

Area Politiche Economiche, Capitale Umano e Programmazione Comunitaria
Direzione Ricerca Innovazione ed Energia

Piano Sviluppo e Coesione Veneto
FSC 2021-2027 Stralcio
Attuazione degli interventi previsti con Delibera CIPESS n. 79/2021

**“Bando per il sostegno a progetti di ricerca e sviluppo nelle tematiche della salute e del benessere”
Progetto: AiR Monitoring DronE: Sistema di Monitoraggio di Parametri AmbIentali mediante
l’utilizzo di DRoni-LaboratoRio**

DGR n. 1570 del 6 dicembre 2022

**LINEE GUIDA PER L’ESPORTAZIONE DELLA METODOLOGIA E ELABORAZIONE DI
PROGRAMMI DI MONITORAGGIO**

1. Protocollo sviluppato

Questo documento riassume le principali indicazioni descritte nei Report da D1a D9, i quali complessivamente e per temi differenti rappresentano una sorta di linea guida per chi volesse replicare la metodologia, anche con altre tecnologie drone-sensori.

Attualmente esistono già droni e sistemi di monitoraggio per la qualità dell’aria utilizzati per il monitoraggio di siti produttivi. La diffusione di questa metodologia è in costante crescita, ma varia a seconda dei paesi e delle normative locali. Molti studi scientifici e progetti di ricerca stanno dimostrando l’efficacia di questa tecnica a certe condizioni di contorno. Tuttavia questi dispositivi non sono mai stati impiegati per il monitoraggio di sostanze volatili anche odorifere provenienti da un centro di trattamento rifiuti.

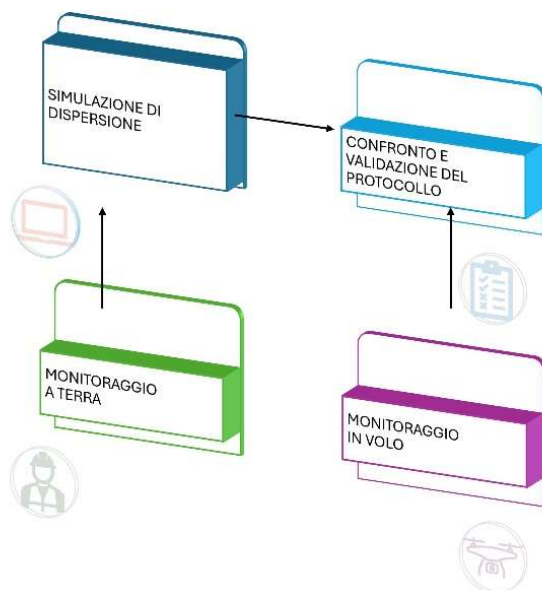
Ci sono ancora alcune sfide da affrontare:

- la regolamentazione dell’uso dei droni per il monitoraggio ambientale è ancora in fase di sviluppo in molti contesti e Paesi;
- la miniaturizzazione dei sensori e lo sviluppo di algoritmi di elaborazione dei dati sono fondamentali per migliorare le prestazioni dei droni;
- le condizioni meteorologiche e le interferenze elettromagnetiche possono limitare l’operatività dei droni.

Nel corso del progetto è stata sperimentata una tecnologia di monitoraggio aereo veloce, dinamica e affidabile quale il drone-laboratorio, per operare con maggiore tranquillità e verificare la qualità dell’aria in punti precisi o come screening delle varie aree. La facilità di applicazione e i costi contenuti, consentono di utilizzare questa metodologia con maggiore frequenza incrementando la sicurezza del sito di raccolta rifiuti e delle aree circostanti.

I rilievi sono stati effettuati in situazioni di rischio elevato in cui, oggettivamente, il volume dei rifiuti trattati era particolarmente significativo in modo che le informazioni ricavate fossero di straordinaria importanza in termini di pianificazione e gestionale delle attività aziendali.

Il protocollo prevede una prima fase di monitoraggio aereo comparato alla simulazione della dispersione. Per poterlo realizzare, i monitoraggi in volo e a terra sono stati eseguiti contemporaneamente sulla stessa fonte di emissione.



