surveillance Effort”, in *The New York Times*, 7 December 2011, <http://nyti.ms/293nUo2>.

³ Kim Hartmann and Christoph Steup, “The Vulnerability of UAVs to Cyber Attacks - An Approach to the Risk Assessment”, in Karlis Podins, Jan Stinissen and Markus Maybaum (eds.), *5th International Conference on Cyber Conflict (CYCON 2013)*, Tallinn, NATO CCD COE Publications, 2013, p. 95-119, <https://ccdcoe.org/cycon/2013/proceedings/cyconBO-OK2013.pdf>.

⁴ Ibid., p. 101.

⁵ Intervista, 18 maggio 2016.

La stazione di controllo a terra (GCS) rappresenta l'infrastruttura C2 a terra delle comunicazioni tra la cabina di pilotaggio e il velivolo che, attraverso un collegamento satellitare o in linea diretta, può controllare il velivolo durante le operazioni anche a centinaia di chilometri di distanza. Oltre al sistema C2 e all'equipaggio, la GCS include: il sistema di gestione della missione; il sistema di comunicazione e scambio dati (tra GCS e APR); il sistema di gestione dei dati e dei sottosistemi APR; il sistema di distribuzione dati e gestione utenti; l'infrastruttura e architettura di rete tra GCS e altri sistemi; i sistemi di supporto alla GCS⁶. La stazione permette tra l'altro di pianificare e riprogrammare la missione mentre l'operatore è in grado di gestire i sensori di bordo, programmarne l'attivazione nella fase di pianificazione e trattare i dati raccolti in tempo reale o in modalità off-line per un'eventuale elaborazione e successiva condivisione attraverso la rete⁷. Le comunicazioni radio via satellite e/o in linea diretta per la trasmissione dei comandi di volo e dei dati derivanti dai sensori avvengono attraverso la stazione radio a terra – detta anche Ground Data Terminal (GDT) – la quale può essere adiacente al cockpit oppure distribuita sul territorio per estendere la portata del raggio d'azione dell'APR.

I comandi relativi alle manovre di volo, alla trasmissione dati da e verso l'APR – tra cui i dati di geolocalizzazione volti alla navigazione – avvengono tramite i link di comunicazione. Essi non sono altro che dei segmenti all'interno dello spazio cibernetico che associano flussi di informazioni a processi decisionali⁸. Infine, attraverso l'EDS le immagini ricevute dal velivolo vengono analizzate in tempo reale per poi essere trasmesse alle unità operative attraverso un nodo di telecomunicazioni.

Qui di seguito vengono riportate a scopo illustrativo due rappresentazioni semplificate di un generico sistema APR nonché il flusso di informazioni tra il velivolo e la GCS.

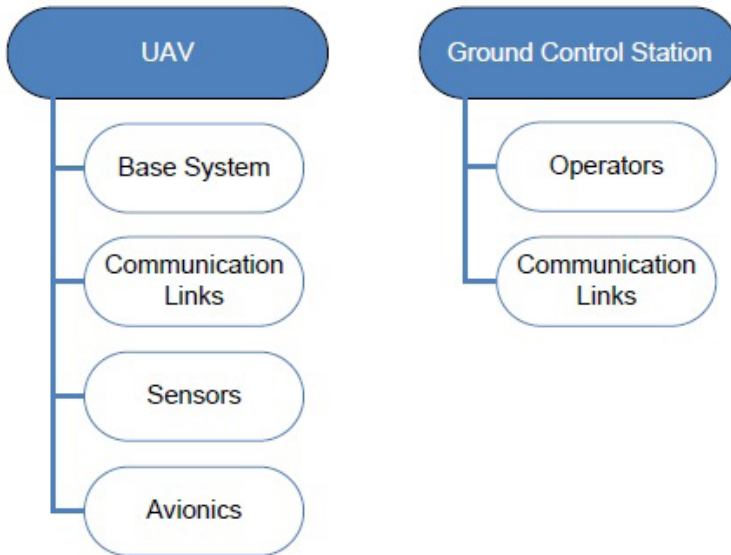
Per ogni componente indicato, e spesso per ogni sottocomponente, occorre effettuare un "risk assessment" mettendo a sistema vulnerabilità, rischi e contromisure analizzando altresì le interrelazioni con le singole tecnologie, la dottrina, le procedure associate, e la preparazione del personale preposto al loro utilizzo e mantenimento. Tali caratteristiche andrebbero innanzitutto correlate agli scenari di impiego, tenendo conto delle interazioni delle componenti del sistema con l'ambiente esterno.

⁶ Intervista, 18 maggio 2016.

⁷ Intervista, 3 maggio 2016.

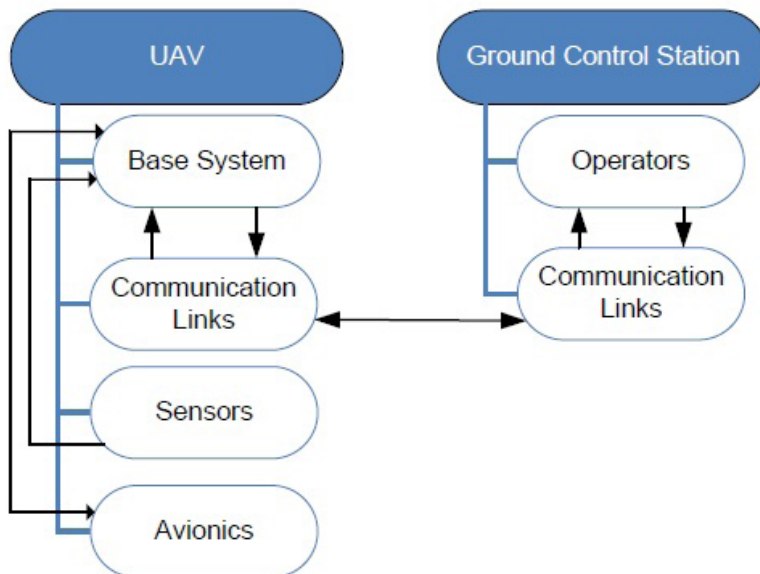
⁸ CESMA, "Sviluppo di aeromobili a pilotaggio remoto", cit., p. 75.

Figura 1 – Schema rappresentativo di un generico sistema APR



Fonte: Kim Hartmann and Christoph Steup, "The Vulnerability of UAVs to Cyber Attacks", cit., p. 98.

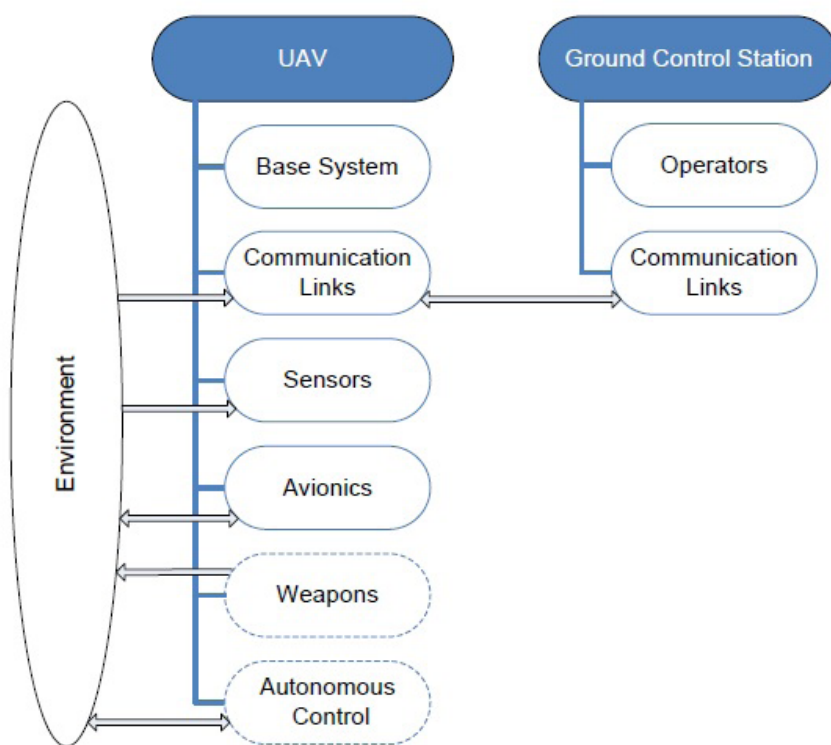
Figura 2 – Flusso di informazioni tra APR e GCS



Fonte: Kim Hartmann and Christoph Steup, "The Vulnerability of UAVs to Cyber Attacks", cit., p. 99.

Infatti, il velivolo interagisce con l'ambiente e gli oggetti circostanti – siano essi in aria o a terra – tramite l'elettronica e lo spettro elettromagnetico, raccogliendo, processando e scambiando una grande quantità di dati e informazioni. Ogni interazione e scambio di dati della piattaforma con l'ambiente esterno potrebbe costituire pertanto una potenziale porta di ingresso per un attacco malevolo nel dominio cyber ed elettromagnetico. La figura 3 schematizza l'interazione tra la piattaforma a pilotaggio remoto e l'ambiente esterno.

Figura 3 – Interazione tra velivolo ed ambiente esterno



Fonte: Kim Hartmann and Christoph Steup, "The Vulnerability of UAVs to Cyber Attacks", cit., p. 100.

Le potenziali vulnerabilità rappresentano una minaccia solo nel momento in cui non vengano prestabilite o attuate le adeguate contromisure⁹, a fronte di un'attenta analisi dei rischi. Le vulnerabilità sono diversificate a causa dell'eterogeneità e diversità dei sistemi (da quelli semplici di pochi

⁹ Intervista, 3 marzo 2016.

grammi a quelli complessi e con pesi superiori alle migliaia di kg) e, come già ricordato, sono da correlare alle condizioni nonché alle modalità di impiego previste¹⁰. A questo proposito, qui è importante accennare che a seconda dell'ambiente operativo entro cui l'APR si trova ad operare, l'ago della bilancia tende ad oscillare tra due accezioni del più ampio concetto di sicurezza: se in ambienti militari la sicurezza è prima di tutto volta a proteggere il velivolo, i suoi sensori e i suoi dati per questioni di sicurezza nazionale, la prospettiva di impiego degli APR in ambienti non segregati comporterà una particolare attenzione agli aspetti inerenti in primo luogo la safety, come ad esempio disporre di un'adeguata capacità di "Sense/ Detect and Avoid"¹¹. In questo contesto, ne consegue che il tema della cybersecurity, sia per il segmento di bordo che per quello di terra, rappresenta un nodo centrale per garantire la sicurezza di persone e cose.

Sebbene le vulnerabilità siano trasversali all'ambito militare e civile, esse presentano alcune specificità attribuibili sia alla distinzione e distanza fisica esistente tra le diverse componenti del sistema APR, sia alla difficoltà a mantenere un corretto livello di supervisione da parte dell'equipaggio non locato all'interno del velivolo. Solitamente si distingue tra le vulnerabilità accidentali, ovvero causate da un malfunzionamento, il fallimento di un sistema (o di un suo componente) e/o l'errore umano, e le vulnerabilità derivanti da un'azione intenzionale indirizzata a colpire il corretto funzionamento del sistema e/o della rete¹². Tra quelle intenzionali rientrano: 1) gli attacchi realizzati sul piano fisico e/o diretti ad obiettivi esterni alla rete ma che possono comprometterne il funzionamento; 2) gli attacchi che sfruttano le radiazioni; 3) gli attacchi contro una rete, i suoi nodi o gli utenti sulla rete che hanno l'obiettivo di "distruggere, disturbare, corrompere o usurare informazioni residenti o transianti nella rete"¹³.

¹⁰ Intervista, 18 maggio 2016.

¹¹ L'Annesso 2 alla Convenzione di Chicago definisce il "Detect and Avoid" (DAA) come "the capability to see, sense or detect conflicting traffic or other hazards and take the appropriate action". Questa capacità mira a garantire la "safe execution" di un volo di un APR e consentire altresì la piena integrazione in tutte le classi di spazio aereo e con tutti gli utenti del suddetto spazio. Per una presentazione chiara e concisa sul tema si veda: Gerhard Lippitsch, *Detect and Avoid*, 2015 RPAS Symposium Presentation, March 2015, <http://www.icao.int/Meetings/RPAS/Pages/RPAS-Symposium-Presentation.aspx>.

¹² Ibid.

¹³ CESMA, "Sviluppo di aeromobili a pilotaggio remoto", cit., p. 78.

Nell'ambito delle vulnerabilità di tipo cyber, un velivolo a pilotaggio remoto può essere attaccato per perseguire numerosi scopi, tra cui¹⁴:

- impedire la missione;
- causare la perdita del controllo del velivolo dal cockpit a terra;
- assumere il controllo del velivolo;
- modificare le informazioni del sistema di autopilota alterandone le funzionalità;
- innescare eventi prestabiliti dai sistemi di bordo;
- impedire le comunicazioni di dati e C2;
- carpire/corrompere informazioni rilevate e/o memorizzate dai sensori di bordo;
- ostacolare la ricezione della corretta localizzazione geografica (GPS);
- fornire dati di posizionamento geografico falsi e/o errati;
- danneggiare alcune componenti del velivolo e/o del sistema;
- installare componenti extra;
- infettare la rete di comunicazione e le workstation con virus, malware, spyware, ecc.

Il relativo attacco informatico può essere realizzato con diverse modalità, coniugando sempre di più l'attività di disturbo tradizionale con quelle più sofisticate di attacchi cyber condotti sui sistemi di comunicazione, C2 e navigazione, condotti su reti wired e wireless e utilizzando altresì lo spettro elettromagnetico a radiofrequenza. Si registra pertanto un crescente utilizzo combinato ("blended") di differenti tipologie di attacco, tra cui è possibile menzionare:

- jamming: conoscendo frequenza e modulazione è possibile disturbare/offuscare il segnale;
- man in the middle: conoscendo i protocolli di comunicazione è possibile prendere il controllo del velivolo o carpire informazioni;
- spoofing: inviare false informazioni per ottenere un accesso illecito ai sistemi, indicare una falsa localizzazione GPS e simili;
- attacco cyber tipico: il classico attacco portato all'infrastruttura di rete a terra, dall'esterno o dall'interno, con virus, malware, spyware, ecc.;
- Denial of Service (DoS): il danneggiamento dei collegamenti cablati per inibire le trasmissioni (ad esempio, la connessione tra GCS e GDT oppure tra due e più GDT distribuite sul territorio);

¹⁴ Intervista, 3 marzo 2016.

- supply chain: è possibile sabotare o aggiungere dispositivi, sensori, hardware e software, in fase di assemblaggio e integrazione o durante le operazioni di manutenzione.

A fronte di tali minacce, molti ormai riconoscono che il termine nonché l'approccio più idoneo da adottare sia quello della "resilienza" (resilience), in quanto è virtualmente impossibile sviluppare un sistema completamente immune agli attacchi. Si sta infatti passando dal concetto di cyber-defence a quello appunto di cyber-resilience per cui il sistema dovrebbe essere in grado di operare in sicurezza anche qualora sia stato vittima di un attacco e/o ne sia stato compromesso il funzionamento, garantendo pertanto la gestione della continuità operativa o "business continuity"¹⁵. Secondo un recente studio, a tal fine sarebbe necessario

coinvolgere tecnologie intrinsecamente polimorfiche, che cioè riducono il tempo in cui un sistema può rimanere statico, in modo da complicare l'attacco di un intruso e obbligarlo a lasciarsi alle spalle una maggiore quantità di prove scientifiche forensi. Per gli APR questo significherebbe concentrarsi su datalink con ampia diversità di forme d'onda, che consentano una maggiore mutevolezza spettrale, in modo da aumentare la resistenza a spoofing e jamming, e fornire anche la flessibilità necessaria quando le bande dello spettro potrebbero essere perse per usi commerciali¹⁶.

In linea generale, già sussistono o sono in via di sviluppo delle soluzioni – da attuare in fase di design o come retrofit – in grado di elevare il grado di resilienza agli attacchi.

L'aspetto della supply chain richiede invece una riflessione a parte perché tra le varie vulnerabilità poc'anzi presentate, la sua risoluzione è un esercizio alquanto complesso che non riguarda solo il velivolo in sé ma, potenzialmente, molti più attori¹⁷. Inoltre tale aspetto non riguarderebbe solo gli aeromobili a pilotaggio remoto ma altresì quelli manned, sempre più sofisticati, tecnologicamente avanzati e la cui catena dei fornitori contempla una varietà quasi infinita di prodotti, componenti, sottosistemi, ecc. Così come le altre vulnerabilità, le criticità relative alla supply chain possono rivelarsi alla luce di un atto involontario oppure di un attacco sferrato intenzionalmente, la cui potenziale efficacia dipende dalla complessità del

¹⁵ Intervista, 6 maggio 2016.

¹⁶ CESMA, "Sviluppo di aeromobili a pilotaggio remoto", cit., p. 77.

¹⁷ Intervista, 6 maggio 2016.

sistema, ed è spesso direttamente proporzionale alla classe di appartenenza. Più un velivolo risulta complesso in termini di componenti, avionica, sensori, datalink, segmento di terra, ecc., più è probabile che la platea dei fornitori esterni aumenti per soddisfare ogni particolare esigenza. Ogni componente è un potenziale “ingresso”, quindi una potenziale vulnerabilità. Tale aspetto si tramuta in una eventuale minaccia nel momento dell'integrazione di tali componenti – ovvero nella loro messa a sistema – nonché durante le attività di manutenzione/aggiornamento¹⁸. Uno studio del Joint Air Power Competence Centre (JAPCC) la riassume con le seguenti parole:

La supply chain nel settore della microelettronica è estremamente diffusa, complessa e frammentata a livello globale, rendendo difficile verificare l'affidabilità e l'autenticità delle componenti elettroniche utilizzate negli APR. Se l'identificazione dei fornitori e dei subfornitori coinvolti nella progettazione e nello sviluppo di un singolo chip è alquanto complessa, la tracciatura di tutti i soggetti interessati nella produzione di un sistema integrato lo è certamente ancora di più. Di conseguenza, la dispersione/frammentazione della supply chain potrebbe offrire maggiori opportunità all'avversario di manipolare le componenti sviluppate o di penetrare la catena di distribuzione con prodotti contraffatti. La manipolazione del prodotto nelle fasi di assemblaggio e “delivery” potrebbe offrire la possibilità di accedere segretamente e monitorare sistemi sensibili, compromettere l'efficacia delle missioni del sistema APR o inserire informazioni e istruzioni tali da provocarne l'avaria, la perdita del controllo remoto o, perfino, la distruzione. Le vulnerabilità hardware possono inoltre essere sfruttate per aggirare del tutto le contromisure di sicurezza a livello software¹⁹.

Inoltre, vale la pena porre l'accento sulla crescente osmosi tecnologica tra il settore civile e quello militare, soprattutto a livello di componentistica e sottosistemi sia software che hardware, che potrebbe rendere gli APR più vulnerabili ad attacchi diretti alla supply chain²⁰. Sebbene di norma l'ambito militare/governativo richieda e applichi standard di sicurezza e

¹⁸ Intervista, 6 maggio 2016.

¹⁹ Joint Air Power Competence Centre (JAPCC), *Remotely Piloted Aircraft Systems in Contested Environments. A Vulnerability Analysis*, September 2014, p. 67, <https://www.japcc.org/?p=132>.

²⁰ George Loukas, *Cyber-Physical Attacks. A Growing Invisible Threat*, Oxford and Waltham, Butterworth-Heinemann, 2015.

affidabilità più stringenti per l'impiego dei velivoli a pilotaggio remoto, ciò non esclude a priori che APR concepiti, sviluppati e prodotti per applicazioni esclusivamente militari siano esenti da tale minaccia, in particolare per quanto riguarda la componente software²¹. Lo studio del JAPCC infatti conclude la sua analisi affermando che: "Data la prevalenza all'interno dei sistemi informatici militari di componenti commerciali acquistabili sul mercato (Commercial Off-the-Shelf, COTS), la loro vulnerabilità a questa tipologia di cyber-warfare è valutata come alta"²². Una soluzione a tale problema non è certamente facile né di immediata realizzazione. Tuttavia, si potrebbe pensare allo sviluppo di un sistema di diagnostica modulabile in base al velivolo e alle sue applicazioni oppure ad un sistema di analisi dei comportamenti dei sistemi di bordo in grado di identificare le anomalie e attivare automaticamente delle misure di correzione e/o ripristino²³. In ambito avionico la tematica della solidità del software è particolarmente sentita. Esistono a riguardo degli standard che ricadono sotto il nome di ARINC 653, e delle linee guida espresse dalla documentazione DO-178B²⁴ (Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification) sviluppate congiuntamente dalla Radio Technical Commission for Aeronautics (RTCA) e dall'European Organisation for Civil Aviation Equipment (EUROCAE). Lo sviluppo di software secondo questi standard avrebbe un grande beneficio in termini di "security" e "safety"²⁵.

Se ipotizzassimo delle azioni per mitigare le eventuali minacce intenzionali, il primo passo sarebbe quello di trasmettere al personale coinvolto nell'impiego degli APR le necessarie nozioni di base, e in seguito la successiva specializzazione, in relazione ai molteplici aspetti delle minacce cyber specifiche per questa tipologia di sistemi. In simultanea, a valle

²¹ Sulla tematica si veda, tra gli altri, Robert J. Ellison et al., "Evaluating and Mitigating Software Supply Chain Security Risks", in *CMU/SEI Technical Notes*, No. 2010-TN-016 (May 2010), <http://resources.sei.cmu.edu/library/asset-view.cfm?assetid=9337>

²² Joint Air Power Competence Centre (JAPCC), *Remotely Piloted Aircraft Systems in Contested Environments*, cit., p. 67. Si veda anche James R. Dominy et al., *Exploratory Analysis of Supply Chains in the Defense Industrial Base*, Alexandria, Institute for Defense Analyses (IDA), April 2012, <http://oai.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=ADA560124>.

²³ Intervista, 6 maggio 2016.

²⁴ Il documento riguarda la sicurezza del software (Design Assurance Level, DAL) utilizzato in alcuni sistemi di bordo, il quale viene valutato sulla base di un processo che prende in esame gli effetti sul velivolo, sull'equipaggio e sui passeggeri in una condizione di "failure" del sistema, che può andare da A "catastrophic" a E "no effect".

²⁵ Intervista, 16 giugno 2016.

della già citata analisi del rischio si potrebbe procedere all'individuazione delle misure di "hardening" di carattere tecnico – ovvero predisporre dei processi di configurazione specifici per il sistema e le sue componenti per ridurre le potenziali vulnerabilità – nonché di tipo procedurale e culturale in modo tale da agevolare l'adozione di un approccio olistico sin dalla fase di progettazione e realizzazione²⁶.

Per quanto riguarda invece i malfunzionamenti tipici relativi ai sistemi APR, oltre alle analisi sulla resilienza dei sistemi e sulle ridondanze necessarie in ragione delle architetture critiche individuabili già a livello progettuale, bisognerebbe individuare dei "sistemi di indicatori" e dei criteri utili a definire il corretto e desiderato bilanciamento tra automazione e controllo remoto. Oltre a ciò il livello di rischio accettabile deve considerare anche il concetto di controllo automatizzato e la supervisione umana e/o supportata da sistemi automatizzati ritenuta necessaria²⁷.

Per quanto riguarda i malfunzionamenti, il processo tecnologico è già in condizione di proporre soluzioni che riducono il rischio a livelli paritetici se non addirittura inferiori a quelli utilizzati per gli altri sistemi di aeromobili. È quindi necessario coordinare e stabilire le regole e le prescrizioni da imporre per consentire ai vari sistemi APR di operare nei differenti spazi aerei e nei differenti scenari. Tale processo è già in atto con alterna efficacia a livello europeo sia in ambito civile sia in quello militare. In Italia il quadro normativo è abbastanza chiaro, ma probabilmente sarebbe necessaria una maggiore verifica in termini qualitativi sui prodotti in vendita e sulle qualifiche delle persone che possono acquistarli e soprattutto impiegarli (specie per le classi di sistemi medio-piccoli)²⁸.

Detto ciò, a prescindere dalle possibili soluzioni che si intendono adottare o che si ritenga ipotizzabile selezionare, è necessario tenere a mente alcuni elementi di carattere prettamente tecnico, come ad esempio:

- il volume: ovvero lo spazio all'interno dell'APR è estremamente ridotto e direttamente proporzionale alla classe di appartenenza;

²⁶ Intervista, 18 maggio 2016.

²⁷ In Italia, ad esempio, non sono ammessi al momento sistemi che non prevedano un equipaggio – ovvero un pilota o un operatore appositamente qualificato – per la condotta dell'aeromobile e per la gestione di tutte le possibili avarie e malfunzionamenti. Ovviamente l'equipaggio può essere supportato da sistemi con differenti livelli di automazione ma deve sempre essere in grado di prendere il controllo diretto di tutte le attività superando qualsiasi automatismo.

²⁸ Intervista, 18 maggio 2016. Parte di questo aspetto verrà toccato nell'ultimo capitolo del presente studio.

- il peso: ogni aggiunta di dispositivi determina un incremento di peso a discapito del payload totale e dei consumi, riducendone l'autonomia o richiedendo una quantità maggiore di carburante;
- i consumi: qualsiasi aggiunta di dispositivi hardware o di applicativi software comporta un incremento dei consumi energetici e di carburante;
- i tempi di elaborazione vs. sicurezza: l'adozione di soluzioni atte a rendere più sicuro il sistema non dovrebbe condizionare in maniera significativa le capacità computazionali e di risposta;
- la necessità di osservare determinati standard e normative di riferimento.

