



UTILIZZO DEI DRONI NEL MONITORAGGIO DELLA FAUNA E DELLA VEGETAZIONE

ESEMPI DI APPLICAZIONE DEL DRONE NELL'INDIVIDUAZIONE DI CORRIDOI FAUNISTICI E NELL'ANALISI DELLA VEGETAZIONE NEL MONITORAGGIO AMBIENTALE PER INFRASTRUTTURE DI TRASPOSTO



Introduzione dei droni nel monitoraggio ambientale sta segnando un punto di svolta nell'attuazione di pratiche un tempo complesse sia per tempistiche che per costi, soprattutto in contesti di difficile accessibilità. Questa evoluzione non è più una promessa futura, ma una realtà consolidata che vede anche Enti come ISPRA e ARPA impiegare regolarmente queste tecnologie. La capacità di acquisire dati ad altissima risoluzione in tempo reale permette di eseguire monitoraggi ambientali di alta precisione e affidabilità e di intervenire con tempestività in caso di necessità.

BREVI CENNI STORICI

Negli ultimi anni l'utilizzo dei droni ha subito una crescita esponenziale grazie alla crescente accessibilità, alla miniaturizzazione dei sensori e allo sviluppo di software avanzati per la raccolta e l'elaborazione dei dati.

La loro evoluzione affonda le radici già nell'Ottocento, con i primi esperimenti di velivoli senza equipaggio, ma è nel corso del Novecento che grazie alle esigenze belliche e ai progressi dell'ingegneria si sviluppano i primi sistemi controllati a distanza. Si individua nell'ingegnere britannico Archibald Low, spesso indicato come "il padre del drone", il primo ad utilizzare le onde radio per controllare le superfici di volo di un aeromobile, gettando le basi tecnologiche per i moderni droni. Con l'evolversi delle tecnologie disponibili si arrivò ad impiegare i droni nei conflitti mondiali e nella guerra del Vietnam, utilizzandoli inizialmente principalmente come strumenti di osservazione, ricognizione e supporto operativo.

A partire dagli anni '80, inoltre, la rapida innovazione tecnologica caratterizzata tra l'altro dalla miniaturizzazione dei componenti elettronici e dal miglioramento dei sistemi di navigazione, ha reso questi dispositivi più efficienti ed economicamente accessibili fino ad arrivare nei primi anni 2000 ad una vera e propria esplosione del settore.

I droni sono oggi impiegati in molteplici ambiti, che spaziano ad esempio dall'energia alla sicurezza, dai media all'archeologia, fino all'edilizia, alle telecomunicazioni e al monitoraggio ambientale.

NORMATIVA VIGENTE

Parallelamente allo sviluppo tecnologico, si è reso necessario definire un quadro normativo chiaro e condiviso. In Europa, la disciplina dei droni rientra nella regolamentazione dell'aviazione civile promossa dall'European Union Aviation Safety Agency (EASA), che definisce il compito di garantire standard uniformi di sicurezza in tutta l'Unione. La normativa specifica è contenuta nei Regolamenti (UE) 2019/947 e 2019/945, che suddividono le operazioni con droni in tre categorie in base al rischio: Open, Specific e Certified.

La categoria Open (basso rischio) prevede limiti generali, tra cui peso massimo di 25 kg, altezza massima di 120 metri, volo a vista (VLOS) e divieto di sorvolo di assembramenti. È articolata nelle sottocategorie A1, A2 e A3, a seconda della vicinanza alle persone, e richiede il conseguimento degli attestati A1-A3 o A2. La categoria Specific si applica a operazioni con droni più complesse o fuori dai limiti della Open che potrebbero richiedere un'autorizzazione preventiva, mentre la Certified

L'integrazione dei sistemi aeromobili a pilotaggio remoto (UAS) nel monitoraggio ambientale ha trasformato l'acquisizione di dati ad alta risoluzione in uno standard operativo per Enti quali ISPRA e ARPA. Inquadrate nei Regolamenti (UE) 2019/947 e 2019/945, questa tecnologia permette di operare in aree di difficile accesso, garantendo precisione e tempestività d'intervento. L'impiego di sensori ottici, multispettrali e termici consente il censimento non invasivo della fauna e la mappatura di corridoi ecologici, come dimostrato dai monitoraggi per la variante della S.S.260 ad Amatrice. Attraverso l'uso di software avanzati come WebODM e Ilastik, è possibile elaborare ortomosaici e modelli 3D per la stima accurata della copertura vegetale e della biodiversità. Lo sviluppo di protocolli standardizzati e la cooperazione istituzionale tra ENAC e il Sistema Nazionale di Protezione Ambientale (SNPA) delineano un approccio moderno alla gestione del territorio e alla resilienza degli ecosistemi.

