



Thermo-Scout: Profilazione atmosferica verticale per l'analisi del rischio di gelo

CENTRO RISORSE FLIGHT

Direzione nazionale dell'istruzione del distretto di Darica



KOCAELİ - DARICA
İLÇE MİLLÎ EĞİTİM MÜDÜRLÜĞÜ



**Co-funded by
the European Union**

This project has been funded with support from the European Commission. This communication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

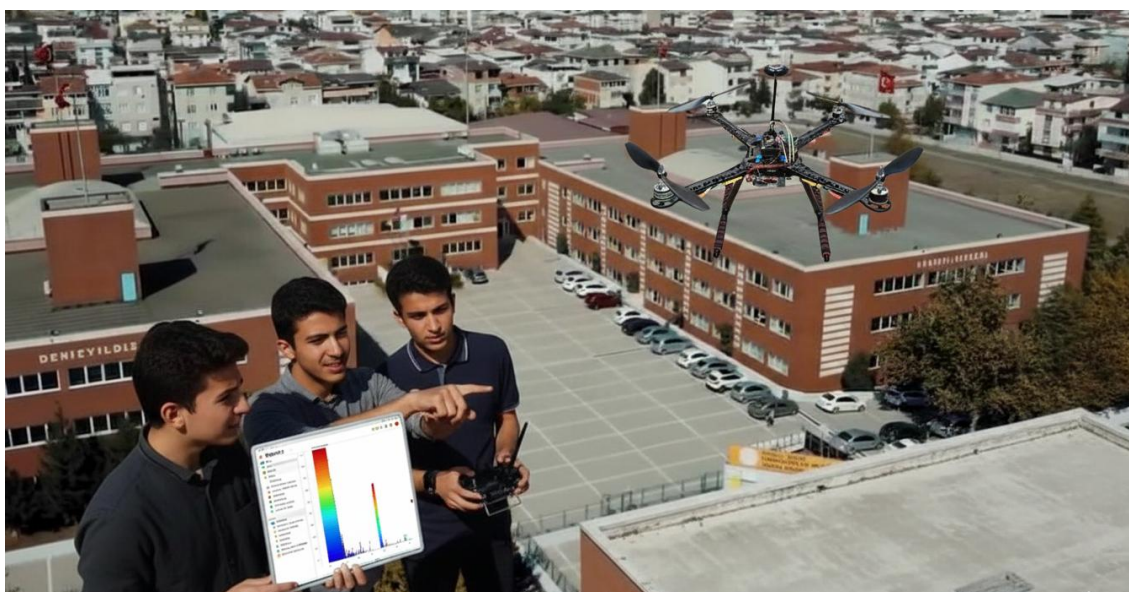
Sommario

Sommario	1
1. INTRODUZIONE	2
2. DESTINATARI	2
3. SETTORE DI APPLICAZIONE	2
4. TIPO	3
5. DRONE UTILIZZATO	3
6. DURATA	3
7. OBIETTIVI DI APPRENDIMENTO	3
8. COMPETENZE CHIAVE SVILUPPATE	4
1. Comunicazione e lingue	4
2. Competenze matematiche, scientifiche, tecniche e professionali	4
3. Competenze digitali	4
4. Competenze personali, sociali e professionali	4
5. Sicurezza, qualità e sostenibilità	4
6. Cittadinanza e competenza culturale	4
7. Creatività, capacità di risoluzione dei problemi e spirito imprenditoriale	4
8. Apprendimento basato sul lavoro e integrazione nel mondo del lavoro	5
9. PREREQUISITI	5
2. Capacità di operare il drone in modalità “Loiter / GPS Hold”	6
.....	9
Fase 4 – Riflessione e Consolidamento (Presentazione)	10
10. CRITERI DI VALUTAZIONE	10
A. Quiz con domande chiuse o aperte (Valutazione cognitiva)	10
B. Strumenti di autovalutazione (Apprendimento riflessivo)	11
C. Protocollo di peer review (valutazione collaborativa)	11
D. Portfolio e output pratici (valutazione sommativa)	11
12. RISORSE TECNICHE	12
13. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	13



1. INTRODUZIONE

Questo progetto sfrutta la capacità del drone personalizzato di eseguire manovre verticali precise per rilevare gli strati di **inversione termica**, una delle principali cause del gelo in agricoltura. Invece della mappatura orizzontale, gli studenti programmano il drone per funzionare come una “sonda di rilevamento verticale”, salendo a quote specifiche (ad es. 5 m, 15 m, 30 m, 50 m). Registrando dati di temperatura, umidità e pressione tramite il sensore BME680, gli studenti costruiranno un profilo verticale dell’atmosfera. I dati vengono visualizzati in **Kepler.gl** come una colonna 3D, permettendo di determinare se esiste aria più calda sopra lo strato di suolo ghiacciato, informazione fondamentale per metodi attivi di protezione dal gelo (come i ventilatori antibrina).