Schema 1: visualizzazione schematica del protocollo di validazione della tecnologia

Questo step è necessario per verificare che i sensori montati sul drone siano quelli più indicati per la tipologia di emissioni e la tipologia di fonte. Nel corso del progetto la procedura è stata reiterata e ritestata su fonti diverse, con tipologie di emissione diverse. L'efficacia della procedura è stata confermata in tutti i test, e riconfermata in una fase successiva senza il controllo della simulazione di dispersione. Il monitoraggio con drone si è infatti rivelato efficiente nell'individuare una fonte di VOCO. L'utilizzo del drone ha permesso di individuare non solo la posizione, ma anche la natura e la concentrazione della fonte, senza far avvicinare un operatore.

2. Risultati ottenuti e trasferibilità

È stato verificato che l'implementazione di questo protocollo di monitoraggio con droni dotati di opportuni equipaggiamenti specializzati nel monitoraggio di sostanze inquinanti e odorigene, unitamente alla configurazione di innovative metodologie per la modellazione dei dati, costituisce uno strumento ad elevato valore per le aziende come Elite Ambiente, i cui processi industriali hanno una elevata criticità sotto il profilo delle emissioni inquinanti ed odorigene.

La coerenza tra i dati rilevati da drone e le stazioni a terra durante le campagne effettuate, è un indicatore fondamentale della qualità dei dati raccolti. Questo confronto ha permesso di validare i risultati ottenuti, di integrare le informazioni provenienti da fonti diverse e di aumentare la fiducia nelle decisioni basate su questi dati. Durante le campagne sono stati risolti errori di calibrazione e molta cura è stata posta a differenze nella posizione (corretta definizione dei tracciati soprattutto in volo) e differenze nella risoluzione temporale:

Nel caso di specie, l'impiego del protocollo determinato nel corso del progetto ha fatto rilevare, da parte del gruppo di lavoro, questi diversi aspetti:

- processi produttivi più sicuri sotto il profilo dei rischi di inquinamento: la velocità e la facilità di implementazione della procedura, ne aumenta la possibilità di integrazione nelle procedure standard di monitoraggio, abbassando così il rischio di potenziale inquinamento (ad esempio implementandole con il sistema di gestione ISO 14.000);
- riduzione del pericolo sui luoghi di lavoro: il monitoraggio mirato e dedicato nelle diverse zone del sito con l'operatore a distanza, rappresenta una chiara azione preventiva per la sicurezza dei lavoratori o delle persone che operano e vivono nelle aree limitrofe;
- riduzione dell'impatto sulla salute delle persone e per l'ambiente circostante alle fonti di emissione: il basso costo di implementazione del protocollo consente di aumentare i monitoraggi su base giornaliera, incrementando perciò la sicurezza del sito e delle zone circostanti;

- riduzione del rischio chimico/incendio: il monitoraggio mirato e dedicato nelle diverse zone del sito favorisce l'identificazione tempestiva delle emissioni, in termini di composizione e concentrazione; in particolare nella captazione di fonti di rischio chimico e incendio e esplosione, che sono i principali pericoli per impianti di questo tipo.
- il protocollo di monitoraggio utilizzato consente di operare con misure di sicurezza altamente superiori alla norma, consente inoltre di verificare lo stato dell'inquinamento dell'aria in siti specifici dell'impianto con modalità semplice e con veloce restituzione delle informazioni, limitando l'esposizione dell'operatore all'inquinante;
- il protocollo può essere integrato in un piano di monitoraggio di medio lungo termine e con altri sistemi di rilevazione tipo Geonose®, sistema dedicato al rilevamento degli odori nell'ambiente che, mediante un'applicazione per smartphone e tablet utilizzabile direttamente dal personale tecnico addestrato sul campo, permette di fornire una misura dell'odore geolocalizzata.