La normativa europea introduce le classi di marcatura dei droni (C0-C6) che identificano le caratteristiche tecniche e i requisiti di sicurezza del drone, come il peso, la velocità e le limitazioni operative. La marcatura consente di stabilire in quale sottocategoria della Open il drone può operare e quali regole devono essere rispettate. In linea generale, i droni appartenenti alla classe C0 e C1 sono destinati a operazioni a rischio minore appartenenti alle sottocategorie Open A1 e A3, mentre i droni C2 possono essere utilizzati unicamente previo ottenimento dell'attestato A2. I droni C3 e C4 sono ad uso esclusivo nella categoria a maggior rischio A3, che ne permette il volo solo lontano dalle persone.

In Italia, l'autorità competente è l'Ente Nazionale per l'Aviazione Civile (ENAC), che applica e integra la normativa europea attraverso il Regolamento UAS-IT in vigore dal 04/01/2021. Sono obbligatori il possesso dell'attestato di pilota e la registrazione dell'operatore (per droni ≥ 250 g o dotati di telecamera), l'apposizione del numero di identificazione dell'operatore sul drone, l'assicurazione di responsabilità civile e il rispetto delle limitazioni delle aree di volo consultabili sulla piattaforma D-Flight, società del gruppo ENAV che si occupa dell'erogazione di servizi per la gestione del traffico dei droni.

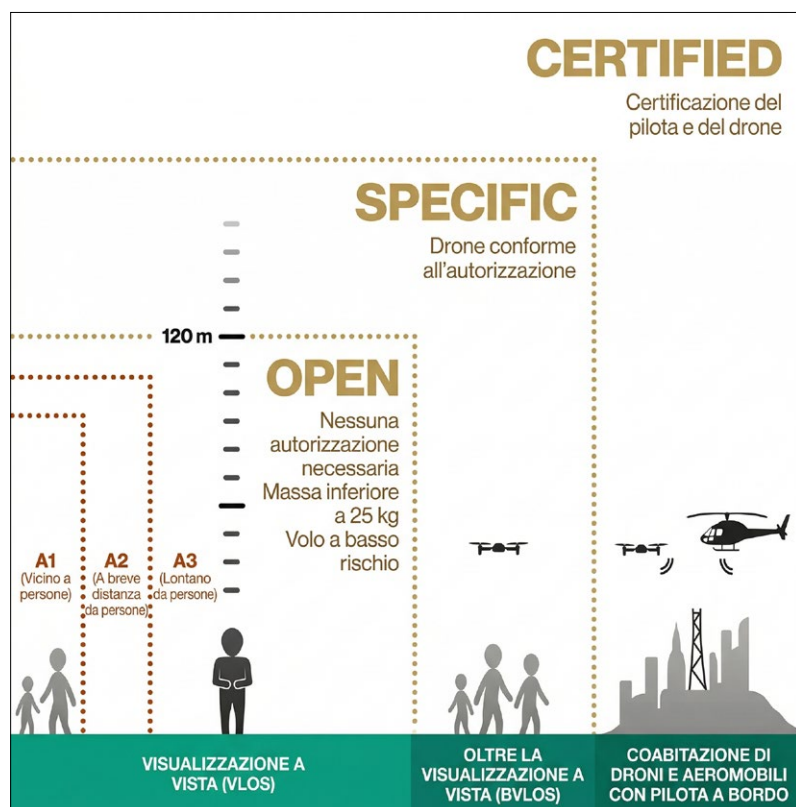
DRONI PER IL MONITORAGGIO AMBIENTALE

In questo scenario di forte espansione, il monitoraggio ambientale rappresenta uno dei campi di applicazione più promettenti per l'utilizzo dei droni. Grazie all'integrazione di sensori avanzati, camere multispettrali, sistemi GPS e software di elaborazione dati, i droni consentono di raccogliere informazioni dettagliate in moltissimi campi, quali gli ecosistemi, la qualità dell'aria, lo stato della vegetazione, il dissesto idrogeologico e i cambiamenti del territorio. Integrando l'utilizzo del drone, quindi, alle tecniche di monitoraggio tradizionali, si ottiene una maggiore rapidità di intervento, risultati di maggiore precisione e la possibilità di operare in aree difficilmente accessibili o potenzialmente pericolose.

