

# Sensori Iperspettrali Avionici: *Stato dell'Arte delle Attuali Capacità*

## *Optronics Systems LoB*

Convegno C.I.S.A.M. 2018:

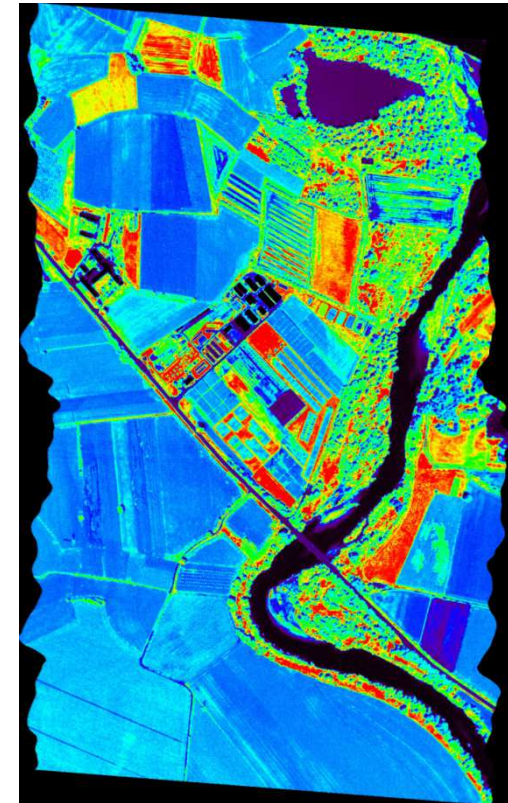
**Il Telerilevamento Iperspettrale per Applicazioni Civili e Scientifiche**

San Piero a Grado, 21 Settembre 2018



## Sommario

- ❁ La Tecnologia Iperspettrale
- ❁ Processo di acquisizione immagini
- ❁ Esperienza Leonardo nel campo Iperspettrale ed esempi di applicazioni: **SIM -GA**
- ❁ Il salto innovativo: **SPHYDER**
- ❁ Processing Real Time ed esempi di applicazione
- ❁ Dimostratore tecnologico iperspettrale termico: **SIT-GA**



The image features a solid gray background with three white lines. One line starts at the top left and descends diagonally to the right. Another line starts at the bottom left and ascends diagonally to the right. These two lines meet at a point in the lower right quadrant. A third line starts at the top right and descends diagonally to the left, meeting the other two lines at their intersection point, forming a V-shape.

## **La Tecnologia Iperspettrale**

## Cos'è la tecnologia iperspettrale?

La tecnologia iperspettrale ad immagini è una tecnologia basata su una categoria particolare di sensori che, esposti alla radiazione proveniente da un oggetto, permettono di fornire lo spettro dell'oggetto, ad alta risoluzione.

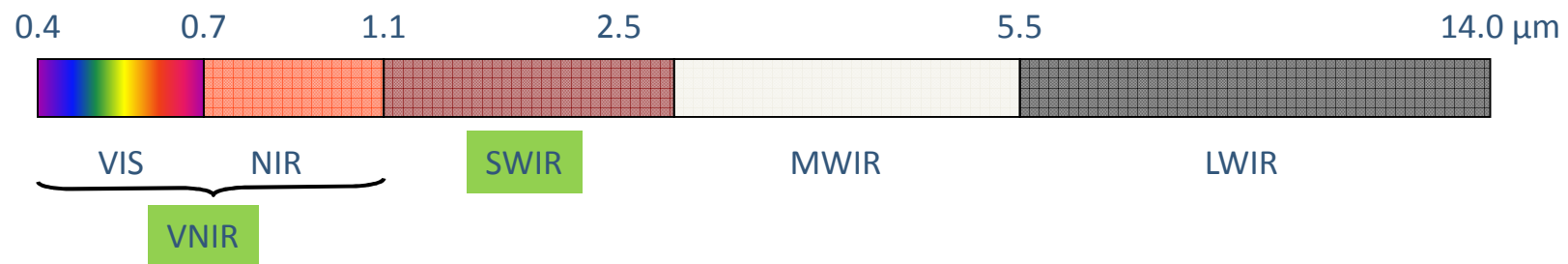
→ Informazione non più solo geometrica ma anche spettrale.



## Bande Spettrali

In **Leonardo** sono stati sviluppati o sono in sviluppo strumenti che lavorano nelle bande VNIR + SWIR.

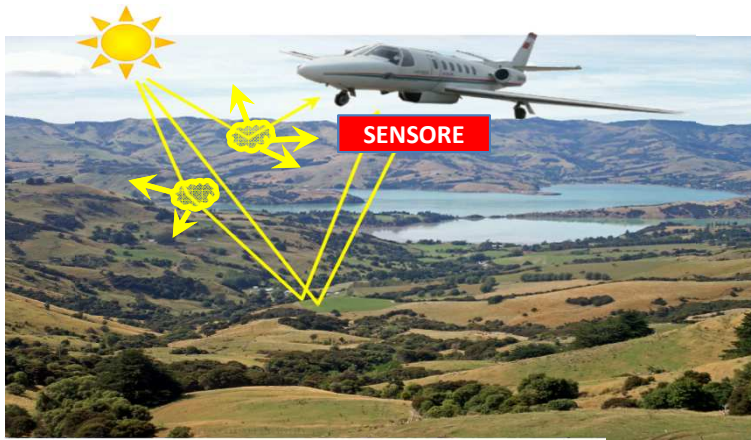
E' anche in fase di sviluppo un dimostratore tecnologico che opera nelle bande MWIR + LWIR



The image features a solid gray background. A white V-shaped graphic element is positioned in the upper right quadrant, with its vertex pointing downwards. The left arm of the 'V' extends from the top-left towards the center, while the right arm extends from the top-right towards the center. The text 'Processo di Acquisizione Immagini' is located in the lower-left area of the slide.

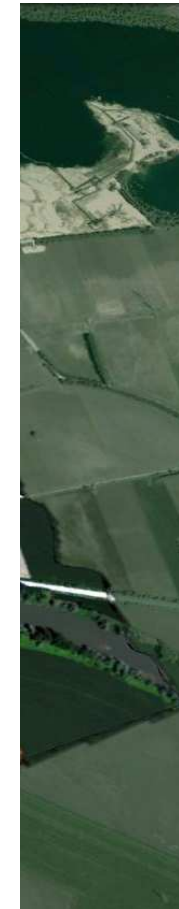
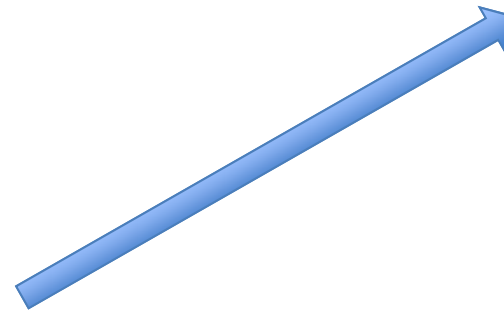
## **Processo di Acquisizione Immagini**