I sensori che vengono comunemente impiegati sui droni per queste applicazioni possono essere suddivisi in diverse categorie:

- sensori chimici:
 - elettrochimici: misurano la concentrazione di specifici gas attraverso reazioni chimiche che generano una corrente elettrica. Sono utilizzati per rilevare composti come l'ozono, l'ossido di azoto e il monossido di carbonio
 - a fotoionizzazione (PID): ionizzano le molecole organiche volatili (VOC) e misurano la corrente generata. Sono molto sensibili a una vasta gamma di composti organici
 - a infrarossi non dispersivi (NDIR): misurano la concentrazione di gas come CO₂, metano e ossidi di azoto assorbendo la radiazione infrarossa
 - semiconduttori metallici ossidati (MOX): variazioni nella conducibilità elettrica del sensore indicano la presenza di gas. Sono utilizzati per rilevare gas combustibili e sostanze organiche
- sensori fisici:
 - particellari: misurano la concentrazione di particelle sospese nell'aria (PM₁₀, PM_{2.5})
 - meteorologici: misurano parametri ambientali come temperatura, umidità, pressione atmosferica e velocità del vento, che influenzano la dispersione degli inquinanti
- sensori ottici:
 - spettrometri: analizzano la luce emessa o assorbita da una sostanza per identificarne la composizione chimica
 - camere termiche: rilevano le differenze di temperatura e possono essere utilizzate per individuare fonti di calore, come ad esempio le emissioni da una condotta

Come testimoniato dal progetto, la scelta del sensore dipende da diversi fattori, tra cui:

- sostanze da rilevare, in quanto ogni sensore ha una specifica sensibilità a determinate sostanze;
- precisione richiesta;
- peso e dimensioni, fondamentale in quanto i droni hanno una capacità di carico limitata, quindi è importante scegliere sensori leggeri e compatti;
- il costo dei sensori può variare significativamente;
- condizioni operative, in quanto la temperatura, l'umidità e altri fattori ambientali possono influenzare le prestazioni del sensore.

I sensori vengono integrati sui droni attraverso apposite piattaforme che consentono di collegarli al sistema di controllo del drone e di acquisire i dati. Sotto questo punto di vista è fondamentale collaborare con operatori specializzati nel pilotaggio dei droni per queste funzioni.

Gli output del progetto permettono quindi di validare un sistema drone-laboratorio ad alta efficienza, dotato di un modello per l'elaborazione dei dati in grado di monitorare una vasta gamma di sostanze inquinanti ed odorigene tale da poter essere impiegato per il monitoraggio e la messa in sicurezza costante di un impianto ad alto impatto ambientale quale un centro di raccolta e trattamento rifiuti.

La trasferibilità su altri siti analoghi a quelli valutati nel corso del progetto, è garantita dalle diverse campagne effettuate e dalla solidità del protocollo dimostrata nei vari test su diverse tipologie di inquinanti. Va sottolineato infatti che i sensori del drone non sono variati nel corso delle diverse acquisizioni, dando comunque un riscontro affidabile e preciso. Questo consente la formalizzazione di una metodologia per la rilevazione di VOC/VOCO esportabile in altri impianti di stoccaggio/trattamento di rifiuti.

Perché questa metodologia è così interessante?

Decontestualizzando la metodologia, i punti di maggiore interesse che si rilevano sono i seguenti:

- i droni consentono di effettuare rilevazioni su aree vaste e di difficile accesso con una risoluzione spaziale e temporale molto elevata; questo permette di creare mappe dettagliate della dispersione delle sostanze inquinanti, identificando le zone maggiormente interessate e le eventuali fonti di emissione;
- i droni possono essere impiegati in modo rapido e flessibile per rispondere a eventi improvvisi, come ad esempio sversamenti accidentali o picchi di emissione;
- pur richiedendo un investimento iniziale, l'utilizzo dei droni può risultare economicamente vantaggioso nel lungo periodo, grazie alla riduzione dei costi di campionamento e analisi tradizionali;
- l'impiego di droni limita l'esposizione degli operatori a sostanze potenzialmente pericolose.

In conclusione, l'utilizzo di droni per il monitoraggio della qualità dell'aria nelle vicinanze degli impianti di gestione dei rifiuti rappresenta una tecnologia promettente con un grande potenziale. Questa metodologia può fornire informazioni preziose per valutare l'impatto ambientale di queste attività e per prendere decisioni informate in materia di gestione dei rifiuti, tuttavia rimangono alcune sfide tecnologiche. Quelle suggerite dal presente progetto riguardano:

- lo sviluppo di batterie più leggere e con maggiore capacità consentirà di aumentare l'autonomia dei droni;
- la miniaturizzazione dei sensori permetterà di equipaggiare i droni con una maggiore varietà di strumenti di misura;
- l'integrazione dei droni con sistemi satellitari permetterà di ottenere dati ad alta risoluzione su aree molto vaste.