Nel complesso, le vulnerabilità maggiori degli APR nel dominio cibernetico si riscontrano principalmente nel settore dei collegamenti da e verso il velivolo, nella relativa infrastruttura di rete e, infine, nel segmento di terra e nei sistemi di bordo. Pertanto, i potenziali attacchi andranno ad interessare una o più aree/componenti del sistema nel suo complesso andando alla ricerca di una o più vulnerabilità²⁹.

Nelle sezioni successive si andrà a porre l'accento su due tematiche in particolare: la prima riguarda la sicurezza dei collegamenti C2 degli APR e la protezione/integrità dei dati ottenuti e trasmessi nell'ambito delle loro attività; la seconda riguarderà alcuni aspetti delle capacità automatiche e autonome dei velivoli a pilotaggio remoto.

2.2 SICUREZZA DELLE COMUNICAZIONI NEI COLLEGAMENTI C2 E PROTEZIONE DELLE INFORMAZIONI DERIVANTI DALLE ATTIVITÀ SVOLTE CON GLI APR

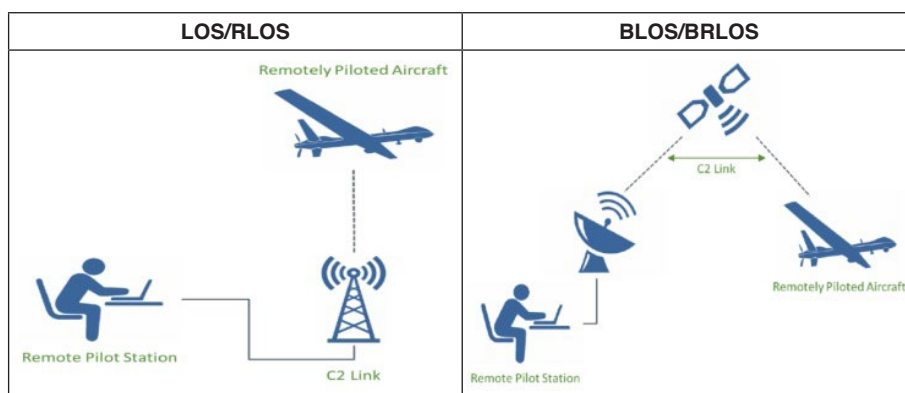
Uno degli aspetti più critici da considerare è la sicurezza delle comunicazioni nei collegamenti C2 tra l'aeromobile e la GCS. Un'eventuale perdita del segnale avrebbe impatti diretti sull'effettiva capacità di gestione dell'aeromobile e di conseguenza sulla sicurezza del velivolo e del volo stesso.

Gli APR e l'infrastruttura a terra interagiscono tramite due sistemi di comunicazione attraverso i quali viaggiano i collegamenti C2. Il primo avviene con antenne monodirezionali o omnidirezionali tramite contat-

²⁹ Kim Hartmann and Christoph Steup, "The Vulnerability of UAV to Cyber Attacks", cit., p. 3.

to radio diretto, ovvero Line of Sight (LOS) o Radio Line of Sight (RLOS). Normalmente, gli APR utilizzano collegamenti radio in LOS/RLOS per operare in un raggio tra 50 e 200 km dal segmento di terra. Nel caso di distanze superiori si utilizzano generalmente collegamenti in Beyond Line of Sight/Beyond Radio Line of Sight (BLOS/BRLOS) mediante l'impiego di strumenti satellitari (SATCOM) oppure relay di comunicazione usufruendo di più ricevitori a terra³⁰. Di seguito sono riportate due raffigurazioni stilizzate dell'architettura C2 in LOS/RLOS e BLOS/BRLOS³¹.

Figura 4 – Architettura C2 in LOS/RLOS e BLOS/BRLOS



Fonte: Michael Neale and Dominique Colin, *ICAO RPAS Manual C2 Link and Communications*, cit.

³⁰ A questo proposito, il regolamento ENAC distingue tra VLOS, EVLOS e BVLOS. Ad oggi, sono di competenza dell'ente gli APR di massa operativa al decollo inferiore a 150 kg e tutti quelli progettati o modificati per scopi di ricerca, sperimentazione o scientifici. Le operazioni in Visual Line of Sight (VLOS) sono "condotte entro una distanza, sia orizzontale che verticale, tale per cui il pilota remoto è in grado di mantenere il contatto visivo continuativo con il mezzo aereo, senza aiuto di strumenti per aumentare la vista, tale da consentirgli un controllo diretto del mezzo per gestire il volo, mantenere le separazioni ed evitare collisioni". Quelle Extended Visual Line of Sight (EVLOS) sono "condotte in aree le cui dimensioni superano i limiti delle condizioni VLOS e per le quali i requisiti del VLOS sono soddisfatti con l'uso di metodi alternativi". Infine, le operazioni Beyond Visual Line of Sight (BVLOS) avvengono "ad una distanza che non consente al pilota remoto di rimanere in contatto visivo diretto e costante con il mezzo aereo, che non consente di gestire il volo, mantenere le separazioni ed evitare collisioni". Per maggior informazioni sul regolamento si veda ENAC, *Regolamento "Mezzi Aerei a Pilotaggio Remoto"*, Edizione 2, Emendamento 1 del 21 dicembre 2015, https://www.enac.gov.it/La_Normativa/Normativa_Enac/Regolamenti/Regolamenti_ad_hoc/info-122671512.html.

³¹ Michael Neale and Dominique Colin, *ICAO RPAS Manual C2 Link and Communications*, 2015 RPAS Symposium Presentation, March 2015, <http://www.icao.int/Meetings/RPAS/Pages/RPAS-Symposium-Presentation.aspx>.

In altre parole, si tende ad utilizzare la tecnica di relay con link LOS/RLOS tra più antenne così da estendere il raggio di azione dell'APR, magari fruendo parzialmente o in toto di una infrastruttura di comunicazione già presente sul territorio, e resa disponibile dal paese ospitante o dall'istituzione committente. Da quest'ultimo aspetto si deduce tuttavia che potrebbero emergere vincoli di natura politica e/o legati alla sicurezza, i quali potrebbero a loro volta limitare la possibilità di avvalersi di più strutture di relay³². Il concetto di base comunque è quello di far “rimbalzare” le comunicazioni tra più antenne a terra – o in alternativa anche mediante un altro APR – per allungare il tragitto rimanendo però in modalità LOS/RLOS³³.

L'utilizzo di una modalità piuttosto che un'altra non deriva esclusivamente dal raggio di trasmissione/ricezione dei dispositivi ma altresì dall'ampiezza di banda, ovvero dalla capacità di trasmettere piccole o grandi quantità di informazioni. Tenzialmente le informazioni derivanti dal C2 sono più “leggere” rispetto a quelle generate dal payload, ragione per cui potrebbero verificarsi casi in cui il link C2 avviene in modalità LOS/RLOS mentre i dati derivanti dalla suite elettronica sono in modalità BLOS/BRLOS.

Operare in BLOS/BRLOS attraverso una strumentazione satellitare comporta tuttavia dei ritardi nella trasmissione/ricezione del segnale. Per la funzione di C2, questo aspetto renderebbe problematico pilotare effettivamente il velivolo se non in casi di effettiva tranquillità operativa; sarebbe piuttosto complesso, ad esempio, effettuare delle operazioni di decollo e/o atterraggio a causa dei ritardi nelle comunicazioni. Tuttavia, ci potrebbero essere casi di emergenza, dovuti ad esempio a specifici problemi al velivolo, per cui non avendo il controllo diretto nella fase di atterraggio potrebbe essere necessaria una capacità autonoma per eseguire tale funzione.

A prescindere dal fatto che sia LOS/RLOS o BLOS/BRLOS, il cosiddetto Control No-Payload Communication (CNPC) link³⁴ supporta quelle funzioni cosiddette “safety critical” perché esso permette lo scambio di informazioni ritenute per l'appunto critiche in termini di safety, mediante due segmenti:

³² Intervista, 5 aprile 2016.

³³ Intervista, 23 giugno 2016.

³⁴ La Radio Technical Commission for Aeronautics (RTCA) e l'International Telecommunication Union (ITU) sono solite identificare il link C2 con la denominazione Control No-Payload Communication (CNPC) link.

- il segmento up-link trasmette i segnali C2 e di guida dalla GCS verso l'APR;
- il segmento down-link invece è utilizzato per la trasmissione dall'APR alla GCS di una serie di informazioni, quali la rotta di volo, i dati di navigazione, lo stato dei sistemi di bordo, i segnali video forniti dalle telecamere di bordo, il flusso di dati derivanti dai sensori di bordo come ad esempio il SAR e altri sistemi di sorveglianza elettromagnetica ELINT/COMINT (Electronic Signals Intelligence/Communications Intelligence).

Per essere più specifici, data la rilevanza dei segnali C2 e di guida, questi di solito acquistano maggiore priorità rispetto ad altri messaggi poiché vanno ad incidere direttamente sulla capacità del pilota di mantenere il controllo operativo del mezzo. Le altre informazioni riguardano:

- le condizioni dei vari sottosistemi, dei sensori e dell'hardware in generale. Il pilota nel cockpit le utilizza per mantenere la piena consapevolezza delle capacità del velivolo di funzionare correttamente e di diagnosticare eventuali problemi;
- le informazioni ambientali in cui l'APR opera, come le condizioni meteorologiche, le informazioni del terreno, o quelle relative all'eventuale presenza di altri velivoli nelle vicinanze (nell'insieme, queste informazioni – che possono giungere da sistemi come l'ADS-B o il TCAS³⁵ – sono volte ad aumentare la capacità "Sense/Detect and Avoid" degli aeromobili a pilotaggio remoto);
- i dati di telemetria che forniscono informazioni riguardanti le caratteristiche del volo, come la traiettoria, i tempi di arrivo, la regolazione dell'altimetro, l'altitudine, la direzione, la velocità, ecc. Questi sono funzionali al mantenimento di una piena consapevolezza sul volo dell'APR e al fine di apportare i dovuti cambiamenti per garantirne la sicurezza.

³⁵ L'ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast) è una tecnica cooperativa di sorveglianza basata su un insieme di ricevitori a terra che ricevono la posizione dell'aeromobile calcolata a bordo (solitamente attraverso il sistema GPS integrato dai sistemi inerziali di bordo). Il sistema "dipende" letteralmente dalla capacità dell'aeromobile di calcolare e trasmettere la propria posizione attraverso un transponder. Tale tecnologia viene comunemente chiamata cooperativa in quanto si richiede la collaborazione attiva da parte del target per l'individuazione dello stesso. I sistemi TCAS (Traffic Alert and Collision Avoidance System) ovvero sistemi di allerta del traffico ed anticollisione, funzionanti per mezzo di un transponder, svolgono la funzione di avvertire il pilota circa la presenza di altri aeromobili nelle vicinanze al fine di evitare collisioni in volo. Accertato il rischio di collisione con altri aeromobili, tali sistemi forniscono al pilota le istruzioni di volo necessarie per evitare l'impatto.

Come già anticipato nell'introduzione di questa sezione, i segmenti up-link e down-link viaggiano all'interno dello spettro elettromagnetico e utilizzano la banda a radiofrequenze per la trasmissione/scambio dati. La tabella 3 indica le percentuali di utilizzo delle frequenze da parte dei link: esse potrebbero essere individuate da un potenziale attaccante attraverso dispositivi di sorveglianza spettrale, compromettendo eventualmente il comando remoto inviato dalla GCS o ostacolando il traffico dati dall'APR alla stazione a terra³⁶.

Tabella 3 – Percentuali di utilizzo delle frequenze

UP-LINK		DOWN-LINK	
Banda	Utilizzo in %	Banda	Utilizzo in %
VHF	13	VHF	0
UHF	32	UHF	17
L	6	L	19
S	11	S	13
C	21	C	23

Fonte: CESMA, "Sviluppo di aeromobili a pilotaggio remoto", cit., p. 75.

Pertanto la gestione dello spettro elettromagnetico e dei canali di comunicazione è un aspetto di estrema importanza sia perché esso è una risorsa relativamente limitata e potrebbe risultare eccessivamente congestionato sia perché potrebbero verificarsi sovrapposizioni e interferenze involontarie e volontarie nel segmento up-link e down-link. La limitata disponibilità dello spettro elettromagnetico sembrerebbe ad esempio condizionare l'impiego simultaneo di più APR all'interno della stessa area geografica. Riassumendo:

i sistemi che comunicano attraverso lo spettro elettromagnetico sono suscettibili a differenti tipi di minacce. Sicuramente le più frequenti sono quelle legate all'ascolto passivo del canale per l'intercettazione dei pacchetti e quelle derivate come la creazione di statistiche sull'utilizzo del canale o identificazione di nodi critici. Dalla parte attiva invece, la minaccia maggiore proviene dagli attacchi di negazione di servizio ed in particolare dagli attacchi jamming, che limitano la trasmissione sul canale disturbandolo con segnali elettromagnetici. Infine una serie di minacce più complesse, come lo spoofing, possono compromettere non solo la disponibilità della comunicazione ma anche la sua integrità³⁷.

³⁶ CESMA, "Sviluppo di aeromobili a pilotaggio remoto", cit., p. 75.

³⁷ Ibid., p. 80.

Un eventuale attacco al link CNPC può essere sferrato mediante diverse attività, tra cui spoofing, hijacking, spying e jamming. In molti casi tra le contromisure disponibili vengono impiegati sistemi di comunicazione ridondanti insieme a strumenti di verifica del dato trasmesso il quale può subire algoritmi di codifica e camuffamento. Le vulnerabilità nel link CNPC possono riguardare tutta una serie di connessioni/tratte, tra cui:

- connessione LOS C2 tra la GCS e l'APR;
- connessione LOS tra la GCS e gli APR in modalità platform relay (vedi sopra);
- connessione BLOS C2 tra la GCS e l'APR;
- connessione tra l'APR e il controllo del traffico aereo (Air Traffic Control, ATC) in relay tramite la GCS³⁸;
- ricetrasmisione per dati di identificazione (militare tramite l'IFF³⁹) e sorveglianza (civile tramite l'ADS-B).

Il link di missione è un elemento altrettanto importante ma meno fondamentale in termini di safety rispetto al link CNPC⁴⁰. Attraverso tecniche di phishing, spoofing o spying sarebbe possibile intromettersi nel collegamento per alterare i dati di missione “non safety-critical” oppure per realizzare tecniche di esfiltrazione di tali dati. In modo analogo al link CNPC, le potenziali vulnerabilità potrebbero verificarsi nelle seguenti connessioni/tratte:

- connessione LOS/RLOS dati di missione tra l'APR e la stazione a terra e/o personale a terra;
- connessione BLOS/BRLOS dati di missione;
- connessione terrestre per la diffusione dei dati;

³⁸ Nel civile, la connessione avverrà tra il pilota e l'ATC. Tuttavia, per questioni legate alla safety, anche l'ATC potrebbe avere un controllo sull'APR, mediante appunto una GCS la quale fungerebbe da ripetitore.

³⁹ L'Identification Friend or Foe (IFF) è un sistema automatico elettronico di riconoscimento amico-nemico progettato per le funzioni C2.

⁴⁰ Da una prospettiva safety, il link C2 è prioritario perché attraverso di esso si detiene il controllo del velivolo. Il link di missione, indipendentemente dall'uso che se ne fa, non ha implicazioni dirette sulla safety. Anche qualora attraverso il link di missione si facesse volare l'APR in luogo diverso da quello prestabilito – prolungando la sua traiettoria o addirittura modificandola – non si influenzerebbe la safety perché non è stato compromesso il pilotaggio bensì il piano di volo. È come se i sensori guardassero da un'altra parte piuttosto che nel luogo indicato e, in ogni caso, il pilota manterrebbe la manovrabilità diretta dell'aeromobile.

- connessione tra GCS e APR per inserimento dati di missione pianificati.

Anche in questo caso, che sia in LOS/RLOS e/o in BLOS/BRLOS, il principio della ridondanza, insieme ad altre specifiche soluzioni, sembrerebbe funzionale a garantire una maggiore protezione, insieme all'utilizzo di dispositivi e sistemi di crittazione.

In genere, il link di missione permette la trasmissione di due tipologie di dati: quelli di missione – ovvero i dati che provengono e vengono trasferiti ai sensori e che consentono altresì il loro controllo – e il piano di missione, vale a dire il piano di volo realizzato a terra.

In merito allo scambio di dati, tra cui quelli di missione, anche in ambito civile/istituzionale ci sarebbe la necessità di gestire il livello di classificazione per lo scambio di informazioni tra gli attori in gioco. A riguardo è necessario puntualizzare che nel contesto delle forze di polizia così come nel civile tale problema persiste perché la crittazione (ad esempio di streaming video) potrebbe introdurre un ritardo significativo ai fini operativi, oltre a richiedere risorse in termini computazionali, di consumo energetico, di spazio, ecc., limitate su un APR.

Infine, vale la pena fornire alcune considerazioni in merito al link di localizzazione, ovvero quei link che consentono al sistema di usufruire di ulteriori informazioni circa gli aspetti di posizione. In una situazione di connessione BLOS/BRLOS, le minacce ai sistemi APR sono generalmente di due tipi: un attacco diretto all'integrità del dato di posizionamento – attraverso attività di spoofing – oppure un attacco volto a inibire la disponibilità del servizio di localizzazione, e in questo caso si parla di attività di jamming. Mentre nel primo caso si tratterebbe di rendere il dato più sicuro (ad esempio mediante lo sviluppo di strumenti o schemi crittografici), nel secondo i sistemi di ricezione dei dati GPS dovranno possibilmente essere ridondanti e il velivolo dovrebbe disporre della guida automatica con dati generati dalla strumentazione di bordo.

Le vulnerabilità dei sistemi di navigazione satellitare (Global Navigation Satellite System, GNSS) – in particolare del GPS⁴¹ – rimangono al centro del dibattito corrente in quanto le potenziali criticità si estenderebbero ben al di là di coloro che utilizzano tali sistemi per i soli scopi

⁴¹ Vedi Todd Humphreys, *Statement on the Vulnerability of Civil Unmanned Aerial Vehicles and Other Systems to Civil GPS Spoofing*, Testimony before the House Committee on Homeland Security, Subcommittee on Oversight, Investigations, and Management, 18 July 2012, <https://homeland.house.gov/files/Testimony-Humphreys.pdf>.

di navigazione e localizzazione⁴². Il settore dei trasporti⁴³ e quelli delle telecomunicazioni e della finanza, ad esempio, si affidano in maniera crescente e sistematica al GPS per sincronizzare e gestire i relativi processi (si pensi al trading ad alta frequenza).

Come già riportato all'inizio di questa sezione, lo "spoofing" sembrerebbe una delle maggiori vulnerabilità dei velivoli a pilotaggio remoto civili⁴⁴, ma non solo⁴⁵. Gli APR civili fanno affidamento su segnali GPS non criptati⁴⁶, basati su standard aperti, e quindi per definizione accessibili a coloro che dispongono di un ricevitore GPS. Un autorevole esperto dell'Università del Texas sostiene infatti che

Queste indubbie qualità hanno reso il GPS civile estremamente popolare, ma la trasparenza e la prevedibilità dei suoi segnali danno luogo ad una pericolosa vulnerabilità: essi possono essere facilmente contraffatti o "spoofed". In modo analogo ai soldi del Monopoli, i segnali GPS civili dispongono di una struttura dettagliata ma sono privi di un sistema incorporato di protezione contro le possibili contraffazioni. Il GPS civile è il più popolare protocollo non autenticato al mondo⁴⁷.

Ciò non implica tuttavia che sia facile sviluppare e portare a termine un attacco "spoofing", tutt'altro. Ancora oggi si tratta di una tipologia di attacco che richiede determinati mezzi e capacità⁴⁸ ma è plausibile supporre

⁴² Per una visione d'insieme sulla tematica si veda Angus Batey, "The Vulnerabilities of Satellite Navigation Systems", in *Aviation Week & Space Technology*, 17 May 2016.

⁴³ John A. Volpe National Transportation Systems Center, *Vulnerability Assessment of the Transportation Infrastructure Relying on the Global Positioning System*, 29 August 2001, http://www.navcen.uscg.gov/pdf/vulnerability_assess_2001.pdf.

⁴⁴ Emy Rivera, Robert Baykov e Guofei Gu, *A Study On Unmanned Vehicles and Cyber Security*, 2014, <http://students.cse.tamu.edu/emy/report.pdf>

⁴⁵ In campo militare le Forze Armate americane sono impegnate nella ricerca di soluzioni alternative per mitigare il rischio che i collegamenti GPS non siano più disponibili. Si veda a proposito Alessandro Marrone, Michele Nones e Alessandro R. Ungaro (a cura di), *Innovazione tecnologica e difesa: Forza NEC nel quadro euro-atlantico*, Roma, Nuova Cultura, maggio 2015 (Quaderni IAI n. 14), <http://www.iai.it/it/node/4238>.

⁴⁶ Le frequenze del GPS sono modulate con due codici: uno per uso civile (C/A) e uno criptato per uso militare (P).

⁴⁷ Todd Humphreys, *Statement on the Vulnerability of Civil Unmanned Aerial Vehicles* ..., cit., p. 2.

⁴⁸ Se consideriamo gli APR di tipo MALE/HALE vi possono essere procedure e dispositivi a bordo per mitigare tale rischio.

che la sua complessità si sia gradualmente ridotta nel corso degli anni⁴⁹.

Sul tema del GPS, e più in generale della geolocalizzazione, è possibile ipotizzare che una volta completata la messa in orbita della costellazione di satelliti del sistema di navigazione europeo Galileo (e testata la sua piena operatività), si potrà disporre di una maggiore e migliore capacità di gestione delle informazioni di posizione sia degli assetti sia delle entità rilevate con i sensori disponibili. Pertanto, oltre ad un opportuno livello di ridondanza, potrebbero aumentare la resilienza e la capacità complessiva di operare anche in ambienti in cui il segnale del sistema GPS risulti insufficiente⁵⁰.

Infine i dati di geolocalizzazione non solo permettono il corretto e adeguato funzionamento del sistema di positioning del velivolo ma influiscono anche sull'abilità del sistema di rilevare la presenza di oggetti circostanti alla piattaforma, ovvero la cosiddetta capacità di "Sense/Detect and Avoid". Tale concetto è certamente più ampio di quanto appena descritto e comprende altresì la capacità di rilevare altri velivoli in rotta di collisione tramite l'utilizzo di radar, sensori EO/IR e ulteriori dispositivi.

Come già accennato in precedenza, per ognuna di queste potenziali vulnerabilità, sarebbero già presenti o in via di sviluppo delle soluzioni – da attuare in fase di design o come retrofit – in grado di elevare il grado di resilienza agli attacchi. A riguardo, l'industria italiana ha maturato nel corso degli anni un solida esperienza in grado di offrire competenze e know-how allo stato dell'arte, sia in campo civile sia in quello militare.

2.3 ASPETTATIVE E CONSIDERAZIONI SULLE CAPACITÀ AUTOMATICHE E AUTONOME DEI VELIVOLI A PILOTAGGIO REMOTO

Il comune sentire e l'utilizzo di terminologie inesatte spesso alimentano percezioni errate e lontane dalla realtà, o perlomeno distanti da un'attenta analisi dei fatti. Sovente si tende ad associare in maniera superficiale – come se fosse una semplice equazione – i velivoli a pilotaggio remoto con il concetto di autonomia. Per sgombrare subito il campo da eventuali

⁴⁹ Todd Humphreys, *Statement on the Vulnerability of Civil Unmanned Aerial Vehicles ...*, cit., p. 2.

⁵⁰ Intervista, 18 maggio 2016.

fraintendimenti, si tratta di due concetti separati e ben distinti; l'autonomia si applica in svariati campi – non esclusivamente a quello degli APR – ma soprattutto non è una condizione necessaria né sufficiente per parlare di velivoli a pilotaggio remoto⁵¹. Molti utilizzano, volontariamente o involontariamente, termini come “non pilotato” oppure unmanned, rafforzando l'immaginario collettivo che tali sistemi operino totalmente fuori dal controllo umano – come soggetti indipendenti – o attraverso qualche forma di intelligenza artificiale. Ciò a sua volta porta l'opinione pubblica a diffidare di tali sistemi, senza rendersi conto che la differenza concettuale tra i velivoli tradizionali e quelli a pilotaggio remoto è piuttosto limitata, in quanto molte delle rispettive capacità autonome coincidono o sono similari, solo che nel primo caso il pilota è a bordo, mentre nel secondo è ubicato in una stazione a terra.

L'assenza di una figura umana all'interno del velivolo non si traduce in una completa autonomia delle funzioni che dovranno essere attuate. Inoltre i velivoli a pilotaggio remoto prevedono attualmente un equipaggio che, nel caso di piattaforme con capacità prestazionali elevate, è uguale o addirittura più numeroso di quello previsto per dei paritetici sistemi aeronautici tradizionali⁵², dato che i vincoli derivanti dalla sistemazione a bordo dell'equipaggio permettono un'ottimizzazione dei ruoli a terra.

Va da sé che, a fronte delle caratteristiche del velivolo, l'equipaggio può essere supportato da diversi sistemi con differenti livelli di automazione, ma è in grado di prendere il controllo diretto del velivolo ogniqualvolta sia ritenuto necessario e superando qualsiasi forma di automatismo⁵³. Il Falco EVO ad esempio, vola lungo piani di volo pre-programmati, compresa la gestione del puntamento e del tipo dei sensori, con la possibilità di ritornare al comando manuale in qualsiasi momento durante la sua missione.