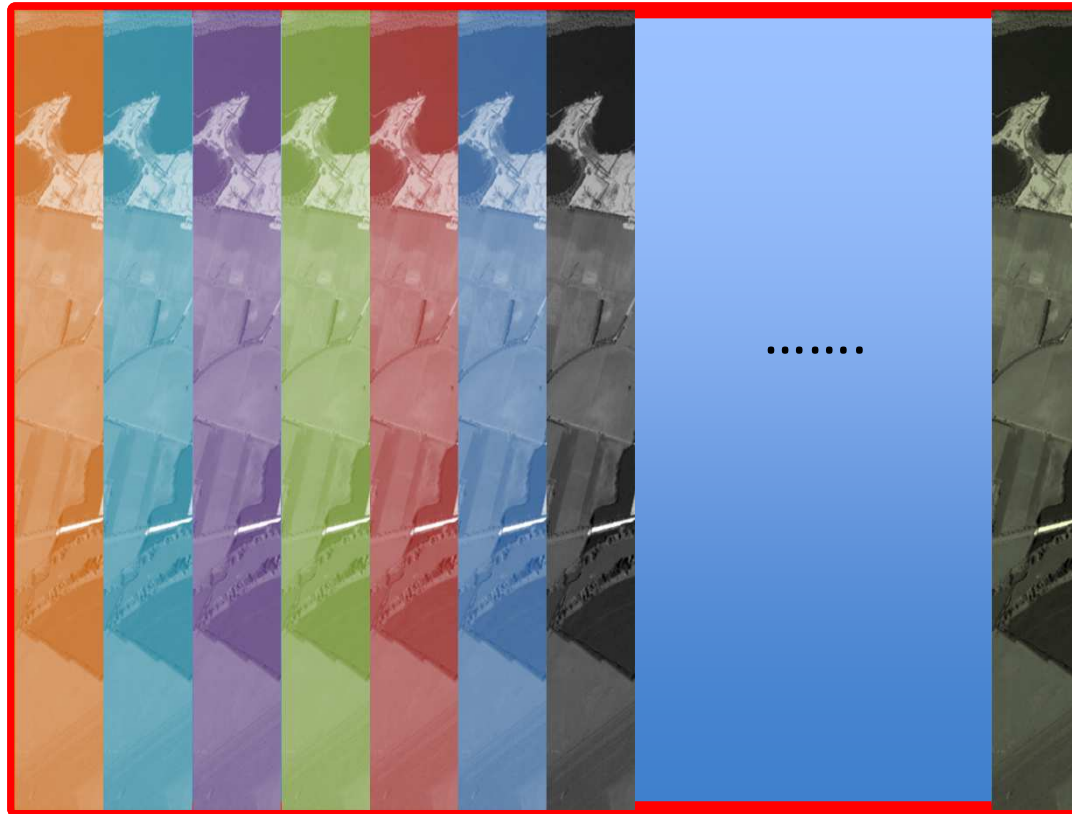


## Processo di acquisizione

Ciò che misuriamo è la **radiazione acquisita** dal  **sensore** che dipende dalle caratteristiche riflettenti e/o emmissive della **scena** osservata.



## Acquisizione contemporanea delle strisce in tutte le bande



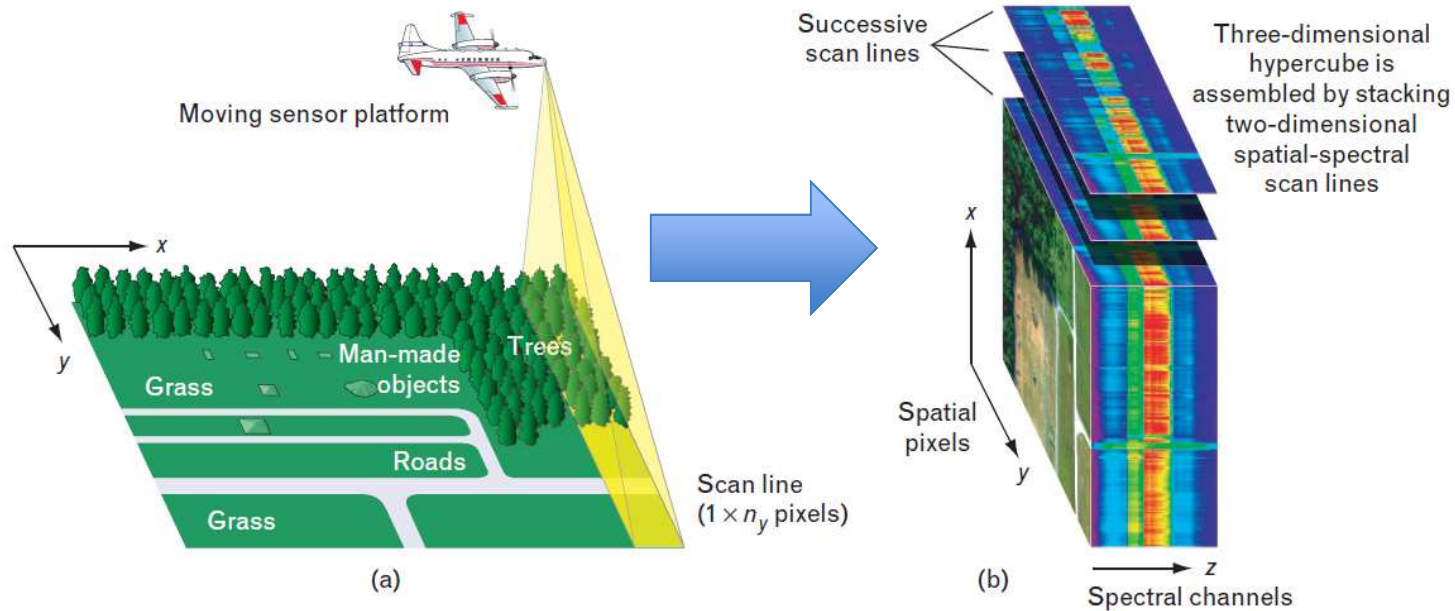
~ 250 sottobande in ogni canale



## Processo di acquisizione: PUSH-BROOM

Linea di scansione del terreno durante l'acquisizione push-broom

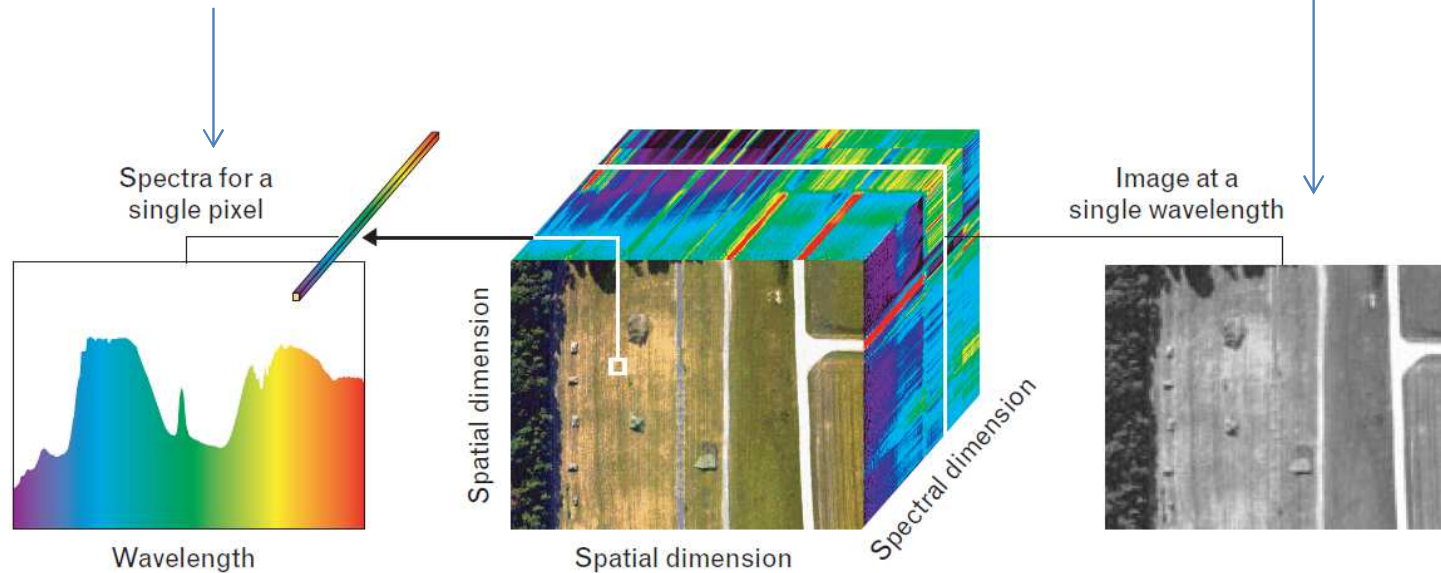
Le linee di scansione successive vengono immagazzinate ed andranno a costituire il cosiddetto cubo iperspettrale



## Processo di acquisizione: PUSH-BROOM

Ad ogni pixel dell'immagine corrisponderà lo spettro dell'immagine osservata corrispondente a quel pixel

Il cubo 3D così ottenuto può essere considerato un archivio di immagini 2D ognuna ad una lunghezza d'onda specifica e diversa dalle altre.