Anche Enti pubblici quali le Agenzie regionali e provinciali per la protezione dell'ambiente (ARPA/APPA) e l'Istituto Superiore per Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) hanno introdotto i droni nelle attività istituzionali di monitoraggio e controllo ambientale. Il Sistema Nazionale di Protezione Ambientale (SNPA) ha pubblicato, nel 2025, un documento intitolato "Impiego e la gestione dei droni per il monitoraggio e il controllo ambientale" [1], ricognizione che ha permesso di conoscere, per ciascuna Agenzia ambientale e ISPRA, la dotazione strumentale, le risorse umane dedicate e le relative abilitazioni degli operatori, le tecniche di rilievo e di elaborazione, le modalità di gestione operativa e gli ambiti tematici di impiego.

Numerose sono le modalità di impiego individuate, dall'ambito terrestre a quello marino-costiero. In ambiente terrestre, i droni vengono impiegati ad esempio per osservare lo stato degli habitat e monitorare gli incendi e lo stato di salute delle fo-

riguarda attività ad alto rischio, come il trasporto di persone o merci pericolose o il sorvolo di assembramenti, che richiedono certificazioni analoghe all'aviazione tradizionale.



Categorie operative per l'utilizzo dei droni (regolamento europeo EASA)

reste, utilizzando sensori ottici e multispettrali che permettono di analizzare in dettaglio la struttura della vegetazione e di mappare elementi specifici grazie all'alta risoluzione geometrica. In ambito fluviale, sono utili per studiare la morfologia e la dinamica degli alvei, mentre nello studio dei fenomeni franosi consentono rilievi in aree difficili, supportando anche le attività della Protezione Civile. In ambiente montano permettono la ricostruzione tridimensionale delle valanghe e il monitoraggio di ghiacciai e permafrost, mentre in ambito marino-costiero trovano applicazione nella mappatura degli habitat e nel monitoraggio delle dinamiche di erosione e di accumuli di rifiuti.

Per quanto riguarda il monitoraggio della biodiversità animale, l'impiego di droni rappresenta un sensibile miglioramento nella capacità di osservazione in ambienti a difficile percorribilità ed ecosistemi ad elevata sensibilità, quali canneti, zone umide, saline e lagune, riducendo le interferenze, consentendo il riconoscimento, il conteggio, la valutazione della distribuzione spaziale e l'analisi sul comportamento di individui e popolazioni. Inoltre, la possibilità di dotare i droni di termocamere permette di individuare da remoto la presenza di animali e di censirne le popolazioni su ampie superfici in un tempo operativo estremamente ridotto. Ad esempio, nel 2023 il Parco Naturale Regionale Sirente Velino ha operato un censimento di cervi e cinghiali della Valle Subequana su un'area di 22.000 ettari in sole 40 ore di volo, con una drastica riduzione dei tempi, costi e rischi per il personale rispetto ai censimenti tradizionali [2]. Questo è stato possibile grazie a procedure standardizzate di volo e all'utilizzo delle ultime tecnologie, che hanno consentito l'identificazione e la georeferenziazione automatica degli animali direttamente sul video, con esportazione dei dati su software GIS.

Per quanto riguarda la vegetazione, i droni possono essere ad esempio impiegati per la raccolta di dati sulla composizione floristica e sull'abbondanza di specie in luoghi difficilmente accessibili, mappando virtualmente le associazioni floristiche e stimandone la copertura [3;4]. Sviluppando un protocollo standardizzato, questo permetterebbe di monitorare nel tempo lo stato di salute della vegetazione e la conservazione degli habitat, in affiancamento con le metodologie tradizionali.

In linea generale, quindi, anche in ambito ambientale i droni consentono di superare il divario esistente tra le osservazioni sul campo e il tradizionale telerilevamento aereo e spaziale, rendendo disponibili dati ad alta risoluzione spaziale e temporale,



Esempio di utilizzo di droni con termocamera per il rilievo della fauna selvatica

integrabili con gli altri dati ottenuti dai metodi tradizionali.