Il grado di autonomia non è necessariamente costante e, a seconda delle esigenze nonché delle condizioni operative, lo stesso sistema può offrire diverse modalità di controllo associate a differenti livelli di capacità autonome. Una completa autonomia non sempre è desiderabile e, come già indicato, in alcuni casi è addirittura vietata per motivi normativi e di sicurezza.

⁵¹ Ibid.

⁵² Ibid.

⁵³ Ibid.

Gli APR e i tre livelli del concetto di autonomia

Tale concetto applicato agli APR si declina in tre livelli a cui corrispondono determinati automatismi. È bene precisare che, nonostante tale nozione si possa riferire – seppur con le dovute specializzazioni – a tutte le classi di APR, quanto viene descritto è applicabile a partire da una certa complessità in poi, approssimativamente da velivoli di almeno una decina di kg di peso massimo al decollo; per le categorie più leggere la classificazione può rimanere la stessa, ma le implementazioni dei differenti livelli risultano molto più semplici.

I velivoli a pilotaggio remoto adottano decisioni in base a input/regole/algoritmi prestabiliti e programmati alle volte in maniera automatica, ma con un costante presidio del pilota. Si parla di automatismi perché ad oggi le situazioni in cui si può trovare ad operare il velivolo appartengono ad uno scenario consolidato e noto in cui le regole di inferenza sono deterministiche e dirette (come ad esempio le cosiddette regole dell'aria⁵⁴), ossia tipiche di uno spazio aereo regolato.

Anche nel caso di scenari più complessi, caratterizzati da situazioni non pre-codificate – in cui il sistema potrebbe prendere decisioni in modo autonomo qualora si verificassero situazioni contingenti di pericolo non riconosciute e gestite dal pilota, come ad esempio una possibile collisione in volo – il concetto di autonomia sarebbe semplicemente più sviluppato, ma risponderebbe comunque a determinate regole di inferenza, che in questo caso risulterebbero solo più complesse. Il tema è ampio, in continua evoluzione e il dibattito in campo scientifico su quanto siano deterministiche tali regole rimane aperto e acceso. Una parte della letteratura sostiene la possibilità di regole di inferenza molto più articolate e addirittura non deterministiche. Ad esempio, attraverso gli algoritmi di machine learning – o “apprendimento automatico”⁵⁵ – il velivolo ricaverebbe

⁵⁴ Le regole dell'aria (“Rules of the air”) istituite dall'ICAO e pubblicate nell'Annesso 2 alla Convenzione di Chicago relativa all'aviazione civile internazionale, rappresentano il principale dispositivo regolamentare finalizzato a garantire la sicurezza e la regolarità dei voli e costituiscono lo standard implementato in larga parte nelle legislazioni nazionali degli Stati membri della Convenzione.

⁵⁵ Tom Mitchell – professore alla Carnegie Mellon University – definisce il concetto di Machine Learning (ML) o “apprendimento automatico” con le seguenti parole: “A computer program is said to learn from experience E with respect to some class of tasks T and performance measure P, if its performance at tasks in T, as measured by P, improves with experience E”. In altri termini, l'apprendimento automatico si occupa della ricerca di metodi algoritmici per sviluppare programmi che automaticamente migliorano la propria performance nel tempo. Tom M. Mitchell, *Machine Learning*, New York, McGraw Hill, 1997, p. 2.

autonomamente ulteriori regole derivanti dall'esperienza acquisita, le quali permetterebbero un incremento delle sue performance operative da sfruttare poi durante le missioni successive⁵⁶.

Il primo livello di automatismo è legato alla stabilità e al controllo del velivolo. Esso permette all'aeromobile di rimanere in volo, caratteristica naturale non solo degli APR ma di tutti i velivoli ad oggi esistenti. In altre parole si tratta del pilota automatico o altrimenti detto autopilota. A questo stadio si inseriscono altresì i due momenti più critici della missione: il decollo e l'atterraggio. Attualmente, gli automatismi nelle fasi di decollo e di atterraggio sono molto limitati, seppur presenti, ed alle volte basati sulla presenza a terra di sistemi di radiolocalizzazione come l'Instrument Landing System (ILS)⁵⁷. I sistemi attuali sono in grado di effettuare decolli ed atterraggi automatici, anche di precisione, ma con una costante supervisione da parte del pilota.

Il secondo livello riguarda la capacità del velivolo di muoversi secondo un piano di volo designato dal pilota e coerente alla missione. Sul piano degli automatismi e della loro attuazione, questo livello è più semplice rispetto al primo se non altro perché, a fronte di un piano di volo preparato e impostato dal pilota, l'APR è in grado di portarlo a termine in maniera automatica. Tale caratteristica nella gestione del piano di volo potrebbe consentire di far decollare più di un velivolo, ognuno con un piano di volo diverso e impostato ab origine. Il pilota quindi sarebbe chiamato a monitorare o supervisionare la missione – il cosiddetto “man-on-the-loop” – esattamente come un pilota di un aereo civile che deve recarsi da Londra a New York e, se tutto procede come prestabilito, riprende il controllo del velivolo solo per avviare le procedure di atterraggio e realizzare la manovra.

Il terzo stadio di automatismo apre al vero concetto di autonomia in quanto introduce la funzionalità del velivolo o, in altre parole, la missione che è chiamato a realizzare, qualunque essa sia. In base alle necessità e al grado di complessità della funzione, il livello di autonomia varia a se-

⁵⁶ “Tiny NVIDIA Supercomputer to Bring Artificial Intelligence to New Generation of Autonomous Robots and Drones”, in *NVIDIA News*, 10 November 2015, <https://shar.es/1l-fblS>.

⁵⁷ L'Instrumental Landing System (ILS), o sistema di atterraggio strumentale, è uno strumento che consente al pilota di portare l'aeromobile in pista, sia in perfetto allineamento con essa, sia lungo un sentiero di planata ideale, rispettando e garantendo ampi limiti di sicurezza anche con condizioni meteorologiche tali da determinare una scarsa visibilità.

conda delle regole di inferenza stabilite, passando da un'autonomia totale ad una parziale. Questa eventualità si presenta nei casi in cui la gestione della missione richieda delle modifiche al piano di volo o l'attuazione di particolari funzioni atte a rispondere ad esigenze particolari, come ad esempio la già citata capacità di "Sense/Detect and Avoid". Ciò significa che mentre il pilota è garante dei primi due livelli di autonomia, nel terzo è il sistema che sceglierà autonomamente, ma nel pieno rispetto delle regole dell'aria, dove andare, cosa fare e come attuare la funzione/missione. Una delle funzionalità maggiormente significative, ma complesse, sarà il rilevare oggetti di interesse a terra, classificarli, ed inviare all'operatore di sensore solamente le tracce significative, permettendo una notevole riduzione del carico di lavoro. Inoltre, a questo livello appartengono anche eventuali algoritmi che, sempre seconde regole di inferenza, possono decidere di cambiare il piano di volo o, addirittura, di cambiare gli obiettivi della missione in base a quanto osservato e rilevato fino a quel momento.

Questo terzo e ultimo livello di autonomia è ancora in una fase preliminare di studio anche perché non esiste ancora una storia sufficiente di casi operativi su cui basare la reale necessità di un livello di autonomia piuttosto che di un altro. Nel campo del "Sense/Detect and Avoid", ad esempio, sono in fase di sperimentazione alcune funzionalità per indurre l'adozione di determinate azioni in base a specifiche situazioni. O ancora, in caso di perdita del link CNPC, il velivolo si posizionerebbe in volo automatico con procedure volte a ritrovare una situazione di normalità e ristabilire il contatto con la GCS, come ad esempio volare verso una posizione precedentemente stabilita⁵⁸. Certamente nei prossimi anni assisteremo ad un evolvere degli algoritmi di gestione autonoma della missione di pari passo ad una evoluzione dei requisiti che gli scenari operativi imporranno all'autonomia dei sistemi basati su APR.

L'innovazione tecnologica e il futuro dell'autonomia

In futuro, l'innovazione tecnologica permetterà un'evoluzione delle configurazioni dei velivoli che, a regime, potrebbe consentire altresì una riduzione dei costi di operazione. In particolare, grazie al miglioramento nel segmento della sensoristica – soprattutto in termini di peso e capacità – i sensori disponibili, a parità di payload, potrebbero aumentare come numero e come performance. Già oggi esistono diverse tipologie di sensori impiegati a seconda delle necessità e della tipologia di missione, da quello

⁵⁸ Intervista, 16 giugno 2016.

radar a quello elettro-ottico fino a quelli multi spettrali, laser, ecc. La disponibilità di un numero maggiore di sensori avrà implicazioni non solo sulle prestazioni del velivolo ma anche sul concetto stesso di autonomia in quanto la presenza di uno o più sensori determinerà l'aggiunta di una o più variabili rendendo le regole di decisione sempre più complesse.

Ipotizziamo ad esempio che un generico APR sia impegnato in una missione di sorveglianza dei flussi migratori e che, date le attuali disponibilità della sensor suite, non sia in grado di identificare con certezza se un determinato "oggetto" distante alcuni chilometri sia un'imbarcazione oppure no. I sensori a disposizione forniscono infatti una traccia la cui correlazione non consente di poter affermare con una probabilità sufficiente che quell'oggetto sia effettivamente un'imbarcazione. In prospettiva, qualora si riuscisse a percepire dalla presunta imbarcazione un'ulteriore tipologia di segnale, come ad esempio quello relativo alle comunicazioni, ciò aumenterebbe la probabilità di identificare con certezza tale oggetto.

In particolare, la presenza di un ulteriore sensore va ad aggiungersi come ulteriore variabile alle regole di decisione per cui, a fronte di una determinata soglia stabilita a priori, si permetterebbe al velivolo di modificare autonomamente il suo piano di volo, scendere di quota e avvicinarsi alla traccia per verificare con certezza che si tratti di un'imbarcazione con a bordo delle persone. Sebbene tale processo possa essere realizzato anche dal pilota, il velivolo potrebbe essere in grado di effettuare la missione in modo autonomo attraverso un corretto sviluppo delle regole di inferenza, ottimizzando altresì l'attivazione o meno dei sensori a seconda delle necessità. Il loro impiego infatti va ad incidere sui consumi energetici, riducendo l'endurance o richiedendo una quantità maggiore di carburante. Anche in questo caso, se le regole di inferenza fossero scritte correttamente, esse permetterebbero una corretta gestione dei sensori ("sensor planning")⁵⁹.

Gli stessi concetti di base relativi all'autonomia si applicheranno anche per l'inserimento degli APR all'interno dello spazio aereo civile. Il raggiungimento di tale obiettivo, ovvero far volare un velivolo a pilotaggio remoto sia nelle aerovie dove volano i velivoli tradizionali, sia in aree senza alcun tipo di controllo, dovrà necessariamente passare per una serie di regole di autonomia che dovranno considerare molte altre variabili. Le regole non saranno più complesse dal punto di vista deterministico

⁵⁹ Sul tema si veda, ad esempio, Morgan Ulvklo et al., "A Sensor Management Framework for Autonomous UAV Surveillance", in *SPIE Proceedings*, No. 5787 (2005).

ma semplicemente più numerose perché frutto di più variabili. Infatti, se attualmente l'APR opera sulla base di informazioni provenienti dai suoi sensori all'interno di uno spazio sostanzialmente segregato o chiuso, in futuro le variabili da considerare saranno considerevolmente maggiori perché oltre a quelle dell'aeromobile in sé ci saranno quelle del sistema ATM, incluso il contributo che l'APR stesso fornisce al sistema – mandando la sua posizione e il suo piano di volo – che dovrà sposarsi in modo coerente e armonico con l'ATM nel suo complesso. Ciò spiega in parte la complessità e la difficoltà di stabilire un quadro normativo a livello europeo che sia in grado di regolamentare ogni aspetto del volo, del velivolo e delle sue comunicazioni con la stazione di terra e con l'architettura ATM, il tutto attraverso standard che permettano la coesistenza tra velivoli a pilotaggio remoto e velivoli tradizionali.

Da queste brevi considerazioni già si deduce quanto l'impiego dell'ICT stia caratterizzando in maniera crescente l'evoluzione dell'aviazione civile e militare. La messa in rete di strumenti tecnologici complessi genera però ulteriori problematiche per la sicurezza cibernetica⁶⁰ dalle quali le capacità automatiche e autonome degli APR non sono del tutto esenti.

Il flusso dei comandi per la stabilità del velivolo è incorporato ("embedded") nelle leggi di volo implementate all'interno del flight control computer. L'autonomia nella capacità di rimanere in volo e manovrare è quindi intrinseca al velivolo ovvero è "chiusa" all'interno dell'aeromobile, senza possibilità che essa venga attaccata dall'esterno. Ciò non è altrettanto vero per l'autopilota perché esso è collegato al link C2, dovendo ricevere forzatamente input da parte del pilota remoto. L'autopilota infatti agisce tra la parte di stabilità e quella di controllo del volo. I comandi che arrivano da lato C2 per l'autopilota sono gli stessi che permettono di seguire il piano di volo ma non di mantenere la stabilità del velivolo. Pertanto, un'eventuale criticità cyber sarebbe legata al fatto che l'autopilota è comunque l'esecutore dei comandi per il movimento del velivolo lungo il piano di volo, e potrebbe essere soggetto all'inserzione di segnali malevoli.

Per quanto riguarda in particolare il terzo livello, quello relativo alla missione/funzione del velivolo, potrebbe emergere un'ulteriore criticità relativa alla security. Una delle principali evoluzioni riguarderà il fatto che i sistemi di missione futuri saranno prevalentemente netcentrici. Lo

⁶⁰ Tommaso De Zan, Fabrizio d'Amore e Federica Di Camillo, "Protezione del traffico aereo civile dalla minaccia cibernetica", in *Documenti IAI*, N. 15|23 (dicembre 2015), <http://www.iai.it/it/node/5694>.

sviluppo tecnologico permetterà, all'interno di una missione, di disporre di ulteriori variabili – e quindi di ulteriori funzioni che genereranno altre informazioni da confrontare per adottare una decisione. Tali informazioni potrebbero viaggiare in rete e, di conseguenza, essere soggette agli stessi principi di security della rete. A quel punto, la sicurezza del velivolo sarebbe del tutto equivalente a quella di qualsiasi stazione di terra di elaborazione dati. Nel momento in cui avverrà tale integrazione, l'APR sarà “semplicemente” un nodo di rete. In ambito militare, ad esempio, sarà esattamente come il terminale radio di un soldato appiedato, e quindi soggetto agli stessi attacchi attraverso quella stessa rete o, viceversa, potrà essere un potenziale “veicolo” di attacco come qualsiasi altro terminale nel campo di battaglia. Si tratta di un concetto di security non strettamente legato all'APR ma all'infrastruttura di rete nel suo complesso. Tale concetto di security, pertanto, non interessa solamente il link C2 ma in generale attacchi cyber verso le reti che governano l'infrastruttura. In particolare, l'accesso ai dati che vengono utilizzati per confrontare quanto rilevato dai sensori (le cosiddette “librerie”) può essere oggetto di un attacco informatico in grado di mettere a repentaglio la capacità del sistema APR di prendere decisioni corrette rispetto ad una eventuale ri-pianificazione della missione stessa. Lo stesso limite di sicurezza si può ritrovare anche nella vulnerabilità del C2 se l'APR è inserito in una rete di stazioni di terra che possono passarsi il controllo del velivolo dall'una all'altra. In questo caso i comandi di guida dell'APR possono anche passare attraverso la rete che collega le stazioni a terra e quindi essere oggetto di un attacco direttamente attraverso questa rete.

3.

Prospettive future per i velivoli a pilotaggio remoto

3.1 LE PROSPETTIVE DI MERCATO E SVILUPPO TECNOLOGICO DEI VELIVOLI A PILOTAGGIO REMOTO

Il mercato dei velivoli a pilotaggio remoto è sicuramente uno tra i più dinamici e interessanti del settore aerospazio, difesa e sicurezza, ed è caratterizzato da una crescita costante e destinata a durare nei prossimi anni. Benché i driver in grado di spiegare tale tendenza siano molteplici e variegati, alcuni sono particolarmente attinenti al tema di questo capitolo nonché interessanti sotto il profilo analitico¹: il primo riguarda lo sviluppo tecnologico nel suo complesso, l'innovazione di prodotto e di processo – soprattutto nel campo dell'elettronica e dei microprocessori – e la presenza di economie di scala in grado di generare una graduale ma sensibile riduzione del costo delle piattaforme, dei sistemi e della componente elettronica. A fronte delle riconosciute potenzialità degli APR, il secondo aspetto è costituito dall'interesse crescente da parte di numerose agenzie nazionali ed internazionali per l'impiego dei sistemi a pilotaggio remoto a supporto di operazioni nel campo della sicurezza (intesa in senso lato: dalle attività di monitoraggio e sorveglianza dei confini a quelle di protezione civile e gestione dei disastri naturali). Infine, un terzo elemento si riferisce all'attuale tendenza di numerosi Paesi occidentali (ma non solo) ad aumentare la spesa per la sicurezza allo scopo di fronteggiare la minaccia terroristica.

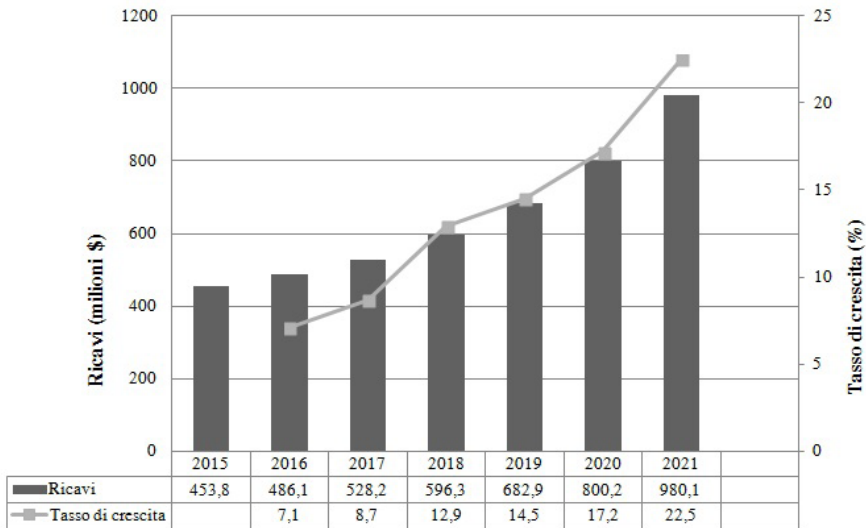
Sotto la spinta di questi e altri fattori, si stima che il valore del mercato globale di velivoli a pilotaggio remoto possa raggiungere i 10,6 miliardi di dollari nel 2020 con una crescita del 56 per cento rispetto ai 6,8 miliardi stimati per il 2014². In modo analogo, secondo alcune fonti, la spesa in nuovi programmi di sviluppo per applicazioni militari, commerciali e civili dovrebbe triplicare nel corso del prossimo decennio e il valore

¹ Michael Blades, *Global Civil Unmanned Aerial Systems (UAS) Market*, cit., p. 13.

² Canadian Trade Commissioner Service, *Unmanned Aircraft Systems (UAS) Market Sector Profile - Rome, Italy*, September 2015, http://www.enterprisecanadanetwork.ca/_uploads/resources/Unmanned-Aircraft-Systems-UAS-Market-Sector-Profile-Rome-Italy.pdf.

della produzione mondiale di APR dovrebbe quindi passare da 4 miliardi di dollari nel 2015 a 14 miliardi nel 2024³. Si stima che il 72 per cento degli investimenti sarà destinato al settore della difesa, il 23 per cento riguarderà l'ambito commerciale e il 5 per cento quello civile, sebbene la redditività di quest'ultimo sia destinata ad aumentare più rapidamente rispetto agli altri segmenti⁴. Alcuni studi ipotizzano, infatti, che nei prossimi 10 anni la distribuzione del mercato evolverà a favore delle applicazioni civili⁵. Come evidenzia la figura 5, i ricavi in questo specifico settore sperimenteranno una crescita costante nel periodo compreso tra il 2015 e il 2021. Dai 453,8 milioni di dollari del 2015 si dovrebbe passare a 980,1 milioni di dollari nel 2021, con una crescita pari a circa il 54 per cento e un tasso di crescita annuale composto del 13,7 per cento⁶.

Figura 5 – Mercato civile globale APR: ricavi 2015-2021



Fonte: Elaborazione IAI su dati Frost & Sullivan.

³ Phil Finnegan, "UAV Production Will Total \$93 Billion", in *Teal Group News Briefs*, 19 August 2015, <http://www.tealgroup.com/index.php/teal-group-news-media/item/press-release-uav-production-will-total-93-billion>. Vedi anche Bill Canis, "Unmanned Aircraft Systems (UAS): Commercial Outlook for a New Industry", in *CRS Reports for Congress*, No. R44192 (9 September 2015), p. 6-7, <https://www.fas.org/sgp/crs/misc/R44192.pdf>.

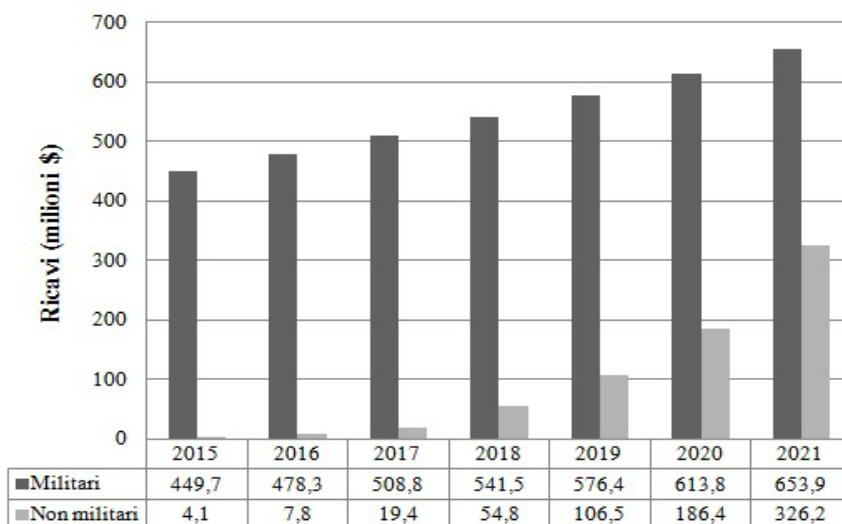
⁴ Phil Finnegan, "UAV Production Will Total \$93 Billion", cit.

⁵ Laurent Probst et al., "UAV Systems for Civilian Applications", in *Business Innovation Observatory Case Studies*, No. 58 (August 2015), p. 6, <http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/13430>.

⁶ Michael Blades, *Global Civil Unmanned Aerial Systems (UAS) Market*, cit.

Nello specifico, la crescita nella domanda di piattaforme non militari o commerciali per usi civili dovrebbe risultare sensibilmente più alta rispetto alle piattaforme per uso strettamente militare, anche se i ricavi generati da queste ultime continueranno ad essere superiori⁷.

Figura 6 – Mercato civile globale APR: ricavi 2015-2021 – Sistemi militari e non militari



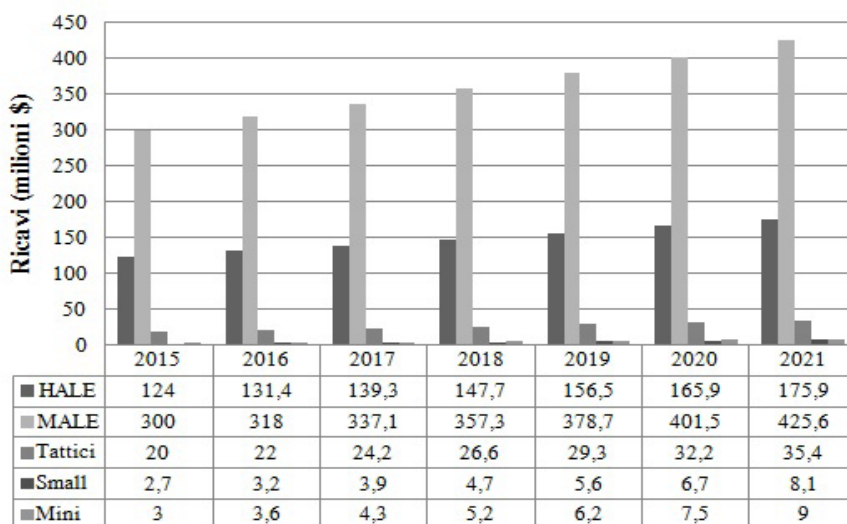
Fonte: Elaborazione IAI su dati Frost & Sullivan.

Tale dato risulterebbe in linea con le previsioni che mettono a confronto i ricavi stimati per i prossimi sei anni relativamente alle diverse categorie militari di APR. Il volume maggiore dei ricavi in questo segmento è in gran parte riconducibile alla classe MALE, principalmente a causa del costo-unità più elevato di questi sistemi rispetto alle altre classi di APR⁸. Tale tendenza è destinata tuttavia a ridimensionarsi in quanto, come mostra un'analisi del tasso di crescita delle varie categorie, mentre le classi HALE e MALE faranno registrare una crescita di circa il 40 per cento nei prossimi sei anni, la domanda di velivoli a pilotaggio remoto "tattici" crescerà più velocemente con un tasso di circa il 77 per cento, mentre le classi "small" e "mini" vedranno addirittura triplicare i loro ricavi.

⁷ Ibid.

⁸ Ibid.

