



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
FACOLTÀ DI SCIENZE E TECNOLOGIE

# MULTI-ROBOT PATROLLING WITH HETEROGENEOUS UAV/ASV FLEETS FOR WATER MONITORING GUIDED BY A GENERATIVE VAE-UNET

Relatore:  
Prof. Nicola Basilico

Correlatore:  
Dott. Michele Antonazzi

Laureando:  
Edoardo Rodiani  
Matricola n. 964881

## Corpi idrici

- Risorse essenziali
- Supportano biodiversità
- Ruolo cruciale nell'equilibrio ambientale



Pericolose proliferazioni algali

- **Cause**

- Deflusso di fertilizzanti
- Inquinamento da nutrienti
  - Scarichi industriali

- **Problemi**

- Impoverimento dei livelli di ossigeno nell'acqua
- Rilascio di tossine
  - Morte di animali
  - Taglio dell'acqua ai residenti

# ASV e UAV per il monitoraggio



Pericolose proliferazioni algali



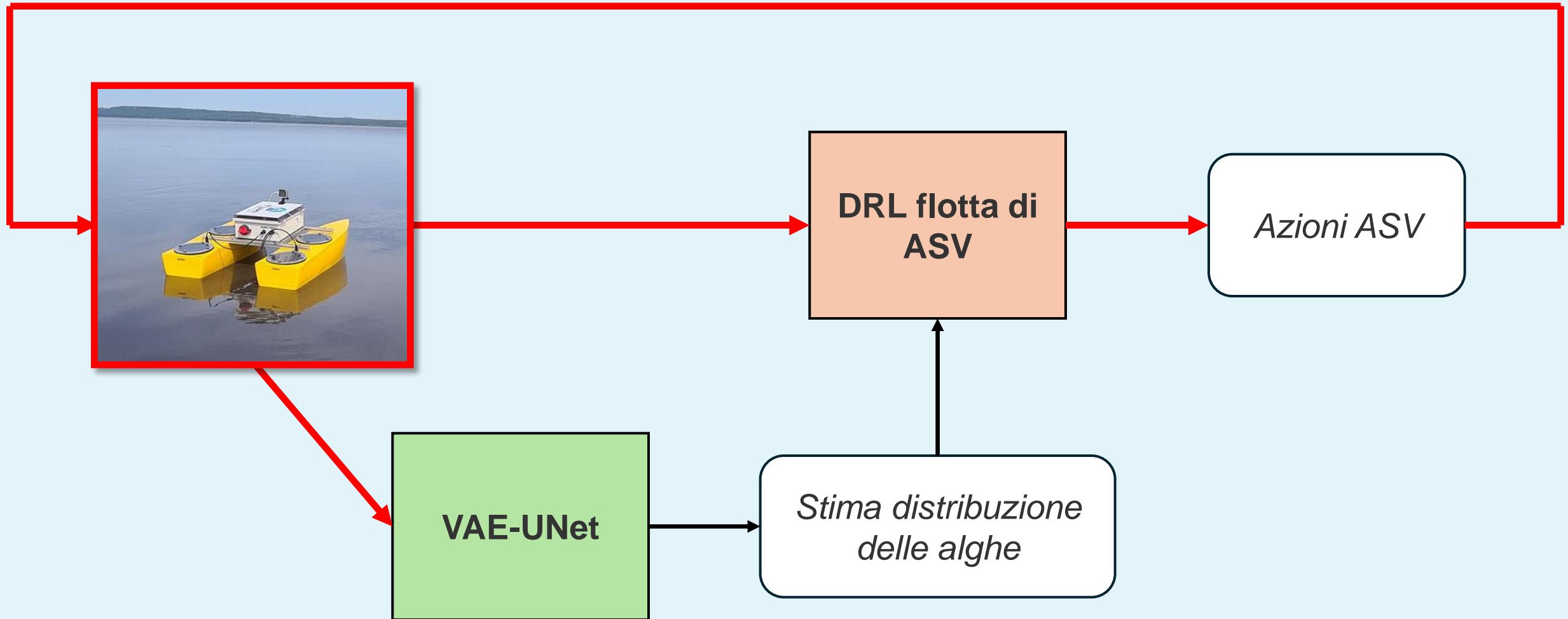
Autonomous Surface Vehicle (ASV)