Alcune di queste applicazioni e relative tecnologie sono state approfondite presso l'undicesima edizione di DroneItaly svoltasi al Bologna Congress Center a marzo 2026, esplorando le nuove frontiere dell'utilizzo di droni nel monitoraggio ambientale. La manifestazione ha rappresentato un'importante occasione di incontro tra industria, ricerca e Pubbliche Amministrazioni, tra cui ISPRA, le varie Agenzie e il CNR. La necessità emersa dai temi dell'evento è la creazione di una cooperazione a livello istituzionale, con l'elaborazione di un piano strategico nazionale e di protocolli di intesa tra ENAC (addetta alla regolamentazione) e gli Enti ambientali [5]. Inoltre, per sfruttare pienamente il potenziale di questi dispositivi, risulta fondamentale sviluppare protocolli condivisi e standardizzati, oltre a linee guida tali da garantire uniformità, affidabilità e confrontabilità dei dati.



Monitorare ambientale pilota di drone

Di seguito si riportano degli esempi pratici di applicazione del drone nei monitoraggi della vegetazione e della fauna. In particolare, si riportano le risultanze di indagini eseguite presso la città di Amatrice durante i monitoraggi correlati ai lavori di adeguamento della S.S.260 "Picente", Variante di Amatrice, dal km 43+800 al km 41+150.

ESEMPIO DI APPLICAZIONE DEL DRONE IN UN RILIEVO FAUNISTICO

Uno dei più comuni modi di impiegare la tecnologia aeromobile a pilotaggio remoto per superare i limiti intrinseci del monitoraggio sul campo è quello della definizione dei corridoi faunistici. Nello specifico, il drone è stato utilizzato come uno strumento di analisi avanzata per decodificare la complessa morfologia dei corridoi ecologici situati all'interno della fitta vegetazione. Queste direttrici di passaggio, battute con regolarità dalla fauna selvatica prevalentemente durante le ore crepuscolari e notturne, risultano spesso impercettibili o di difficile interpretazione per un osservatore a terra, a causa delle barriere visive naturali e della frammentazione del terreno. In questo contesto, l'impiego del drone ha consentito di adottare un approccio multilivello, combinando rilievi aerofotogrammetrici ad alta risoluzione con analisi spaziali attraverso software. Il cambio di prospettiva garantito dall'osservazione dall'alto ha permesso di trascendere queste difficoltà: le immagini dal drone permettono infatti di interpretare l'insieme



Immagine dell'area di studio osservata sul monitor del drone

disordinato di arbusti come una visione d'insieme coerente, all'interno del quale emergono pattern lineari riconducibili a percorsi preferenziali della fauna.

Grazie a questo punto di vista privilegiato e attraverso l'elaborazione di ortomosaici georeferenziati, è stato possibile mappare e documentare con elevato grado di accuratezza l'esistenza di una vera e propria rete infrastrutturale naturale, mettendo in luce i flussi di spostamento e i sentieri abituali che costituiscono il reticolo funzionale del territorio. L'integrazione dei dati acquisiti con informazioni pregresse (cartografia tematica, uso del suolo, dati altimetrici) ha inoltre consentito di contestualizzare tali corridoi all'interno di una più ampia matrice paesaggistica, evidenziandone il ruolo nella connessione tra habitat frammentati.