Figura 7 – Ricavi per classi (militari) di APR: 2015-2021



Fonte: Elaborazione IAI su dati Frost & Sullivan.

A livello di macroregioni, il trend positivo che si registra nel settore degli APR si distribuirà in rapporto al livello di maturità e/o saturazione del mercato e pertanto interesserà con modalità diverse America, Europa, Africa ed Asia⁹.

In questo contesto, il Vecchio Continente appare come una delle regioni più ricettive e dinamiche; la sua quota di mercato dovrebbe rimanere sostanzialmente stabile nei prossimi anni, pur facendo registrare una leggera flessione dal 25 al 22,5 per cento tra il 2015 e il 2021¹⁰. Inoltre, grazie agli sforzi in atto e ai previsti sviluppi in ambito regolamentare, il mercato europeo dei sistemi APR potrebbe svilupparsi più rapidamente rispetto ad altre macroregioni¹¹. Di conseguenza, si stimano in circa 150.000 i posti di lavoro che andranno a crearsi entro il 2050 grazie allo sviluppo di un mercato europeo degli APR, incluse le relative applicazioni¹².

Ciò nonostante, va sottolineato che la regione nord-americana continuerà a giocare un ruolo determinante nel settore civile degli APR. In-

⁹ Ibid.

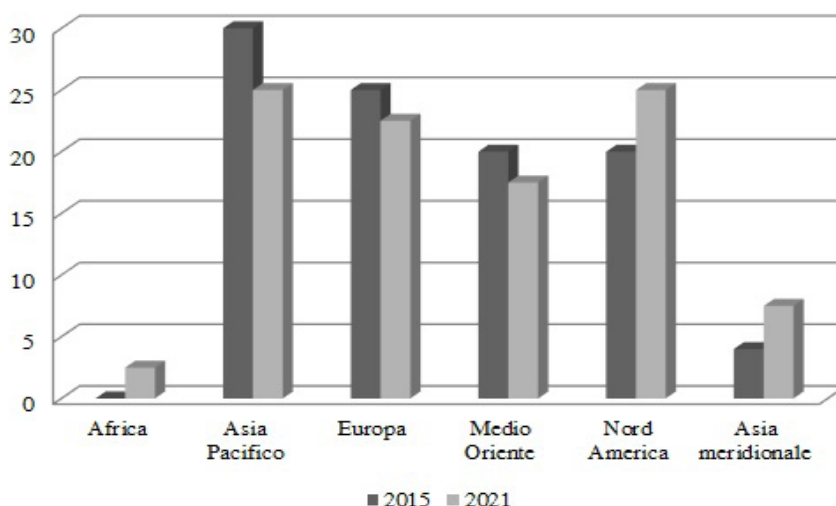
¹⁰ Ibid.

¹¹ Laurent Probst et al., "UAV Systems for Civilian Applications", cit., p. 6.

¹² House of Lords European Union Committee, *Civilian Use of Drones in the EU*, 7th Report of Session 2014-15, 5 March 2015, p. 23-24, <http://www.publications.parliament.uk/pa/ld201415/ldselect/lddeucom/122/122.pdf>.

fatti, nonostante l'area dell'Asia-Pacifico detenga attualmente la quota di mercato più ampia – quasi il 30 per cento, con ricavi stimati in oltre 136 milioni di dollari nel 2015 – quella nord-americana registrerà una crescita esponenziale passando da circa 90 milioni di dollari a 245 milioni tra il 2015-2021¹³. In linea con questo trend, nello stesso periodo la quota di mercato di quest'ultima regione sperimenterà un'aumento di circa 5 punti percentuali, passando dal 20 al 25 per cento.

Figura 8 – Quote di mercato civile APR per regione: 2015 e 2021



Fonte: Elaborazione IAI su dati Frost & Sullivan.

Per la sua rapida espansione e per le caratteristiche che lo contraddistinguono, il settore degli APR – e più in generale quello degli “unmanned” – è stato spesso definito come un unicum nel panorama internazionale¹⁴. Inoltre, come evidenziato recentemente anche dalla European Aviation Safety Agency (EASA), questi oggetti portano con sé cambiamenti radicali¹⁵. In effetti, qualora il potenziale di questi sistemi venisse pienamente

¹³ Michael Blades, *Global Civil Unmanned Aerial Systems (UAS) Market*, cit.

¹⁴ Yves Vandewalle, Jean-Claude Viollet, “Rapport d’information sur les drones”, in *Assemblée nationale-Rapports d’information*, 13ème lég., n° 2127 (1 décembre 2009), p. 11, <http://www.assemblee-nationale.fr/13/rap-info/i2127.asp>.

¹⁵ EASA, *Non Paper: Roadmap for Drone Operations in the European Union (EU). The Roll-out of the EU Operation Centric Approach*, 16 June 2016, p. 1, <http://rpas-conference.com/?p=2112>.

sfruttato – superando le attuali limitazioni normative, tecnologiche e di impiego – si affaccerebbero sul mercato nuovi modelli di business associati all'emergere di un'estesa e vasta disponibilità di servizi applicativi a carattere intrinsecamente duale¹⁶.

Una delle principali novità nell'industria dell'aerospazio, difesa e sicurezza riguarda la crescente proliferazione di iniziative volte allo sviluppo e produzione di APR. Si stima che già nel 2014 più di 80 Paesi avevano avviato dei programmi, per un totale di circa 700 piattaforme in fase di sviluppo o già operative¹⁷: ciò avallerebbe l'ipotesi che la robotica (e non solo) stia effettivamente sovvertendo i paradigmi del complesso tecnologico industriale tradizionale, i suoi processi e i suoi prodotti¹⁸. Un ulteriore aspetto da considerare è la grande varietà dei sistemi esistenti tale da determinare una riduzione delle barriere in entrata in alcuni segmenti di mercato¹⁹. Lo sviluppo soprattutto di APR di piccole dimensioni rappresenta indubbiamente un'occasione per start-up e piccole e medie imprese (PMI) di entrare nel più ampio e complesso settore dell'aerospazio, difesa e sicurezza.

Tali valutazioni riguardano soprattutto classi di APR non particolarmente performanti, caratterizzate da una limitata complessità dal punto di vista tecnico e tecnologico.

Se però guardiamo a droni più avanzati e complessi quali il Reaper e il Predator, in grado di volare ad alta quota e a lungo (dalle 24 alle 36 ore), l'evidenza disponibile è nettamente diversa. La Francia, il paese più protezionista al mondo in tema di acquisto di armamenti e secondo solo agli Stati Uniti in termini di tecnologie militari, ha provato a produrre droni a partire dalla fine degli anni Novanta. Ci ha provato in cooperazione con l'Olanda prima, la Germania dopo e l'Inghilterra poi. Tutti questi progetti sono falliti. Nel 2013, il governo di François Hollande ha deciso di acquistare il MQ-9 Reaper dagli Stati Uniti: procedere autonomamente era troppo difficile. I problemi tecnologici non hanno però riguardato solo la Francia: Turchia, Germania, Russia, solo per citare alcuni esempi, hanno

¹⁶ Keith Hayward, "Unmanned Aerial Vehicles: A New Industrial System?", in *Royal Aeronautical Society Discussion Papers*, November 2013, p. 3, <http://aerosociety.com/Assets/Docs/Publications/DiscussionPapers/UASDiscussionPaper.pdf>.

¹⁷ EASA, *Non Paper: Roadmap for Drone Operations in the European Union (EU)*, cit., p. 4.

¹⁸ Per approfondire si veda: Peter W. Singer, *Wired for War. The Robotics Revolution and Conflict in the 21st Century*, New York, Penguin Press, 2009.

¹⁹ Phil Finnegan, "UAV Production Will Total \$93 Billion", cit.

provato a sviluppare droni da osservazione, ma il risultato è spesso stato tra il deludente e il fallimentare. La ragione è semplice e assolutamente analoga alle difficoltà incontrate da Microsoft e Google nello sviluppo di uno smartphone in grado di eguagliare le capacità dell'iPhone: le tecnologie contemporanee non sono facili da imitare in quanto richiedono conoscenze e capacità ampie, profonde e di lunga durata. Lo sviluppo di queste conoscenze richiede tempo e risorse – sia finanziarie sia umane – e qualsiasi attore, sia Microsoft contro Apple che la Russia nel campo dei droni, deve costantemente confrontarsi con il fatto che il divario tecnologico con il proprio avversario non solo è enorme, ma tende anche ad aumentare, a prescindere dalle risorse investite²⁰.

In ambito europeo, il vertice dei capi di Stato e di Governo del dicembre 2013 ha posto specifica attenzione al settore dei velivoli a pilotaggio remoto, invitando a promuovere una serie di azioni, tra cui:

- lo sviluppo dei sistemi aerei a pilotaggio remoto nel periodo 2020-2025;
- l'elaborazione di un programma per la produzione di un sistema classe MALE di prossima generazione;
- la creazione di una "comunità di utenti" composta dagli Stati membri che impiegano sistemi APR;
- la promozione di una stretta collaborazione con la Commissione europea sia in ambito normativo sia per garantire fondi adeguati per le attività di ricerca e sviluppo²¹.

Da un punto di vista tecnologico e industriale, la Commissione ha emanato una comunicazione sui sistemi a pilotaggio remoto per uso civile in risposta all'appello lanciato dall'industria europea affinché venissero rimossi gli ostacoli all'introduzione dei sistemi APR nel mercato unico europeo²². In questo documento la Commissione si impegna a promuovere

²⁰ Andrea Gilli e Mauro Gilli, "Non sarà il boom dei droni a incrinare la supremazia americana", in *Il Foglio*, 27 aprile 2016, http://www.ilfoglio.it/esteri/2016/04/27/stati-uniti-boom-droni-supremazia-americana__1-v-141256-rubriche_c255.htm. Per approfondire si veda: Andrea Gilli e Mauro Gilli, "The Diffusion of Drone Warfare? Industrial, Organizational, and Infrastructural Constraints", in *Security Studies*, Vol. 25, No. 1 (2016), p. 50-84.

²¹ Consiglio europeo, *Conclusioni del Consiglio europeo del 19 e 20 dicembre 2013* (EUCO 217/13), 20 dicembre 2013, par. 11, <http://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-217-2013-INIT/it/pdf>.

²² Commissione europea, *Una nuova era per il trasporto aereo*, cit.

“specifiche azioni nell’ambito dei programmi Orizzonte 2020 e COSME a sostegno dello sviluppo del mercato dei sistemi RPAS” e a “fornire agli attori coinvolti, in particolare alle PMI, una visione completa di tali strumenti”. La Commissione “stabilirà i meccanismi di cooperazione necessari ad affiancare il lavoro intrapreso dall’impresa comune SESAR (Single European Sky ATM Research) allo scopo di evitare sovrapposizioni e sfruttare le risorse disponibili.”²³.

Coerentemente con le conclusioni del Consiglio europeo del dicembre 2013, sono state avviate numerose iniziative di cooperazione per lo sviluppo congiunto di velivoli a pilotaggio remoto che potrebbero dare ulteriore impulso alla creazione di un mercato europeo degli APR. Tra queste, particolarmente significativa è la firma dell’accordo tra Francia, Germania e Italia per l’avvio della fase di definizione per lo sviluppo di un sistema APR classe MALE europeo²⁴. Annunciata a maggio 2015, all’iniziativa si è aggiunta anche la Spagna alla fine dello stesso anno. Una volta che saranno definiti i requisiti operativi comuni, questa iniziativa potrebbe allargarsi ad altri Paesi europei, come ad esempio la Polonia. Il successo di questo progetto contribuirebbe a limitare l’attuale dipendenza europea in ambito APR rispetto a Stati Uniti e Israele e potrebbe consentire all’Europa di competere nel mercato globale dei velivoli a pilotaggio remoto²⁵.

L’avvento di nuove forme di innovazione tecnologica e servizi applicativi alternativi, così come di nuovi concetti operativi, richiede però la capacità di adattarsi ad altrettante nuove forme di innovazione e di business determinate dalla trasformazione introdotta dalle tecnologie remotate, come appunto gli APR. A tal fine viene spesso evidenziata la necessità di adottare un “full system approach” che sia in grado di offrire un pacchetto integrato e completo di hardware, software e servizi sia a clienti civili che militari²⁶. Il vero valore aggiunto, ad esempio, del programma EUROMALE sarebbe quello di ampliarne le prospettive di mercato attraverso la creazione di un prodotto dotato di una certificazione che sia riconosciuta da diversi Paesi membri (idealmente non soltanto i Paesi aderenti al con-

²³ Ibid.

²⁴ Ministero della Difesa, *Bruxelles: Italia - Francia - Germania firmano intesa per drone europeo*, 18 maggio 2015, http://www.difesa.it/Primo_Piano/Pagine/20150518_Bruxelles_Drone.aspx.

²⁵ Alessandro Marrone, “A European Drone by 2025? The View from Italy on EUROMALE”, in *ARES Comments*, May 2016, <http://www.iris-france.org/notes/euromale-2025-the-italian-view>.

²⁶ Keith Hayward, “Unmanned Aerial Vehicles: A New Industrial System?”, cit., p. 4.

sorzio) e per il quale è prevista l'integrazione delle tecnologie necessarie per la gestione del dominio cyber e l'inserimento nello spazio aereo non segregato²⁷. Non solo: secondo alcune valutazioni il programma potrebbe andare oltre e fornire anche la possibilità di formazione e addestramento ad eventuali clienti²⁸. In questo modo si realizzerebbe l'auspicato "full system approach" e si aprirebbe la strada ad una architettura di mercato del tipo service provider-cliente, superando di fatto il concetto di uso "duale".

Appare pertanto incoraggiante la collaborazione avviata tra l'EDA e l'EASA per stabilire degli standard comuni, garantendo la possibilità di concedere certificazioni collettive per gli equipaggi e, nell'eventualità, creare delle strutture di addestramento su base nazionale ed europea impostate sugli stessi regolamenti e requisiti²⁹. In questo contesto l'Italia attraverso l'Aeronautica Militare può far valere e offrire la sua conoscenza operativa e dottrinale, grazie all'esperienza maturata nel corso di oltre tredici anni di impiego di velivoli a pilotaggio remoto.

Per garantire un effettivo sviluppo del mercato europeo di sistemi APR, molti evidenziano la necessità di attuare la roadmap europea per l'integrazione dei sistemi a pilotaggio remoto all'interno dello spazio aereo civile, sostenendo che la mancanza di una normativa comune e omogenea rappresenta il principale ostacolo allo sviluppo sicuro e affidabile dei sistemi APR nonché alla loro commercializzazione per applicazioni civili³⁰. Questa sfida riguarda tanto gli stakeholder istituzionali quanto il comparto industriale³¹. Questa dinamica coinvolge infatti da un lato l'aspetto normativo e regolamentare, e dall'altro la necessità per alcune tecnologie di giungere ad un livello di maturazione tale da sostenere l'integrazione di queste piattaforme negli spazi aerei non segregati e in ambiente ATM. Questi due aspetti sono strettamente interconnessi tra di loro, tanto che gli avanzamenti in uno dei due ambiti non possono prescindere dagli sviluppi dell'altro. Per ovviare a questo problema, che è stato efficacemente paragonato al paradosso dell'uovo e della gallina, è stata evidenziata l'importanza di sviluppare partnership e opportunità di dialogo tra regolatori e attori industriali a livello europeo³². L'integrazione di APR in spazi aerei

²⁷ Intervista, 12 aprile 2016.

²⁸ Ibid.

²⁹ "Better Together: EU Capability Programmes Move Forward", in *Jane's Defence Weekly*, 30 March 2016.

³⁰ Laurent Probst et al., "UAV Systems for Civilian Applications", cit., p. 2.

³¹ Ibid.

³² House of Lords European Union Committee, *Civilian Use of Drones in the EU*, cit., p. 36.

non segregati sarà dunque un processo graduale, incrementale e che andrà di pari passo con lo sviluppo tecnologico e regolamentare.

Prospettive in ambito tecnologico

Oltre alla maturazione delle tecnologie abilitanti ed essenziali per garantire un impiego civile dei velivoli a pilotaggio remoto – aspetto quest’ultimo che verrà analizzato nel successivo paragrafo – molteplici sono le prospettive tecnologiche potenzialmente in grado di accrescere la versatilità e la possibilità di impiego di tali aeromobili³³. Nello specifico, i driver che contribuiranno all’espansione e alla diversificazione del mercato andranno principalmente in due direzioni: da un lato verso lo sviluppo di sistemi di comunicazione sempre più performanti così come di sistemi di propulsione più efficienti in grado di assicurare una persistenza superiore; dall’altra, si assisterà ad uno sfruttamento crescente degli sviluppi nel comparto delle nanotecnologie³⁴. Inoltre, particolare attenzione dovrebbe essere posta sulle capacità nel segmento di terra dei sistemi APR, in modo da poter contribuire in maniera determinante alla sicurezza in scenari di difesa civile, di eventi straordinari, di calamità naturali o di mero controllo del territorio³⁵. I programmi di ricerca in questo campo riguarderebbero: la creazione di specifici software in grado di coadiuvare in maniera automatizzata gli analisti al fine di evidenziare e ricercare specifici eventi, comportamenti, traiettorie, materiali o variazioni rispetto agli scenari abituali (o prevedibili); nonché il “modelling” di scenari urbani e/o sociali in combinazione con software di analisi che utilizzino informazioni provenienti da molteplici sensori (ottici, IR, radar, acustici o sensori multispettrali, ecc.) correlandole e confrontandole con previsioni, dati storicizzati o con altri elementi noti³⁶.

Sulla base di una classificazione delle funzioni generalmente eseguite dalle piattaforme a pilotaggio remoto – indipendentemente dalla classe di appartenenza – alcuni studi hanno individuato cinque grandi aree di ricerca e sviluppo che potrebbero presumibilmente portare alla creazione di nuove applicazioni e servizi³⁷. Queste cinque macro aree sono:

³³ Intervista, 18 maggio 2016.

³⁴ Keith Hayward, “Unmanned Aerial Vehicles: A New Industrial System?”, cit., p. 5.

³⁵ Intervista, 18 maggio 2016.

³⁶ Ibid.

³⁷ Robin Higgons, Peter Lee and Jerry Connolly, “Unmanned Aerial Vehicles. Growing Markets in a Changing World”, in *Qi3 White Papers*, February 2014, p. 5-8, <http://www.qi3.co.uk/wp-content/uploads/2014/02/Qi3-Insights-White-Paper-UAVs-Growing-Mar->

1. piattaforma;
2. payload e sensoristica;
3. sistemi di propulsione;
4. sistemi di controllo;
5. information technology.

Relativamente alla prima macro categoria, la varietà e diversità delle applicazioni che gli APR possono generare ha dato impulso allo sviluppo di un ampio ventaglio di classi differenti di APR. Attualmente, alcuni di questi velivoli sono in grado di garantire elevate capacità di persistenza, flessibilità e versatilità. Rispetto a questo punto, è possibile evidenziare una particolare tendenza che riguarderà in maniera specifica le classi di APR per impiego duale: presumibilmente esse tenderanno a fornire delle prestazioni di volo meno impegnative rispetto a quelle impiegate in ambito militare, in termini di velocità, manovrabilità e quote operative³⁸. Per tale motivo i materiali e le tecnologie, nonché l'intero processo di sviluppo e produzione, potrebbero risultare meno complessi e più economici. In questo settore, i miglioramenti che potrebbero facilitare un impiego più diffuso degli APR nonché garantirne l'applicazione in nuovi contesti e scenari sono riconducibili a quattro particolari capacità tecnologiche³⁹:

1. possibilità di condurre operazioni autonome e semi-autonome;
2. collaborazione e comunicazione Vehicle-to-vehicle (V2);
3. capacità "Sense/Detect and Avoid";
4. sistemi di dimensioni ridotte a costi contenuti.

Entrando nel merito di alcune di queste capacità, è interessante analizzare un aspetto cui si era accennato nel primo capitolo: la tendenza ad impiegare piattaforme tattiche per adempiere a missioni in precedenza riservate soltanto ad APR di classe MALE. Questa evoluzione è il risultato degli sviluppi tecnologici avvenuti negli anni – e tuttora in corso – volti ad incrementare le prestazioni dei sistemi di propulsione, aspetto che fino ad ora aveva costituito il principale punto di debolezza di tali piattaforme tattiche rispetto ad APR di maggiori dimensioni⁴⁰.

Tuttavia, la macro area che ha forse subito l'impulso maggiore dal pun-

kets-in-a-Changing-World-2014021903.pdf.

³⁸ CESMA, "Sviluppo di aeromobili a pilotaggio remoto", cit, p. 56.

³⁹ Robin Higgons, Peter Lee and Jerry Connolly, "Unmanned Aerial Vehicles", cit., p. 6.

⁴⁰ Huw Williams, "Closing the Gap: Tactical UASs Set to Muscle in on MALE Mission Space", cit., p. 1.

to di vista tecnologico è rappresentata da payload e sensoristica. Il valore dei finanziamenti e della produzione di payload per sistemi APR – tra i quali sensori EO e IR, SAR, sistemi C4I, ma anche dispositivi di Signal Intelligence (SIGINT) e Electronic Warfare (EW) – dovrebbe raddoppiare passando da 3,1 miliardi di dollari a 6,4 miliardi tra il 2015 e il 2024⁴¹.

Questo trend continua ad essere alimentato da alcune forze evolutive proprie dell'era dell'information technology e della digitalizzazione⁴², tra cui: i processi di miniaturizzazione, inclusi gli sviluppi di nuovi tipi di materiali; la crescita della capacità di memoria e dello spazio di archiviazione dati; il potenziamento della capacità di elaborazione dati; le economie di scala con conseguente riduzione dei costi; la standardizzazione, ossia lo sviluppo e l'adozione di standard relativi al formato dei dati nonché alla loro trasmissione che contribuiranno ad accrescere la disponibilità di sensori plug&play⁴³; e infine il “down marketing”, ossia il progressivo adattamento di tecnologie sviluppate per operazioni militari, in grado di operare a quote operative molto elevate, verso sistemi meno performanti, con capacità di volo a quote più basse e più adatte ad ambienti civili.

Più in generale, i principali ambiti di sviluppo in quest'area mirano al miglioramento delle prestazioni della piattaforma e quindi ad accrescerne la persistenza operativa e a ricercarne nuove applicazioni. Non a caso, i principali risultati conseguiti hanno condotto ad una revisione del parametro “Size Weight and Power” (SWaP), accrescendo il ventaglio delle possibili missioni realizzabili con lo stesso velivolo⁴⁴.

Attualmente la maggior parte dei dispositivi impiegati in missioni civili sono riconducibili alla categoria di sistemi “remote sensing” e le principali tecnologie in fase di studio e sviluppo sarebbero⁴⁵:

⁴¹ Phil Finnegan, “UAV Production Will Total \$93 Billion”, cit.

⁴² US Department of Transportation, *Unmanned Aircraft System (UAS) Service Demand 2015-2035. Literature Review and Projections of Future Usage. Version 0.1*, September 2013, p. 54, <https://fas.org/irp/program/collect/service.pdf>.

⁴³ Lo sviluppo di “open system architecture” starebbe emergendo quale elemento essenziale per lo sviluppo delle future piattaforme a pilotaggio remoto, in quanto sarebbero in grado di garantire maggiore flessibilità sia nella progettazione che nel processo di acquisizione, oltre che facilitare una crescente adattabilità lungo tutto il ciclo di vita del prodotto. Keith Hayward, “Unmanned Aerial Vehicles: A New Industrial System?”, cit., p. 10.

⁴⁴ Huw Williams, “Closing the Gap: Tactical UASs Set to Muscle in on MALE Mission Space”, cit., p. 5.

⁴⁵ Robin Higgins, Peter Lee and Jerry Connolly, “Unmanned Aerial Vehicles”, cit., p. 6-7.

- onde millimetriche passive, ossia senza emissione di energia o onde elettromagnetiche, che consentono di operare rilevando e trasformando in immagine le onde millimetriche emesse da un determinato oggetto;
- radar e SAR;
- infrarosso Terahertz (THz) e termico;
- imaging iperspettrale, che come lo spettrale, colleziona e processa informazioni da tutto lo spettro elettromagnetico relativo alla scena oggetto di osservazione per individuarne gli elementi e identificare materiali e processi;
- imaging ottico e a infrarossi.

Come evidenziato, lo sviluppo tecnologico nel settore dei velivoli a pilotaggio remoto si è concentrato soprattutto su payload ed estensione della capacità operativa, mentre relativamente poca attenzione è stata finora dedicata ai sistemi di propulsione⁴⁶. In molti casi infatti i motori installati sui sistemi APR sono stati mutuati da altre applicazioni anziché essere concepiti per rispondere a specifiche esigenze⁴⁷. Un sistema di propulsione più avanzato sarebbe funzionale non solo a supportare la performance di volo, ma altresì a garantire l'energia necessaria al funzionamento di sensori più evoluti dal punto di vista ingegneristico e capacitivo⁴⁸. Quest'ultimo aspetto rappresenta una delle principali sfide da affrontare dal punto di vista tecnico perché un numero crescente di utenti finali sembrerebbe richiedere la possibilità di impiegare una maggiore quantità e varietà di payload. Ne consegue che molti degli sforzi nell'ambito della ricerca e sviluppo si stanno concentrando sui processi di rimotorizzazione delle piattaforme o sull'ideazione di nuove unità di propulsione⁴⁹. In questo ambito, i sistemi propulsivi di tipo "green, long endurance" (diesel), ma anche soluzioni sistemiche "all electric" stanno acquisendo una rilevanza crescente perché fattore tecnologico abilitante per l'impiego duale di APR. In particolare, molte iniziative internazionali si stanno concentrando sullo sviluppo di soluzioni diesel, sebbene poche siano

⁴⁶ Huw Williams, "Closing the Gap: Tactical UASs Set to Muscle in on MALE Mission Space", cit., p. 2.