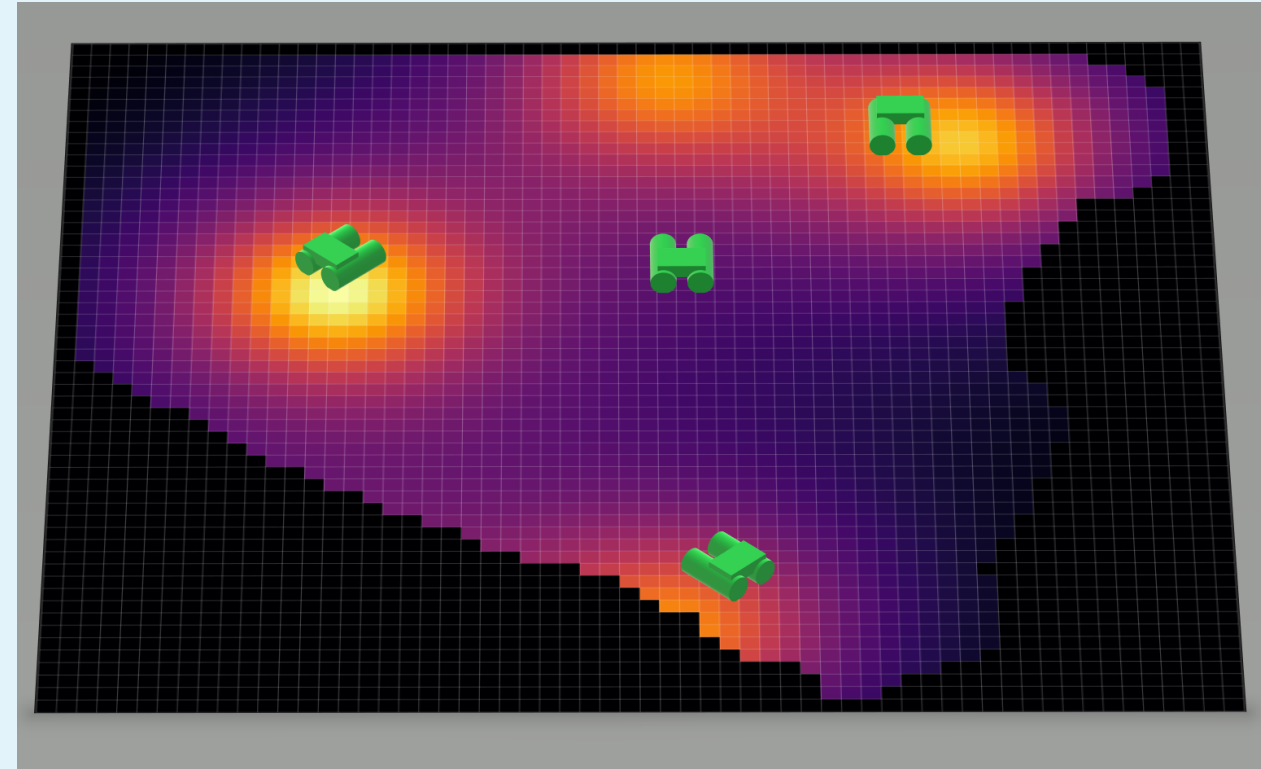
Unmanned Aerial Vehicles (UAV, Droni)

- Flotta di ASVs omogenea
- Componenti:
  - Rete Deep Reinforcement Learning (**DRL**) per la **scelta delle azioni** per ogni ASV
  - Variational Auto-Encoder UNet (**VAE-UNet**) per **stimare la distribuzione totale** delle alghe

# Schema Architettura



- **ASV**
  - Priorità a zone con:
    - Alta presenza di alghe
    - Alto tempo trascorso da ultima lettura
    - Bassa ridondanza