**Esperienza Leonardo nel Campo Iperspettrale ed  
esempi di applicazioni**

# Leonardo Hyperspectral Heritage





**Leonardo** ha operato in questo nell'ambito della tecnologia iperspettrale dall'inizio degli anni '90 soprattutto in ambito spaziale, ma non solo.

## SPAZIALE:

<b>GOME</b>	monitoraggio Ozono.
<b>VIMS-V</b>	missione CASSINI per l'esplorazione di Saturno e Titano
<b>VIRTIS</b>	missione ROSETTA
<b>JIRAM</b>	missione Juno per l'esplorazione di Giove
<b>PRISMA</b>	sistema ad alta risoluzione per monitoraggio della terra
<b>SHALOM</b>	sistema a d alta risoluzione per missione ASI-ISA

## AVIONICO:

<b>VIRS 200/201</b>	monitoraggio di aree specifiche (Ist. Geografico Militare – Reg. Abruzzo)
<b>SIM-GA</b>	sviluppato in due prototipi ed utilizzato in molte campagne di acquisizione a scopo sperimentale.
<b>SPHYDER</b>	Operatività estesa, Real Time processing
<b>SIT-GA</b>	Dimostratore Tecnologico di Iperspettrale Termico



## SIM-GA: Installazione a bordo di velivoli

### Installazione su ultraleggero

«DARDO» C.F.M.



«FOLDER» Gruppo



### Installazione su aerei civili



«C-212» Casa

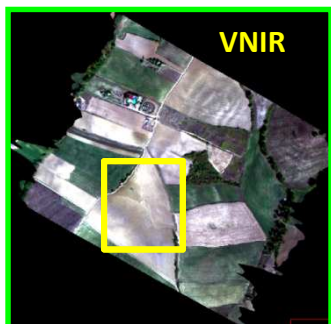
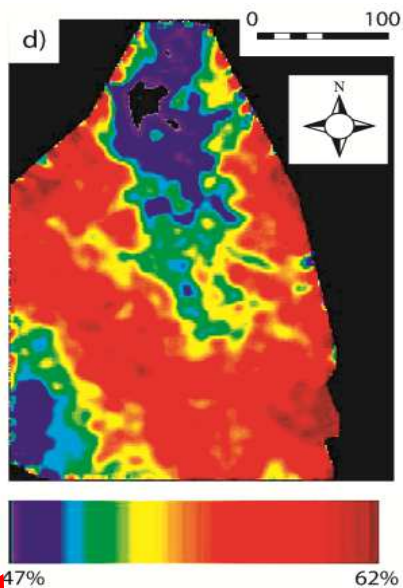


«P68» Vulcanair



# Mappatura contenuto minerali argillosi

APPLICAZIONE → Monitoraggio Rischio Frane



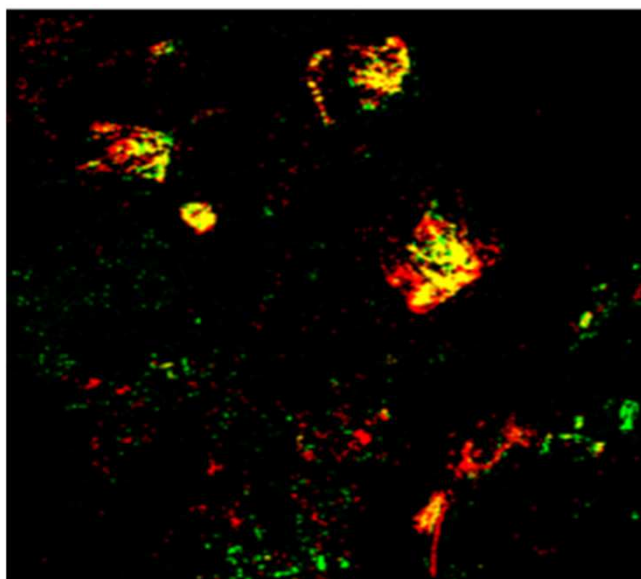
Progetto EC-DIGISOIL

## Identificazione minerali di alterazione

**APPLICAZIONE**



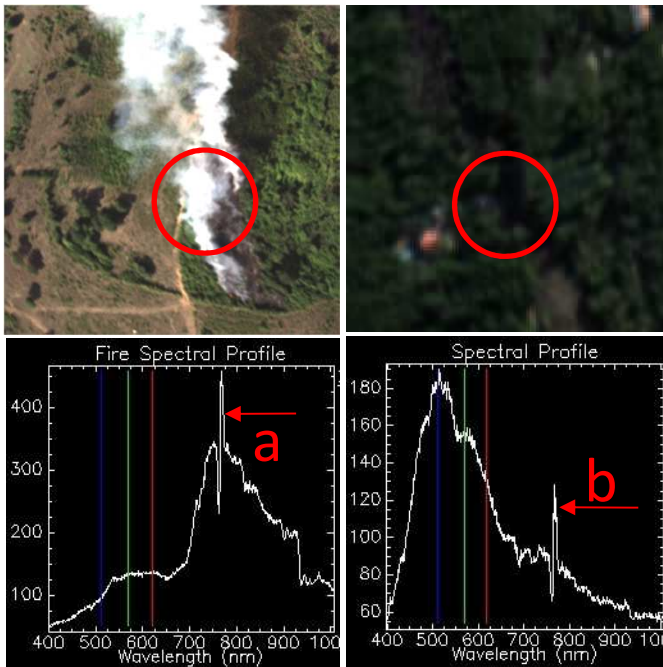
*Classificazione del territorio interessato ai fini dell'analisi di impatto ambientale (materiali inquinanti)*





## Individuazione zone di fiamma

APPLICAZIONE → Incendi Boschivi



Zone di fiamma individuate in base al picco del Potassio (freccia) dai dati VNIR



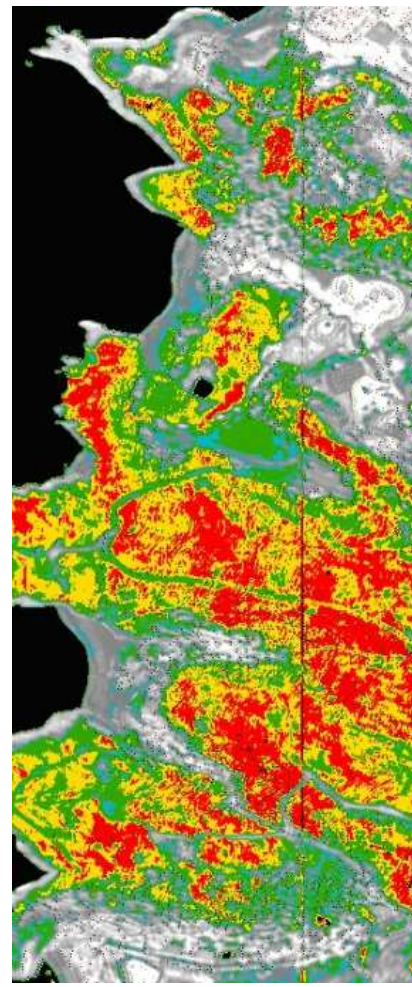
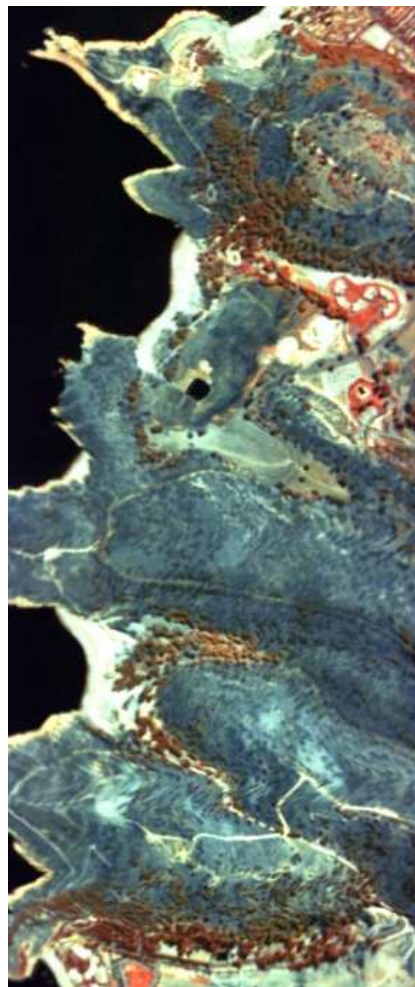
fronte caldo  
dell'incendio basata  
sui dati SWIR

