



# La robotica per il monitoraggio di ambienti subacquei

Luciano Blasi  
ENEA, Laboratorio di Robotica

**Tecnologie e innovazione per una gestione sostenibile dell'agricoltura, dell'ambiente e della biodiversità**

**Certosa di Calci (PI), 8 luglio 2016**

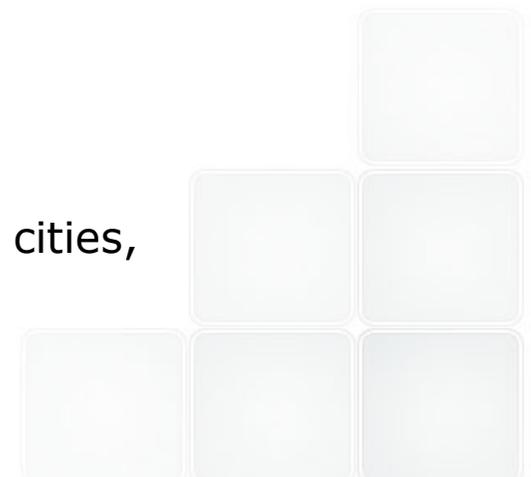


# L'Agenzia ENEA



L'ENEA è l'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

- Oltre 2600 dipendenti
- Maggior **presidio nazionale in materia di energia e ambiente.**
- Opera nei settori
  - dell'efficienza energetica,
  - delle fonti rinnovabili
  - è leader nella ricerca sulla fusione, nelle tecnologie per la sicurezza nucleare e nell'innovazione tecnologica di prodotto e di processo
- Dispone di laboratori e impianti sperimentali di eccellenza e di alte competenze e professionalità in campo:
  - ✓ **ambientale,**
  - ✓ della salute,
  - ✓ dei beni culturali,
  - ✓ **per il sistema agroindustriale,**
  - ✓ per la protezione sismica,
  - ✓ la chimica verde,
  - ✓ il contrasto ai cambiamenti climatici
  - ✓ in settori nuovi quali le materie prime strategiche, le smart cities, l'ecoindustria e l'economia circolare.
  - ✓ **Gruppo di Lavoro interdipartimentale «Droni»**



# L'Agenzia ENEA



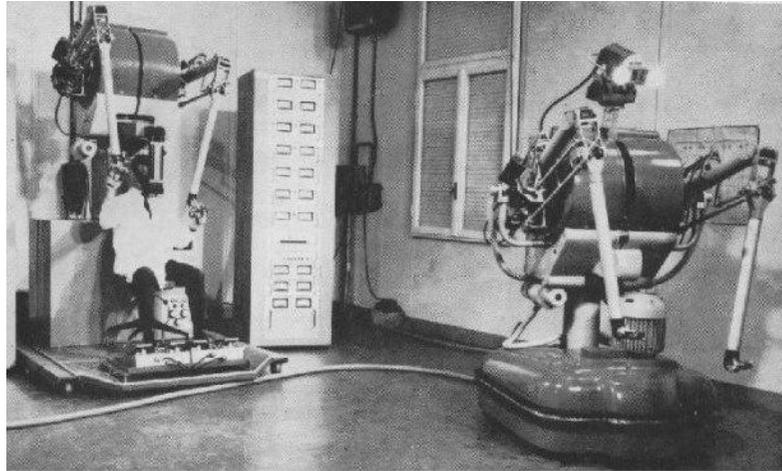
L'ENEA è l'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile



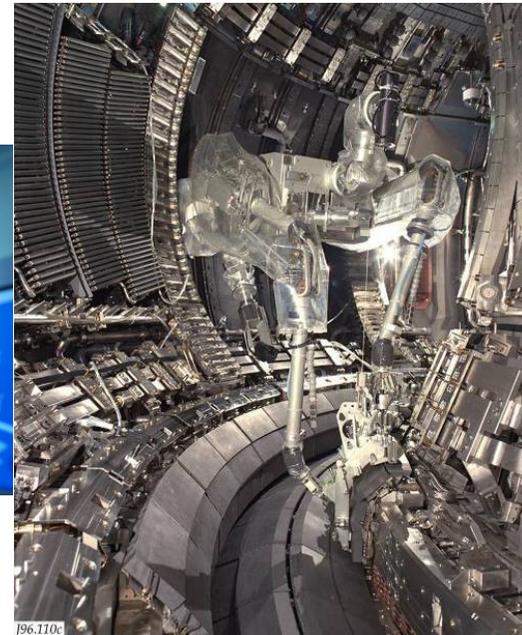
Il patrimonio di conoscenze e risultati della ricerca ENEA è reso disponibile a imprese, in particolare piccole e medie, alla PA e ai cittadini, attraverso servizi, processi e prodotti, attività di formazione, informazione, trasferimento di know how.

# Robotica in ENEA

- L'ENEA si occupa di robotica dagli anni '60 per la telemanipolazione di materiale altamente radioattivo



Mascot I, 1961

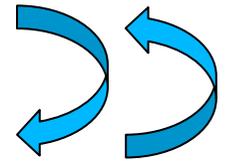


Mascot IV JET operativo all'interno del Joint European Torus, Culham Centre for Fusion Energy (Oxford, UK)

- Attualmente ci occupiamo di robotica autonoma di terra (veicoli autonomi per sorveglianza, ricerca, etc.), di aria (aeromobili senza pilota) e di acqua (sistemi autonomi subacquei in sciame)
- Sito web del laboratorio: <http://robotica.casaccia.enea.it>

## Elementi costituenti lo sciame

- Sistema di controllo/gestione dello sciame
- Sistema di controllo/gestione della comunicazione
- Il robot subacqueo VENUS
- una rete di comunicazione ibrida acustico/ottica
- Distanziometri ottici (di ausilio alla localizzazione relativa dei veicoli)