2. DESTINATARI

- ☐ 15
 - 16
 - 17
 - 18
- ☐ Oltre 18 anni

3. SETTORE DI APPLICAZIONE

- Agricoltura



Co-funded by
the European Union

This project has been funded with support from the European Commission. This communication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

- ☐ Risposta alle emergenze
- ☐ Costruzioni
- ☐ Gestione delle acque
- ☐ Protezione ambientale

- Altro

4. TIPO

- ☐ Piano di lezione

- Progetto

- ☐ Attività

5. DRONE UTILIZZATO

- Drone personalizzato

- ☐ Drone commerciale (DJI)

6. DURATA

- ☐ 1 lezione da 45 minuti
- ☐ 1 lezione da 60 minuti
- ☐ 1 blocco da 90 minuti
- ☐ 2 lezioni da 45 minuti

- 2 lezioni da 60 minuti È

- ☐ Doppia sessione (2 × 60 minuti) con compiti a casa facoltativi basati su progetti.

7. OBIETTIVI DI APPRENDIMENTO

O1: Analizzare il fenomeno dell'**inversione termica** e come l'aria fredda si accumuli nelle aree depresse (effetto della topografia).

O2: Calcolare il **punto di rugiada** utilizzando i dati di temperatura e umidità per prevedere la probabilità di formazione del gelo.



O3: Progettare ed eseguire una missione autonoma di “profilazione verticale” utilizzando waypoint con comandi di “attesa/stazionamento (hover)”.

O4: Visualizzare i dati verticali in **Kepler.gl** per creare un modello atmosferico tridimensionale.

8. COMPETENZE CHIAVE SVILUPPATE

1. Comunicazione e lingue

- ☐ Competenza di alfabetizzazione (comprensione e produzione di testi scritti/orali)
- ☐ La comunicazione in contesti professionali
- ☐ Competenza multilingue

2. Competenze matematiche, scientifiche, tecniche e professionali

- ☐ Competenza matematica
 - Competenza scientifica, tecnologica e ingegneristica (STEM)
- ☐ Competenze numeriche applicate ai compiti lavorativi
- ☐ Interpretazione di informazioni tecniche (manuali, diagrammi, norme)
- ☐ Competenze professionali/tecniche
- ☐ Esecuzione di compiti pratici

3. Competenze digitali

- Competenza digitale (alfabetizzazione digitale generale)

- ☐ Utilizzo di strumenti digitali in ambito lavorativo

4. Competenze personali, sociali e professionali

- ☐ Competenza personale, sociale e di apprendimento
- ☐ Lavoro di squadra e collaborazione
- ☐ Autonomia e responsabilità
- ☐ Etica del lavoro e comportamento professionale
- ☐ Adattabilità e flessibilità
- ☐ Collaborazione con supervisori e colleghi

5. Sicurezza, qualità e sostenibilità

- ☐ Applicazione delle norme in materia di salute e sicurezza (OHS/SST)
- ☐ Procedure di qualità e norme sul luogo di lavoro
- ☐ Consapevolezza ambientale e di sostenibilità

6. Cittadinanza e competenza culturale

- ☐ Competenza di cittadinanza
- ☐ Consapevolezza culturale e competenza espressiva

7. Creatività, capacità di risoluzione dei problemi e spirito imprenditoriale



■ Risoluzione dei problemi e pensiero critico

- ☐ Competenza imprenditoriale
- ☐ Iniziativa e creatività
- ☐ Il processo decisionale in situazioni lavorative reali

8. Apprendimento basato sul lavoro e integrazione nel mondo del lavoro

- ☐ Integrazione nelle routine lavorative
- ☐ Seguendo le istruzioni e le procedure professionali
- ☐ Utilizzo di strumenti, attrezzature e tecnologie

Questa lista di controllo unisce le competenze chiave dell'UE per l'apprendimento permanente con le competenze fondamentali previste nell'istruzione e formazione professionale europea (IFP).