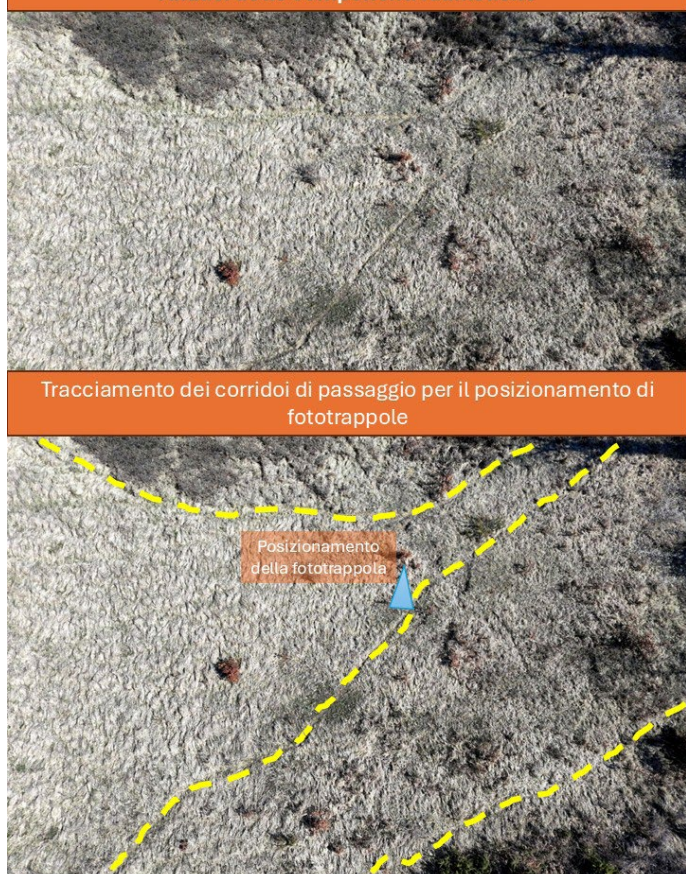
L'approccio aerofotogrammetrico, in tal senso, trasforma il rilievo empirico in una documentazione tecnica rigorosa e replicabile, fondamentale per supportare processi decisionali in ambito di pianificazione territoriale e valutazione ambientale. I risultati ottenuti rappresentano infatti una base conoscitiva solida per la definizione di misure di mitigazione, quali la progettazione di sottopassi o ecodotti, e per il mantenimento della connettività ecologica, contribuendo alla conservazione della biodiversità e alla resilienza degli ecosistemi.

L'applicazione sistematica di questa metodologia di monitoraggio ha prodotto risultati di particolare rilevanza in tempi operativi estremamente brevi, dimostrando un'elevata efficienza rispetto alle tecniche tradizionali. In pochi giorni di acquisizione dati e successiva elaborazione, è stato possibile documentare una frequentazione faunistica diversificata e costante, restituendo un quadro dinamico e aggiornato delle interazioni tra specie e ambiente.

È stata infatti accertata la presenza regolare sia di mesomammiferi che di grandi ungulati, con evidenze chiare del passaggio di specie chiave per l'equilibrio ecosistemico come il capriolo (*Capreolus capreolus*) e il cinghiale (*Sus scrofa*). Al contempo, il monitoraggio ha permesso di mappare le nicchie ecologiche di specie più elusive, tra cui l'istrice (*Hystrix cristata*) e la volpe (*Vulpes vulpes*).

Un ulteriore elemento di valore è rappresentato dalla ridotta invasività della tecnica: la capacità del drone di operare a distanza, minimizzando il disturbo antropico, ha garantito

Analisi delle componenti faunistiche



Tracciamento dei corridoi di passaggio per il posizionamento di fototrappole

Posizionamento della fototrappola

Analisi di tracce faunistiche lasciate tra la vegetazione

l'acquisizione di dati etologici puri, permettendo di osservare comportamenti naturali e dinamiche di utilizzo dello spazio prive di interferenze e fornendo una prova inconfutabile della connettività biotica del sito e della funzionalità della rete infrastrutturale naturale precedentemente ipotizzata.

ESEMPIO DI APPLICAZIONE DEL DRONE IN UN RILIEVO VEGETAZIONALE

Un'altra modalità di applicazione delle foto da drone nel monitoraggio ambientale è rappresentata dalla possibilità di utilizzare tali immagini nella stima delle serie vegetazionali.

In linea generale, il drone ha permesso una visione generale dall'alto molto accurata e con una precisione di posizionamento dei transetti al metro. Le serie vegetazionali vengono stimate in base ad indici cromatici e tramite identificazione delle percentuali di copertura vegetale e della sua stratificazione tipologica.

Per una simile analisi è possibile utilizzare diversi software oggi disponibili sul mercato. Un esempio di software open source molto diffuso è rappresentato da "WebODM", una piattaforma open source per l'elaborazione di immagini catturate da droni, in grado di trasformare semplici fotografie aeree in dati cartografici e modelli 3D precisi. L'utilizzo del software per l'analisi della vegetazione si basa sull'integrazione di dati fotogrammetrici 2D (ortofoto) e strutturali 3D (nuvole di punti e modelli d'elevazione), insieme a strumenti per estrapolare i parametri necessari alla loro stima.