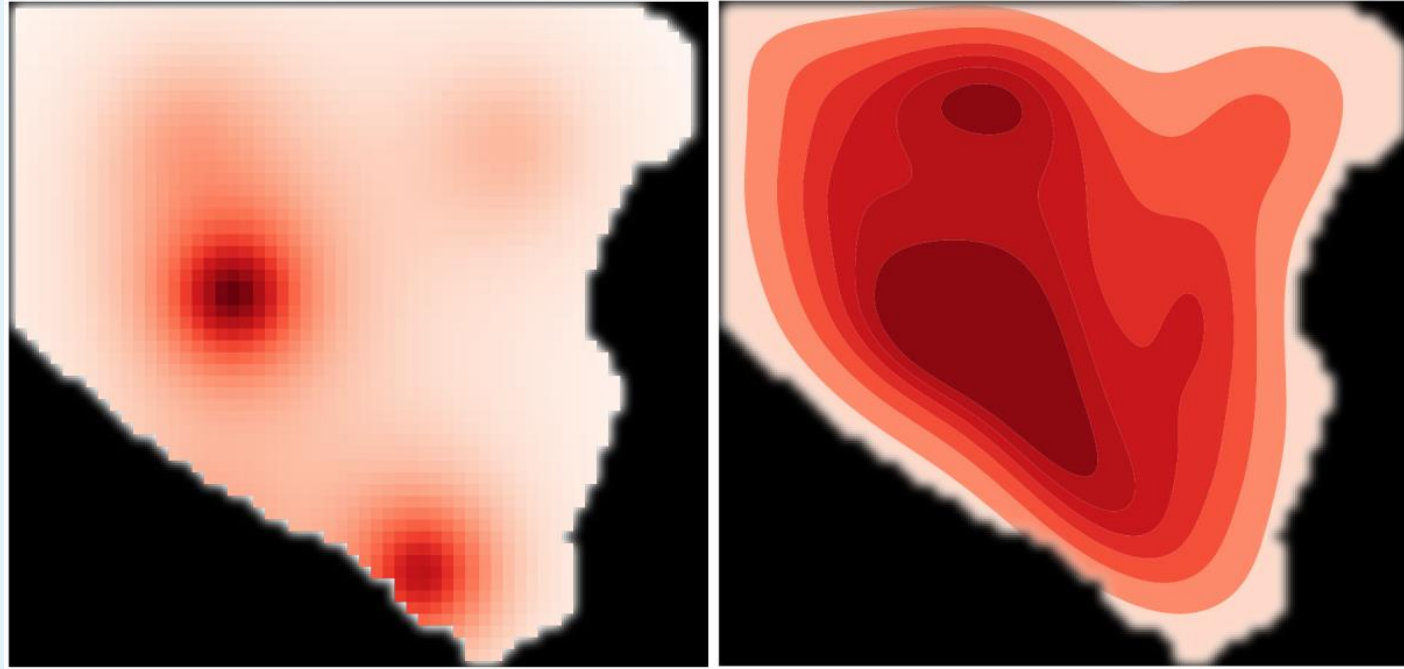


# Il problema della flotta omogenea di ASV



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI MILANO

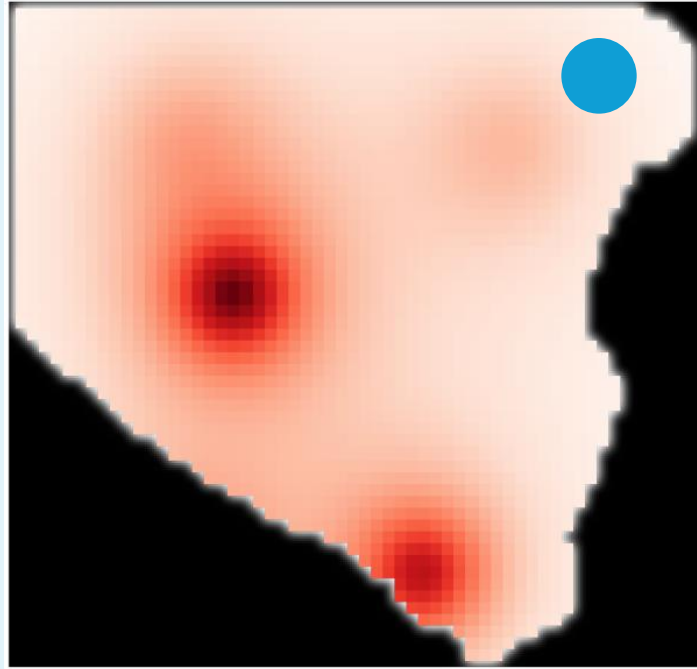
Distribuzione  
effettiva delle alghe  
nel lago



Heatmap  
misurazioni  
effettuate dagli ASV


# Il problema della flotta omogenea di ASV

Distribuzione  
effettiva delle alghe  
nel lago



Heatmap  
misurazioni  
effettuate dagli ASV





Agente		Precisione	Velocità	Esplorazione
	ASV	+	-	-



# Obiettivo dell'elaborato

- *Flotta eterogenea per pattugliamento con obiettivo comune*
- **Flotte**
  - ASVs
    - Misurazioni con priorità a **zone pericolose**
  - UAVs
    - Esplorare **zone poco coperte** dagli ASV