*ESA AIRFIRE*  
*Identificazione del fronte d'incendio*  
*e focolai*

## Mappa dell'indice di severità aree bruciate

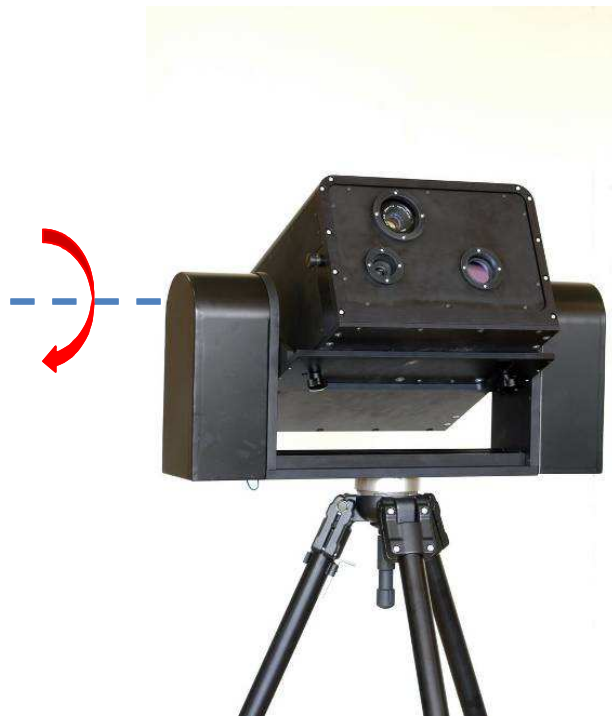
APPLICAZIONE → Incendi Boschivi

*Puglia - Gargano Progetto Telaer*





## SIM-GA Installazione a terra

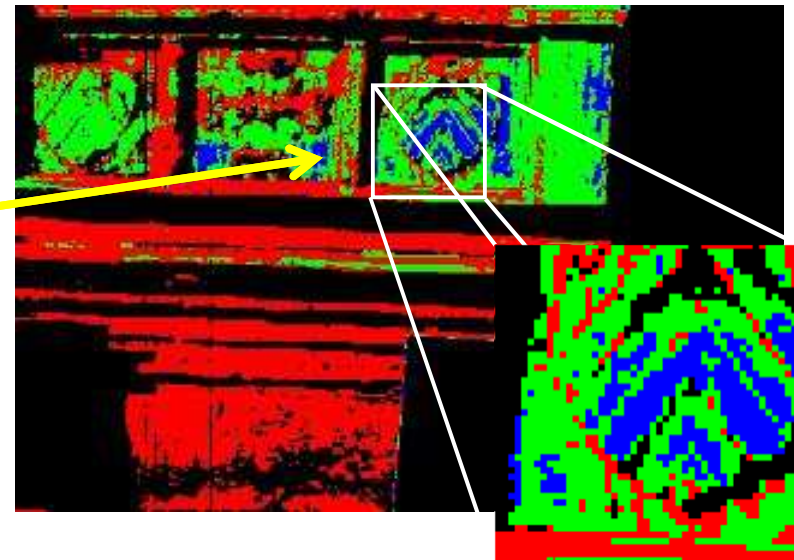
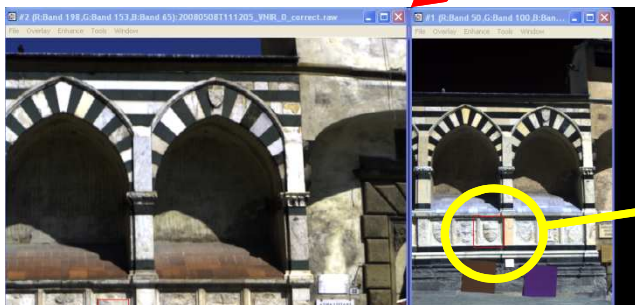


## Prevenzione e conservazione



Chiesa di Santa Maria Novella

- 100% calcite
- 50% calcite  
50% gesso
- 100% gesso



The background is a solid gray color. A white V-shaped graphic element is centered on the page, with its vertex pointing downwards. The two arms of the V extend towards the top corners of the image.

**Il Salto Innovativo: SPHYDER**

**Smart Processing HYperspectral DEtection and Reconnaissance**

## SPHYDER

Basandosi su:

- Esperienza maturata nelle **applicazioni spaziali** e **militari** dei nostri prodotti
- Conoscenza acquisita nel corso delle campagne compiute con **SIM-GA**,

Sviluppo nuovo strumento:

**SPHYDER (Smart Processing HYperspectral DETection and Reconnaissance)**



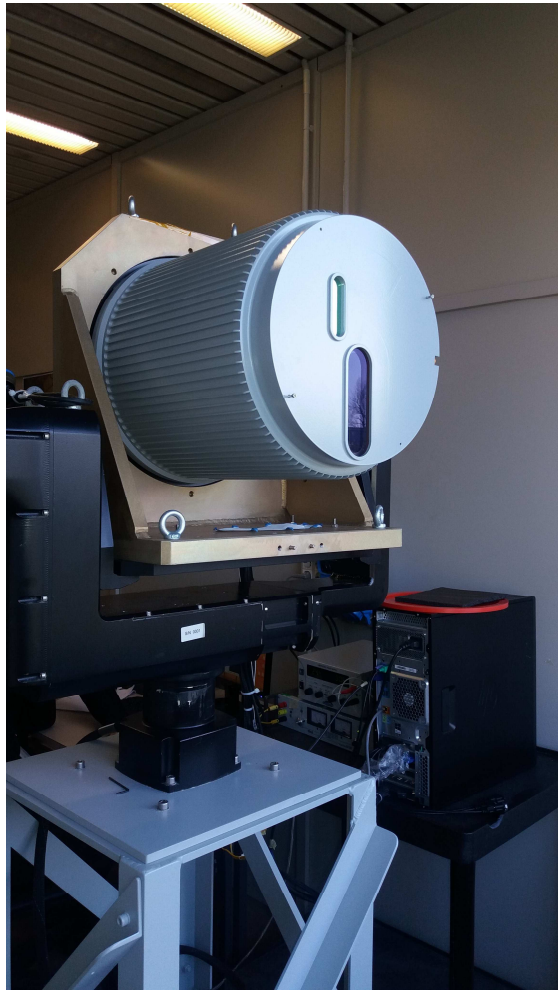
## Le linee guida del progetto

- ❖ **Elaborazione Real-Time**
- ❖ **Operatività estesa (es. testa ottica pressurizzata)**
- ❖ **Configurazione hardware scalabile in funzione del tipo di piattaforma e di missione**
- ❖ **Modularità e Compattezza**
- ❖ **Stazione di elaborazione a terra (mission planning, elaborazione off-line massiva, reporting, etc.)**