## Applicazione dello sciame al monitoraggio ambientale



# Sistema di gestione/controllo dello sciame

## Controllo di sciame centralizzato vs distribuito

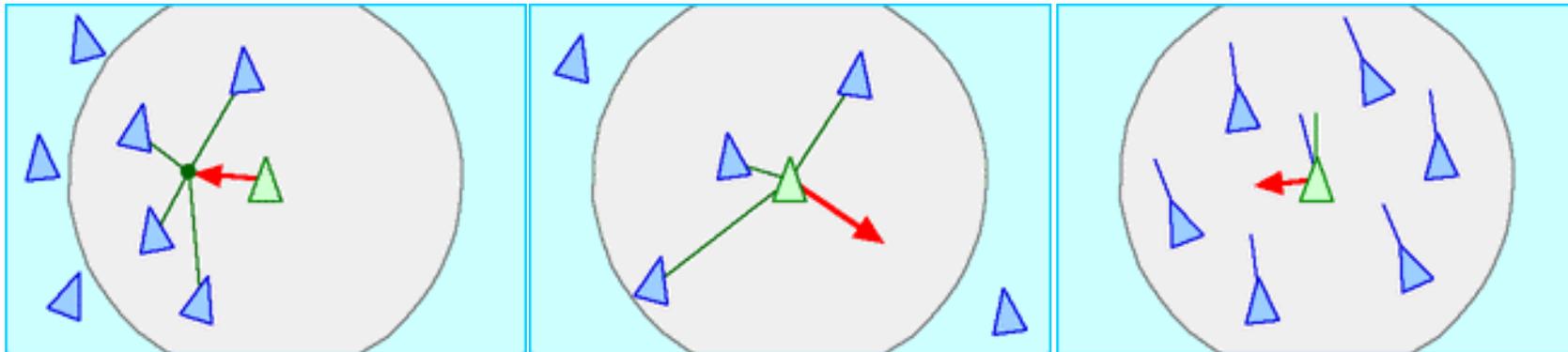


Comportamento emergente di un banco di pesci in funzione anti predatore

# Sistema di controllo dello sciame

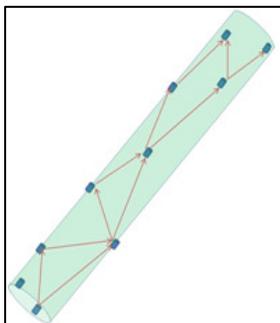
## Flocking: Regole di Reynolds

- Il *flocking* è un **comportamento** di un certo numero di agenti che condividono un obiettivo comune
- Nasce con l'idea di simulare il comportamento di **stormi di uccelli**
- Non è richiesto un leader, **controllo decentralizzato**
- Ogni agente è in grado di rilevare le posizioni/velocità degli agenti in un determinato **raggio di vicinanza**
- Reynolds ha definito le seguenti regole che se implementate da ciascun agente fanno «emergere» tale comportamento



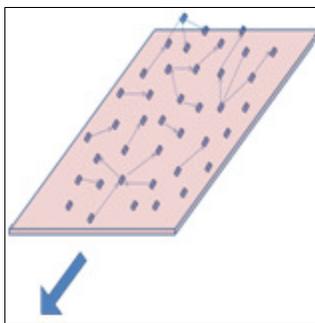
### ***Coesione***

Desiderio di rimanere aggregati ai propri vicini



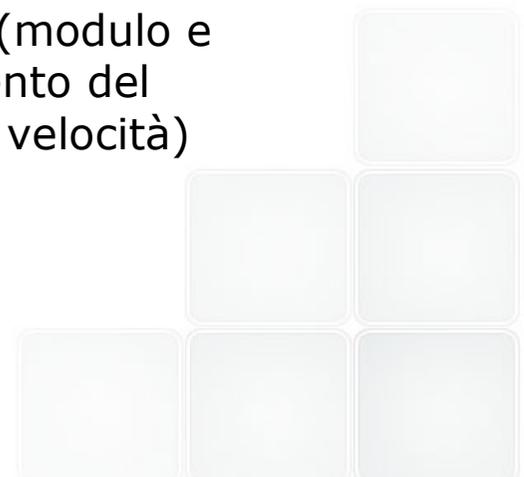
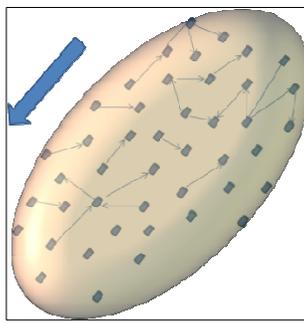
### ***Separazione***

Desiderio di non collidere con i propri vicini

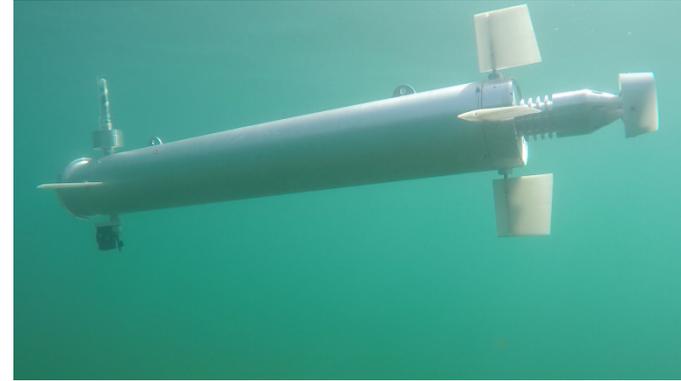
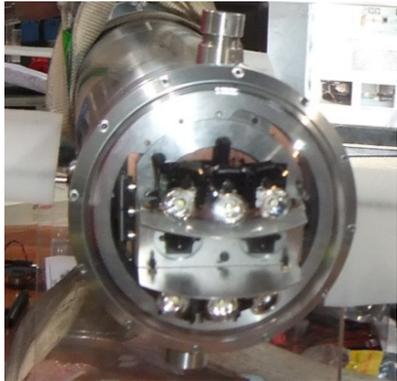