Agente		Precisione	Velocità	Esplorazione
	ASV	+	-	-
	UAV	-	+	+

# Schema architettura eterogenea



**DRL flotta di  
ASV**

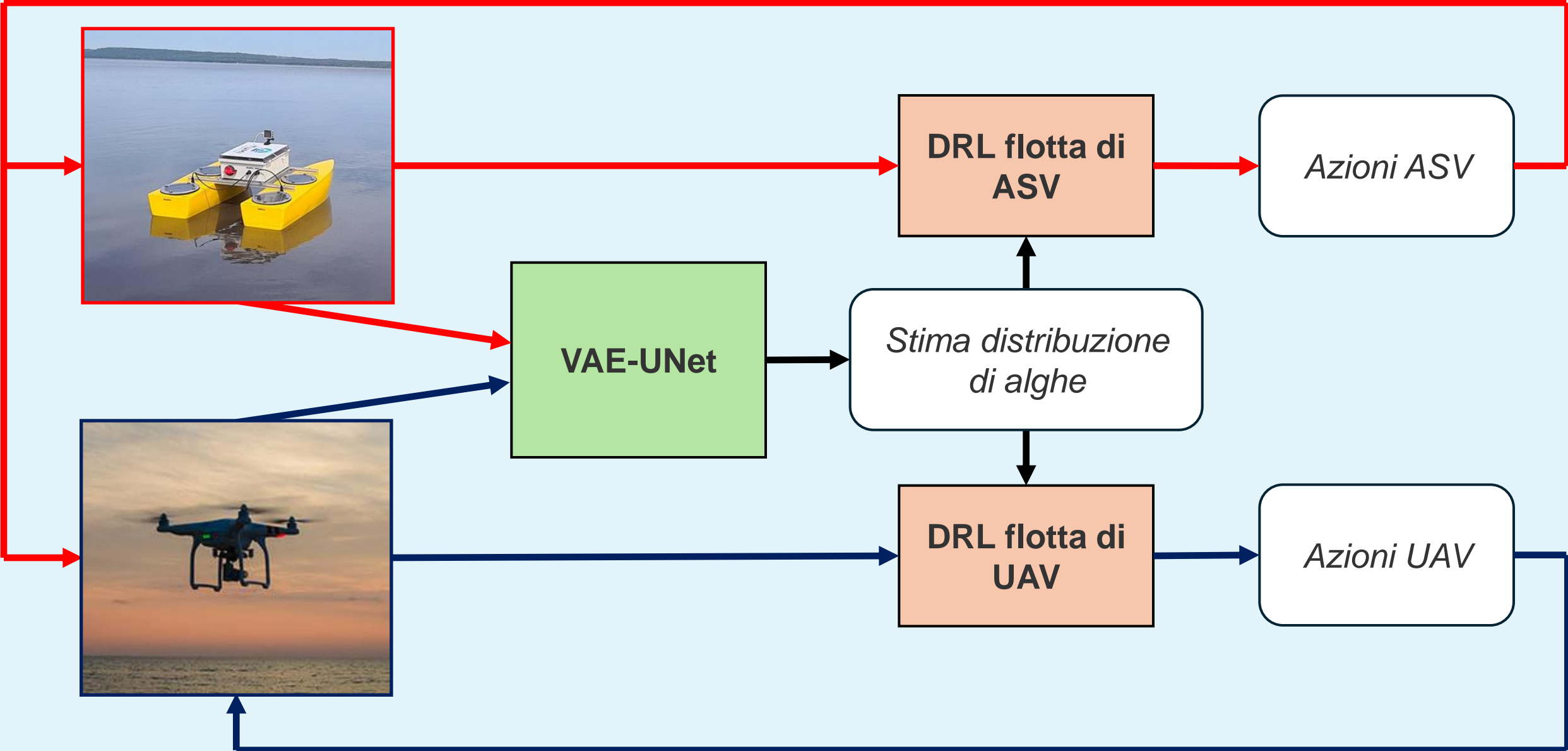
*Azioni ASV*

**VAE-UNet**

*Stima distribuzione  
di alghe*

**DRL flotta di  
UAV**

*Azioni UAV*



- **Simulatore**
  - Simulazione di spostamenti, letture e raccolta dei dati
- **Temporizzazione tra differenti agenti**
  - Gestione della sequenza temporale in cui gli agenti terminano le loro azioni
- **Modelli di rumore letture dei droni**

# Componenti software – Modelli di rumore



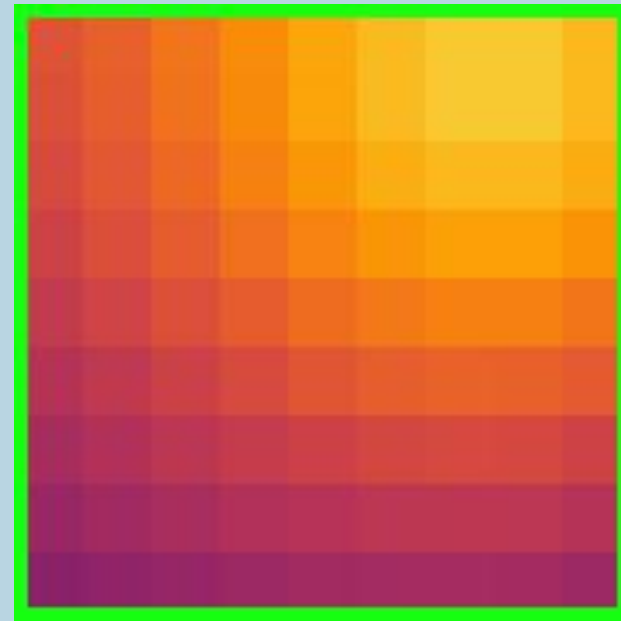
UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI MILANO

**NoNoise**

Senza rumore (caso migliore)