9. PREREQUISITI

Questo progetto va oltre il volo ricreativo e integra fisica, aviazione e data science. Perché la missione abbia successo, gli studenti devono possedere le seguenti tre competenze fondamentali prima di scendere sul campo:

1. Comprensione della relazione tra pressione atmosferica e temperatura

Perché è necessario?

L'ipotesi centrale del progetto è il rilevamento di un'inversione termica. Normalmente, la temperatura dell'aria diminuisce con l'aumentare dell'altitudine (gradiente termico verticale). Tuttavia, durante gli eventi di gelo, l'aria fredda (più densa e pesante) si accumula al suolo come un fluido, mentre l'aria più calda rimane intrappolata sopra. Gli studenti devono comprendere che l'aria si comporta come un fluido e che la sua densità varia con la temperatura.

Cosa devono sapere gli studenti?

- **Principio di densità:** l'aria fredda ha molecole più compatte, quindi è più pesante. Scorre verso il basso e si accumula nelle zone depresse (valli/bacini).
- **Altimetria basata sulla pressione:** poiché si utilizza il sensore BME680, gli studenti devono sapere che l'altitudine viene calcolata tramite la pressione atmosferica e non solo tramite GPS. La pressione diminuisce all'aumentare della quota.
- **Inerzia termica (ritardo del sensore):** il sensore non reagisce istantaneamente. Proprio come un cucchiaino freddo impiega tempo a riscaldarsi nella zuppa, anche il sensore ha bisogno di tempo per stabilizzarsi. Per questo il drone deve effettuare hover stabili. *Per questo motivo programiamo il drone per mantenere la posizione in hovering.*



2. Capacità di operare il drone in modalità “Loiter / GPS Hold”

Perché è necessario?

Questa non è una missione di gara o di freestyle; è una missione di sondaggio verticale (**Vertical Sounding**), cioè una vera e propria sonda scientifica. Perché i dati siano validi, il drone deve restare sospeso in aria “come se fosse inchiodato al cielo”. Se il drone deriva con il vento, i dati si mescolano con lo spostamento orizzontale, compromettendo il profilo verticale e rendendolo non affidabile.

Cosa devono sapere gli studenti?

- **Consapevolezza delle modalità:** devono distinguere tra Stabilize (controllo manuale con autolivellamento) e Loiter (mantenimento della posizione tramite GPS). Questa missione richiede esclusivamente Loiter/PosHold.
- **Gestione del throttle:** nei droni custom, in modalità Loiter mantenere lo stick del gas al 50% (centrato) significa “mantenere la quota attuale”.
- **Sicurezza e failsafe:** se il segnale GPS viene perso (HDOP aumenta) o il magnetometro si disorienta, il drone può entrare in “toilet bowl” (movimento circolare instabile). Il pilota deve saper passare immediatamente in Stabilize per riprendere il controllo manuale.

3. Conoscenze di base di Excel per le formule di calcolo del punto di rugiada

Perché è necessario?

Il sensore BME680 fornisce due dati grezzi fondamentali: temperatura (T) e umidità relativa (RH). Tuttavia, per prevedere il gelo, il parametro più importante è il punto di rugiada (dew point), cioè la temperatura alla quale il vapore acqueo passa allo stato liquido (rugiada) o solido (brina). Questo valore non viene fornito direttamente dal sensore: gli studenti devono “elaborare” questi dati utilizzando Excel.

