

## L'uso dei droni nel monitoraggio ambientale

L'interesse nei confronti dei droni è in continua crescita, e non solo tra gli esperti.

Piccole macchine volanti che possono essere utilizzate in moltissimi ambiti grazie alla loro grande versatilità, i droni consentono di effettuare rapidamente osservazioni dall'alto senza dover ricorrere a mezzi aerei più impegnativi e costosi.

### Qualche informazione sui droni

Il mercato offre diversi tipi di droni che si differenziano principalmente per le ali e per il meccanismo di volo, ma anche per i sensori con i quali vengono equipaggiati e per il tipo di output che restituiscono.

Con termine tecnico, i droni aerei vengono generalmente chiamati UAV (Unmanned aerial vehicle) o APR (Aeromobili a Pilotaggio Remoto).

I droni ad ala fissa sono dotati di un'ala rigida e appaiono simili a un aeromodello; utilizzando solo parzialmente la spinta delle eliche (poiché in volo si avvalgono della portanza aerodinamica) garantiscono una buona durata della batteria; possono raggiungere quote molto elevate e quindi mappare grandi superfici; non possono cambiare facilmente direzione di moto né girare sul loro asse in tempi rapidi e per questo le diverse attrezzature vengono montate su dispositivi pivotanti che le orientano senza muovere il drone.

I droni ad ala rotante si spostano invece grazie alla spinta esercitata dalle eliche e non pos-

siedono capacità di planata; si spostano verso l'alto e cambiano direzione grazie al continuo movimento dei motori e per questo il consumo delle batterie è molto elevato; decollano e atterrano verticalmente; possono restare immobili nell'aria e correggere facilmente l'assetto. I droni multiroto sono i più comuni e sono classificati in base al numero di eliche possedute: i più diffusi sono i quadricotteri (droni a quattro rotori) ([robotdazero.it](http://robotdazero.it)).

Un insieme di queste due tipologie è rappresentato dai sistemi VTOL (Vertical Take-off and Landing); sono velivoli a decollo e atterraggio verticale che durante il volo traslato (cioè il volo vero e proprio) utilizzano le ali dell'aeromobile, coniugando i vantaggi della manovrabilità e dell'autonomia; garantiscono inoltre ottime prestazioni in termini di distanze percorse, durata del volo e capacità di carico. Secondo EASA (European Union Aviation Safety Agency) i sistemi VTOL consentiranno di rendere reale la mobilità aerea urbana (UAM o Urban Air Mobility) entro i prossimi 3-5 anni; le prime operazioni UAM dovrebbero riguardare la consegna delle merci tramite droni e il trasporto passeggeri per servizi quali taxi o ambulanze aerei ([quadricottero.com](http://quadricottero.com)).

Ulteriori tipologie di droni – ma non volanti – sono rappresentate dai droni marini e subacquei, in termini tecnici chiamati ROV (Remoted Operated Vehicle); a seconda della destinazione d'uso, essi possono essere equipaggiati

con particolari videocamere e fari led o con sonar, possono essere collegati ad un cavo o essere pilotati da remoto.

L'elaborazione dei dati ricavati attraverso la mappatura con i droni consente di creare mappe 2D, modelli 3D e altri modelli. L'ortomosaico 2D è una mappa costruita unendo insieme centinaia o migliaia di foto digitali, e può essere georeferenziata e precisa al centimetro. Un modello 3D viene invece realizzato con i dati della nuvola di punti, migliaia di punti ognuno dei quali è una coordinata geometrica; le nuvole di punti possono fornire informazioni molto interessanti quali osservazioni e misurazioni sulla profondità, l'elevazione o la geometria di un oggetto ([eliteconsulting](http://eliteconsulting)).

Per lavorare con i droni aerei occorre diventare Operatore UAS (Unmanned Aircraft System), figura che può coincidere con quella del pilota; l'Operatore ha la responsabilità di utilizzare o far utilizzare il drone a scopo ricreativo, professionale o di ricerca nel rispetto delle leggi attuali in termini di sicurezza, privacy e obblighi assicurativi. Ha inoltre l'obbligo di far pilotare il drone a un pilota in possesso di adeguate competenze, ottenibili superando la prova di completamento della formazione on line predisposta dall'Ente Nazionale per l'Aviazione Civile ([ENAC](http://ENAC)).

Per effettuare alcuni voli, infine, è necessario essere autorizzati: ad esempio, occorre l'autorizzazione per sorvolare i parchi e le aree protette ([3dmetrica](http://3dmetrica)).

## I campi di applicazione ambientale

In termini generali e in ambito scientifico, un drone può essere definito un aeromobile a pilotaggio remoto che consente di accedere a immagini ad altissima risoluzione in qualunque momento e praticamente in qualunque luogo ([ingv.it](#)). Può essere definito anche come un laboratorio volante che, attraverso complessi sistemi di sensori, è in grado di produrre mappe tridimensionali e fornire indicazioni sul tipo di ambiente sorvolato ([montagna.tv](#)).