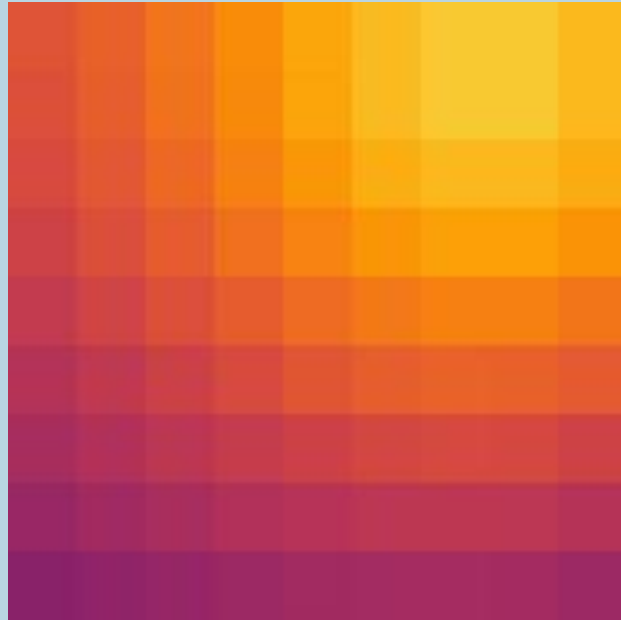
Realtà



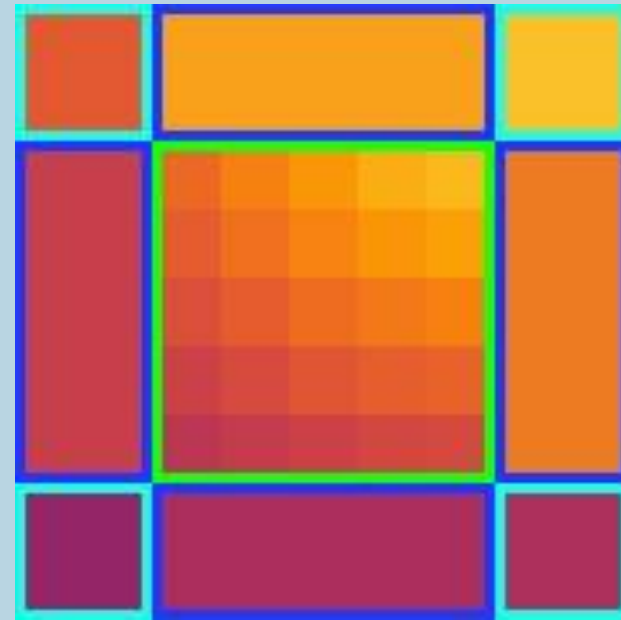
Percezione del UAV

## FishEyeNoise

Distorsione della fotocamera con effetto fisheye



Realtà



Percezione del UAV

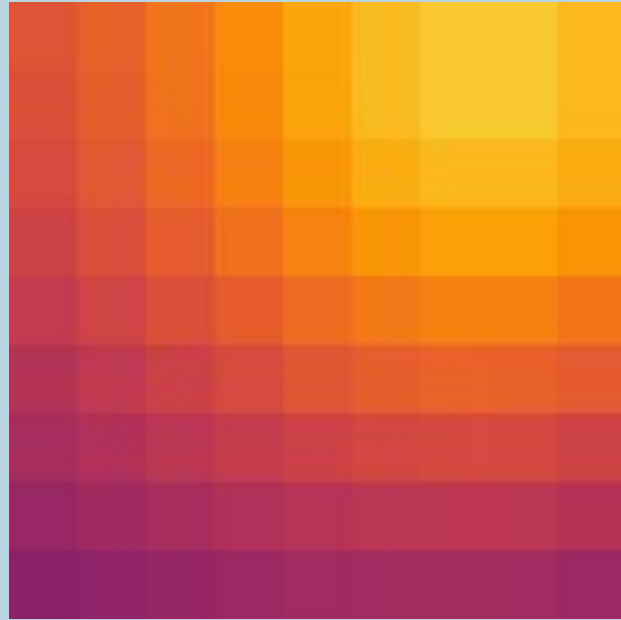
# Componenti software – Modelli di rumore



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI MILANO

## MeanNoise

Condizioni meteorologiche avverse (caso peggiore teorico)