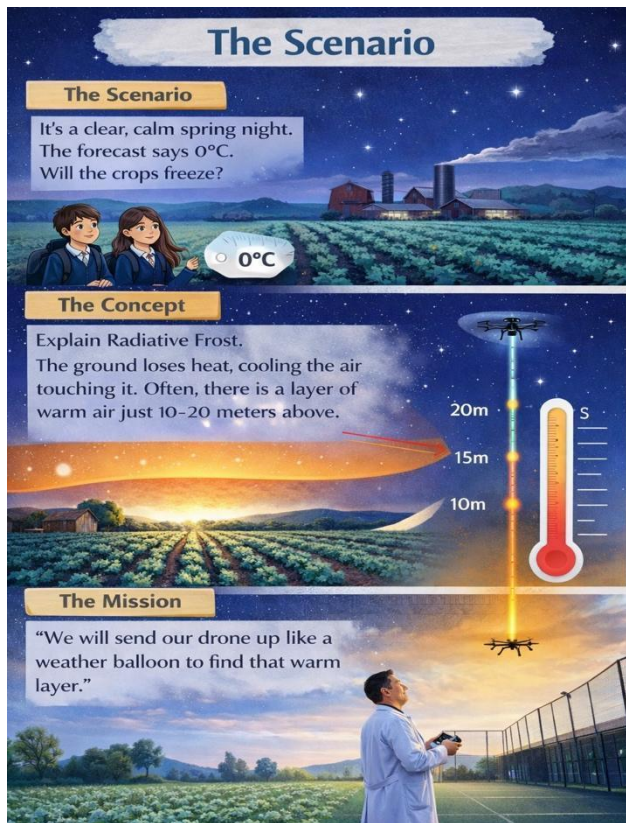
Cosa dovrebbe sapere lo studente?

- **Scrittura di formule:** Come eseguire operazioni matematiche utilizzando i riferimenti di cella (ad esempio, =A2*B2).
- **La formula di approssimazione:** Gli studenti dovrebbero essere in grado di inserire in Excel una formula semplificata per il punto di rugiada:
 - *Formula:* Punto di rugiada $\approx$ Temperatura - ((100 - Umidità) / 5)
 - *Sintassi di Excel:* Se la temperatura è in A2 e l'umidità è in B2: =A2 - ((100-B2)/5)
- **Logica logica (istruzioni IF):** Per creare un sistema di allerta automatizzato, è necessario saper utilizzare la logica condizionale:
 - =SE(C2<0; "RISCHIO DI GELO"; "SICURO") – Questo insegna loro a trasformare i numeri in consigli pratici.



10. SCHEMA DELLA LEZIONE

Fase 1 – Introduzione (Coinvolgimento e contestualizzazione)



Descrizione:

- **Scenario:** È una notte di primavera limpida e calma. Le previsioni indicano 0°C. Le colture si congeleranno?
- **Concetto:** Introduzione al gelo da irraggiamento (Radiative Frost). Il suolo perde calore per irraggiamento, raffreddando l'aria a contatto con esso. Spesso, a soli 10–20 metri di altezza, è presente uno strato di aria più calda.
- **Missione:** “Invieremo il nostro drone come un pallone meteorologico per individuare questo strato di aria calda.”

Fase 2 – Esplorazione (Indagine e confronto)

Descrizione:

- **Ritardo del sensore:** Introduzione all'inerzia termica. Il sensore necessita di tempo per adattarsi a nuove condizioni di temperatura.
- **Pianificazione della missione:** In Mission Planner si crea una missione a punto singolo con step di quota:
 - Takeoff → 2 m → Loiter_Time 30 s (per stabilizzare il sensore)
 - Salita → 10 m → Loiter_Time 30 s
 - Salita → 30 m → Loiter_Time 30 s
 - Salita → 60 m → Loiter_Time 30 s
 - RTL (Return to Launch)



Co-funded by
the European Union

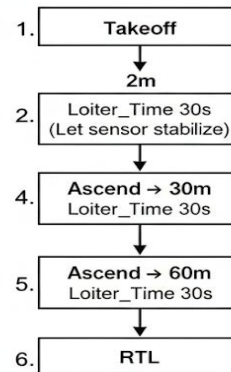
This project has been funded with support from the European Commission. This communication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

**Sensor**

Lag: Discuss "Thermal Inertia." The sensor needs time to adjust to new temperatures.

Mission Planning

In Mission Planner, create a single-point mission with altitude steps:

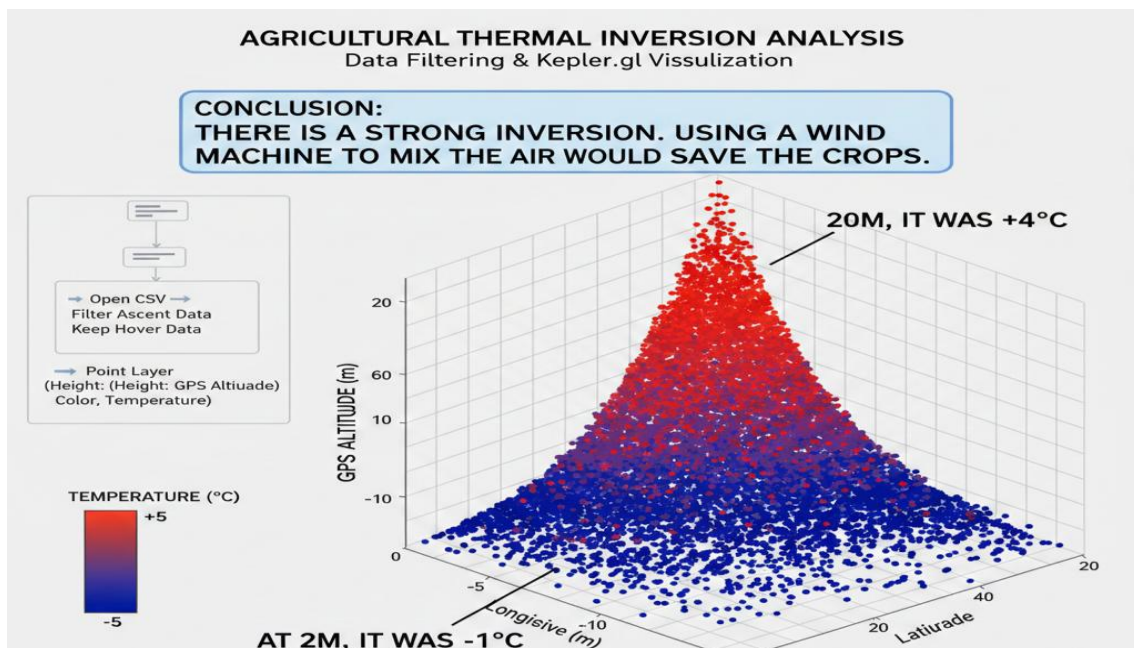
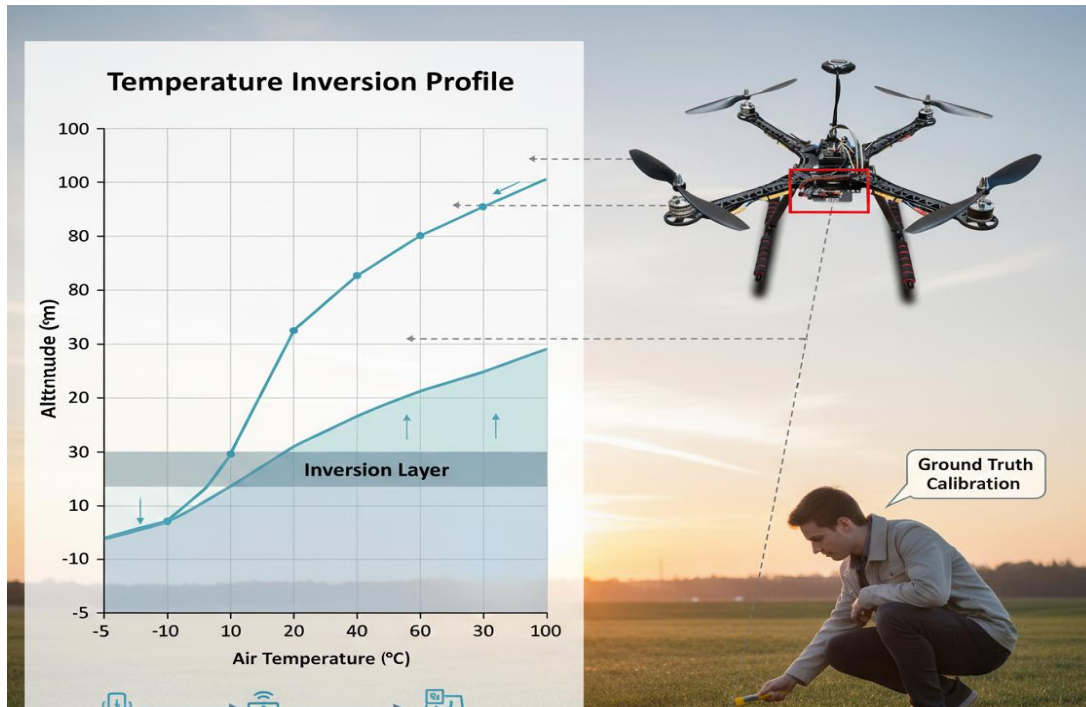


Fase 3 – Applicazione (Esercitazioni pratiche)

Attività pratica:

1. **Tempistica:** Idealmente subito dopo l'alba, quando l'inversione termica è più intensa.
2. **Esecuzione:**
 - Accensione del drone e del data logger NodeMCU (attendere il fix GPS).
 - Attivazione della modalità AUTO.
 - Monitoraggio dell'altitudine tramite telemetria.
 - Verifica manuale: uno studente a terra registra la temperatura superficiale con un termometro portatile per la calibrazione.
3. **Recupero dati:** download del file CSV.