### ***Allineamento***

Desiderio di andare tutti nella stessa direzione (modulo e orientamento del vettore di velocità)



# Il robot subacqueo VENUS



- A forma di torpedine, lungo circa 130 cm (150 cm, versione con Multibeam)
- 30Kg, collaudato fino a 25 m di profondità, velocità 1 m/s
- sonar panoramico sulla prua per «collision avoidance» (75 m, max range)
- Webcam, profundimetro 10 bar, IMU 3/3/3
- 2 Embedded Computer su bus Ethernet con S.O. linux e ROS, per navigazione inerziale, gestione sensoristica acquisizione dati
- Wifi e GPS in emersione
- 4 batterie (serie-parallelo) litio-ferro-fosfato ( $\text{LiFePO}_4$ ), da 26 Ah che garantiscono una autonomia di 3 ore



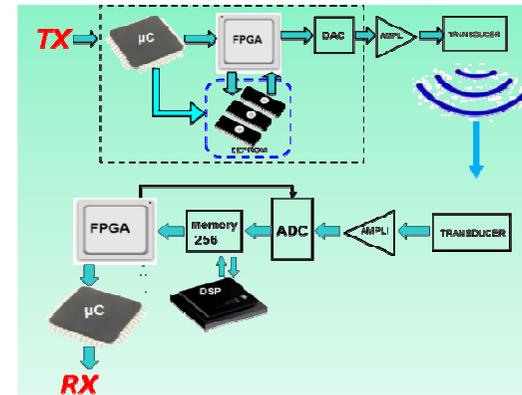
Overo Linux COM, della Gumstix Inc.



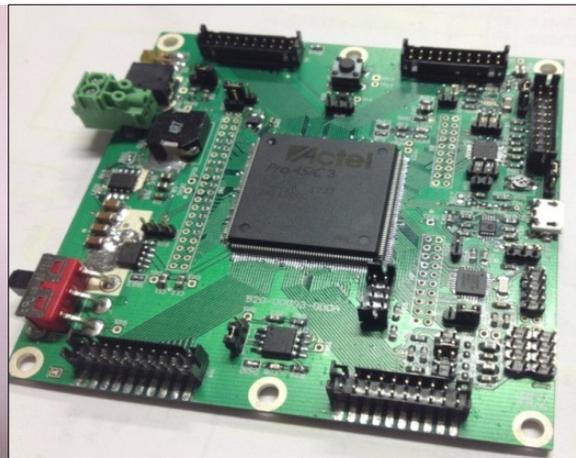
Micron Sonar panoramico (a sinistra) e Real Time Multibeam Imaging Sonar, Gemini 720i (a destra), entrambi della Tritech International Ltd

# Modem acustico (Univ.Tor Vergata)

- 400Khz, 5 W (max), 100m di portata
  - 100 Kb/s max
  - Tempi di guardia programmabili:
    - sul dato (contro il multipath)
    - sulla contesa del canale