⁴⁷ US Department of Transportation, *Unmanned Aircraft System (UAS) Service Demand 2015-2035*, cit., p. 32.

⁴⁸ Ibid.

⁴⁹ US Air Force, *RPA Vector. Vision and Enabling Concepts 2013-2038*, 17 February 2014, p. 38, http://www.defenseinnovationmarketplace.mil/resources/USAF-RPA_VectorVisionEnablingConcepts2013-2038_ForPublicRelease.pdf.

state certificate. Le motivazioni principali di questa tendenza sono riconducibili alla prospettiva di potenziali benefici in termini sia economici, considerando i relativi vantaggi manutentivi, sia ambientali, grazie ai ridotti consumi di questi sistemi propulsivi, nonché prestazionali⁵⁰. I nuovi motori, inoltre, potrebbero essere equipaggiati con delle Engine Control Unit (ECU), ideate specificamente per sistemi APR, le cui funzioni avanzate includono il monitoraggio costante e la diagnostica di tutti i sistemi critici, la ridondanza nella sensoristica e una scatola nera con capacità di registrazione⁵¹. La richiesta di motori sempre più prestanti potrebbe tuttavia condurre ad un trade-off tra la capacità di payload e il consumo, con una potenziale riduzione di entrambi⁵². Infine, un ulteriore driver per lo sviluppo tecnologico in questo ambito riguarda il tentativo di contenere al minimo il rumore e le vibrazioni generate dai motori⁵³.

Diversi, invece, risultano essere i trend relativi alle piattaforme di piccole dimensioni. In questo caso gli ambiti di studio e applicazione riguardano l'impiego di accumulatori e altre tipologie di batterie ideate per incrementare l'efficienza e l'energia generata⁵⁴.

Per quanto attiene invece ai sistemi di controllo, alcuni studi hanno messo in evidenza le seguenti capacità, quali principali sottocategorie di progresso tecnologico⁵⁵:

- sensor fusion: possibilità di combinare le informazioni raccolte tramite diversi tipi di sensori;
- comunicazioni: gestione delle comunicazioni e coordinamento tra una molteplicità di attori anche in presenza di informazioni incomplete o imperfette;
- path planning: capacità di determinare il percorso ottimale di un velivolo tenendo conto degli obiettivi e delle limitazioni specifiche

⁵⁰ A. Calcedonio Boscarino et al., *Soluzioni APR & tecnologie abilitanti*, presentazione al seminario "APR: Situazione e Prospettive", 11 novembre 2013, p. 20, <http://www.aofs.org/conferences/past-eventseventi-trascorsi/6587-2>.

⁵¹ Huw Williams, "Closing the Gap: Tactical UASs Set to Muscle in on MALE Mission Space", cit., p. 3.

⁵² Ibid.

⁵³ US Air Force, *RPA Vector. Vision and Enabling Concepts 2013-2038*, cit., p. 38.

⁵⁴ Robin Higgons, Peter Lee and Jerry Connolly, "Unmanned Aerial Vehicles", cit., p. 7.

⁵⁵ Suraj G. Gupta et al., "Review of Unmanned Aircraft System (UAS)", in *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology*, Vol. 2, No. 4 (April 2013), p. 1655, <http://www.uxvuniversity.com/wp-content/uploads/2014/04/Review-of-Unmanned-Aircraft-System-UAS.pdf>.

- della missione, quali possibili ostacoli o specifiche necessità;
- trajectory generation: possibilità di determinare una manovra di controllo ottimale da attuare per poter seguire un determinato percorso o il trasferimento da una location ad un'altra;
 - task allocation/scheduling: riuscire a distribuire in maniera ottimale i compiti di missione tra diversi attori entro certi limiti di tempo;
 - tattiche cooperative: sviluppo di tecnologie in grado di determinare in maniera ottimale le sequenze di azione e le distribuzioni spaziali delle attività al fine di massimizzare le possibilità di successo all'interno di uno scenario di missione che preveda il coinvolgimento di diversi sistemi pilotati e non;
 - operational safety: applicazione di soluzioni ottimali per riportare il sistema APR a terra in maniera sicura in caso di perdita delle comunicazioni e di malfunzionamento del velivolo/sistema.

Infine, un altro ambito che sarà oggetto di attenzione ed investimenti crescenti riguarderà la ricerca nel campo dell'information technology. La mole di dati acquisita tramite piattaforme APR continuerà a crescere e a differenziarsi rendendo necessario un numero crescente di addetti per processare una simile quantità di informazioni⁵⁶. Già adesso, il volume di dati raccolti supererebbe di gran lunga la capacità di analizzarli e renderli fruibili con gli attuali strumenti e tecnologie a disposizione⁵⁷. Pertanto, la vera sfida sarebbe quella di riuscire ad estrarre quelli maggiormente significativi. Fortunatamente, miglioramenti nel sistema di elaborazione di bordo, compressione, bande di comunicazione e gestione dati sono in fase di studio e potranno avere utili applicazioni sia in ambito militare che civile⁵⁸. Più in generale i programmi di ricerca stanno sviluppando nuovi approcci nell'ambito del data-mining, della fusione di dati raccolti da più sensori nonché analisi e gestione di serie storiche di tali dati, della modellazione e visualizzazione dei dati⁵⁹.

Alcuni trend in questo ambito risultano particolarmente interessanti e coerenti col tema di studio. La capacità di memorizzare ed elaborare dati

⁵⁶ US Department of Transportation, *Unmanned Aircraft System (UAS) Service Demand 2015-2035*, cit., p. 60.

⁵⁷ Intervista, 18 maggio 2016.

⁵⁸ Robin Higgons, Peter Lee and Jerry Connolly, "Unmanned Aerial Vehicles", cit., p. 8.

⁵⁹ Questi studi si inseriscono nel più ampio contesto dell'analisi dei Big Data. Vedi Robin Higgons, Peter Lee and Jerry Connolly, "Unmanned Aerial Vehicles", cit., p. 8.

è molto diffusa grazie all'impiego del "cloud computing", ossia un modello che consente di accedere attraverso internet ad una serie di risorse informatiche configurabili (quali ad esempio network e server)⁶⁰. La grande disponibilità di questo strumento ha permesso al consumatore medio di accedere ad un'enorme capacità di elaborazione e archiviazione dati, con una conseguente sensibile diminuzione del "Total Cost of Ownership" (TCO) dell'apparecchiatura informatica⁶¹, riducendo gli investimenti di acquisizione iniziali e i relativi costi di utilizzo. Questo trend stimolerebbe la crescita nella capacità di elaborazione dati rendendola disponibile a molti utilizzatori di APR con vantaggi potenzialmente trasversali anche al settore militare. Un'ulteriore area di sviluppo riguarda l'introduzione della tecnologia "quantum computer", ossia macchine in grado di sfruttare la potenza degli atomi e delle molecole per compiere funzioni di memoria e di archiviazione con livelli di miniaturizzazione tali da garantire bassi consumi⁶².

Lo sviluppo di nuovi concetti operativi

Tali innovazioni tecnologiche potrebbero portare all'introduzione di nuovi concetti operativi. In particolare, i progressi nell'ambito delle comunicazioni tra più sistemi remotati consentirebbero di facilitare la conduzione di missioni di tipo cooperativo garantendo la condivisione di informazioni tra diversi APR.

Questa prospettiva potrebbe comprendere in futuro anche un impiego combinato di piattaforme a pilotaggio remoto aeree, terrestri, marine e underwater⁶³. Tale scenario consentirebbe una riduzione dei costi complessivi di operazione e un generale miglioramento delle capacità di sorveglianza, ricerca e scoperta in tutte quelle attività che possono essere gestite con processi automatizzati e che possono essere supportate da software avanzati di ricerca e combinazione di dati⁶⁴.

⁶⁰ US Department of Transportation, *Unmanned Aircraft System (UAS) Service Demand 2015-2035*, cit., p. 60.

⁶¹ Il Total Cost of Ownership, ovvero costo totale di possesso, rappresenta il costo globale di un bene (un sistema informatico ad esempio) durante il suo ciclo di vita, prendendo in considerazione non soltanto gli aspetti diretti (costi hardware come i computer, le infrastrutture di rete, ecc. o software come il costo delle licenze), ma anche tutti i costi indiretti (costi nascosti) come la manutenzione, l'amministrazione, la formazione degli utenti e degli amministratori, l'evoluzione, il supporto tecnico e i costi fissi (utenze, elettricità, affitti, ecc.)

⁶² US Department of Transportation, *Unmanned Aircraft System (UAS) Service Demand 2015-2035*, cit., p. 61.

⁶³ Intervista, 6 maggio 2016.

⁶⁴ Intervista, 18 maggio 2016.

A livello nazionale, un risultato tecnologico importante per la conduzione di missioni di tipo cooperativo è stato conseguito dal programma di ricerca SMAT, finanziato dalla regione Piemonte e coordinato da Alenia Aermacchi (ora Leonardo-Finmeccanica). Il progetto si pone l'obiettivo di definire, progettare e sviluppare un sistema avanzato di monitoraggio e sorveglianza del territorio. La prima fase denominata SMAT-F1 si è conclusa nel settembre 2011 con una dimostrazione dell'interoperabilità di tre sistemi APR⁶⁵. Tale risultato appare ancor più significativo se si considera che per la prima volta in Europa tre sistemi hanno operato contemporaneamente in un'area di volo diversa da un poligono militare, ribadendo così le finalità civili del progetto.

Inoltre, risulta particolarmente interessante sottolineare che le evoluzioni tecnologiche sopra esposte costituiranno un fattore abilitante anche per ulteriori applicazioni quali, ad esempio, il volo in sciame ("swarm"), ossia l'impiego di più piattaforme – tendenzialmente di piccole dimensioni – in modalità semi-autonoma o autonoma. In linea teorica, il completo sviluppo di questo concetto consentirebbe allo sciame di APR di configurarsi come un'entità capace di operare in maniera del tutto svincolata dalla struttura di controllo a terra. In quest'ottica, infatti, una volta caricato il profilo di missione, il gruppo di APR sarebbe in grado di muoversi in maniera coordinata e cooperante e, grazie a capacità cognitive e decisionali, riuscirebbe a variare altresì il suo piano di missione. Ad oggi, i limiti principali per la concretizzazione di questa possibilità afferiscono a questioni tecnologiche e normative. Con le prime ci si riferisce principalmente all'endurance limitata relativa alla tipologia di APR menzionata, mentre le seconde sono relative a restrizioni circa la possibilità di condurre operazioni autonome derivanti dal quadro certificativo esistente in materia di sicurezza e identificazione di responsabilità in caso di incidenti. Questi limiti, secondo alcuni addetti ai lavori, verranno superati col tempo e in maniera graduale. Da un punto di vista tecnologico, lo sviluppo e l'applicazione di accumulatori per i sistemi propulsivi giocherà un ruolo particolarmente importante in questo senso⁶⁶.

Nel breve termine, invece, si potrebbe concretizzare la possibilità di volo coordinato e semi-autonomo di un gruppo multiplatforma che comprenderà sistemi ad ala fissa o ad ala rotante in numero inferiore rispetto ad un vero e proprio sciame. In questo caso, la struttura di comando e controllo a

⁶⁵ Per maggiori informazioni si veda la pagina relativa al progetto nel sito della società ALTEC: <https://www.altecspace.it/programmi/gestione-ed-elaborazione-dati/smat>.

⁶⁶ Intervista, 15 giugno 2016.

terra manterrebbe un ruolo rilevante e l'eterogeneità di payload impiegabili consentirebbe di acquisire dati da diversi domini, a seconda della configurazione della missione e dello scenario operativo di riferimento.

Nell'ambito della sicurezza, lo sviluppo di questa capacità potrebbe fornire un valido strumento di osservazione in scenari SAR o in operazione di sorveglianza o di valutazione dei danni riportati da un edificio a seguito di una calamità naturale o un incendio. È interessante sottolineare, inoltre, come questo volo in sciame possa configurarsi come una componente di una struttura di volo più ampia che veda interagire e cooperare anche piattaforme MALE/HALE. Naturalmente il livello di complicazione, anche dal punto di vista tecnologico e di comunicazione, risulta direttamente proporzionale al numero di piattaforme impiegate in contemporanea. Attualmente, a livello internazionale, un esempio significativo di questa capacità è fornito dal Low-Cost UAV Swarming Technology (LOCUST) della US Navy, programma sviluppato in ambito militare, e che prevede il lancio, a partire da una piattaforma navale, di uno sciame di APR di piccole dimensioni in grado di operare in maniera autonoma e cooperativa⁶⁷. Per la concretizzazione degli scenari sopra descritti le principali sfide tecnologiche attengono allo sviluppo di adeguate capacità di rilevazione, elaborazione e comunicazione in tempo reale, soprattutto per assicurare i collegamenti tra i diversi sistemi, oltre che garantire il funzionamento dei link C2 anche nel caso di operazioni multi-velivolo⁶⁸.

3.2 L'INTEGRAZIONE DEI VELIVOLI A PILOTAGGIO REMOTO NELLO SPAZIO AEREO NON SEGREGATO E L'INSERIMENTO IN AMBIENTE ATM: ELEMENTI TECNOLOGICI E COOPERAZIONE CIVILE-MILITARE

L'integrazione degli APR nello spazio aereo non segregato e la capacità di operare in ambiente ATM sono tra gli aspetti più delicati e al tempo stesso cruciali per il futuro degli aeromobili a pilotaggio remoto. È una tema pressoché globale, che riguarda non solo l'Europa ma altresì numerosi altri Paesi, a partire dagli Stati Uniti⁶⁹.

⁶⁷ David Hambling, "U.S. Navy Plans to Fly First Drone Swarm This Summer", in *Defense Tech*, 4 January 2016, <http://wp.me/pH7L4-6Pd>.

⁶⁸ Suraj G. Gupta et al., "Review of Unmanned Aircraft System (UAS)", cit., p. 1656.

⁶⁹ Per una visione d'insieme sull'approccio americano si veda, tra gli altri, Bart Elias,

Sul piano europeo, attorno a questi due temi si gioca la partita volta a disegnare un percorso, regolamentare e tecnologico il più possibile condiviso e armonico con le diverse istanze dei numerosi stakeholder in gioco. L'obiettivo è duplice: garantire la crescita del segmento degli APR sul piano economico e industriale – e quindi occupazionale – all'interno di un mercato unico europeo degli APR, assicurando al tempo stesso il rispetto di adeguati livelli di sicurezza, nella doppia accezione di security e safety.

Il tema è certamente molto ampio, complesso e articolato, poiché il piano nazionale si confronta costantemente e interagisce con quello europeo, e viceversa, mentre l'Unione non può che rapportarsi con altri organismi internazionali, formali e non. Non potendo approfondire tutti gli aspetti che concorrono alla formulazione e definizione di questa tematica, lo scopo di questo paragrafo è di trattare in maniera indicativa l'integrazione degli APR nello spazio aereo civile da due prospettive: la prima è quella tecnologica, e verrà considerata a partire da uno dei documenti di riferimento sul piano comunitario, ossia la "Roadmap for the Integration of Remotely Piloted Aircraft Systems in the European Civil Aviation System"⁷⁰ rilasciata nel 2013. La seconda prospettiva riguarda più da vicino la cooperazione civile-militare, dal momento che l'integrazione degli APR nel traffico aereo generale è un processo intrinsecamente duale in cui, a partire da una convergenza di base su obiettivi e interessi, è in atto un avvicinamento tra i due ambiti di applicazione.

La roadmap europea trae origine e ispirazione da una serie di iniziative e studi intrapresi già a partire dal 2007⁷¹, da varie consultazioni avvenute tra il 2009 e il 2012 – tra cui lo "UAS Panel Process"⁷² – e, infine, dal documento pubblicato dalla stessa Commissione nel settembre 2012⁷³

"Unmanned Aircraft Operations in Domestic Airspace: U.S. Policy Perspectives", in *CRS Reports for Congress*, No. R44352 (27 January 2016), <https://www.fas.org/sgp/crs/misc/R44352.pdf>

⁷⁰ European Commission, European RPAS Steering Group, *Roadmap for the Integration of Remotely Piloted Aircraft Systems in the European Civil Aviation System*, June 2013.

⁷¹ European Commission DG Enterprise and Industry, *Study Analysing the Current Activities in the Field of UAV. Part 1: Status*, 2007, <http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/1707>; *Part 2. Way Forward*, 2007, <http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/1706>.

⁷² Processo di consultazione iniziato a luglio 2011 e conclusosi a febbraio 2012 e strutturato su cinque seminari tematici: 1) industria e mercato; 2) inserimento nello spazio aereo e radiofrequenze; 3) safety; 4) impatto sociale; 5) ricerca e sviluppo.

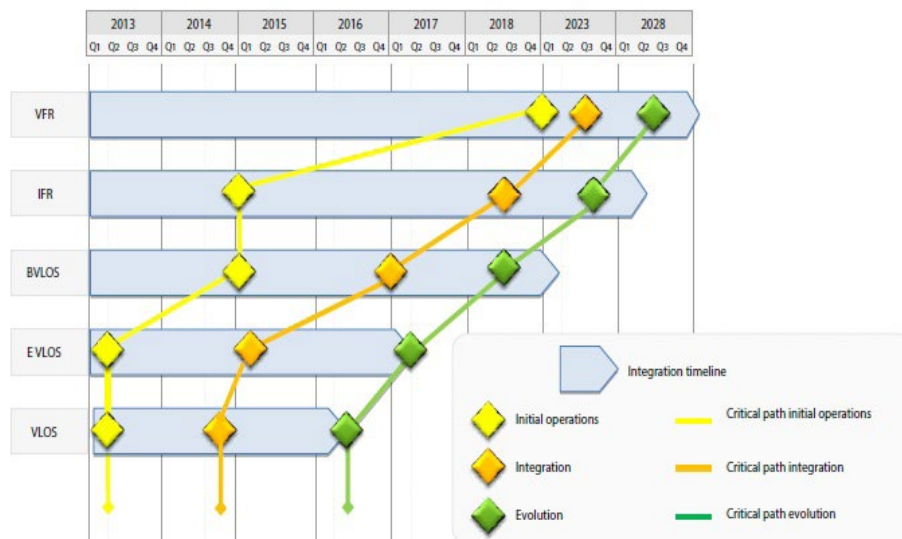
⁷³ European Commission, *Towards a European Strategy for the Development of Civil Applications of Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS)* (SWD/2012/259), 4 September 2012,

col quale venne ufficialmente lanciato il processo di formulazione della futura roadmap. Quest'ultima infatti è stata elaborata dall'European RPAS Steering Group, ovvero un comitato direttivo europeo in materia di APR istituito dalla stessa Commissione alla luce del documento del 2012 e composto da stakeholder ed esperti⁷⁴. Lanciata ufficialmente il 20 giugno 2013 durante il Paris Air Show e ideata coerentemente con gli sviluppi in ambito ICAO⁷⁵, la roadmap delinea una strategia dal 2013 al 2028 basata su un mix di iniziative normative, di ricerca e sviluppo e di previsto impatto sociale, sancendo di fatto un approccio step-by-step per l'integrazione degli APR nello spazio aereo civile. Essa definisce quindi un percorso graduale e incrementale in funzione del tipo di operazioni attese che saranno svolte da questi velivoli, e che andrà di pari passo con lo sviluppo tecnologico e regolamentare in grado di garantire innanzitutto adeguati livelli di security e di safety.

<http://register.consilium.europa.eu/doc/srv?l=EN&f=ST%2013438%202012%20INIT>.

⁷⁴ Facevano parte del comitato: 1) EASA (European Aviation Safety Agency). 2) EUROCONTROL (European Organisation for the Safety of Air Navigation) è l'organizzazione europea per la sicurezza della navigazione aerea che ha come obiettivo primario lo sviluppo di un sistema ATM paneuropeo sia civile sia militare, in grado di garantire un elevato livello di sicurezza in un'ottica di contenimento dei costi e di rispetto dell'ambiente, e disciplinato dalla normativa del Single European Sky (SES). Ne fanno parte 41 Stati, tra cui tutti gli Stati membri dell'Unione europea. 3) SESAR (Single European Sky ATM Research), filone tecnologico del programma Single European Sky (SES), è un programma volto a ridisegnare il sistema di gestione del traffico aereo europeo. Il programma è gestito dal consorzio SESAR Joint Undertaking (SJU), una collaborazione tra il settore pubblico e quello privato. 4) JARUS (Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems) è un gruppo internazionale di autorità aeronautiche volto a promuovere un approccio armonizzato tra gli Stati partecipanti e di evitare la duplicazione degli sforzi nello sviluppo della normativa nazionale e di standard di certificazione per APR della fascia inferiore a 150 kg. Ne fanno parte anche EUROCONTROL ed EASA. 5) ECAC (European Civil Aviation Conference) può essere definita il punto focale della cooperazione in materia di trasporto aereo a livello paneuropeo, anche grazie alla sua esperienza cinquantennale. L'ECAC è composta attualmente da 44 Stati che rappresentano quasi tutto il Vecchio Continente. 6) ASD (AeroSpace and Defence Industries Association of Europe (ASD) rappresenta le industrie aerospaziali, della sicurezza e difesa, e dell'aviazione civile in Europa. 7) UVS International è una delle principali associazioni no-profit di settore basata a Parigi. 8) EREA (European Research Establishments in Aeronautics), nata nel 1999, è un'organizzazione no-profit che riunisce i centri di ricerca più importanti in Europa attivi nel settore aeronautico e del trasporto aereo. 9) European Cockpit Association (ECA) è l'organizzazione a livello comunitario che rappresenta i piloti europei.

⁷⁵ CESMA, "Sviluppo di aeromobili a pilotaggio remoto", cit., p. 87.

Figura 9 – Piano temporale di integrazione degli APR

Fonte: European RPAS Steering Group.

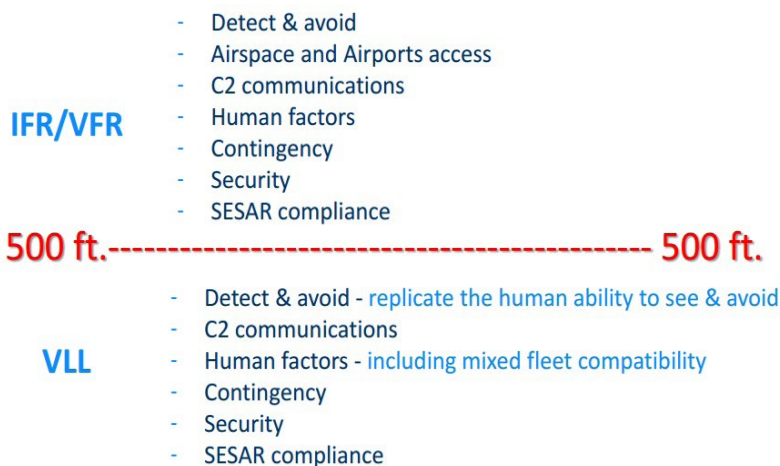
Gli allegati alla roadmap riflettono rispettivamente i tre pilastri su cui si basa l'intero processo di integrazione:

- Allegato 1: iter normativo e regolamentare ("Regulatory Work Plan");
- Allegato 2: un piano di ricerca e sviluppo strategico ("Strategic R&D Plan");
- Allegato 3: analisi sull'impatto sociale in termini di security, responsabilità civile verso terzi e copertura assicurativa⁷⁶, tutela della privacy e protezione dei dati ("the societal impact of RPAS").

⁷⁶ Sebbene questo tema esuli dai contenuti del presente studio, la sua trattazione in ambito nazionale ed europeo è crescente e oggetto di numerosi dibattiti e iniziative. Da tempo la Commissione ha intrapreso una serie di lavori sul regime di responsabilità civile, sui requisiti per la copertura assicurativa degli APR, nonché sullo sviluppo di una regolamentazione assicurativa e l'elaborazione di offerte adeguate e competitive. Si vedano a titolo di esempio i lavori di Anna Masutti (Dipartimento di Scienze giuridiche dell'Università di Bologna) e il rapporto per la Commissione: Steer Davies Gleave, *Study on the Third-Party Liability and Insurance Requirements of Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS)*, November 2014, https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/ec_rpas_final_report_nov14_steer_davies.pdf.

In base alle tipologie di operazioni attese nello spazio aereo generale⁷⁷, l'allegato 2 della roadmap individua le aree prioritarie di sviluppo tecnologico sulle quali concentrare le attività di ricerca e sviluppo al fine di colmare i gap tecnologici ancora esistenti e consentire una piena integrazione con l'ambiente ATM⁷⁸. Tra le tecnologie che necessitano di ulteriore sviluppo e convalida figurano le seguenti: comunicazioni C2, ivi incluse l'allocazione e gestione dello spettro; tecnologie "Detect and Avoid"; sicurezza contro attacchi fisici, elettronici o cyber (inclusa la cyber-resilience); procedure di emergenza trasparenti e armonizzate; capacità di decisione per garantire comportamenti standardizzati e prevedibili in tutte le fasi di volo; e, infine, ciò che riguarda il fattore umano nel suo complesso, compreso il pilotaggio.

Figura 10 – Operazioni attese e aree prioritarie di sviluppo tecnologico



Fonte: SESAR JU.