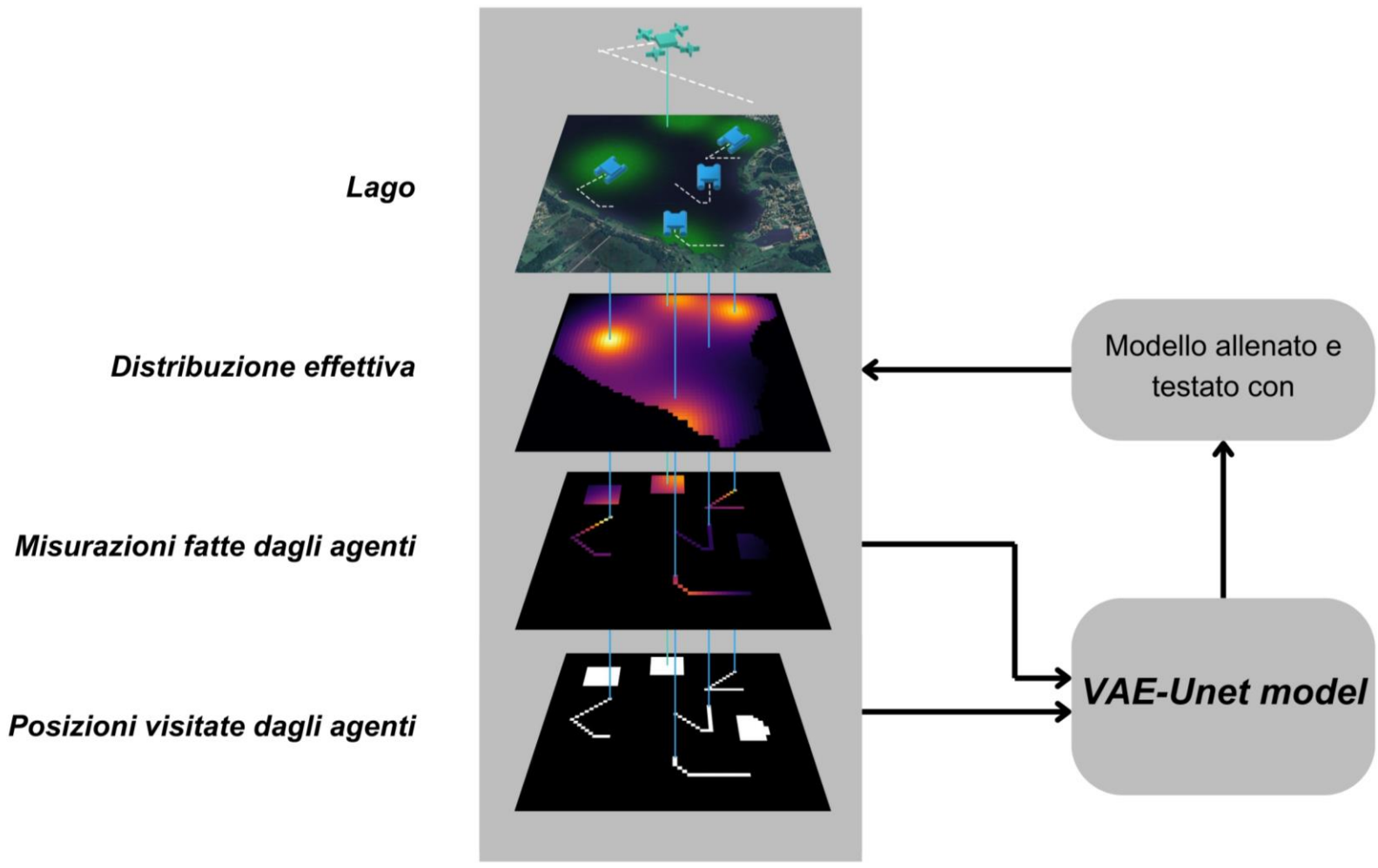
Realtà



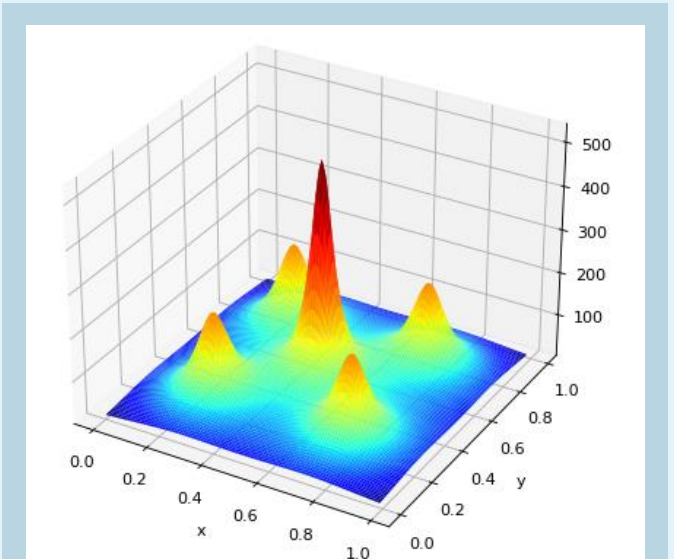
Percezione del UAV



# Training della VAE-UNet



- Dataset estratto da simulatore con
  - 1 UAV
  - 4 ASV
  - Azioni casuali