scheda analogica



scheda digitale

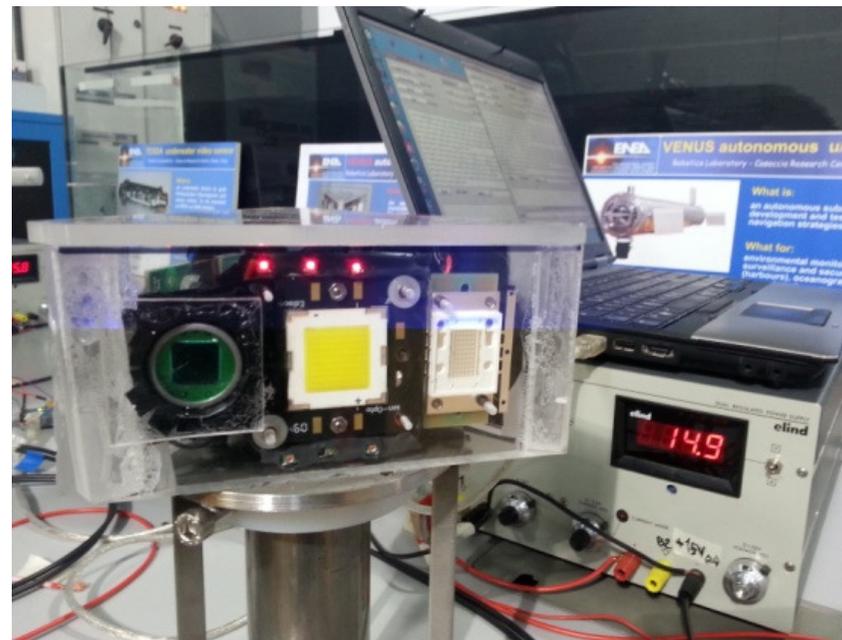


Teledyne Reson TC4034  
Ultra-broadband spherical reference hydrophone

# Modem e distanziometro ottico

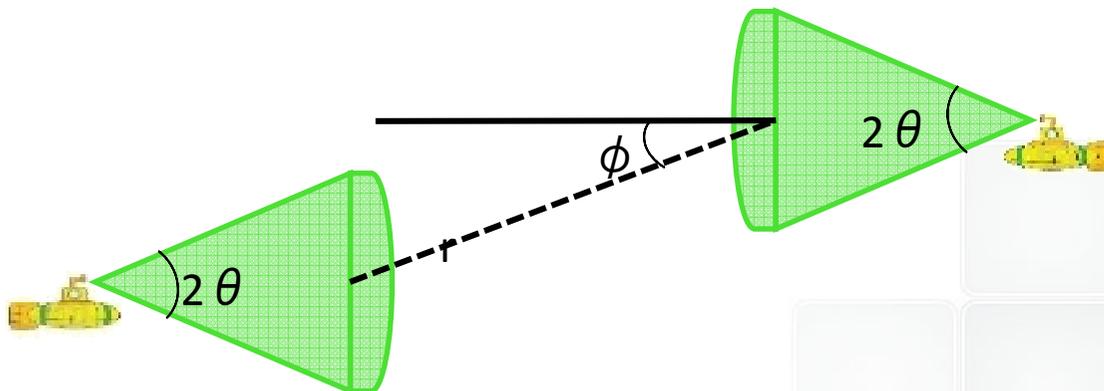
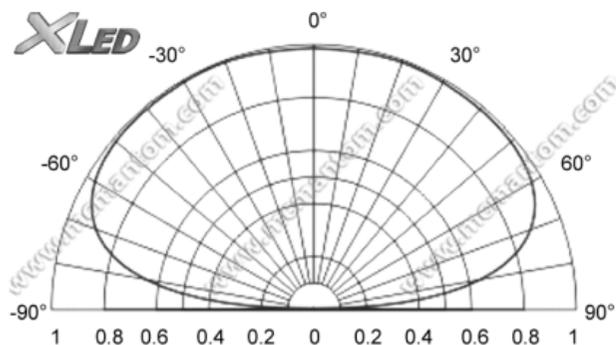
Il dispositivo in foto, svolge tre funzioni:

1. modem ottico per lo scambio di informazioni
2. misura l'attenuazione differenziale dell'acqua
3. misura le distanze dagli altri dispositivi