Fase 4 – Riflessione e Consolidamento (Presentazione)

Presentazioni di gruppo:

1. Filtraggio dei dati: Aprire il file CSV. Filtrare i dati registrati durante la salita (movimento rapido). Conservare solo i dati raccolti durante i periodi di hovering (condizioni stabili).

2. Visualizzazione in Kepler.gl:

- Importazione dei dati.
- Layer: Point.
- Altezza: impostata sulla quota GPS.
- Colore: gradiente basato sulla temperatura (Blu = Freddo, Rosso = Caldo).

3. Analisi:

- “At 2m, it was -1°C. At 20m, it was +4°C.”
- **Conclusione:** “È presente una forte inversione termica. L'utilizzo di un ventilatore agricolo per miscelare l'aria potrebbe salvare le colture.”

11. CRITERI DI VALUTAZIONE

A. Quiz con domande chiuse o aperte (Valutazione cognitiva)

Obiettivo: verificare la comprensione dei concetti meteorologici e dei limiti dei sensori.

- **Quiz 1: Termodinamica e meteorologia (scelta multipla)**
 - “Cos'è un'inversione termica?” (Risposta corretta: uno strato in cui la temperatura aumenta con la quota, intrappolando l'aria fredda al suolo).
 - “Perché il punto di rugiada è fondamentale per prevedere il gelo?” (Risposta corretta: indica la temperatura alla quale il vapore acqueo condensa; se è sotto 0°C si forma il gelo).
- **Quiz 2: Dinamica dei sensori (risposta breve)**
 - **Domanda:** “Perché abbiamo programmato il drone per restare in hovering 30 secondi a ogni quota invece di volare continuamente?”
 - **Risposta attesa:** per compensare l'inerzia termica (ritardo del sensore). Il BME680 ha bisogno di tempo per stabilizzarsi e misurare correttamente la temperatura dell'aria circostante.
- **Quiz 3: Logica della missione**



- “Nel Mission Planner, quale comando viene usato per far attendere il drone?”

Risposta: LOITER_TIME o DELAY.

B. Strumenti di autovalutazione (Apprendimento riflessivo)

Obiettivo: stimolare gli studenti a valutare criticamente la propria prestazione sul campo.

- **Scheda di riflessione “Frost Hunter”:**

- Pre-volo:
 - “Ho calibrato il barometro a terra (quota zero) prima del decollo?”
- Durante il volo:
 - “Ho monitorato l’altitudine per verificare che il drone raggiungesse davvero le quote target (5 m, 10 m, 30 m)?”
- Qualità dei dati:
 - “Nel mio file CSV, le letture di temperatura sono stabili durante l’hover o mostrano oscillazioni?”

C. Protocollo di peer review (valutazione collaborativa)

Obiettivo: valutare il lavoro di squadra durante la finestra critica del mattino presto.

- **Rubrica per il team di volo:**

- **Valutazione del pilota:**
 - Il pilota ha eseguito la salita verticale in modo fluido? Ha minimizzato la deriva orizzontale per garantire un profilo verticale reale?
- **Valutazione dell’osservatore a terra:**
 - L’osservatore ha registrato la temperatura reale (“ground truth”) ogni 5 minuti con il termometro manuale per confrontarla con i dati del drone?
- **Sicurezza:**
 - Il team ha verificato che la zona di atterraggio fosse libera da rugiada/umidità che potrebbe danneggiare il NodeMCU o la batteria LiPo esposta?

D. Portfolio e output pratici (valutazione sommativa)

Obiettivo: valutare la visualizzazione finale dei dati e il ragionamento scientifico.