## Set up Demo



## SPHYDER: caratteristiche tecniche

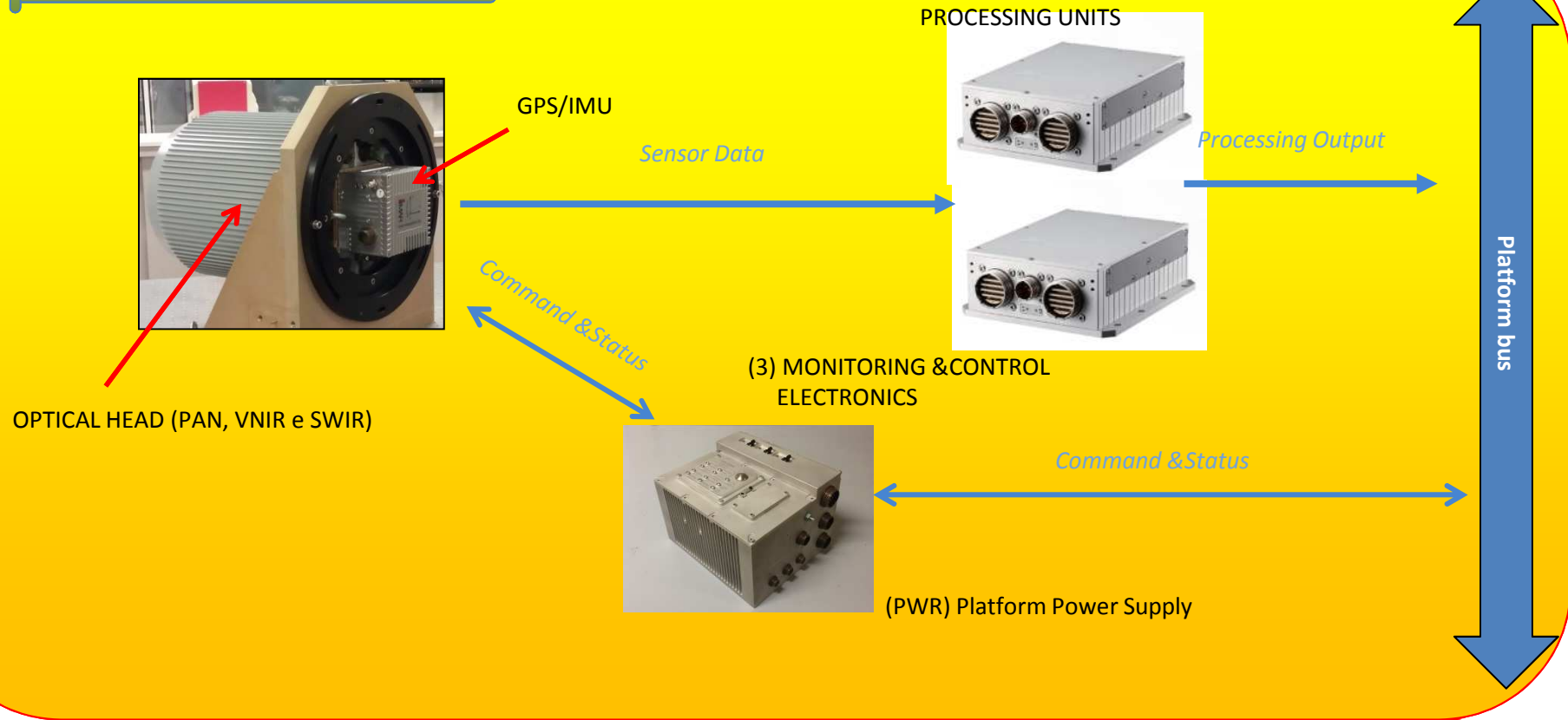
### ✦ 3 Canali (2 iperspettrali VNIR e SWIR, 1 PANcromatico)

	PAN	VNIR	SWIR
Spettro operativo	PAN [400, 1000]nm	[400, 1000]nm	[900, 2500]nm
Campionamento spettrale	Monocromatico +RGB alta risoluzione	2.5nm	6nm
Bande spettrali	-	240	267
GSD @ H=1000 m	0.066m	0.33m	1m

Dimensioni Testa Ottica	$\Phi = 360 \text{ mm}, h = 390 \text{ mm}$
Peso Testa Ottica	25 kg

## SPHYDER: architettura

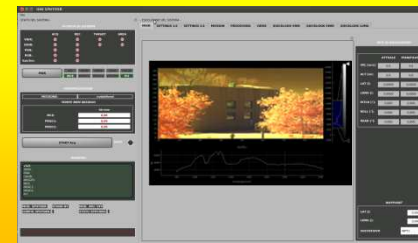
A Bordo del Velivolo



**GROUND STATION:**  
Post-Elaborazione dei dati raccolti



**HMI:** Interfaccia Uomo-Macchina



## Ground Station

Lo strumento per la gestione delle fasi pre e post missione è la «**Stazione di Elaborazione a Terra**» o **Ground Station**.

È un prodotto HW/SW modulare sviluppato su ambiente PC con un'interfaccia user-friendly per facilitare tutte le operazioni per gestire l'apparato iperspettrale in tutti i suoi aspetti.

L'hardware può essere costituito:

- da un **LapTop** per gestire tutte le operazioni di SPHYDER (es. caricamento dati di missione)
- da una **Workstation** per la gestione dei database di dati e le elaborazioni off-line.



## Ground Station

**SPHYDER** Hyperspectral System  
Smart Processing Hyperspectral  
DEtection and Reconnaissance system  
**STAZIONE DI TERRA**

**PIANIFICAZIONE MISSIONE**  
Creazione piano di volo  
Creazione dati a priori

**DEBRIEFING**  
Archiviazione dati  
Report  
Replay missione

**ANALISI DATI**  
Conversione in radianza  
Conversione in riflettanza  
Georettifica avanzata  
Gestione database immagini  
Gestione database firme spettrali e target


**SIMULAZIONE E TRAINING**  
Simulazione interattiva processing RT

**ANALISI APPROFONDITE**  
Qualità delle acque, Batimetria  
Analisi parametri del suolo  
Analisi vegetazione  
Analisi inquinanti  
Mappa aree bruciate  
Change detection  
Damage Assessment

**MAINTENANCE**  
Verifica boresight  
Verifiche calibrazione  
History box di strumento

La Ground Station è un prodotto progettato affinché l'utente possa gestire in modo autonomo le missioni e l'elaborazione dei dati acquisiti.



The image features a solid gray background. A white V-shaped graphic is centered on the page, with its vertex pointing downwards. The two arms of the V extend towards the top corners of the frame. The text is positioned in the lower-left quadrant of the image, overlapping the left arm of the V.