⁷⁷ Si distingue tra operazioni VLL (Very Low Level) e operazioni VFR (Visual Flight Rules) o IFR (Instrument Flight Rules) con quota superiore a 500 piedi. Le VLL si suddividono in: a) VLOS (Visual Line of Sight), distanze inferiori a 500 metri dall'operatore, diretto contatto visuale e quote inferiori a 400/500 piedi; b) EVLOS (Extended Visual Line of Sight), l'operatore ha il supporto di uno o più osservatori per mantenere il contatto visuale diretto in assenza di sistemi ottici di visualizzazione e a quote inferiori a 400/500 piedi; c) BVLOS (Beyond VLOS), distanze sempre inferiori a 500 metri ma con ausilio di supporti di visualizzazione ottica e quote inferiori a 400/500 piedi. Nel secondo tipo di operazioni ricadono invece: a) operazioni IFR/VFR in LOS/RLS con presenza di traffico aereo e capacità di "Sense/Detect and Avoid" verso il traffico cooperante e non-cooperante; b) operazioni IFR/VFR in BRLOS con sistema di comunicazione terrestre e satellitare.

⁷⁸ SESAR JU, *Presentation at the World ATM Congress*, Madrid, 10-12 March 2015, http://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/wac2015/RPAS_FULL_SLIDE_SET.pdf.

Dal punto di vista della gestione del traffico aereo, le soluzioni tecnologiche necessitano ancora di maturare affinché ci sia una piena e sicura integrazione e compatibilità con l'ambiente ATM. Esse sono inevitabilmente connesse ai requisiti di aeronavigabilità ed ai relativi livelli di safety, agli standard e alle procedure per le diverse classi di APR e, di conseguenza, ad un percorso congiunto di maturazione della parte regolamentare. Il futuro può essere racchiuso nelle seguenti parole:

Un giorno i nostri controllori gestiranno il traffico senza necessariamente distinguere se i piloti dei velivoli sotto la loro responsabilità si trovano a bordo, o seduti a terra a centinaia di chilometri di distanza dal mezzo, magari in un altro continente. Questa è la sfida tecnologica che il futuro sistema ATM si trova ad affrontare. Si aprono scenari nuovi, e nel più lungo termine, considerando la sempre più alta integrazione tra sistemi di bordo e sistemi di terra, nuove possibilità di sviluppo del ruolo stesso del controllore del traffico aereo⁷⁹.

A questo fine, le tecnologie necessarie per l'integrazione di APR all'interno degli attuali sistemi di controllo del traffico aereo riguardano, ad esempio, le capacità di "compliance" con le istruzioni dei controllori di volo, l'integrazione con le operazioni di superficie degli aeroporti (come ad esempio, taxiing, decollo e atterraggio) e i link C2 in grado di trasmettere le informazioni. L'importanza dei link è stata evidenziata dalla roadmap, che identifica la ricerca in tale campo come prioritaria in vista di una futura completa integrazione degli APR negli spazi aerei non segregati. In questo campo è necessario sviluppare ulteriormente diversi e numerosi aspetti. In primo luogo, la necessità di disporre di frequenze radio sufficienti a permettere le operazioni di un vasto numero di APR nello spazio aereo. I link C2 devono essere resi stabili e sicuri da interferenze esterne, sia per prevenire l'accesso di terzi a dati sensibili sia, soprattutto, per evitare la perdita di comunicazioni con l'operatore di terra.

Un'ulteriore sfida è posta dalla mancanza, ad oggi, di adeguate e mature tecnologie relative alla già citata capacità di "Sense/Detect and Avoid"⁸⁰.

⁷⁹ Massimo Bellizzi, "RPAS: una nuova frontiera per il sistema ATM", in *Cleared*, maggio 2015, p. 1, https://www.enav.it/enavWebPortalStatic/cleared/CLEARED_05_2016/index.html#p=2.

⁸⁰ L'Annesso 2 alla Convenzione di Chicago definisce il "Detect and Avoid" (DAA) come "the capability to see, sense or detect conflicting traffic or other hazards and take the

Il loro sviluppo è indispensabile per consentire agli APR di evitare le collisioni in volo e operare in sicurezza negli spazi aerei non segregati. La mancanza di un pilota a bordo del velivolo, infatti, pone delle difficoltà significative in termini di sviluppo tecnologico, richiedendo sistemi in grado di identificare altri velivoli e compiere automaticamente e in sicurezza manovre evasive anche in caso di perdita di contatto tra segmento di terra e segmento di volo⁸¹. Come evidenziato dalla roadmap, ulteriori sviluppi tecnologici sono necessari sia per i sistemi “airborne” (Airborne Sense and Avoid, ABSAA) sia per i sistemi “ground-based” (Ground-Based Sense and Avoid, GBSAA): questi ultimi, sulla base di sensori radar/laser in grado di rilevare la presenza di altro traffico nel volume di operazioni di un APR, potrebbero garantire il livello di sicurezza necessario e facilitare l’inserimento dei velivoli nello spazio aereo non segregato. Appare ancora relativamente lontana nel tempo la possibilità di disporre di tecnologie di “Sense/Detect and Avoid” adeguatamente testate e certificate per permettere l’integrazione di APR in spazi aerei non segregati. Per i sistemi “ground-based” l’orizzonte temporale potrebbe essere più vicino⁸², mentre tecnologie di tipo “airborne” saranno probabilmente realizzate e certificate nei prossimi cinque-dieci anni⁸³.

Il tema della security è ugualmente essenziale per un’effettiva integrazione degli APR in tutte le classi di spazio aereo perché molteplici possono essere le fonti di interferenza – da quelle fisiche, elettroniche, cyber, ecc. – in grado di compromettere la sicurezza del volo, del velivolo, del personale impiegato, degli altri utilizzatori dello spazio aereo e di tutte le terze parti. Oltre ai rischi in ambito cyber già trattati nel secondo capitolo

appropriate action”. Questa capacità mira a garantire la “safe execution” di un volo di un APR e consentire altresì la piena integrazione in tutte le classi di spazio aereo e con tutti gli utenti fruitori del suddetto spazio. Per una presentazione chiara e concisa sul tema si veda: Gerhard Lippitsch, *Detect and Avoid*, cit.

⁸¹ Per una descrizione sintetica e chiara circa gli aspetti di carattere tecnico si veda, tra gli altri: André Haider and Laura Samsó, “Integrating Remotely Piloted Aircraft Systems into Non-Segregated Airspace”, in *JAPCC Journal*, No. 20 (2015), p. 38-45, <https://www.japcc.org/?p=2850>.

⁸² Kyle R. Noth, *Concept Development of a Sense and Avoid System for RPA Operations in Domestic US Airspace*, Presentation, RPAS 2012 UVS Conference, 25 May 2012, http://uvs-international.org/phocodownload/04_1cca_Presentations_PvB_____/38_Noth-Kyle_Mitre-Corp_USA_V1.pdf.

⁸³ Yasmin Tadjdeh, “Collision Avoidance Technology for Unmanned Aircraft Years Away”, in *National Defense Magazine*, July 2015, <http://www.nationaldefensemagazine.org/archive/2015/July/Pages/CollisionAvoidanceTechnologyforUnmannedAircraftYearsAway.aspx>.

e in parte ripresi poc'anzi, la proliferazione di APR per attività ludiche e sportive – i cosiddetti aeromodelli – nonché per attività lavorative di singoli privati e piccole imprese complicherebbe notevolmente la gestione dello spazio aereo. Per quanto si tratti generalmente di sistemi piccoli o piccolissimi, essi possono presentare un considerevole rischio per le persone e per gli altri utenti del cielo. Oltre a ciò il numero crescente di “appassionati” rende certamente più difficile il controllo, la supervisione e la sorveglianza, mentre facilita eventuali azioni di potenziali malintenzionati e aumenta le probabilità per costoro di riuscire ad sfruttare le vulnerabilità di questi piccoli sistemi⁸⁴. Si tratta di una preoccupazione molto sentita se si pensa, ad esempio, al numero sempre più rilevante di mancate collisioni tra velivoli commerciali e APR nonché ai diversi incidenti provocati da piccoli APR utilizzati da operatori privati e/o improvvisati in prossimità degli aeroporti⁸⁵, o in grado di volare a quote abbastanza alte per interferire coi normali corridoi dove transitano i velivoli tradizionali⁸⁶. Al riguardo, durante un recente simposio internazionale dell'ICAO tenutosi a Stoccolma sul tema “The Remotely Piloted Aircraft Systems and Remote Air Traffic Services”⁸⁷, è emersa l'esigenza di poter conoscere e riconoscere tutti gli APR, a prescindere dal peso e dalle finalità di utilizzo. Ciò potrebbe avvenire attraverso un processo di registrazione e assegnazione di un codice identificativo univoco, ovvero una targa. Non solo: dovrà essere possibile identificare a distanza l'APR nel caso in cui il velivolo non sia facilmente visibile ad occhio nudo mediante, ad esempio, l'installazione a bordo di una sorta di trasponder in grado di trasmettere l'identità dell'aeromobile e dell'operatore/proprietario⁸⁸. Infine, è stato evidenziato il forte e crescente interesse verso i servizi di “Unmanned Aerial Vehicle Traffic Management” (UTM), ovvero un'infrastruttura simile a quella dell'attuale ATM e in grado di gestire in sicurezza i futuri flussi di traffico generati dagli APR. Questo di conseguenza apre a nuove sfide tecnologiche e operative in quanto

⁸⁴ Intervista, 18 maggio 2016.

⁸⁵ Nell'aprile 2016 un velivolo della British Airways proveniente da Ginevra con 132 persone a bordo nell'atterrare ad Heathrow ha subito una collisione con un APR, fortunatamente senza alcuna conseguenza per i passeggeri.

⁸⁶ Intervista, 14 giugno 2016.

⁸⁷ Per maggiori informazioni si veda la pagina dedicata all'evento nel sito web dell'ICAO: <http://www.icao.int/Meetings/Remotetech>.

⁸⁸ Cristiano Baldoni, “Droni targati. La sfida del futuro”, in *Cleared*, maggio 2016, p. 5, https://www.enav.it/enavWebPortalStatic/cleared/CLEARED_05_2016/index.html#p=6.

È ormai universalmente riconosciuto che l'UTM è un presupposto fondamentale per rendere possibile, in un futuro prossimo, il volo autonomo di flotte di droni in ambienti diversamente urbanizzati. In analogia all'ATM, l'UTM dovrà permettere la pianificazione di una missione, eventualmente ripetitiva, la validazione della missione, il monitoraggio del volo durante lo svolgimento della missione e l'allerta a fronte di anomalie riscontrate o prevedibili. Uno dei servizi che l'UTM dovrà fornire è il cosiddetto "GeoFencing", ovvero la capacità di contenere il volo del drone all'interno di volumi di spazio aereo consentiti, e al tempo stesso di escludere la penetrazione di un drone non autorizzato all'interno di un volume di spazio aereo protetto. Sebbene siano evidenti le analogie con l'ATM, è altresì evidente che il numero di droni, che dovranno essere gestiti simultaneamente all'interno di uno stesso volume di spazio aereo, non permette di replicare, *mutatis mutandis*, il sistema ATM o di estenderlo per includervi questa emergente classe di utenza. L'UTM dovrà necessariamente essere implementato attraverso elevatissimi livelli di automazione, lasciando all'uomo il ruolo di supervisore di sistema⁸⁹.

La graduale integrazione degli APR negli spazi aerei non segregati costituisce un fattore abilitante che aprirà ulteriormente la strada ad un loro impiego potenzialmente molto esteso e capillare da parte di molti attori istituzionali e non. Questa prospettiva potrebbe spingere in direzione dello sviluppo di sistemi di Modelling and Simulation (M&S) adeguatamente validati e certificati⁹⁰, in grado di replicare in modo realistico le realtà operative degli APR⁹¹. Inoltre, si porrà sempre di più la problematica della certificazione degli operatori civili e militari e del loro inquadramento. Sebbene ad oggi sul territorio nazionale sia presente un numero crescente di scuole di volo, quando si tratta di attività professionali non ludiche è necessario un salto di qualità nelle strutture coinvolte, che devono essere in grado di riflettere le variegate esigenze e rispettare i requisiti di security e safety, e devono essere inoltre dotate di personale qualificato e della strumentazione adeguata. A questo riguardo si potrebbe pensare

⁸⁹ Ibid., p. 5.

⁹⁰ CESMA, "Sviluppo di aeromobili a pilotaggio remoto", cit., p. 55.

⁹¹ Tecnologie di M&S sono al centro di alcuni progetti di ricerca nel quadro del programma SESAR JU. Si veda ad esempio Enric Pastor et al., *Preparing for an Unmanned Future in SESAR Real-time Simulation of RPAS Missions*, Third SESAR Innovation Days, 26 November 2013, <http://www.sesarju.eu/node/1929>.

alla realizzazione e strutturazione di test range dedicati, ovvero strutture di “live training” dove effettuare test sperimentali dei velivoli per ottenere la certificazione e addestrare il pilota e/o l’operatore di APR (di tutte le classi) in scenari simili a quelli in cui si troverà ad operare. L’addestramento certificherebbe ad esempio la capacità del pilota di gestire in massima sicurezza una situazione di interferenza elettromagnetica o un eventuale attacco cyber al datalink del sistema, oppure la capacità dell’operatore impegnato nella “data exploitation”⁹².

L’Italia svolge un ruolo di primo piano, contribuendo a tutta una serie di importanti proposte a livello europeo – spesso partecipando da capofila in progetti industriali e di ricerca e sviluppo – e avviando altresì una serie di iniziative di carattere nazionale che hanno già prodotto alcuni risultati significativi. Ne è un esempio la costituzione del tavolo tecnico istituito dalla Presidenza del Consiglio nel corso del primo semestre del 2015 volto a realizzare un’analisi circa la sperimentazione nazionale sui velivoli a pilotaggio remoto e una sorta di esplorazione delle aree e delle strutture addestrative dedicate. L’obiettivo ultimo è quello di promuovere un approccio coordinato al tema, individuando le possibili sinergie tra i vari stakeholder pubblici – tra cui il Ministero della Difesa e quello dei Trasporti – gli enti come ENAC ed ENAV, le realtà locali (regioni, cluster e distretti tecnologici), il mondo dell’università e della ricerca scientifica, le aziende e le realtà produttive. Uno dei primi esiti del tavolo è stato infatti identificare l’aeroporto di Taranto-Grottaglie in Puglia – incluse le sue infrastrutture logistiche e tecnologiche e alcuni settori dello spazio aereo sovrastante e circostante – come piattaforma a carattere nazionale per tutte le attività di ricerca, di sviluppo industriale e sperimentazione volte ad affrontare le problematiche tecniche e operative legate all’utilizzo duale dei sistemi a pilotaggio remoto e alla loro integrazione in sicurezza negli spazi aerei civili⁹³. La realtà di Grottaglie va comunque vista in sinergia con altre aree, come ad esempio i poligoni sardi ed eventuali corridoi aerei di collegamento tra le strutture. Il “Grottaglie Test Bed” punta a divenire una struttura di riferimento a livello europeo, ponendo le basi per un sistema integrato in cui i diversi attori del sistema interagiscono in maniera sinergica verso un obiettivo comune⁹⁴. L’inaugurazione forma-

⁹² Intervista, 14 giugno 2016.

⁹³ Massimo Bellizzi, “RPAS: una nuova frontiera per il sistema ATM”, cit.

⁹⁴ Domenico Palmiotti, “In Puglia i droni di Finmeccanica”, in *Il Sole 24ore*, 16 marzo 2016, <http://www.ilsole24ore.com/art/impresa-e-territori/2016-03-16/in-puglia-droni-finmeccanica-063913.shtml>.

le è avvenuta a marzo del 2016, ma già qualche mese prima erano state effettuate le prime attività di sperimentazione⁹⁵ con un sistema APR ad ala rotante di 150 kg, o altrimenti detto Rotary Unmanned Aerial Vehicle (RUAV), nell'ambito del progetto INSuRE⁹⁶, parte del più ampio programma europeo SESAR.

Nel mese di marzo 2016 EUROCONTROL ha pubblicato una "RPAS ATM Integration R&D Roadmap Dashboard"⁹⁷ per mostrare i progressi e i risultati conseguiti in campo industriale e tecnologico alla luce della roadmap del 2013. Il documento si propone di fornire una panoramica il più possibile completa e dettagliata dei progetti europei sul tema dell'integrazione degli APR in ambiente ATM indicando l'attività, l'applicazione e l'output di ogni iniziativa, il livello di maturazione tecnologica (Technology Readiness Level, TRL), i partner coinvolti e, infine, la fonte di finanziamento con il relativo importo. Finora si contano quasi 80 progetti per un totale di oltre 450 milioni di euro di finanziamento, così ripartiti: 16 progetti "Applied Research" per un totale di circa 26 milioni di euro; 25 progetti "Technical Development" cui sono stati corrisposti oltre 210 milioni di euro; 38 progetti "Application Validation" per un valore di 216 milioni di euro. A dimostrazione di quanto l'Italia abbia deciso di investire in questo settore e contribuire agli sforzi di integrazione, il Paese ha registrato il più alto numero di aziende coinvolte nei progetti europei, ben 47 tra grandi e piccole e medie imprese.

Complessivamente, le attività ricalcano le aree prioritarie di sviluppo tecnologico identificate nella roadmap del 2013, con una prevalenza abbastanza significativa di quelle relative al "Detect and Avoid", a dimostrazione di quanto tale aspetto sia essenziale per lo sviluppo degli APR. Per quanto riguarda l'ambito applicativo, quello relativo alla sorveglianza ha riguardato il maggior numero di progetti, seguito dalla validazione in ambiente ATM e dalla ricerca e soccorso⁹⁸.

Di questi 79 progetti, 47 sono stati finanziati in parte o completamente

⁹⁵ Per ulteriori dettagli sull'attività realizzata si veda Vittorio La Penna D'Orazi, "Partita la sperimentazione RPAS a Taranto-Grottaglie", in *Cleared*, gennaio 2016, p. 8-9, https://www.enav.it/enavWebPortalStatic/cleared/CLEARED_01_2016/index.html#p=10.

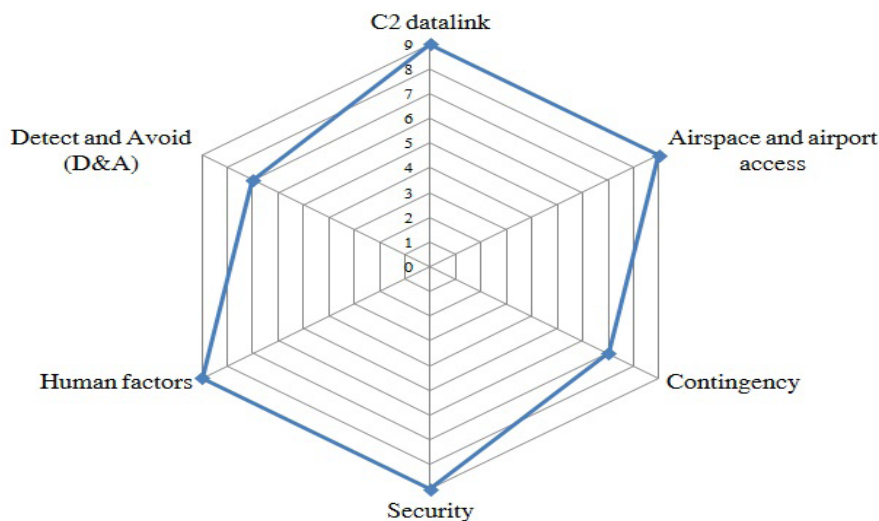
⁹⁶ Per maggiori informazioni sul consorzio e le finalità del progetto si veda il sito web: <http://insure-project.eu>.

⁹⁷ EUROCONTROL, *What Are the European RPAS-Related Projects That Have Received Public Funding and What Is Their Status?*, 8 March 2016, <http://www.eurocontrol.int/news/rpas-dashboard>.

⁹⁸ Ibid.

dalla Commissione europea, mentre un ruolo decisamente importante è stato ricoperto da SESAR JU nell'ambito del programma SESAR volto a ridisegnare il sistema di gestione del traffico aereo europeo⁹⁹.

Figura 11 – Livello massimo di TRL per attività



Fonte: EUROCONTROL.

Col presente studio si è cercato nel limite del possibile di evitare di tracciare una netta distinzione tra sistemi civili e militari, considerando soprattutto la prospettiva di impiego a prescindere dall'aeromobile utilizzato, dal momento che il concetto di APR tende a scardinare la consueta differenziazione tra i due ambiti. Nello specifico, il binomio ATM-APR crea dei punti di contatto e sovrapposizione tra il campo civile e quello militare, rendendo pressoché inevitabile il dialogo tra le due sfere. In altre parole, la gestione del traffico aereo rappresenta un aspetto intrinsecamente duale dal quale non si può prescindere perché tutti gli APR – civili o militari – che vorranno operare con flessibilità e sicurezza, saranno chiamati a interagire a vari livelli e con differenti modalità con il controllo del traffico aereo nel pieno rispetto di adeguati livelli di security e safety.

A dimostrazione di quanto appena constatato, la riflessione e le inizia-

⁹⁹ Con SESAR 1 sono stati finanziati 9 “Demonstration projects” volti alla comprensione e verifica della reale capacità di integrazione degli APR negli spazi aerei civili. I progetti, che si sono conclusi recentemente, hanno permesso di identificare i gap tecnologici ed operativi che erano stati recepiti in termini di priorità tecnologiche dalla “RPAS Definition Phase”, che ha definito un piano di sviluppo e validazione tecnologica.

tive sul processo di integrazione degli APR vedono una crescente, seppur articolata e complessa, interazione tra il campo civile e le esperienze maturate e sviluppate a livello militare. Nella ricerca di un virtuoso bilanciamento tra il mantenimento di un certo livello di sovranità nazionale e l'esigenza di giungere ad un avvicinamento graduale ma inevitabile¹⁰⁰, la collaborazione civile-militare europea nel campo degli APR si pone l'obiettivo di sviluppare una base normativa comune, condivisa e sinergica, evitando sovrapposizioni e un'inefficiente gestione/allocazione delle risorse. Tale collaborazione si concentrerebbe su diversi elementi tra cui i requisiti di aeronavigabilità e safety, lo spettro delle radiofrequenze nonché le soluzioni tecnologiche circa la capacità di "Sense/Detect and Avoid", con lo scopo di ottimizzare gli sforzi, i tempi e costi per lo sviluppo, la certificazione e l'impiego duale di sistemi APR in modo tale da garantire il rispetto delle peculiarità sia in ambito civile che militare.

Ne è un esempio l'intesa che si fa sempre più stretta tra EDA e EASA nel quadro di un accordo di cooperazione firmato dalle due agenzie nel 2013¹⁰¹ allo scopo di armonizzare i requisiti di sicurezza, ai fini della certificazione e dell'ammissione al volo degli aeromobili militari. In questo contesto il ruolo dell'EDA sarebbe quello di facilitare un'armonizzazione dei quadri regolamentari militari nazionali circa l'aeronavigabilità e la gestione del traffico aereo, nonché assicurare correlazione tra l'approccio sviluppato per gli APR istituzionali/governativi e quello generale, comune a tutti gli APR¹⁰². Attraverso l'istituzione dell'RPAS Regulatory Framework Working Group, avvenuta nel marzo 2014, l'EDA si impegna a

sviluppare un insieme armonizzato di requisiti di aeronavigabilità e di procedure comuni di classificazione e certificazione, al fine di garantire che i sistemi APR militari possano integrarsi agevolmente nel futuro sistema aeronautico europeo. L'Agenzia si propone di avere a disposizione entro il 2018 requisiti militari comuni di aeronavigabilità e certificazione per i sistemi APR militari¹⁰³.

¹⁰⁰ Intervista, 23 giugno 2016. Si veda inoltre Antonio De Rosa, *L'Unione europea e la cooperazione civile-militare nel settore aeronautico*, intervento alla giornata di studio intitolata "Origine, stato e prospettive dell'integrazione europea nel settore della Difesa" organizzata a Venezia presso l'Istituto di Studi Militari Marittimi, 12 maggio 2016. Articolo in corso di pubblicazione, gentilmente concesso dall'Autore.

¹⁰¹ European Defence Agency (EDA), *EASA & EDA: Civil-Military Cooperation in Aviation Safety*, 19 June 2013, <https://www.eda.europa.eu/info-hub/press-centre/latest-news/2013/06/19/easa-eda-civil-military-cooperation-in-aviation-safety>.

¹⁰² EASA, *Non Paper: Roadmap for Drone Operations in the European Union (EU)*, cit.

¹⁰³ EDA and SESAR, *The Military in SES/SESAR. Partnering for Safe and Efficient Skies*,

Di fatto, l'RPAS Regulatory Framework Working Group si avvale dei successi conseguiti all'interno del Military Airworthiness Authorities (MAWA) Forum¹⁰⁴ creato nel 2008 su mandato dei Ministri della Difesa, e costituito dai rappresentanti delle autorità nazionali per l'aeronavigabilità militare dei Paesi membri dell'EDA – per l'Italia, la Direzione Armamenti Aeronautici e per l'Aeronavigabilità (DAAA). L'intento del Forum MAWA è quello di promuovere l'armonizzazione dei processi di certificazione dell'aeronavigabilità tra i Paesi europei sviluppando dei requisiti tecnici comuni di aeronavigabilità (European Military Airworthiness Requirements, EMARs)¹⁰⁵, seguendo per analogia le aree definite dal Regolamento comunitario 216/2008 applicato da EASA nel campo dell'aviazione civile.