- **1. Profilo di missione (screenshot Mission Planner):**

- **Superato:** mostra una singola coordinata Lat/Lon con comandi multipli di “Change Altitude” e “Delay” in ordine corretto.
- **Non superato:** mostra una traiettoria orizzontale (mappatura) invece di un sondaggio verticale o mancano i comandi di attesa.

- **2. Pulizia e trattamento dati:**

Gli studenti devono consegnare un file Excel/CSV in cui i dati di salita/discesa (rumorosi) sono stati rimossi, mantenendo solo le fasi di hovering stabile.

- **3. Modello atmosferico 3D (Kepler.gl):**

- **Requisito:** colonna tridimensionale di punti (tipo torre) con colore rappresentativo della temperatura.



- **Indicatore di successo:** la mappa mostra chiaramente il gradiente (es. punti blu a 2 m che diventano gialli/rossi a 30 m), dimostrando la presenza dell'inversione termica.
- **4. Report "Consiglio all'agricoltore":**
 - Conclusione sintetica basata sui dati:
 - ➔ **Scenario A:** "Nessuna inversione rilevata. I ventilatori non sono utili."
 - ➔ **Scenario B:** "Forte inversione rilevata (aria a 20 m più calda di 4°C).

Raccomandazione: attivare i ventilatori per miscelare l'aria calda verso il basso e proteggere le colture."

12. MATERIALI DIDATTICI

- 1- **Software:** Mission Planner, Kepler.gl, Arduino IDE.
- 2- Kit di volo (componenti per droni personalizzati) utilizzato:

■ BME680 – Temperatura, umidità, pressione, COV

- ☐ Sensore laser PM2.5 – Particolato
- ☐ Sensore di gas MQ7 – Rilevamento di CO
- ☐ GUVVA-S12SD – Intensità UV

13. RISORSE TECNICHE

Risorsa	Descrizione e utilità	Collegamento
Windy.com	Mappa meteorologica visiva. Gli studenti utilizzano i livelli "Altitudine di congelamento" e "Vento" per prevedere le condizioni di inversione termica prima del volo.	windy.com
Guida FAO alla protezione dal gelo	La guida completa dell'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura (FAO) sull'"inversione termica" e sui metodi di protezione passiva/attiva.	fao.org
Scheda tecnica del Bosch BME680	Fondamentale per comprendere il "tempo di risposta" e l'"inerzia termica" del sensore (perché il drone deve rimanere in volo stazionario/attendere).	bosch-sensortec.com



QGroundControl / Pianificatore di missione	Tutorial su come impostare i comandi "Loiter_Time" (Ritardo) ad altitudini specifiche per la profilazione verticale.	qgroundcontrol.com
Kepler.gl (Nuvola di punti 3D)	Guida su come associare "Altitudine" (asse Z) a "Colore" per visualizzare la colonna verticale della temperatura.	kepler.gl

14. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Snyder, R.L., & de Melo-Abreu, J.P.(2005).*Protezione antigelo: principi, pratica ed economia*.Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura (FAO), Vol. 1.

- (Contesto: La fonte principale per comprendere l'"inversione termica" e i metodi di protezione antigelo passivi/attivi.)

Bosch Sensortec.(2021).*Scheda tecnica BME680: Sensore a basso consumo per gas, pressione, temperatura e umidità*.Bosch Sensortec GmbH.

- (Contesto: Riferimento fondamentale per la comprensione del "tempo di risposta" e il calcolo del "punto di rugiada".)

Team di sviluppo di ArduPilot.(2024).*Pianificazione della missione: missioni autonome per elicotteri*.Documentazione di ArduPilot. Recuperato da <https://ardupilot.org/>

- (Contesto: Riferimento per la logica di volo autonomo e i comandi "Loiter/Delay" utilizzati nel sondaggio verticale.)

Amministrazione nazionale per gli oceani e l'atmosfera (NOAA).(s.d.).*JetStream: una scuola online di meteorologia e inversioni termiche*.Servizio meteorologico nazionale.

- (Contesto: Fonte didattica che spiega la termodinamica del perché l'aria fredda scende verso il suolo.)

Steenefeld, G. J., Wesseling, J. G., Seneviratne, S. I., & Holtslag, A. A.(2011).*Relazione tra umidità del suolo, inversione termica e rischio di gelate*.Meteorologia agricola e forestale, 151(10).

- (Contesto: Lettura avanzata su come le condizioni del terreno influenzano i dati raccolti dal drone.)