Nella figura sottostante è possibile osservare l'elaborazione di una ortofoto ripresa da drone, passando dall'immagine grezza alla realizzazione di una mappa tematica dei diversi tipi di esemplari vegetazionali. Nel caso illustrato si è utilizzato il software Ilastik, integrato con i dati prodotti dal software WebODM per rifinire l'analisi. Nello specifico, i punti chiave descritti nel collage dell'analisi cromatica sono:

- A.** si osserva l'immagine aerea originale, da cui si osservano alberi, cespugli e prato.
- B.** si definiscono sulla mappa le varie categorie, specie e famiglie vegetali (Pixel Classification);
- C.** si ottiene infine la mappa di classificazione, dove ogni colore rappresenta una categoria diversa (l'azzurro rappresenta lo strato erbaceo, il verde gli arbusti, ecc).

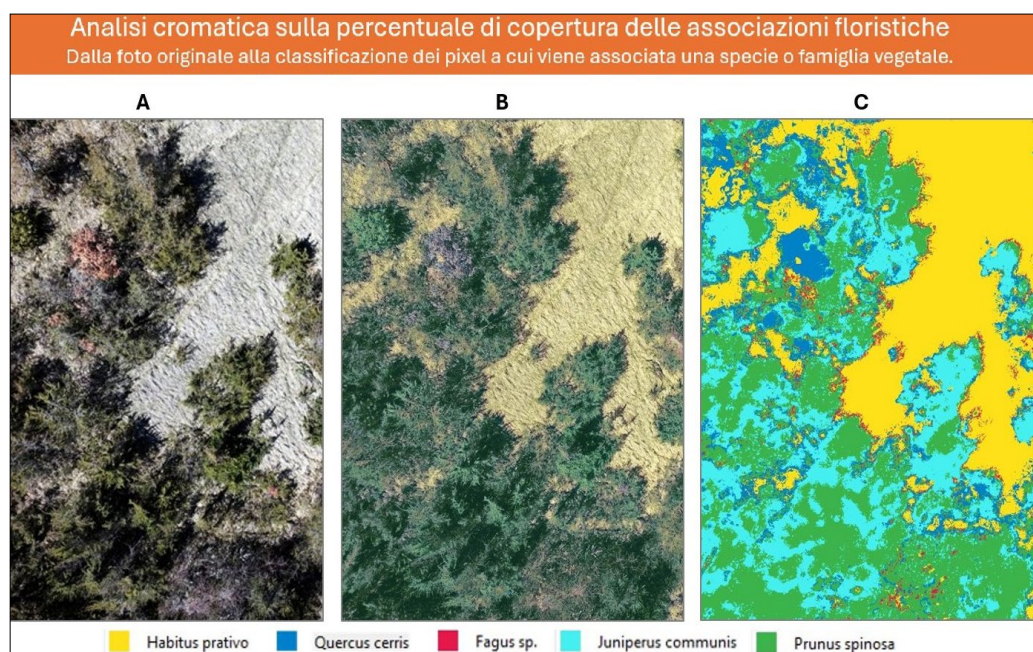
Da questo esempio di applicazione si evince come sia possibile ottenere una stima delle percentuali vegetazionali in modo molto rapido e preciso, apprezzabile maggiormente in aree di grandi dimensioni. Una volta, infatti, che il software ha colorato ogni pixel in base alla sua

categoria, calcolare quanta superficie viene occupata da una determinata specie diventa un'operazione matematica di immediata esecuzione e precisione.

CONCLUSIONI

L'impiego dei droni nel monitoraggio ambientale si configura oggi come una risorsa matura, affidabile e strategica per la tutela e la gestione del territorio. Come brevemente illustrato, queste tecnologie consentono di superare molti dei limiti delle metodologie tradizionali, offrendo una visione privilegiata delle aree di studio, in modo da semplificare le analisi dei sistemi naturali nella loro complessità. Tale approccio consente inoltre di operare efficacemente in contesti difficilmente accessibili o caratterizzati da elevata sensibilità ecologica, riducendo in modo significativo sia i rischi per gli operatori sia il disturbo sugli ecosistemi monitorati. La capacità, inoltre, di integrare dati fotogrammetrici, multispettrali e termici con strumenti GIS e software di analisi avanzata rende il drone un vero e proprio ponte operativo e concettuale tra le osservazioni dirette sul campo e il telerilevamento aereo e satellitare, colmando un vuoto storico in termini di scala e dettaglio dell'informazione ambientale.