## **Processing Real Time ed esempi di applicazione**

## Linee di elaborazione real time dati iperspettrali

Linea di  
elaborazione  
Scoperta e  
Riconoscimento

Linea di  
elaborazione  
Mapping

Linea di  
elaborazione  
Spettroscopica

**Linea di  
elaborazione  
Scoperta e  
Riconoscimento**

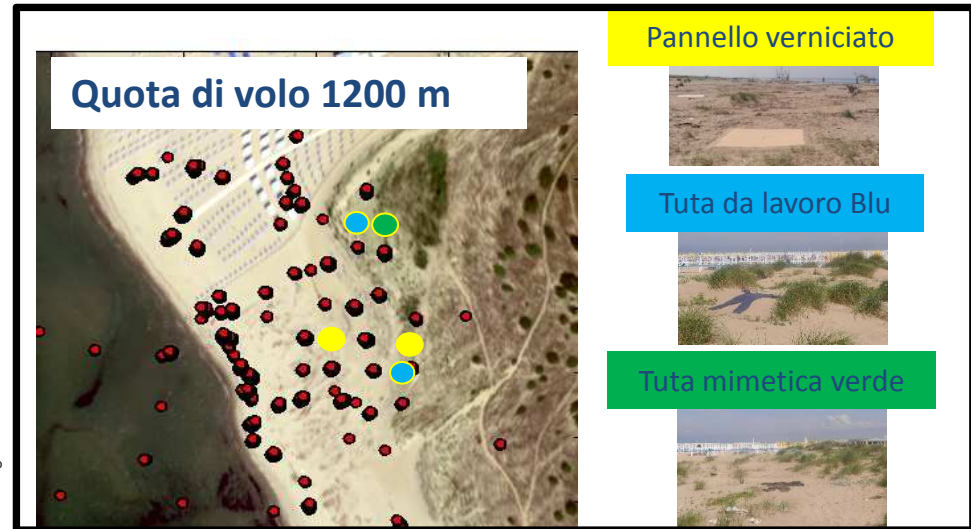
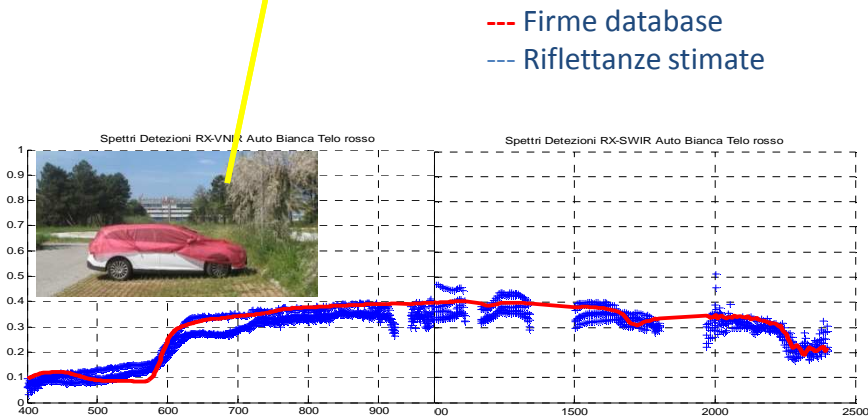
**La Linea di Elaborazione di Scoperta e Riconoscimento può svolgere, in modo completamente automatico, le funzioni:**

- \* SCOPERTA** di oggetti spettralmente anomali rispetto ad uno sfondo uniforme
- \* RICONOSCIMENTO** di oggetti basato sul confronto degli spettri degli oggetti rivelati con un data base di firme specifiche precaricate.
- \* CLASSIFICAZIONE** generalizzazione della funzione RICONOSCIMENTO.  
Ove la firma spettrale non sia associata ad uno spettro del data base, gli oggetti sono inseriti in classi (es. oggetti artificiali, suoli, vegetazione etc.),

## Scoperta e Riconoscimento

Scoperta di oggetti con l'algoritmo RX di **Anomaly Detection** e **Riconoscimento** attraverso il confronto con la firma nota del bersaglio.

- **Elevata efficacia** dell'algoritmo anche in condizioni meteo non ideali con elevata copertura nuvolosa.



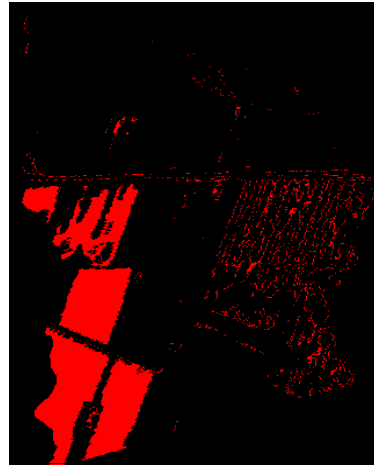


Linea di  
elaborazione  
Mapping

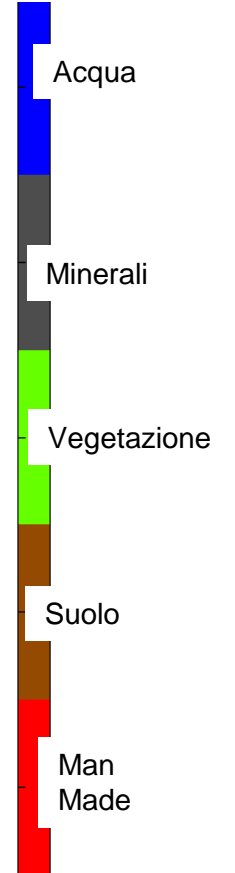
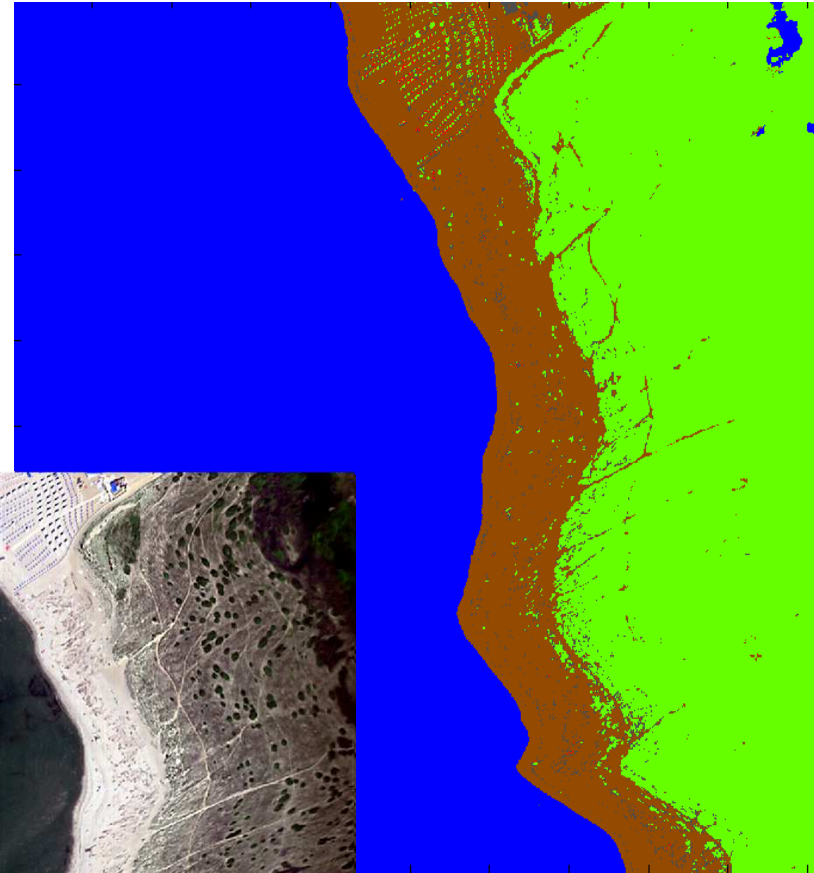
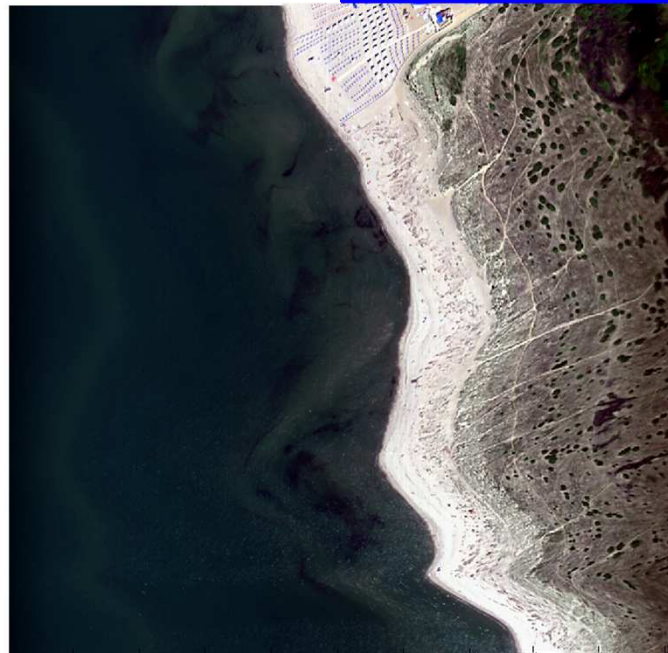
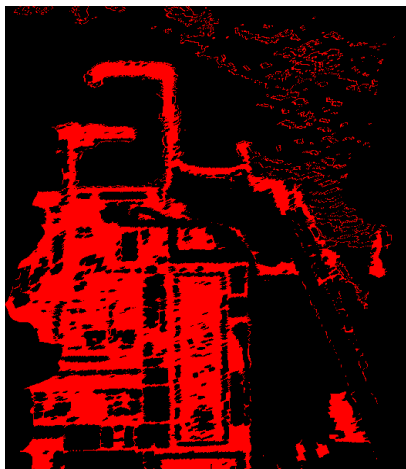
La Linea di Elaborazione Mapping può svolgere, in modo automatico, le funzioni:

- ✦ **DELIMITAZIONE e MONITORAGGIO** di aree di interesse spettralmente omogenee
- ✦ **CORRELAZIONE** delle informazioni fornite dalla LINEA di SCOPERTA, con le caratteristiche spettrali medie dello sfondo intorno alle anomalie
- ✦ **CLASSIFICAZIONE** di aree associabili a data base di classi di firme

## Mapping e Classificazione aree omogenee



Campo incolto



**Linea di  
elaborazione  
Spettroscopica**

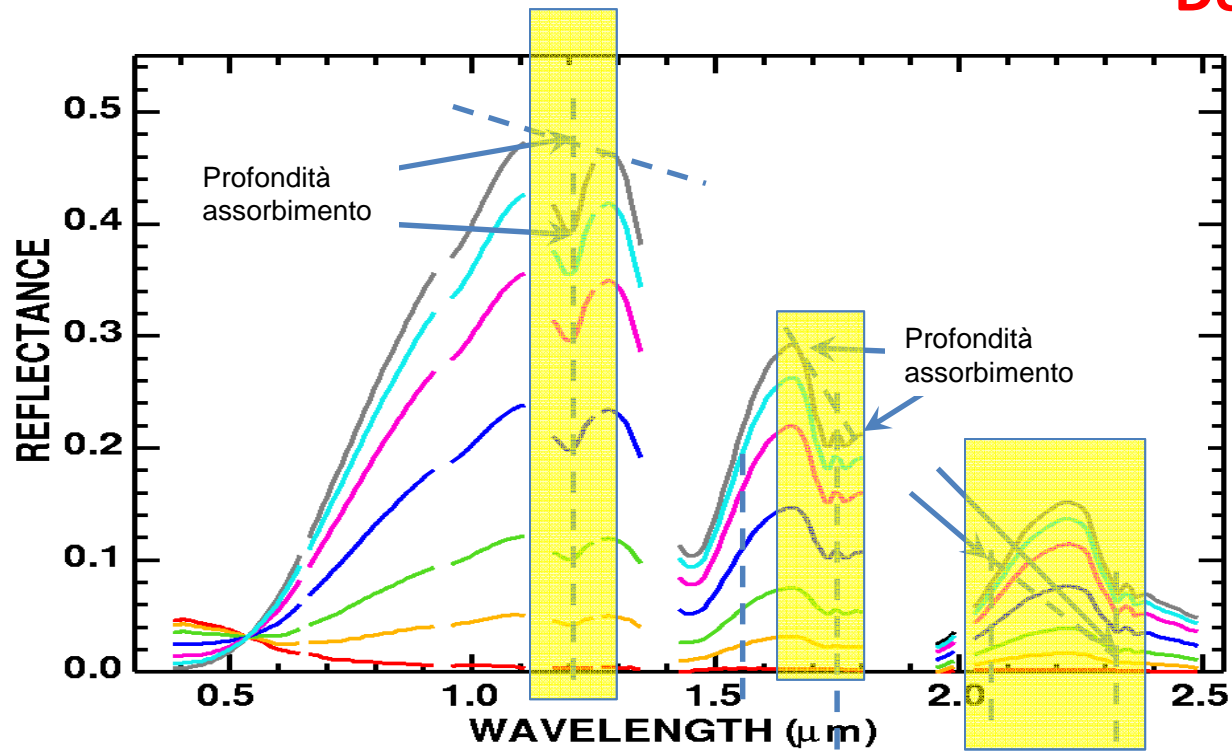
**La Linea di Elaborazione spettroscopica opera su un numero limitato di bande selezionate in base all'applicazione.**

**Si decide, a priori, quali sono le firme spettrali che si intende cercare perché l'applicazione è specificata.**

**In particolare può svolgere, in modo automatico, la funzione:**

-  RICERCA di materiali e sostanze di interesse caratterizzate da specifici picchi di assorbimento o particolari rapporti tra bande spettrali.**

## Detection Oil Spill



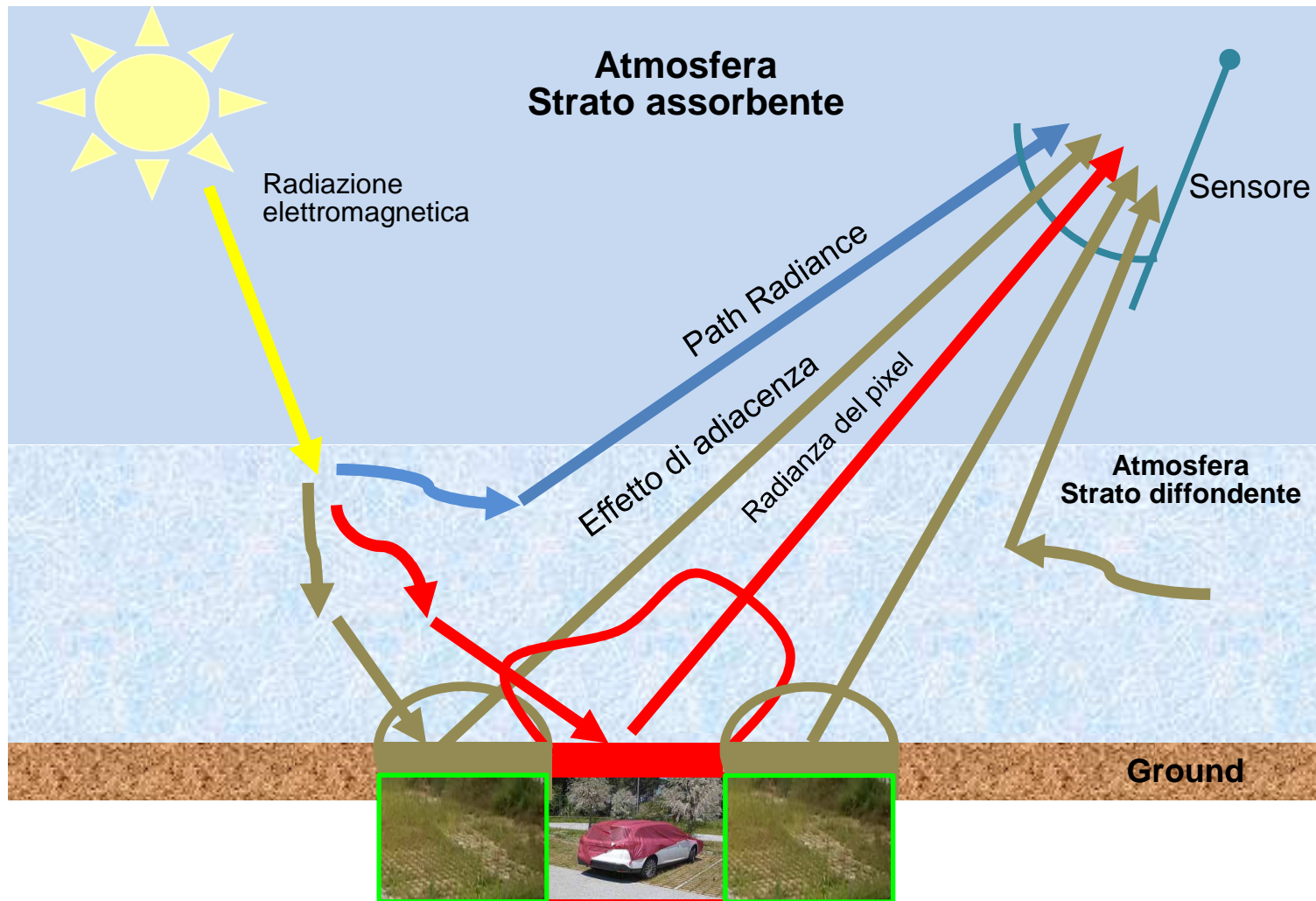
La presenza dell'idrocarburo si rileva più che dall'analisi dello spettro globale da 400 nm a 2500 nm, dalla forma dello spettro (shoulderness) nell'intorno delle sole lunghezze d'onda a 1200, a 1700 e 2300 nm.