  - *Distribuzione alghe* generata con Shekel Function



$$f_{\text{Shekel}}(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^M \frac{1}{c_i + \sum_{j=1}^N (x_j - a_{ij})^2}$$

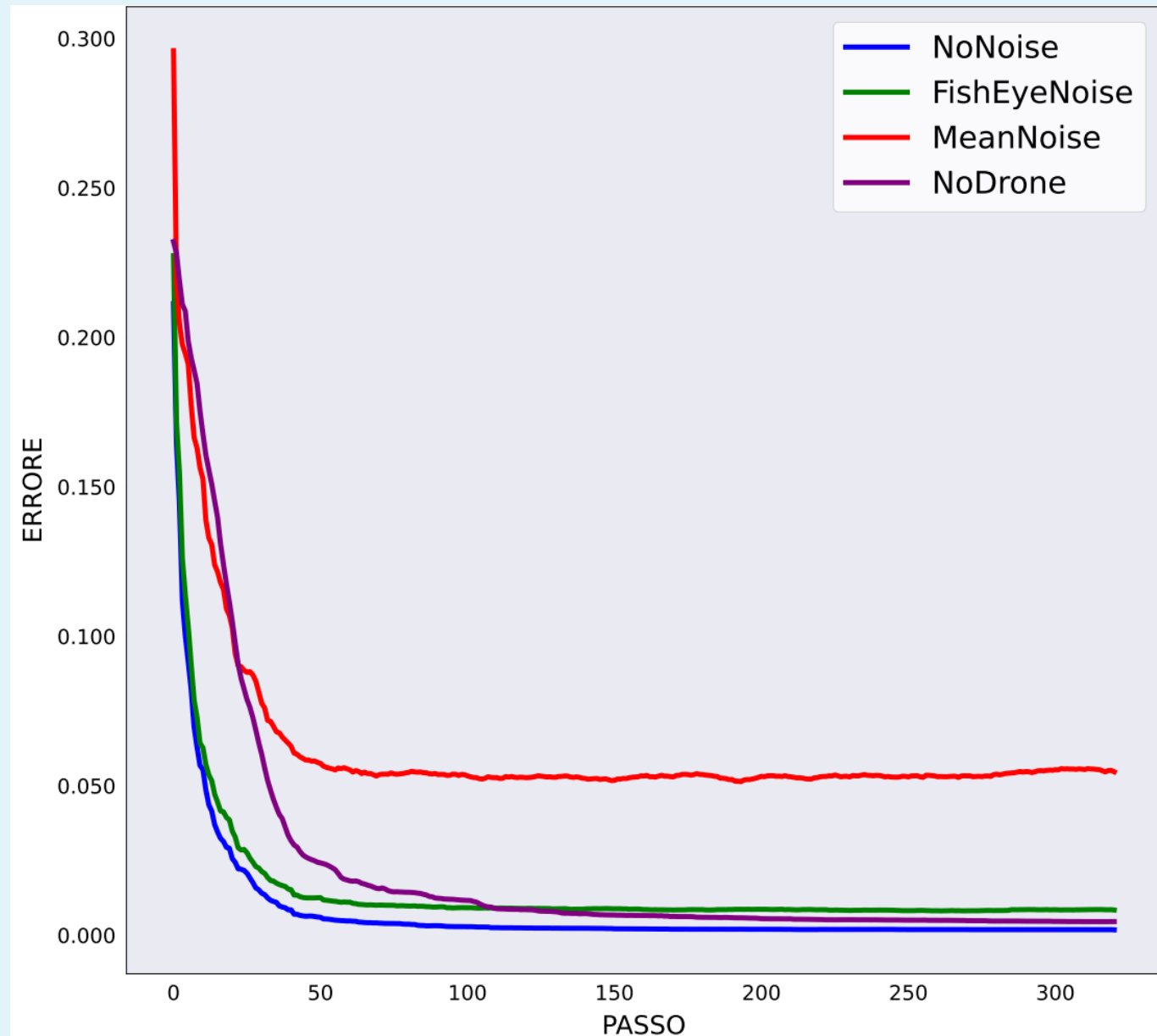
Grafico di esempio e Formula  
di Shekel Function