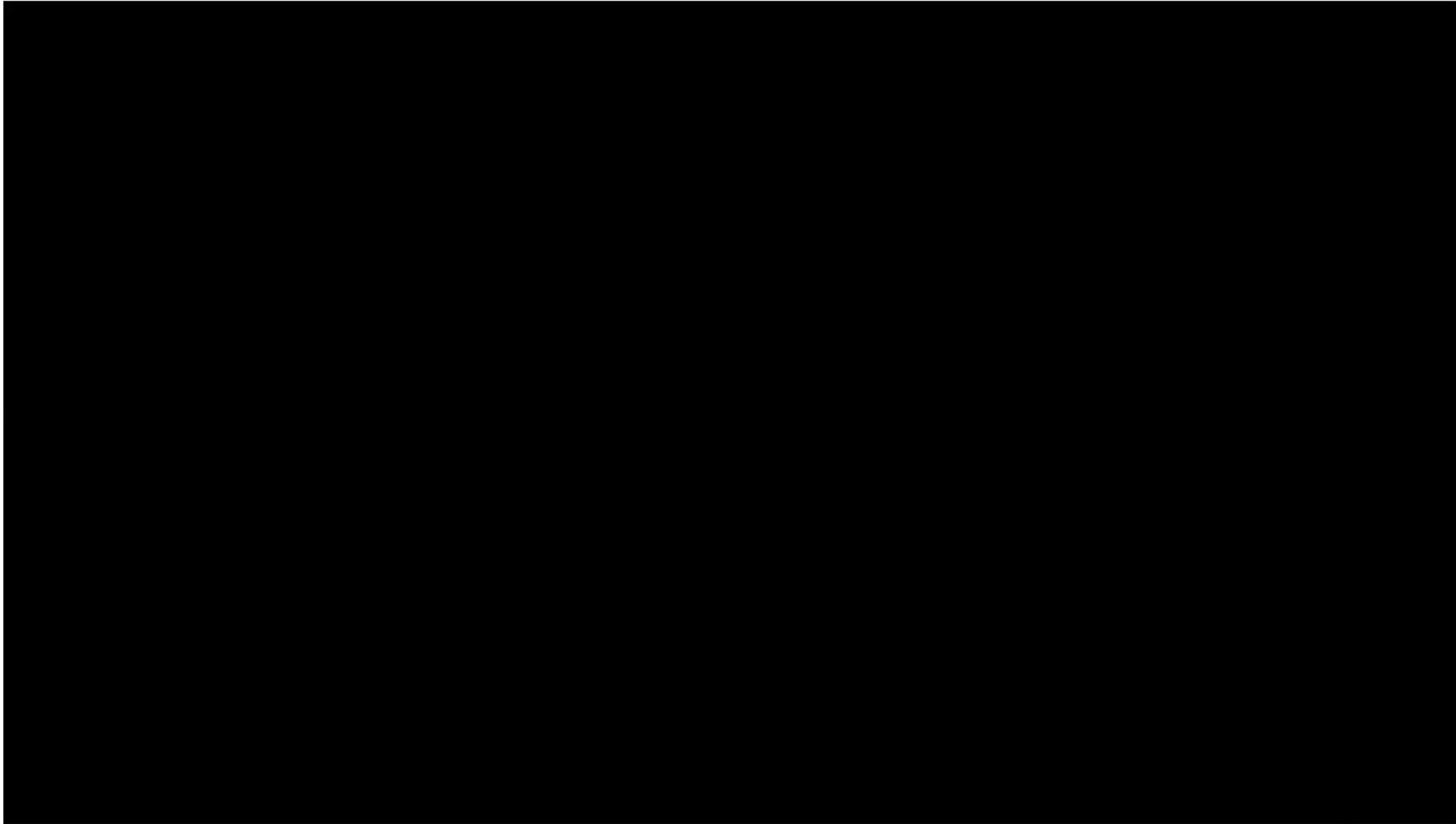


Caratteristiche principali:

- LED BLU 50W
- Portata ottica 15 m in acque limpide (assenza di particolato in sospensione e/o materiale organico)
- velocità di trasmissione: 1 Mb/s (collaudato in acqua)
- Distanziometro ottico di ausilio alla localizzazione relativa dei veicoli