L'EDA è inoltre impegnata in numerosi progetti di ricerca e sviluppo volti a contribuire alle iniziative di integrazione degli APR negli spazi aerei non segregati. Tra questi progetti – che rientrano nell'ambito del "Joint Investment Programme on RPAS" dell'Agenzia promosso a novembre 2013 e che vede attualmente coinvolti 11 Stati membri dell'EDA – si segnalano il Mid-air Collision Avoidance System (MIDCAS), l'Enhanced RPAS Automation (ERA)¹⁰⁶ e DESIRE II. Ciascuno di questi progetti ha trattato la tematica da diverse angolature, affrontando aspetti di fatto complementari e volti ad colmare i gap tecnologici identificati nella roadmap del 2013.

Del valore complessivo di 50 milioni di euro, il MIDCAS è stato avviato nel 2009 da cinque Stati membri dell'EDA (Francia, Germania, Italia, Spagna e Svezia) con l'obiettivo di dimostrare la capacità di APR di elaborare manovre di ripristino della separazione da suggerire al pilota remoto e, in caso di necessità, manovre anticollisione da eseguire in maniera completamente automatica.

Il progetto ERA è stato recentemente varato dall'EDA per giungere alla maturazione di standard e tecnologie abilitanti nell'ambito di operazioni

February 2016, http://www.eda.europa.eu/docs/default-source/eda-publications/eda-sesar-wac-brochure_light.

¹⁰⁴ Per maggiori informazioni sugli obiettivi, l'organizzazione e il funzionamento del Forum MAWA si veda: EDA, *Military Airworthiness Authorities (MAWA) Forum. Frequently Asked Questions (FAQs)*, Edition 1.1, October 2015, <https://www.eda.europa.eu/docs/default-source/documents/mawa-frequently-asked-questions-ed-1-1.pdf>.

¹⁰⁵ Per consultare alcuni dei documenti prodotti dal Forum MAWA si veda il sito dell'EDA: *Approved MAWA Documents*, <http://www.eda.europa.eu/experts/airworthiness/mawa-documents>.

¹⁰⁶ EDA, *New Project to Facilitate Integration of RPAS into European Airspace*, 11 February 2016, <https://www.eda.europa.eu/info-hub/press-centre/latest-news/2016/02/11/new-project-to-facilitate-integration-of-rpas-into-european-airspace>.

automatizzate di taxi, decollo, atterraggio e di funzioni di “emergency recovery”, ovvero di quelle operazioni/funzioni di emergenza volte al recupero del velivolo a fronte di eventuali criticità¹⁰⁷. Infine, l'EDA e l'Agenzia spaziale europea (ESA) collaborano da tempo al processo di integrazione degli APR nell'ambito della roadmap. DESIRE I e DESIRE II ne sono un esempio. Il primo progetto, a guida spagnola e già concluso, ha dimostrato la capacità dei velivoli a pilotaggio remoto di utilizzare link satellitari per condividere in sicurezza lo spazio aereo con altri sistemi. DESIRE II, lanciato ufficialmente nell'aprile del 2015, è tuttora in corso e

punta a sperimentare capacità di comando e controllo di tipo SATCOM su diverse frequenze, mediante simulazioni, emulazioni e dimostrazioni in volo. DESIRE II sarà inoltre supportato dagli utilizzatori finali (Guardia Costiera, Ceren e Armasuisse), al fine di consolidare i loro requisiti operativi per utilizzare i velivoli APR in spazi aerei non segregati. I risultati che arriveranno da questa campagna dimostrativa verranno distribuiti per supportare i processi europei di standardizzazione e regolamentazione in questo ambito, in particolare per la definizione, da parte delle autorità competenti, dei futuri datalink di comando e controllo a base satellitare¹⁰⁸.

Restando sul tema della cooperazione civile-militare, in un recente “non-paper” pubblicato a fine giugno 2016 da EASA e intitolato “Roadmap for Drone Operations in the European Union”¹⁰⁹ si fa riferimento alla cooperazione civile-militare. Pertanto, alcune considerazioni espresse nel paragrafo 7 “Cooperation with State Aircraft and the military” meritano di essere riportate. Riaffermando il carattere duale dei velivoli a pilotaggio remoto, si ribadisce la necessità di sviluppare ulteriori sinergie evitando eventuali sovrapposizioni tra i due ambiti di applicazione. A tal fine, oltre alla sempre più necessaria integrazione delle rispettive attività di ricerca e sviluppo (coordinamento tra EDA e SESAR JU sulla parte R&D), gli aspetti certificativi e di standardizzazione rappresentano un ulteriore terreno di cooperazione. Su questo punto l'ostacolo principale sarebbe quello di affrontare (e potenzialmente superare) le attuali differenze

¹⁰⁷ Ibid.

¹⁰⁸ Michela Della Maggesa, “Accordo EDA-ESA per la seconda fase del progetto DESIRE, la guida a Telespazio”, in *Airpress*, 21 maggio 2015, <http://www.airpressonline.it/5999>.

¹⁰⁹ EASA, *Non Paper: Roadmap for Drone Operations in the European Union (EU)*, cit.

in safety objective and in continued airworthiness or to overcome military security classification. The collaboration is fostered by the “opt-in” provision proposed in the review of Regulation 216/2008. This option allows Member States to bring specific state activities under civil rules. The civil-military cooperation should also be viewed within the future EU defence action plan to be adopted in 2016. Certification is a critical area to further develop important civil/defence synergies EASA would play a central role in making the military and civil airworthiness approaches converging or in increasing its certification activity for dual-use products by EASA¹¹⁰.

In ambito NATO, invece, le diverse esigenze hanno trovato terreno fertile per una loro cristallizzazione in termine di standardizzazione e regolamentazione. Forte di una più che ventennale esperienza circa l'impiego degli APR in diversi teatri operativi da parte di alcuni dei suoi Paesi membri – che necessariamente ha spinto verso la definizione di specifiche procedure e di un adeguato quadro normativo volti a facilitarne l'utilizzo sia sul territorio nazionale che all'estero – l'Alleanza fornisce il suo contributo alla riflessione sull'integrazione degli APR nello spazio aereo non segregato. I primi gruppi di lavoro sugli APR in ambito NATO, uno per ogni singola forza armata, furono costituiti più di 20 anni fa con l'obiettivo di trattare l'integrazione dei velivoli a pilotaggio remoto nella struttura delle forze NATO. Inizialmente però i lavori risultarono troppo frammentati, eccessivamente “service oriented” e privi di reale armonizzazione e coordinamento. Solo nel gennaio 2006, i tre gruppi di lavoro furono integrati sotto un unico cappello con l'istituzione del Joint Capability Group on Unmanned Aerial System (JCGUAS)¹¹¹. Ai fini del nostro studio, vale la pena menzionare il sottogruppo denominato “Flight In Non-Segregated Air Spaces” (FINAS), il quale si occupa di quattro principali filoni: 1) requisiti di aeronavigabilità; 2) fattore umano; 3) Sense/Detect and Avoid; 4) criteri per la riduzione dei rischi per la safety¹¹².

Standard come lo STANAG 4671 sui requisiti di aeronavigabilità per

¹¹⁰ Ibid., p. 14.

¹¹¹ Konstantinos Dalamagkidis, Kimon P. Valavanis and Les A. Piegl, *On Integrating Unmanned Aircraft Systems into the National Airspace System. Issues, Challenges, Operational Restrictions, Certification, and Recommendations*, 2 ed., Dordrecht and New York, Springer, 2012.

¹¹² Allan Storm, *Civil/Military “Working Together for a Common Future”*, 2015 RPAS Symposium Presentation, March 2015, <http://www.icao.int/Meetings/RPAS/Pages/RPAS-Symposium-Presentation.aspx>.

APR ad ala fissa con MTOW compresi fra 150 e 20.000 kg o lo STANAG 4702 per i velivoli ad ala rotante con MTOW fra i 150 e i 3.175 kg forniscono metodi, standard e dati tecnici (safety levels, failure occurrence, ecc) maturati nel corso dell'impiego militare e che potrebbero rappresentare un punto di riferimento anche per l'ambito civile¹¹³. La normativa italiana militare AER(EP).P-2 recepisce gli standard NATO con alcune ulteriori restrizioni. Al fine di garantire la sicurezza del territorio e del terzo sorvolato sono al momento imposti dei requisiti variabili in funzione dell'energia cinetica del sistema nonché delle limitazioni in base alla densità di popolazione delle aree sorvolate¹¹⁴.

Quanto all'impiego dei sistemi APR militari nel sistema ATM, nel 2007 EUROCONTROL ha adottato le "Specifications for the use of military unmanned aerial vehicles as operational air traffic outside segregated airspace"¹¹⁵ nelle quali, tra l'altro, viene sancito che l'impiego di tali mezzi fuori dagli spazi aerei segregati non deve costituire pericolo per gli altri utilizzatori. Sulla base di questo documento, EUROCONTROL, per le esigenze delle autorità militari dei Paesi europei e della NATO, ha adottato nel 2010 le "Guidelines for Global Hawk in European Airspace"¹¹⁶. Il documento, che presenta un elenco di disposizioni comuni cui si consiglia di attenersi per consentire l'impiego in Europa di tale sistema di aereo a pilotaggio remoto, ribadisce che è di esclusiva responsabilità degli Stati garantire, nel proprio spazio aereo, la sicurezza di tutti gli utilizzatori e dei terzi sorvolati.

Alla luce di quanto fin qui esposto, vale la pena concludere con alcune considerazioni di carattere generale. Come evidenziato nei primi due capitoli, le potenzialità di impiego degli APR nell'ambito civile/sicurezza sono molteplici e variegate, in grado di rispondere potenzialmente a svariate esigenze e necessità, sia a livello europeo che nazionale. Questi

¹¹³ Per quelli inferiori a 150 kg, ci si riferisce allo STANAG 4703 per i velivoli ad ala fissa e allo STANAG 4746 per quelli ad ala rotante. Intervista, 23 giugno 2016.

¹¹⁴ Ministero della Difesa, DAAA, *Omologazione, Certificazione e Qualificazione di Tipo Militare, Idoneità alla Installazione*, aggiornamento 8 maggio 2013, http://www.difesa.it/SGD-DNA/Staff/DT/ARMAEREO/Biblioteca/5Categoria/Documents/AER_EP_P_2_EM_1.pdf.

¹¹⁵ EUROCONTROL, *Specifications for the Use of Military UAVs as Operational Air Traffic Outside Segregated Airspace*, 26 July 2007, <http://www.eurocontrol.int/node/4974>.

¹¹⁶ EUROCONTROL, *Air Traffic Management guidelines for Global Hawk in European airspace*, 5 December 2010, <http://www.eurocontrol.int/node/4815>.

velivoli però, interagendo con l'ambiente circostante tramite l'elettronica e lo spettro elettromagnetico – raccogliendo, processando e scambiando una grande quantità di dati e informazioni che viaggiano nel cyberspazio – sono soggetti a potenziali vulnerabilità che, se non adeguatamente affrontate e mitigate, potrebbero compromettere l'efficacia del sistema, del volo, dell'operazione e, nel peggiore dei casi, mettere a repentaglio l'individuo stesso.

Detto ciò, l'Unione europea dispone di una base industriale solida e competitiva atta a sviluppare forti capacità e competenze nel settore degli APR. Mentre si prevede che gli investimenti nel mercato europeo continueranno a crescere nei prossimi anni – facendo dei sistemi remotati uno dei driver per la crescita economica e industriale dell'aerospazio, difesa e sicurezza¹¹⁷ – la velocità di questo processo dipenderà dall'abilità dei policymaker nazionali ed europei nell'incentivare gli investimenti, regolare coerentemente il mercato e gestire le questioni relative alla sicurezza, alla safety nonché alla privacy. A riguardo, uno dei nodi principali da sciogliere per la creazione di un mercato europeo degli APR attiene all'adeguamento della struttura industriale. Con specifico riferimento al segmento MALE, se si considera il numero di piattaforme in dotazione alle principali forze armate europee appare evidente che la domanda di acquisizione per questo tipo di piattaforme risulterebbe contenuta rispetto a quella per i velivoli tradizionali con pilota a bordo. Questo potrebbe spingere verso una riorganizzazione del comparto industriale degli APR¹¹⁸. Inoltre, il grande valore sia delle componenti hardware sia di quelle software delle piattaforme remote dovrebbe portare allo sviluppo di partnership industriali, come ad esempio tra il settore degli APR e quello delle telecomunicazioni al fine di fornire forme di servizio end-to-end e strategie di vendita più adatte al cliente. Va altresì considerato che con l'entrata in scena di un numero crescente di clienti "civili" – agenzie, forze di polizia, protezione civile, ecc. – è probabile che la domanda si strutturi verso un approccio "service oriented" e che i contratti vengano stipulati sul modello chiavi in mano¹¹⁹. Per questo è importante che l'Ue agisca coesa per attrarre investimenti, sostenendo il know-how e le capacità europee sia in termini di risorse umane sia fornendo supporto alle PMI, e garantendo

¹¹⁷ La crescente domanda di servizi che potrebbe generarsi dal segmento APR contribuirebbe inoltre a stimolare mercati contigui, con un effetto positivo trasversale sull'intera economia europea. Laurent Probst et al., "UAV Systems for Civilian Applications", cit., p. 7.

¹¹⁸ Keith Hayward, "Unmanned Aerial Vehicles: A New Industrial System?", cit., p. 16.

¹¹⁹ Ibid.

una gestione più integrata e coerente del procurement¹²⁰. Sarebbe dunque importante garantire a livello europeo un certo grado di coordinamento a fronte della recente tendenza ad un aumento delle spese nel settore, onde evitare gli inevitabili effetti negativi derivanti da duplicazioni e frammentazioni nei progetti di sviluppo e negli investimenti¹²¹.

Tanto è stato realizzato in questi anni, ma molto resta da fare. Il mercato dei sistemi APR rappresenta una reale opportunità per promuovere crescita economica, creazione di nuovi posti di lavoro e innovazione tecnologica e industriale. La tematica pone, però, nuove sfide: la mancanza di norme, procedure armonizzate a livello europeo e tecnologie convalidate costituisce il principale ostacolo all'apertura del mercato e alla progressiva integrazione di tali sistemi nello spazio aereo europeo e in ambiente ATM. La sfida è appena iniziata e richiede che tutti gli stakeholder in gioco adottino o perseguano un approccio armonico, coordinato e sinergico. L'obiettivo è quello di garantire che il segmento degli APR cresca all'interno di un mercato unico dei velivoli a pilotaggio remoto nel rispetto di adeguati livelli di sicurezza e protezione per i cittadini europei.

¹²⁰ Laurent Probst et al., "UAV Systems for Civilian Applications", cit., p. 2.

¹²¹ August Cole, "Avascent First Person: John Louth of RUSI on International Defence Cooperation", in *Avascent Publications*, 27 May 2016, <http://www.avascent.com/?p=16359>.

Bibliografia

Stuart M. Adams and Carol J. Friedland, *A Survey of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Usage for Imagery Collection in Disaster Research and Management*, Ninth International Workshop on Remote Sensing for Disaster Response, Stanford, 15-16 September 2011, https://blume.stanford.edu/sites/default/files/RS_Adams_Survey_paper_0.pdf

Aeronautica Militare, *Accordo tra Aeronautica, Carabinieri e Polizia*, 26 novembre 2014, http://www.aeronautica.difesa.it/News/Pagine/20141126_Accordo-tra-Aeronautica-Carabinieri-e-Polizia.aspx

Aeronautica Militare, *News: Al via in Calabria l'esercitazione "Grifone 2015"*, 21 settembre 2015, <http://www.aeronautica.difesa.it/News/Pagine/Al-via-in-Calabria-l'esercitazione-di-soccorso-aereo-Grifone-2015.aspx>

Aeronautica Militare, *News: Mare Nostrum: 1^ missione del Predator*, 29 ottobre 2013, <http://www.aeronautica.difesa.it/News/Pagine/MareNostrumIlPredatorAMindividuaunaimbarcazioneconpersoneabordo.aspx>

Aeronautica Militare, *Le vetrine dell'Aeronautica Militare: 10 anni di "Predator"...* 10 anni luce avanti..., 28 maggio 2015, http://www.aeronautica.difesa.it/archiviovetrine_news/Pagine/10annidipredator10anniluceavanti.aspx

Australian Senate, *Use of Unmanned Air, Maritime and Land Platforms by the Australian Defence Force*, June 2015, <http://trove.nla.gov.au/version/213386827>

Valerio Baiocchi, Donatella Dominici, Martina Mormile, "Uav Application In Post-Seismic Environment", in *The International Archives of the Photo-*

grammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XL-1/W2 (2013), p. 21-25, <http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XL-1-W2/21/2013>

Cristiano Baldoni, "Droni targati. La sfida del futuro", in *Cleared*, maggio 2016, p. 4-5, https://www.enav.it/enavWebPortalStatic/cleared/CLEARED_05_2016/index.html#p=6

Joseph Barnard, *The Use of Unmanned Air Vehicles in Exploration and Production Activities*, Barnard Microsystems, 2007, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.434.7839>

Davide Bartocchini, "Roma Drone Expo&Show 2016 dal 13 al 15 maggio", in *Difesa Online*, 13 maggio 2016, <http://www.difesaonline.it/node/6324>

Angus Batey, "The Vulnerabilities of Satellite Navigation Systems", in *Aviation Week & Space Technology*, 17 May 2016

Caroline Baylon, "Leveraging Drones to Improve Nuclear Facility Security and Safety", in *Chatham House Expert Comments*, 22 January 2015, <https://www.chathamhouse.org/expert/comment/16722>

Massimo Bellizzi, "RPAS: una nuova frontiera per il sistema ATM", in *Cleared*, maggio 2015, p. 1, https://www.enav.it/enavWebPortalStatic/cleared/CLEARED_05_2016/index.html#p=2

Eleonora Bertacchini et al., "Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) for High-Resolution Topography and Monitoring Civil Protection Purposes in Hydrogeological Context", in *SPIE Proceedings*, Vol. 9245 (2014)

Michael Blades, *Global Civil Unmanned Aerial Systems (UAS) Market. Strong Market Growth will Accelerate Over the Next Several Years*, Frost & Sullivan, April 2016

Jason Blazakis, "Border Security and Unmanned Aerial Vehicles", in *Connections*, Vol. 5, No. 1 (Fall 2006), p. 154-159, <https://globalnetplatform.org/pfpc/border-security-and-unmanned-aerial-vehicles>

Richard Bloss, "Unmanned Vehicles While Becoming Smaller and Smarter are Addressing New Applications in Medical, Agriculture in Addition to Military and Security", in *Industrial Robot*, Vol. 41, No. 1 (2014), p. 82-86

A. Calcedonio Boscarino et al., *Soluzioni APR & tecnologie abilitanti, presentazione al seminario "APR: Situazione e Prospettive"*, 11 novembre 2013, <http://www.aofs.org/conferences/past-eventseventi-trascorsi/6587-2>

Louisa Brooke-Holland, "Overview of Military Drones Used by the UK Armed Forces", in *House of Commons Briefing Papers*, No. 06493 (8 October 2015), <http://researchbriefings.parliament.uk/ResearchBriefing/Summary/SN06493>

Canadian Trade Commissioner Service, *Unmanned Aircraft Systems (UAS) Market Sector Profile - Rome, Italy*, September 2015, http://www.enterprisecanadanetwork.ca/_uploads/resources/Unmanned-Aircraft-Systems-UAS-Market-Sector-Profile-Rome-Italy.pdf

Bill Canis, "Unmanned Aircraft Systems (UAS): Commercial Outlook for a New Industry", in *CRS Reports for Congress*, No. R44192 (9 September 2015), <https://www.fas.org/sgp/crs/misc/R44192.pdf>

Mauro Caprioli et al., "Management of Environmental Risks in Coastal Areas", in *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XL-3/W3 (2015), p. 263-268, <http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XL-3-W3/263/2015>

CESMA, "Sviluppo di aeromobili a pilotaggio remoto", in *I Quaderni del CESMA*, n. 1 (2014), <http://www.cesmamil.org/wordpress/wp-content/uploads/2014/06/Quaderni-CESMA-01-APR.pdf>

Cobham Aviation Services, *Inquiry into the potential use by the Australian Defence Force of unmanned air, maritime and land platforms*, Submission to the Australian Senate Foreign Affairs, Defence and Trade Committee, 6 February 2015, <http://www.aph.gov.au/DocumentStore.ashx?id=e-a744f39-de5c-4f50-83ba-87d97468faab&subId=303217>

Benjamin Coifman et al., "Roadway Traffic Monitoring from an Unmanned Aerial Vehicle", in *IEE Proceedings - Intelligent Transport Systems*, Vol. 153, No. 1 (March 2006), p. 11-20

August Cole, "Avascent First Person: John Louth of RUSI on International Defence Cooperation", in *Avascent Publications*, 27 May 2016, <http://www.avascent.com/?p=16359>

Commissione europea, *Agenda europea sulla migrazione (COM/2015/240)*, 13 maggio 2015, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/it/TXT/?uri=celex:52015DC0240>

Commissione europea, *Una guardia costiera e di frontiera europea per proteggere le frontiere esterne dell'Europa*, 15 dicembre 2015, http://europa.eu/rapid/press-release_IP-15-6327_it.htm

Commissione europea, *Una nuova era per il trasporto aereo. Aprire il mercato del trasporto aereo all'uso civile dei sistemi aerei a pilotaggio remoto in modo sicuro e sostenibile (COM/2014/207)*, 8 aprile 2014, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/it/TXT/?uri=celex:52014DC0207>

Commissione europea, *Proposta di Regolamento che modifica il regolamento (CE) n. 1406/2002 che istituisce un'Agenzia europea per la sicurezza marittima (COM/2015/667)*, 15 dicembre 2015, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/it/TXT/?uri=celex:52015PC0667>

Consiglio europeo, *Conclusioni del Consiglio europeo del 19 e 20 dicembre 2013 (EUCO 217/13)*, 20 dicembre 2013, <http://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-217-2013-INIT/it/pdf>

Council of the European Union, *Concept for the Contribution of Remotely Piloted Aircraft Systems to EU-led Military Operations*, 31 March 2014, <http://www.statewatch.org/news/2014/oct/eu-eeas-rpas-8387-14.pdf>

Croce rossa italiana, *Droni: parte il progetto della Croce Rossa Italiana. Il 24 febbraio la presentazione alla Roma Drone Conference*, febbraio 2015, <https://www.cri.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/25452>

Croce rossa italiana, *La Croce Rossa a "Roma Drone Urbe 2015" con la sua nuova flotta di droni per le attività di soccorso*, maggio 2015, <https://www.cri.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/27139>

Konstantinos Dalamagkidis, Kimon P. Valavanis and Les A. Pieg, *On Integrating Unmanned Aircraft Systems into the National Airspace System. Issues, Challenges, Operational Restrictions, Certification, and Recommendations*, 2 ed., Dordrecht and New York, Springer, 2012

Geert De Cubber et al., "ICARUS: Providing Unmanned Search and Rescue Tools", in *ICARUS Scientific Publications*, 2012, <http://www.fp7-icarus.eu/icarus-providing-unmanned-search-and-rescue-tools>

J. Ramiro Martínez de Dios, "Fleets of Small Unmanned Aerial Systems for Forest Fire Applications", in *Forest Research*, Vol. 4, No. 1 (March 2015), p. 1-2, <http://dx.doi.org/10.4172/2168-9776.1000e115>

Michela Della Maggesa, "Accordo EDA-ESA per la seconda fase del progetto DESIRE, la guida a Telespazio", in *Airpress*, 21 maggio 2015, <http://www.airpressonline.it/5999>

Michela Della Maggesa, "Volano in simultanea un RPAS e un aereo con equipaggio", in *Airpress online*, 24 maggio 2016, <http://www.airpressonline.it/?p=10582>

Antonio De Rosa, "Gli aeromobili militari a pilotaggio remoto: evoluzione normativa e prospettive", in *Giustizia Militare*, No. 2 (2014), http://www.difesa.it/Giustizia_Militare/rassegna/Bimestrale/2014/Pagine/Rivista-numero2anno2014.aspx

Antonio De Rosa, *L'Unione europea e la cooperazione civile-militare nel settore aeronautico*, intervento alla giornata di studio intitolata "Origine, stato e prospettive dell'integrazione europea nel settore della Difesa" organizzata a Venezia presso l'Istituto di Studi Militari Marittimi, 12 maggio 2016 (in via di pubblicazione)

Tommaso De Zan, Fabrizio d'Amore e Federica Di Camillo, "Protezione del traffico aereo civile dalla minaccia cibernetica", in *Documenti IAI*, N. 15|23 (dicembre 2015), <http://www.iai.it/it/node/5694>

Federica Di Camillo et al., *Il sistema di sicurezza civile italiano*, Roma, Nuova Cultura, 2014 (Quaderni IAI n. 8), <http://www.iai.it/it/node/1792>

James R. Dominy et al., *Exploratory Analysis of Supply Chains in the Defense Industrial Base*, Alexandria, Institute for Defense Analyses (IDA), April 2012, <http://oai.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=ADA560124>

Ehsan Ebrahimi-Oskoei, *Swarm of UAVs: Search & Rescue Operation in Chaotic Ship Wakes*, Master Thesis, Royal Institute of Technology, Stockholm, April 2014, <http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:784038/FULLTEXT01.pdf>