I droni vengono equipaggiati con sensori sofisticati come le telecamere RGB (rosso, verde e blu e loro combinazioni), le telecamere RGB+NIR (per l'infrarosso vicino), le fotocamere termiche, la tecnologia Lidar (Laser Imaging Detection and Ranging) o i sensori per monitorare la qualità dell'aria potendo effettuare, se ben equipaggiati, il monitoraggio di NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, COV e altre molecole nonché polveri sottili contemporaneamente.

Con i droni diventa così possibile monitorare i movimenti del terreno, il rischio idrogeologico e alluvionale, il rischio valanghivo, il rischio vulcanico, l'aumento del livello marino, la subsidenza. Diventa possibile ricercare le discariche abusive e le coperture in amianto, seguire il trasporto solido nelle correnti marine e negli estuari, assicurare l'efficienza e la sicurezza dei campi fotovoltaici o scoprire gli abusi edilizi. Nell'agricoltura di precisione l'uso dei droni consente non solo di valutare i danni causati alla vegetazione ma anche di monitorare la produzione di biomassa o di calcolare le dosi di concimazione azotata. Nella gestione forestale l'uso dei droni permette di migliorare la pianificazione, di rilevare parassiti e malattie, di identificare l'origine

degli incendi boschivi e valutarne le caratteristiche in luoghi difficilmente raggiungibili dagli operatori a terra, e di gestire le piantagioni ([instadrone.fr](#); [officinaseo.it](#)).

Con i droni marini e subacquei è possibile ispezionare fondali, monitorare la qualità delle acque, ispezionare condotte o rilevare pesci con elevata precisione di identificazione ([dronezine](#), [droneblog](#)).

## I droni e l'acqua

La tecnologia dei veicoli senza pilota sta collaborando con la tutela della risorsa idrica attraverso numerose applicazioni.

La più intuitiva riguarda la raccolta di campioni nei fiumi, nei laghi e nelle aree costiere. I droni progettati per questo scopo sono in grado di trasportare pesi significativi e possono essere dotati di dispositivi in grado di determinare la profondità o misurare l'altezza dello strato fotico ([inn03](#)). Una soluzione di questo tipo può rendere più agevole la raccolta di campioni in luoghi difficili da raggiungere quali i circa 4000 laghi d'alta montagna presenti nell'arco alpino e situati prevalentemente nella fascia altimetrica 1500-3000 m s.l.m.

Un recente studio americano si è invece posto l'obiettivo di sviluppare modelli affidabili per stimare parametri di qualità dell'acqua rilevabili otticamente (Solidi sospesi totali, Clorofilla *a* e trasparenza) e non (fosforo totale e azoto totale) in ambienti oligotrofi ed eutrofi utilizzando immagini raccolte con un sensore multispettrale veicolato da un drone ([Arango J.C. e R.W. Nairn, 2020](#))

In ambiente marino un drone equipaggiato con una camera multispettrale è stato utilizzato per il monitoraggio di alghe in acque basse con la finalità di individuare le prime fasi di crescita subacquea dell'alga: il monitoraggio precoce

è infatti indispensabile per poter effettuare interventi di rimozione tempestivi prima dell'insorgere di condizioni potenzialmente dannose per gli allevamenti di molluschi e per la fauna ittica ([Taddia et al.](#)).

Il malfunzionamento degli impianti di depurazione, gli scarichi fognari abusivi, gli sversamenti illegali di liquami restano ancora oggi fra i responsabili del deterioramento delle acque dolci e salate. In molte realtà nazionali il contrasto allo sversamento di acque non depurate, le cui bocche di uscita sono solitamente situate in zone inaccessibili per gli operatori a campo, viene sempre più attuato attraverso l'utilizzo di droni equipaggiati con termocamere in grado di rilevare la diversità di temperatura dei liquami rispetto a quella dell'acqua del corpo recettore ([droneblog](#)).

Le perdite d'acqua in distribuzione rappresentano invece uno dei principali problemi dei sistemi di approvvigionamento idrico; secondo il *Censimento delle acque per uso civile 2018* in Italia si perde il 42% dell'acqua immessa in rete e le perdite più consistenti sono dovute al volume d'acqua che fuoriesce dal sistema di distribuzione ([ISTAT](#)). Tali perdite sono molto spesso difficili da localizzare; esse però fanno aumentare l'umidità del suolo e/o la turgidità della vegetazione e ciò induce cambiamenti di temperatura legati all'evaporazione dal terreno o alla traspirazione delle piante. Utilizzando un drone corredato da una termocamera è possibile identificare le perdite valutando anche deboli cambiamenti di temperatura, rendendo quindi possibile effettuare l'intervento manutentivo con minor spreco di tempo e risorse ([Cordis](#)).

## I droni e le ARPA

Attraverso una ricerca (da non ritenersi esaustiva) effettuata

sul sito del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente è stato rilevato che almeno 12 Agenzie regionali utilizzano (o hanno utilizzato) i droni –in proprio o in collaborazione– per il monitoraggio ambientale, seppure con finalità differenti fra loro ([snpambiente](#)).