# Dopo training – Validazione e Test

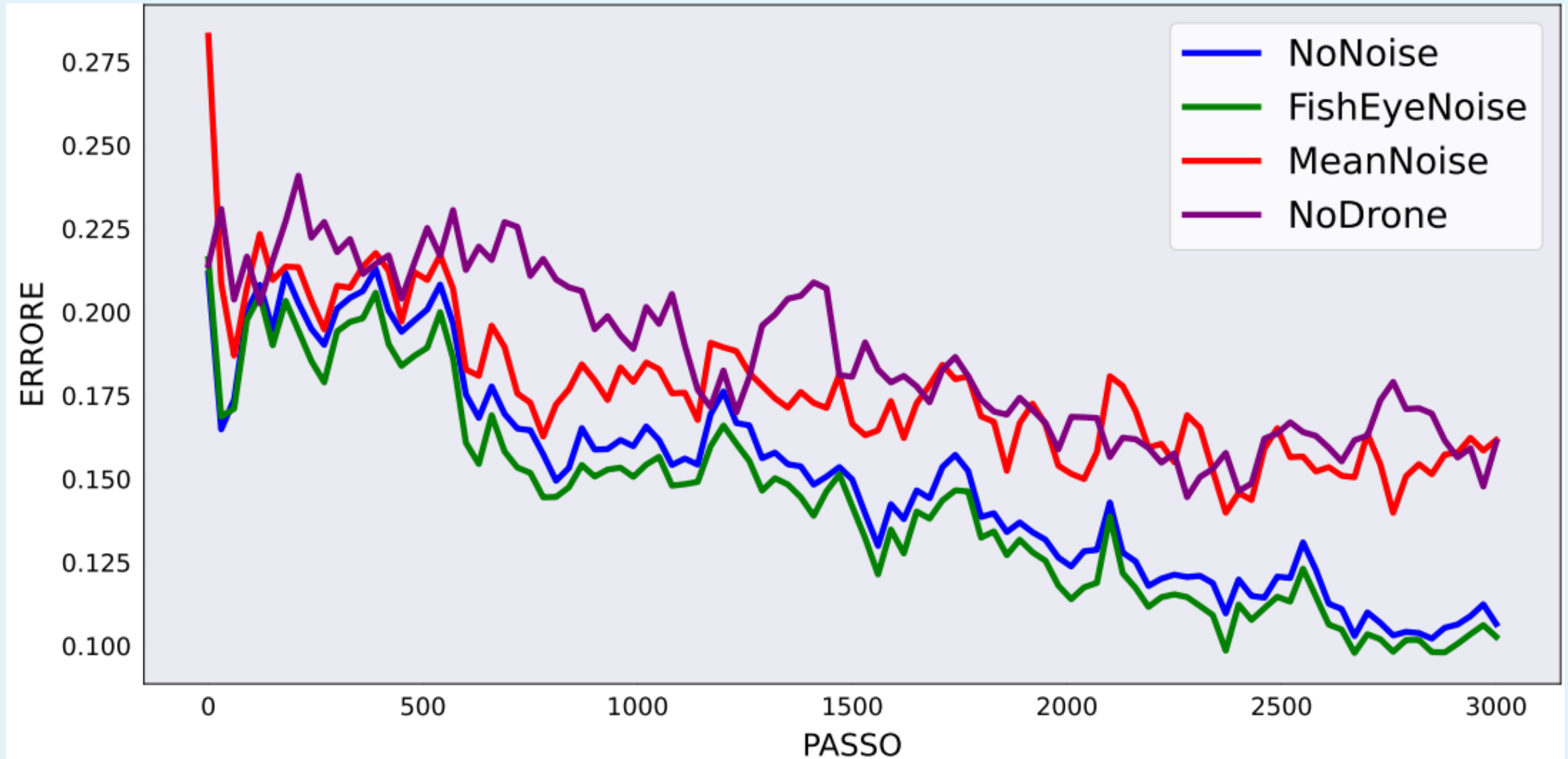


Modello	Rumore	Con Drone	Miglioramento
NoDrone	-	X	-
NoNoise	NoNoise	✓	64%
FishEyeNoise	FishEyeNoise	✓	34%
MeanNoise	MeanNoise	✓	-180%

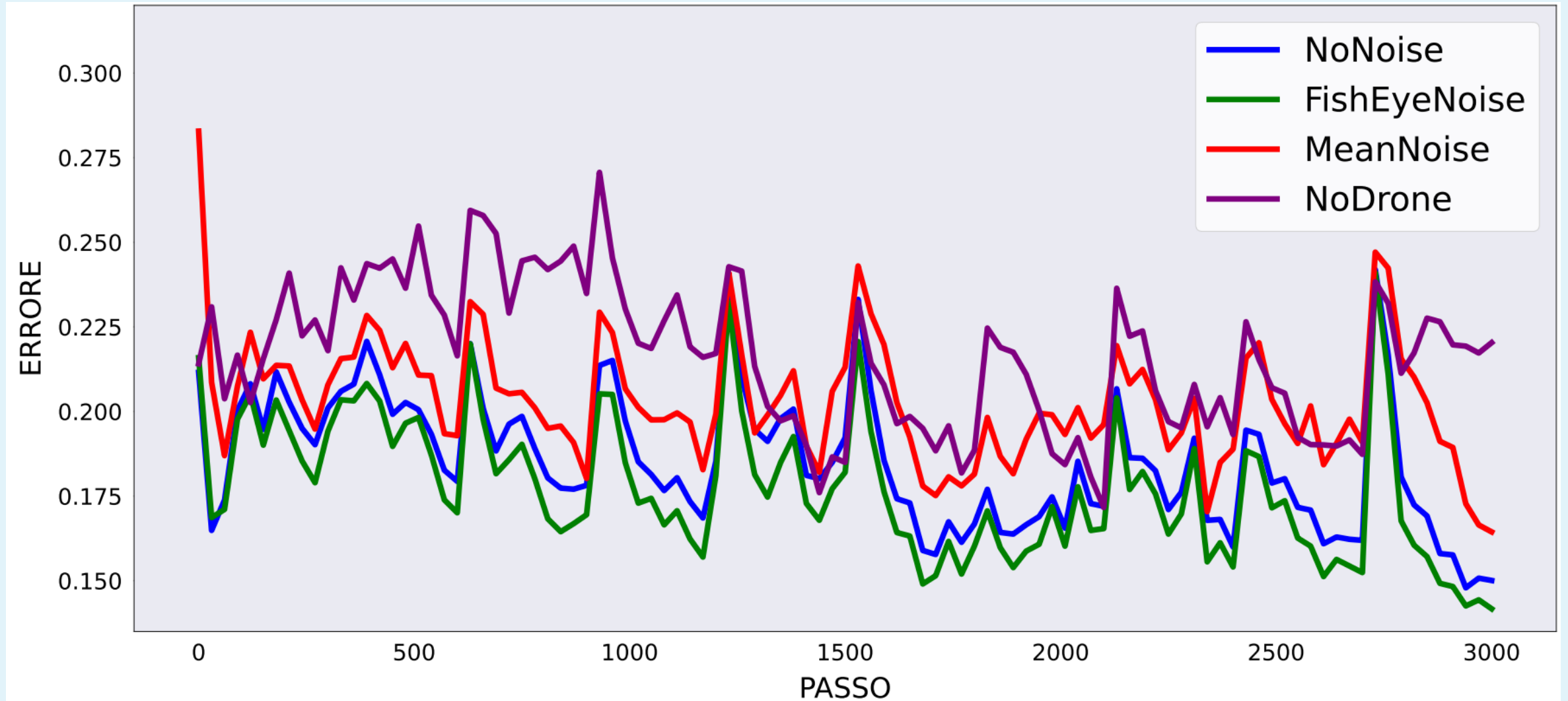
# Test dei modelli – Test statico



# Test dei modelli – Test dinamico



# Test dei modelli – Test dinamico con variazione picchi



- **Introduzione dei Droni nel simulatore**
- **Risoluzione dei problemi legati alla loro introduzione**
- **Miglioramenti scoperti** nella stima della distribuzione in scenari
  - statici
  - dinamici
- ***Prossimi sviluppi***
  - VAE-UNet con numero di input aumentati
  - Modello DRL per scelta delle azioni dei droni





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
FACOLTÀ DI SCIENZE E TECNOLOGIE

**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**