Bart Elias, "Unmanned Aircraft Operations in Domestic Airspace: U.S. Policy Perspectives", in *CRS Reports for Congress*, No. R44352 (27 January 2016), <https://www.fas.org/sgp/crs/misc/R44352.pdf>

Robert J. Ellison et al., "Evaluating and Mitigating Software Supply Chain Security Risks", in *CMU/SEI Technical Notes*, No. 2010-TN-016 (May 2010), <http://resources.sei.cmu.edu/library/asset-view.cfm?assetid=9337>

ENAC, *Regolamento "Mezzi Aerei a Pilotaggio Remoto"*, Edizione 2, Emendamento 1 del 21 dicembre 2015, https://www.enac.gov.it/La_Normativa/Normativa_Enac/Regolamenti/Regolamenti_ad_hoc/info-122671512.html

Milan Erdelj, Enrico Natalizio, "UAV-assisted disaster management: Applications and open issues", in *Proceedings of IEEE ICNC*, February 2016, Kauai, United States, 2016, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01305371/document>

EUROCONTROL, *Specifications for the Use of Military UAVs as Operational Air Traffic Outside Segregated Airspace*, 26 July 2007, <http://www.eurocontrol.int/node/4974>

EUROCONTROL, *Air Traffic Management guidelines for Global Hawk in European airspace*, 5 December 2010, <http://www.eurocontrol.int/node/4815>

European Aviation Safety Agency (EASA), *Non Paper: Roadmap for Drone Operations in the European Union (EU). The Roll-out of the EU Operation Centric Approach*, 16 June 2016, <http://rpas-conference.com/?p=2112>

European Commission, *European Civil Protection Forum 2015. Final Report*, July 2015, http://ec.europa.eu/echo/sites/echo-site/files/cp_forum_2015_final_report.pdf

European Commission, *Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) Workshop for Civil Protection Experts. Final Report*, March 2016, <http://www.eurocontrol.int/publications/rpas-workshop-civil-protection-experts-final-report>

European Commission, *Towards a European Strategy for the Development of Civil Applications of Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS)* (SWD/2012/259), 4 September 2012, <http://register.consilium.europa.eu/doc/srv?l=EN&f=ST%2013438%202012%20INIT>

European Commission DG Enterprise and Industry, *Study Analysing the Current Activities in the Field of UAV. Part 1: Status*, 2007, <http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/1707>

European Commission DG Enterprise and Industry, *Study Analysing the Current Activities in the Field of UAV. Part 2. Way Forward*, 2007, <http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/1706>

European Commission, European RPAS Steering Group, *Roadmap for the Integration of Remotely Piloted Aircraft Systems in the European Civil Aviation System*, June 2013

European Defence Agency (EDA), *EASA & EDA: Civil-Military Cooperation in Aviation Safety*, 19 June 2013, <https://www.eda.europa.eu/info-hub/press-centre/latest-news/2013/06/19/easa-eda-civil-military-cooperation-in-aviation-safety>

European Defence Agency (EDA), *Military Airworthiness Authorities (MAWA) Forum. Frequently Asked Questions (FAQs)*, Edition 1.1, October 2015, <https://www.eda.europa.eu/docs/default-source/documents/mawa-frequently-asked-questions-ed-1-1.pdf>

European Defence Agency (EDA), *New Project to Facilitate Integration of RPAS into European Airspace*, 11 February 2016, <https://www.eda.europa.eu/info-hub/press-centre/latest-news/2016/02/11/new-project-to-facilitate-integration-of-rpas-into-european-airspace>

European Defence Agency (EDA) and SESAR, *The Military in SES/SESAR. Partnering for Safe and Efficient Skies*, February 2016, http://www.eda.europa.eu/docs/default-source/eda-publications/eda-sesar-wac-brochure_light

European Emergency Number Association (EENA), *Remote Piloted Airborne Systems (RPAS) and the Emergency Services*, 20 November 2015, http://www.eena.org/download.asp?item_id=153

European Maritime Safety Agency, *Work Programme 2016*, 16 February 2016, <http://www.emsa.europa.eu/emsa-documents/latest/item/2651-work-programme-2016.html>

Rachel L. Finn et al., *Study on Privacy, Data Protection and Ethical Risks in Civil Remotely Piloted Aircraft Systems Operations. Final Report*, Brussels, European Commission, November 2014, <http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/8550>

Phil Finnegan, "UAV Production Will Total \$93 Billion", in *Teal Group News Briefs*, 19 August 2015, <http://www.tealgroup.com/index.php/teal-group-news-media/item/press-release-uav-production-will-total-93-billion>

Tuomas Forsell, "Finland to test drones on Russian border as migrant flow grows", in *Reuters UK*, 1 February 2016, <http://reut.rs/1UD5xar>

Forze aeree svizzere, *Le Forze aeree svizzere*, aprile 2016, http://www.lw.admin.ch/internet/luftwaffe/it/home/dokumentation/die_lw.html

Luisa Franchina, "Dalla Direttiva UE alla 'governance' nazionale. Infrastrutture Critiche sotto protezione", in *Gnosis*, n. 3/2008, <http://gnosis.aisi.gov.it/gnosis/Rivista16.nsf/ServNavig/17>

Andrea Gilli e Mauro Gilli, "The Diffusion of Drone Warfare? Industrial, Organizational, and Infrastructural Constraints", in *Security Studies*, Vol. 25, No. 1 (2016), p. 50-84

Andrea Gilli e Mauro Gilli, "Non sarà il boom dei droni a incrinare la supremazia americana", in *Il Foglio*, 27 aprile 2016, http://www.ilfoglio.it/esteri/2016/04/27/stati-uniti-boom-droni-supremazia-americana__1-v-141256-rubriche_c255.htm

Cristina Gómez and David R. Green, "Small-Scale Airborne Platforms for Oil and Gas Pipeline Monitoring and Mapping", in *Proceedings of the Fifth International Conference on Remote Sensing for Marine and Coastal Environments: 5-7 October 1998, San Diego, California, USA*, Vol. 1, Ann Arbor, ERIM International, 1998, https://www.abdn.ac.uk/geosciences/documents/UAV_Report_Redwing_Final_Appendix_Update.pdf

Siobhan Gorman, Yochi J. Dreazen and August Cole, "Insurgents Hack U.S. Drones", in *The Wall Street Journal*, 17 December 2009, <http://on.wsj.com/1zd4qWh>

Suraj G. Gupta et al., "Review of Unmanned Aircraft System (UAS)", in *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology*, Vol. 2, No. 4 (April 2013), p. 1646-1658, <http://www.uuxvuniversity.com/wp-content/uploads/2014/04/Review-of-Unmanned-Aircraft-System-UAS.pdf>

Chad C. Haddal, Jeremiah Gertler, "Homeland Security: Unmanned Aerial Vehicles and Border Surveillance", in *CRS Reports for Congress*, No. RS21698 (8 July 2010), <http://www.fas.org/sgp/crs/homesecc/RS21698.pdf>

André Haider and Laura Samsó, "Integrating Remotely Piloted Aircraft Systems into Non-Segregated Airspace", in *JAPCC Journal*, No. 20 (2015), p. 38-45, <https://www.japcc.org/?p=2850>

David Hambling, "U.S. Navy Plans to Fly First Drone Swarm This Summer", in *DefenseTech*, 4 January 2016, <http://wp.me/pH7L4-6Pd>

Scott Harris, "Unmanned Aerial Vehicles: More Than a Surveillance Tool", in *The Police Chief*, No. 81 (December 2014), p. 66-67, <http://www.police->

chiefmagazine.org/magazine/index.cfm?fuseaction=display_arch&article_id=3593

Kim Hartmann and Christoph Steup, "The Vulnerability of UAVs to Cyber Attacks - An Approach to the Risk Assessment", in Karlis Podins, Jan Stinissen and Markus Maybaum (eds.), *5th International Conference on Cyber Conflict (CYCON 2013)*, Tallinn, NATO CCD COE Publications, 2013, p. 95-119, <https://ccdcoe.org/cycon/2013/proceedings/cyconBOOK2013.pdf>

Dieter Hausamann et al., "Monitoring of Gas Pipelines - A Civil UAV Application", in *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, Vol. 77 No. 5 (2005), p. 352-360

Ben Hayes, Chris Jones and Eric Töpfer, *EURODRONES Inc.*, London, Statewatch, February 2014, http://statewatch.org/observatories_files/drones/eu/eurodrones.htm

Keith Hayward, "Unmanned Aerial Vehicles: A New Industrial System?", in *Royal Aeronautical Society Discussion Papers*, November 2013, <http://aerosociety.com/Assets/Docs/Publications/DiscussionPapers/UASDiscussionPaper.pdf>

Robin Higgons, Peter Lee and Jerry Connolly, "Unmanned Aerial Vehicles. Growing Markets in a Changing World", in *Qi3 White Papers*, February 2014, <http://www.qi3.co.uk/wp-content/uploads/2014/02/Qi3-Insights-White-Paper-UAVs-Growing-Markets-in-a-Changing-World-2014021903.pdf>

House of Lords European Union Committee, *Civilian Use of Drones in the EU*, 7th Report of Session 2014-15, 5 March 2015, <http://www.publications.parliament.uk/pa/ld201415/ldselect/lddeucom/122/122.pdf>

Todd Humphreys, *Statement on the Vulnerability of Civil Unmanned Aerial Vehicles and Other Systems to Civil GPS Spoofing*, Testimony before the House Committee on Homeland Security, Subcommittee on Oversight, Investigations, and Management, 18 July 2012, <https://homeland.house.gov/files/Testimony-Humphreys.pdf>

Gareth Jennings, "Elbit announces Hermes 900 deal for Switzerland", in *Jane's Defence Weekly*, 26 November 2015, <http://www.janes.com/article/56274>

Gareth Jennings, "Indra P2006T MRI Aircraft to Patrol Mediterranean for Frontex", in *Jane's Defence Weekly*, 23 March 2016, <http://www.janes.com/article/58997>

Ron Johnson, *The State of America's Border Security*, Majority Staff Report, Senate Committee on Homeland Security and Governmental Affairs, 23 November 2015, <http://www.hsgac.senate.gov/download/border-report>

Joint Air Power Competence Centre (JAPCC), *Remotely Piloted Aircraft Systems in Contested Environments. A Vulnerability Analysis*, September 2014, <https://www.japcc.org/?p=132>

Sinem Kahvecioglu and Hakan Oktal, "Turkish UAV Capabilities As a New Competitor in the Market", in *International Journal of Intelligent Unmanned Systems*, Vol. 2, No. 3 (2014), p. 183-191, <http://dx.doi.org/10.1108/IJI-US-04-2014-0004>

Berfu Kiziltan, "Turkey's Border Porosity Problem with PKK", in *Small Wars Journal*, 18 June 2009, <http://smallwarsjournal.com/jrnl/art/turkeys-border-porosity-problem-with-pkk>

Vittorio La Penna D'Orazi, "Partita la sperimentazione RPAS a Taranto-Grottaglie", in *Cleared*, gennaio 2016, p. 8-9, https://www.enav.it/enavWebPortalStatic/cleared/CLEARED_01_2016/index.html#p=10

Linxin Li, "The UAV Intelligent Inspection of Transmission Lines", in Ming Liu and Xiangdong Zhang (eds.), *Proceedings of the 2015 International Conference on Advances in Mechanical Engineering and Industrial Informatics (AMEII 2015)*, Paris, Atlantis Press, 2015, p. 1542-1545, http://www.atlantis-press.com/php/download_paper.php?id=21957

Gerhard Lippitsch, *Detect and Avoid*, 2015 RPAS Symposium Presentation, March 2015, <http://www.icao.int/Meetings/RPAS/Pages/RPAS-Symposium-Presentation.aspx>

George Loukas, *Cyber-Physical Attacks. A Growing Invisible Threat*, Oxford and Waltham, Butterworth-Heinemann, 2015

Benoit Malevergne and Franjo Hrala, "Developing European Remotely Piloted Aircraft Systems - RPAS", in *Impetus*, No. 20 (Autumn/Winter 2015), p. 16-17, http://www.eeas.europa.eu/csdp/structures-instruments-agencies/eu-military-staff/documents/impetus_n20.pdf

Elizabeth Malloy, "Relief from Above", in *INSIDE Aerospace*, April 2014, p. 18-20, http://www.northropgrumman.com/Capabilities/GlobalHawk/Documents/Relief_From_Above.pdf

Luisa Marin and Kamila Krajčiková, "Deploying Drones in Policing Southern European Borders: Constraints and Challenges for Data Protection and Human Rights", in Aleš Završnik (ed.), *Drones and Unmanned Aerial Systems. Legal and Social Implications for Security and Surveillance*, Heidelberg and New York, Springer, 2016, p. 101-127

Alessandro Marrone, "A European Drone by 2025? The View from Italy on EUROMALE", in *ARES Comments*, May 2016, <http://www.iris-france.org/notes/euromale-2025-the-italian-view>

Alessandro Marrone, Michele Nones e Alessandro R. Ungaro (a cura di), *Innovazione tecnologica e difesa: Forza NEC nel quadro euro-atlantico*, Roma, Nuova Cultura, maggio 2015 (Quaderni IAI n. 14), <http://www.iai.it/it/node/4238>

Alessandro Marrone, Michele Nones e Alessandro R. Ungaro, "Politica di difesa, strumento militare e operazioni nel Mediterraneo", in Alessandro Marrone e Michele Nones (a cura di), *La sicurezza nel Mediterraneo*, Roma, Nuova Cultura, 2015 (Quaderni IAI n. 15), p. 115-147, <http://www.iai.it/it/node/5607>

Edward D. McCormack, *The Use of Small Unmanned Aircraft by the Washington State Department of Transportation*, Washington, Washington State Transportation Center, June 2008, <http://www.wsdot.wa.gov/research/reports/fullreports/703.1.pdf>

Measure and American Red Cross, *Drones for Disaster Response and Relief Operations*, April 2015, <http://www.issuelab.org/resources/21683/21683.pdf>

Cristopher Miller, "Drones Help Save Migrants in the Mediterranean", in *Mashable*, 21 August 2015, <http://mashable.com/2015/08/21/drones-help-find-migrants-in-the-mediterranean-sea>

Greg Miller, *MQ-4C BAMS UAS, Broad Area Maritime Surveillance Unmanned Aircraft System*, presentation at the International Conference on Autonomous Unmanned Vehicles (ICAUUV 2012), Bangalore, 24-25 February 2012

Ministero della Difesa, *Bruxelles: Italia - Francia - Germania firmano intesa per drone europeo*, 18 maggio 2015, http://www.difesa.it/Primo_Piano/Pagine/20150518_Bruxelles_Drone.aspx

Ministero della Difesa, DAAA, *Omologazione, Certificazione e Qualificazione di Tipo Militare, Idoneità alla Installazione*, aggiornamento 8 maggio 2013, http://www.difesa.it/SGD-DNA/Staff/DT/ARMAEREO/Biblioteca/5Categoria/Documents/AER_EP_P_2_EM_1.pdf

Ministero dell'Interno, Decreto 29 aprile 2016: Modalità di utilizzo da parte delle Forze di polizia degli aeromobili a pilotaggio remoto (GU n. 111 del 13 maggio 2016), <http://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2016/05/13/16A03629/sg%20>

Tom M. Mitchell, *Machine Learning*, New York, McGraw Hill, 1997

Thomas Moranduzzo and Farid Melgani, "Monitoring Structural Damages in Big Industrial Plants with UAV Images", in *IEEE-International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS-2014*, New York, IEEE, 2014, p. 4950-4953

Michael Neale and Dominique Colin, *ICAO RPAS Manual C2 Link and Communications*, 2015 RPAS Symposium Presentation, March 2015, <http://www.icao.int/Meetings/RPAS/Pages/RPAS-Symposium-Presentation.aspx>

Rod Nickel, "Alberta Flies Drones to Find Cause of Epic Canadian Wild-fire", in *Reuters*, 7 May 2016, <http://reut.rs/1XehoiD>

Nikolaj Nielsen, "EU Looks to 'Hybrid Drones' for Legal Shortcut on Migration", in *EUobserver*, 14 October 2013, <https://euobserver.com/priv-immigration/121735>

Kyle R. Noth, *Concept Development of a Sense and Avoid System for RPA Operations in Domestic US Airspace*, Presentation, RPAS 2012 UVS Conference, 25 May 2012, http://uvs-international.org/phocadownload/04_1cca_Presentations_PvB_____/38_Noth-Kyle_Mitre-Corp_USA_V1.pdf

Domenico Palmiotti, "In Puglia i droni di Finmeccanica", in *Il Sole 24ore*, 16 marzo 2016, <http://www.ilsole24ore.com/art/impresa-e-territori/2016-03-16/in-puglia-droni-finmeccanica-063913.shtml>

Enric Pastor et al., "Architecture for a Helicopter Based Unmanned Aerial Systems Wildfire Surveillance System", in *Geocarto International*, Vol. 26, No. 2 (2011), p. 113-131

Enric Pastor et al., *Preparing for an Unmanned Future in SESAR Real-time Simulation of RPAS Missions*, Third SESAR Innovation Days, 26 November 2013, <http://www.sesarju.eu/node/1929>

Russell P. Petcoff, "Global Hawk Collects Reconnaissance Data during Haiti Relief Efforts", in *U.S. Air Force News*, 15 January 2010, <http://www.af.mil/News/ArticleDisplay/tabid/223/Article/118014/global-hawk-collects-reconnaissance-data-during-haiti-relief-efforts.aspx>

Polizia di Stato, *Avviso pubblico relativo al comodato finalizzato alla sperimentazione di apparecchi di tipo SAPR (Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto) per i servizi effettuati da personale della Polizia di Stato*, 9 dicembre 2015, <http://www.poliziadistato.it/articolo/40713>

Polizia di Stato, "Droni e sicurezza": la Polizia al salone aeronautico di Roma, 24 maggio 2014, <http://www.poliziadistato.it/articolo/view/33560>

Laurent Probst et al., "UAV Systems for Civilian Applications", in *Business Innovation Observatory Case Studies*, No. 58 (August 2015), <http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/13430>

Anuj Puri, *A Survey of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) for Traffic Surveillance*, Tampa, University of South Florida Department of Computer Science and Engineering, 2004, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.108.8384>

Agoston Restas, "Drone Applications for Supporting Disaster Management", in *World Journal of Engineering and Technology*, Vol. 3, No. 3C (October 2015), p. 316-321, <http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=60553>

Emy Rivera, Robert Baykov e Guofei Gu, *A Study On Unmanned Vehicles and Cyber Security*, 2014, <http://students.cse.tamu.edu/emyl/report.pdf>

Zach Rosenberg, "AUVSI - Flying With or Without Pilots", in *Flightglobal News*, 5 August 2011, <https://www.flightglobal.com/news/articles/auvsi-flying-with-or-without-pilots-360354>

Giulia Saudelli, "Tra la polizia italiana e i droni potrebbe nascere presto una grande storia d'amore", in *VICE News*, 5 novembre 2015, <https://news.vice.com/it/article/droni-polizia-italiana>

Rob Schultz, "UW-Madison - Drone Technology Could Help Fight Terrorism, Bomb-sniffing Drone Technology Developed at UW-Madison Could Save Lives", in *Wisconsin State Journal*, 24 April 2016, http://host.madison.com/wsj/news/local/education/university/bomb-sniffing-drone-technology-developed-at-uw-could-become-nightmare/article_498e9cb0-f638-5a91-8899-40be16ab6d29.html

Marc Selinger, "Filling a Niche with a Switch", in *Unmanned Systems*, January 2014, p. 15-17, http://proxytechnologies.com/content/upload/files/01_14UnmannedSystems_web.pdf

SESAR Joint Undertaking (SJU), *Presentation at the World ATM Congress*, Madrid, 10-12 March 2015, http://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/wac2015/RPAS_FULL_SLIDE_SET.pdf

Scott Shane and David E. Sanger, "Drone Crash in Iran Reveals Secret U.S. Surveillance Effort", in *The New York Times*, 7 December 2011, <http://nyti.ms/293nUo2>

Peter W. Singer, *Wired for War. The Robotics Revolution and Conflict in the 21st Century*, New York, Penguin Press, 2009

Therese Skrzypietz, "Unmanned Aircraft Systems for Civilian Missions", in *BIGS Policy Papers*, No. 1 (February 2012), <http://www.bigs-potsdam.org/index.php/42-publikationen/policy-paper/371>

Steer Davies Gleave, *Study on the Third-Party Liability and Insurance Requirements of Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS)*, November 2014, https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/ec_rpas_final_report_nov14_steer_davies.pdf

Aaron Stein, "Can Turkey and the United States come together on drones?", in *War on the Rocks*, 25 April 2016, <http://warontherocks.com/?p=12197>

Allan Storm, *Civil/Military "Working Together for a Common Future"*, 2015 RPAS Symposium Presentation, March 2015, <http://www.icao.int/Meetings/RPAS/Pages/RPAS-Symposium-Presentation.aspx>

Yasmin Tadjdeh, "Collision Avoidance Technology for Unmanned Aircraft Years Away", in *National Defense Magazine*, July 2015, <http://www.nationaldefensemagazine.org/archive/2015/July/Pages/CollisionAvoidanceTechnologyforUnmannedAircraftYearsAway.aspx>

Richard Thomas, "EMSA Tender for Surveillance UAV", in *UV Online*, 25 April 2016, <https://www.shephardmedia.com/news/uv-online/emsa-tender-surveillance-uav>

UK Prime Minister's Office, *National Security Strategy and Strategic Defence and Security Review 2015. A Secure and Prosperous United Kingdom*, November 2015, <https://www.gov.uk/government/publications/national-security-strategy-and-strategic-defence-and-security-review-2015>

Morgan Ulvklo et al., "A Sensor Management Framework for Autonomous UAV Surveillance", in *SPIE Proceedings*, No. 5787 (2005)

US Air Force, *RPA Vector. Vision and Enabling Concepts 2013-2038*, 17 February 2014, http://www.defenseinnovationmarketplace.mil/resources/USAF-RPA_VectorVisionEnablingConcepts2013-2038_ForPublicRelease.pdf

US Customs and Border Protection, *Concept of Operations for CBP's Predator B Unmanned Aircraft System. Fiscal Year 2010 Report to Congress*, 29 June 2010, <https://www.eff.org/node/74811>

US Customs and Border Protection, "Unmanned Aircraft System MQ-9 Predator B", in *CBP Fact Sheets*, October 2015, <https://www.cbp.gov/node/91465>

US Department of Transportation, *Unmanned Aircraft System (UAS) Service Demand 2015-2035. Literature Review and Projections of Future Usage. Version 0.1*, September 2013, <https://fas.org/irp/program/collect/service.pdf>

Alvaro Valcarce et al., "Airborne Base Stations for Emergency and Temporary Events", in Riadh Dhaou et al. (eds.), *Personal Satellite Services*, Heidelberg and New York, Springer, 2013, p. 13-25, <https://arxiv.org/pdf/1307.3158>

Yves Vandewalle, Jean-Claude Viollet, "Rapport d'information sur les drones", in *Assemblée nationale-Rapports d'information*, 13ème lég., n° 2127 (1 décembre 2009), <http://www.assemblee-nationale.fr/13/rap-info/i2127.asp>

Andrija Vidović and Dino Diminić, "Possibility of Implementing Unmanned Aerial Vehicles in Firefighting Operations", in Stanislav Pavlin and Mario Šafran (eds.), *International Scientific Conference Development Possibilities of Croatian Transport System*, Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences, 2014, p. 107-116, <http://bib.irb.hr/prika-zi-rad?rad=694229>

John A. Volpe National Transportation Systems Center, *Vulnerability Assessment of the Transportation Infrastructure Relying on the Global Positioning System*, 29 August 2001, http://www.navcen.uscg.gov/pdf/vulnerability_assess_2001.pdf

Sonia Waharte and Niki Trigoni, *Supporting Search and Rescue Operations with UAVs*, International Conference on Emerging Security Technologies, 2010, https://www.cs.ox.ac.uk/files/3198/submission_waharte.pdf

Siemon Wezeman, *UAVs and UCAVs: Developments in the European Union*, Brussels, European Parliament, October 2007, [http://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=EXPO-SEDE_ET\(2007\)381405](http://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=EXPO-SEDE_ET(2007)381405)

Craig Whitlock, "U.S. Surveillance Drones Largely Ineffective along Border, Report Says", in *The Washington Post*, 6 January 2015, <http://wpo.st/emRj1>

Huw Williams, "Closing the Gap: Tactical UASs Set to Muscle in on MALE Mission Space", in *Jane's International Defence Review*, 31 March 2016, http://www.janes360.com/images/assets/313/59313/Closing_the_gap_tactical_UASs_set_to_muscle_in_on_MALE_mission_space.pdf

Siew Ping Yeong, Lisa M. King and Sharul Sham Dol, "A Review on Marine Search and Rescue Operations Using Unmanned Aerial Vehicles", in *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, Vol. 9, No. 2 (2015), p. 396-399, <http://waset.org/publications/10001953>

Bahadır Yilmaz, "Cost and Effectiveness Analysis on Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Use at Border Security", in *SPIE Proceedings*, Vol. 8711 (2013)

Gregg Zoroya, "Pentagon: Military Spy Drones in U.S. Used for Disaster Relief", in *USA Today*, 10 March 2016, <http://usat.ly/1piUvxy>

Finito di stampare nel mese di luglio 2016
con la tecnologia *print on demand*
presso il CentroStampa "Nuova Cultura"
p.le Aldo Moro n. 5, 00185 Rome
www.nuovacultura.it
per ordini: ordini@nuovacultura.it

[Int_9788868127084_17x24bn_LM03]