Nel 2021 ARTA Abruzzo si è dotata di droni per potenziare il controllo, il monitoraggio e la vigilanza ambientali; l'utilizzo più urgente riguarda il monitoraggio delle aree critiche in prossimità di una imponente discarica abusiva: i droni vigileranno sulle azioni di ripristino ambientale.

Il Centro Regionale Strategia Marina di ARPA Calabria è attualmente dotato di un ROV di ultima generazione –dalle prestazioni oceanografiche molto elevate – per il monitoraggio e la mappatura dei bassi fondali e degli ecosistemi marini.

Anche ARPA Friuli Venezia Giulia è dotata di un veicolo subacqueo che può arrivare alla profondità di 300 m –che opera quindi ben al di sotto della zona eufotica– e dotato di una telecamera ad alta risoluzione per indagare i fondali e le acque dell'ecosistema marino, di laser per quantificare le dimensioni degli organismi o delle morfologie visionate e di un sistema per il rilevamento della posizione geografica subacquea.

Tecnici di ARPA Lazio, in vista dell'innovazione delle metodologie per monitorare e controllare il territorio, hanno partecipato a corsi di formazione in cui sono stati esaminati gli aspetti teorici e pratici nell'impiego di dati satellitari e droni per il monitoraggio ambientale; inoltre l'Agenzia si è dotata di un ROV per il monitoraggio e la mappatura dei bassi fondali e degli ecosistemi marini.

ARPA Liguria ha costituito una squadra di operatori abilitati a operazioni in scenari critici dotata

di un quadricottero equipaggiato con fotocamera ad alta definizione. Le applicazioni riguardano sia il dissesto idrogeologico (innescio di frane veloci, creazione di curve di livello e altro) sia il monitoraggio aereo dell'ambiente marino.

ARPA Lombardia ha avviato il monitoraggio degli impianti di trattamento rifiuti autorizzati e la ricerca delle raccolte illegali, avvalendosi anche di droni aerei per la mappatura e la valutazione quantitativa; ha inoltre avviato l'aggiornamento della mappatura delle coperture in cemento-amianto con l'obiettivo di stimare il tempo necessario per completarne la rimozione.

ARPA Molise impiega un drone per la ricerca dei siti contaminati nel sottosuolo, di cui non si conosce né numero né ubicazione; la finalità è quella di poter consentire la bonifica dei rifiuti interrati, dei depositi incontrollati, dei manufatti contenenti amianto abbandonati, e altro.

Anche ARPA Piemonte sta integrando i precedenti rilievi delle coperture in cemento-amianto con un nuovo monitoraggio che utilizza un drone; sta anche sperimentando sistemi di *machine learning* per analizzare i dati telerilevati, sistemi in grado di apprendere e riconoscere differenti tipologie di coperture degli edifici.

In ARPA Puglia sei funzionari –operanti in differenti unità operative per poter diversificare le applicazioni– sono in possesso dell'attestato per il pilotaggio dei droni. Con i velivoli in dotazione è così possibile monitorare ecosistemi terrestri e acquatici, compresi quelli marini.

ARPA Toscana ha avviato il monitoraggio delle cave del bacino marmifero apuano e versiliese tramite droni per ottenere cartografia a supporto della modellazione idraulica e idrogeologica, per

individuare stoccaggi abusivi degli scarti di lavorazione e per caratterizzare lo stato dei lavori di escavazione in un ambiente soggetto a frequenti trasformazioni.

ARPA Valle d'Aosta dedica i droni al monitoraggio dei movimenti superficiali dei versanti alpini interessati da permafrost, delle variazioni frontali e del bilancio di massa di alcuni ghiacciai, della fenologia e dei parametri strutturali della vegetazione nonché alla valutazione di danni biotici (fitopatie) e abiotici (aree percorse da valanghe) a carico degli ecosistemi vegetali.

ARPA Veneto utilizza i droni per calcolare l'indice di qualità morfologica dei corpi idrici in ambienti montani, caratterizzati da difficile accessibilità; per il monitoraggio dei laghi sta inoltre sperimentando la funzionalità di droni dotati di sonde per la misura di alcuni parametri chimico-fisici quali la temperatura e l'ossigeno disciolto.

## Conclusioni

La rivoluzione tecnologica certamente modifica il lavoro, ma l'intravedere un rapporto di opposizione fra le macchine e l'uomo può rappresentare un grave errore in campo ambientale. Molte attività possono trarre vantaggio dall'interazione fra uomo e tecnologia, a patto che essa sia d'ausilio e non sostitutiva dell'azione umana che rimane sempre in primo piano concentrandosi in quella parte del lavoro che richiede pensiero critico e creativo nonché capacità di risolvere i problemi e di prendere decisioni.

**Salvatore De Bonis**

### Informazione sull'autore:

vicepresidente del CISBA; biologo dei sistemi acquatici, attualmente biologo presso l'Unità Risorse Idriche di Arpa Lazio sede di Roma.  
e-mail: [salvatore.debonis@arpalazio.it](mailto:salvatore.debonis@arpalazio.it)