Gli esempi applicativi presentati, relativi al monitoraggio faunistico e vegetazionale, dimostrano in modo concreto ed efficace come l'utilizzo sistematico dei droni consenta di ottenere risultati accurati, ripetibili e tempestivi, elementi imprescindibili per una corretta lettura delle dinamiche ecologiche. La possibilità di raccogliere grandi quantità di dati omogenei in tempi estremamente ridotti rappresenta un vantaggio determinante nel supporto ai processi di pianificazione ambientale, nella valutazione degli impatti e nella definizione di misure di mitigazione e compensazione basate su evidenze oggettive. In questo senso, il drone non si limita a integrare le tecniche tradizionali, ma ne potenzia l'efficacia, migliorando la qualità complessiva del processo conoscitivo e decisionale.



Analisi cromatica sulla percentuale di copertura vegetazionale

In prospettiva, i droni non rappresentano più soltanto uno strumento innovativo, ma una componente strutturale di un approccio moderno, integrato e sostenibile al monitoraggio e alla gestione dell'ambiente. La loro crescente diffusione, unita al continuo sviluppo dei sensori, dei software di analisi e delle capacità di automazione, apre scenari applicativi sempre più ampi, contribuendo in maniera significativa alla conservazione della biodiversità, alla prevenzione dei rischi ambientali e a una pianificazione territoriale più consapevole e resiliente. ■

⁽¹⁾ Ingegnere, Amministratore Unico di VDP Srl e Consigliere OICE con delega all'Ambiente

⁽²⁾ Ingegnere, Project Manager di VDP Srl

⁽³⁾ Biologa ambientale, Environmental Specialist di VDP Srl

⁽⁴⁾ Tecnico Ambientale, Environmental Specialist di VDP Srl

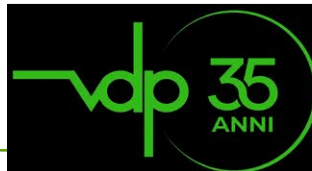
BIBLIOGRAFIA

- [1] Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA). (2025). Impiego e gestione di droni nel SNPA per il monitoraggio e il controllo ambientale (Pubblicazioni tecniche SNPA; Delibera del Consiglio SNPA n. 283/25). ISPRA. ISBN 978-88-448-1266-9
- [2] Brizzi, L., Chiuchiarelli, I., Palieri, L., Riga, F., & Morini, P. (2026, marzo 12). Monitoraggio innovativo della biodiversità: integrazione droni e tecnologie avanzate per la gestione della fauna selvatica. Convegno "Sinergie istituzionali per l'impiego di UAS in Italia: competenze a confronto per il monitoraggio e il controllo ambientale, la ricerca e il supporto alle emergenze", EX-GAM Centro Congressi, Bologna, Italia.
- [3] Quattrini, G., Pesaresi, S., Lucchetti, L., Hofmann, N., Saiter, F., Mancini, A., & Casavecchia, S. (2025). Standardised Drone Procedures for Phytosociological Data Collection. Applied Vegetation Science, 28(2), e70032.
- [4] Tavilla, G., Crisafulli, A., Minissale, P., Tomaselli, V., & Adamo, M. (2024). The use of drones for cost-effective surveys in Natura 2000 protected areas: a case study on monitoring plant diversity in Sicily (Italy). Land, 13(6), 804.
- [5] Barraco G. (2026, 12 marzo) Dalla regolamentazione alla cooperazione: il ruolo e l'approccio dell'ENAC nella costruzione dell'ecosistema nazionale della mobilità aerea innovativa. Convegno "Sinergie istituzionali per l'impiego di UAS in Italia: competenze a confronto per il monitoraggio e il controllo ambientale, la ricerca e il supporto alle emergenze", EX-GAM Centro Congressi, Bologna, Italia.

SITOGRAFIA

<https://www.combodrone.it/>
<http://www.parrot.com/>
<https://www.easa.europa.eu/>
<https://www.enac.gov.it/>

<https://www.ilastik.org/>
<https://professionedrone.com/>
<https://webodm.net/>



L'INGEGNERIA A SERVIZIO
DELLA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE



STUDI AMBIENTALI E PERMITTING



PAESAGGIO E ARCHEOLOGIA



MONITORAGGIO AMBIENTALE



PROGETTI MOBILITA' SOSTENIBILE



STUDI SU INQUINANTI E MODELLISTICA



STUDI GEOLOGICI E GESTIONE TERRE



ASSISTENZA AMBIENTALE DI CANTIERE

VDP S.r.l. - Via Federico Rosazza n. 38 - 00153 Roma, Italia
 Tel. +39 065800506 - www.vdp srl.it