# Modem ottico



# Distanziometro ottico \*

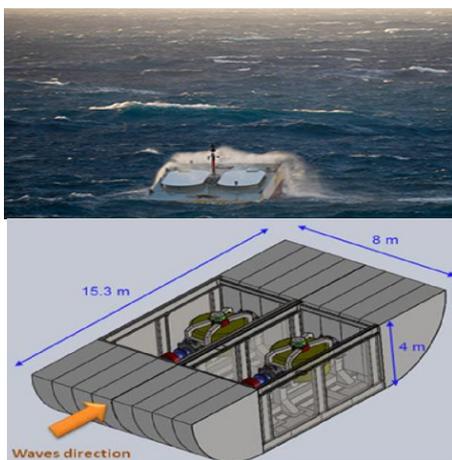
Calibrazione a bordo del VENUS i-esimo

Calibrazione a bordo del VENUS k-esimo



Il tempo necessario ad effettuare la misura di distanza relativa tra veicoli per l'intero sciame è dell'ordine di alcune decine di  $\mu\text{s}$  (molto più rapidi rispetto a distanziometri che usano la propagazione acustica), permettendo quindi anche una stima della velocità ed accelerazione relativa

# Monitoraggio della *Posidonia oceanica*



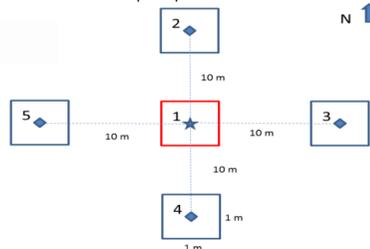
ISWEC – Convertitore di energia da onda marina da 100KW, operativo presso l'isola di Pantelleria



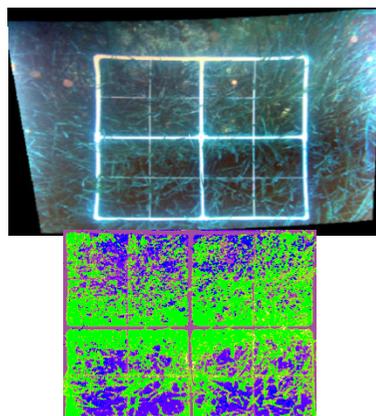
Immagine a colori reali Sentinel 2 (10 m risoluzione spaziale a terra). Posizione di ISWEC e delle stazioni di campionamento del fondale

## Sea truth sampling schema:

3 sampling stations  
5 subplot per station



★ = GPS coordinates of the measurement station  
◆ = subplot position



Metodologia di campionamento della «verità a terra» e data processing

Risultato della metodologia: distribuzione locale in 2 classi di densità di *Posidonia oceanica* nei pressi dell'installazione ISWEC

# Monitoraggio della *Posidonia oceanica*



Per contribuire al miglioramento della metodologia di monitoraggio della PO, lo sciame «denso» di Venus, equipaggiato con economiche macchine fotografiche, deve raggiungere i seguenti obiettivi:

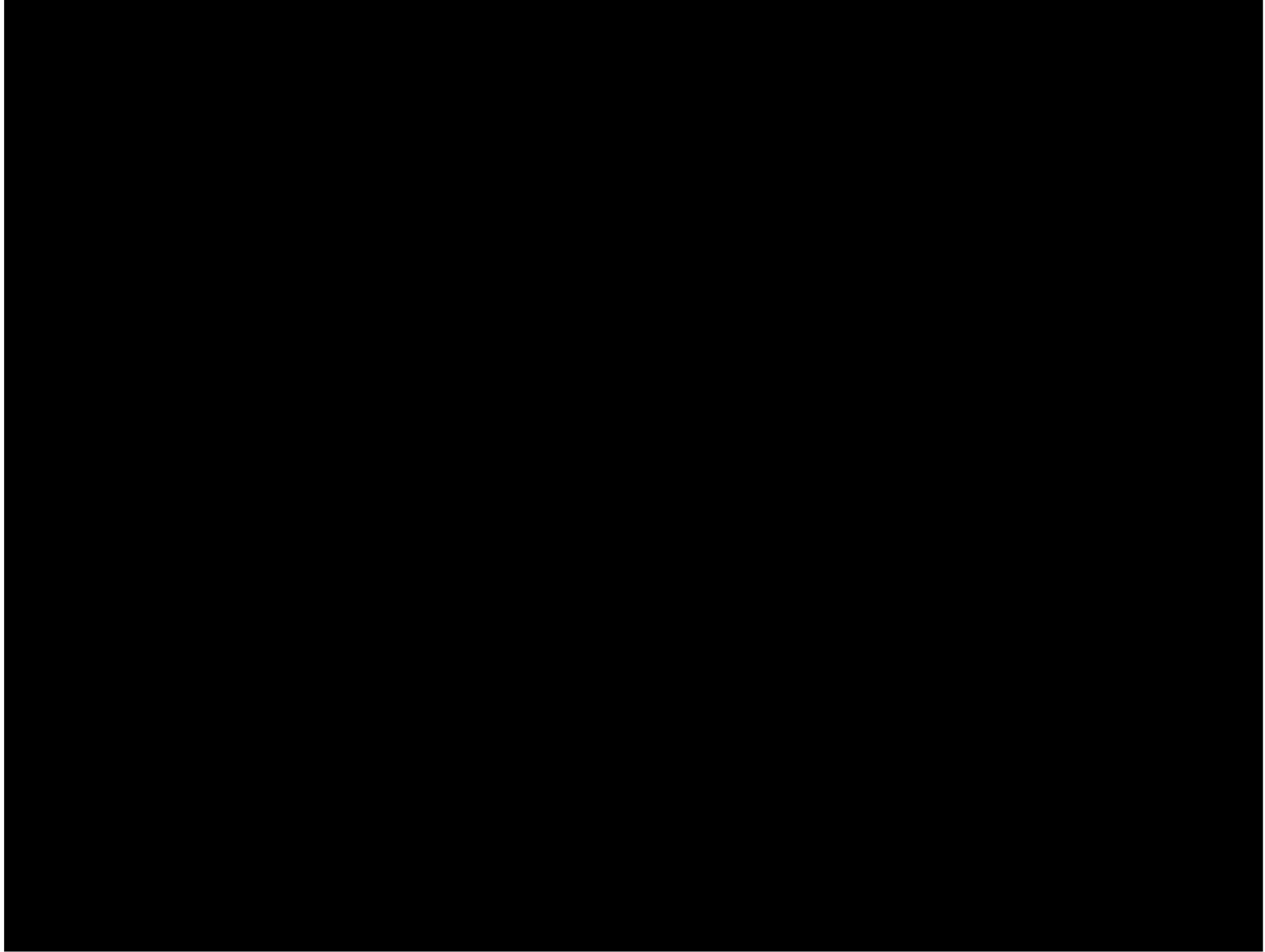


**Esempio di mosaico di ortofoto in colori reali di una zona archeologica, risoluzione spaziale 25 cm \***

1) La produzione di un mosaico di ortofoto del fondale con cui calibrare i dati telerilevati, in sostituzione del campionamento manuale puntuale effettuato dagli operatori subacquei.

2) Fornire informazioni su come ridurre gli effetti indotti sugli spettri telerilevati dalla colonna d'acqua che si trova al di sopra della scena ripresa (fondale). Queste informazioni saranno dedotte dal sistema di bordo dei Venus, per la misura dell'attenuazione subita dalla luce su differenti lunghezze d'onda.

\* [www.terrasystem.it/download/dati\\_aerei\\_esempio/Colori\\_Reali\\_Canon.jpg](http://www.terrasystem.it/download/dati_aerei_esempio/Colori_Reali_Canon.jpg)



# Grazie per l'attenzione