## Elaborazioni ausiliarie

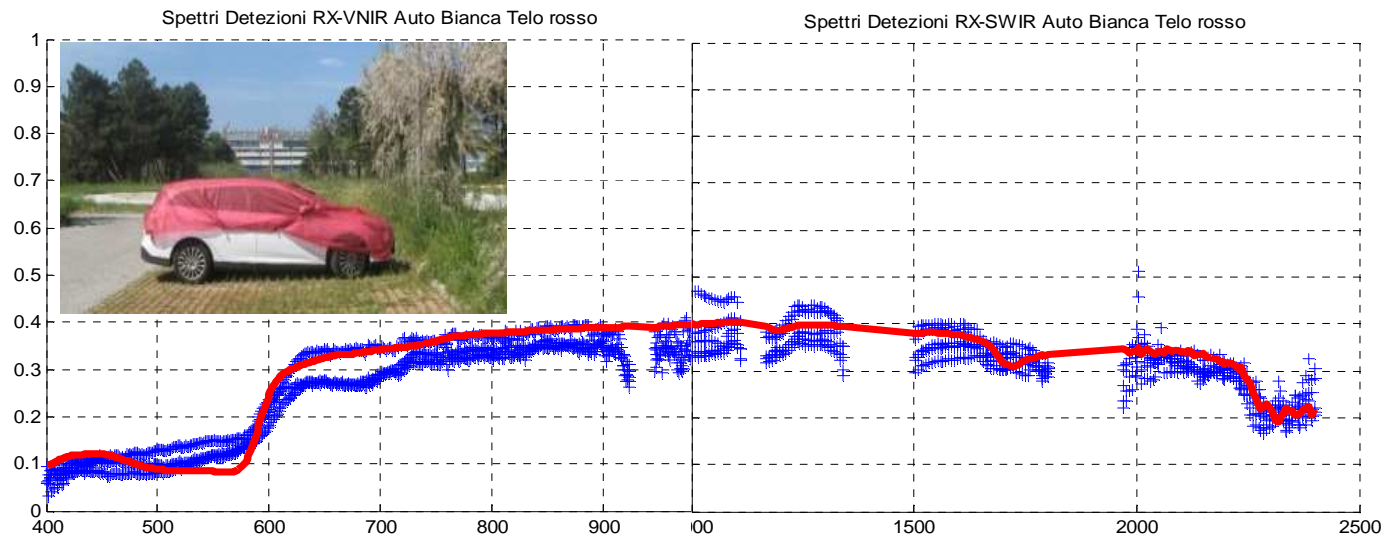
- Pre-processing e calibrazione radiometrica
- Correzione atmosferica
- Georeferenziazione

## Correzione atmosferica



## Correzione atmosferica

- Criticità: determinazione delle condizioni atmosferiche
- Metodo adottato: approccio statistico
  - Database di riflettanze
  - Database di condizioni atmosferiche simulate con ModTran
- Validazione con dimostratore SIMGA (Campagna Viareggio 2013)
  - Ottimi risultati in ambiente urbano
  - Ottimi risultati anche in condizioni di illuminazione solare ridotta



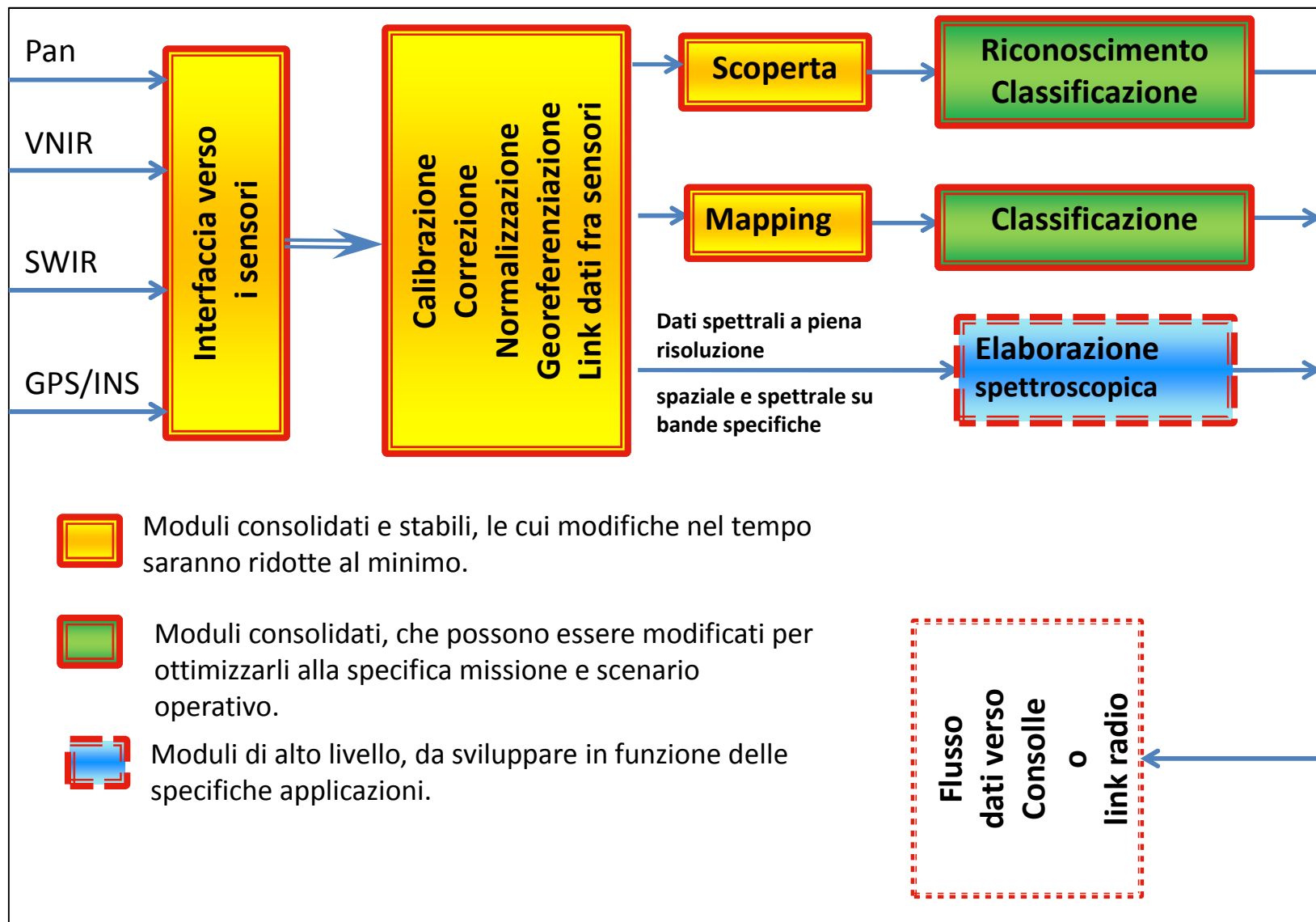
## Georeferenziazione

- Georeferenziazione: passaggio da riferimento di piattaforma a riferimento a terra
- Validazione con dimostratore SIMGA: quota di volo = 1000 m

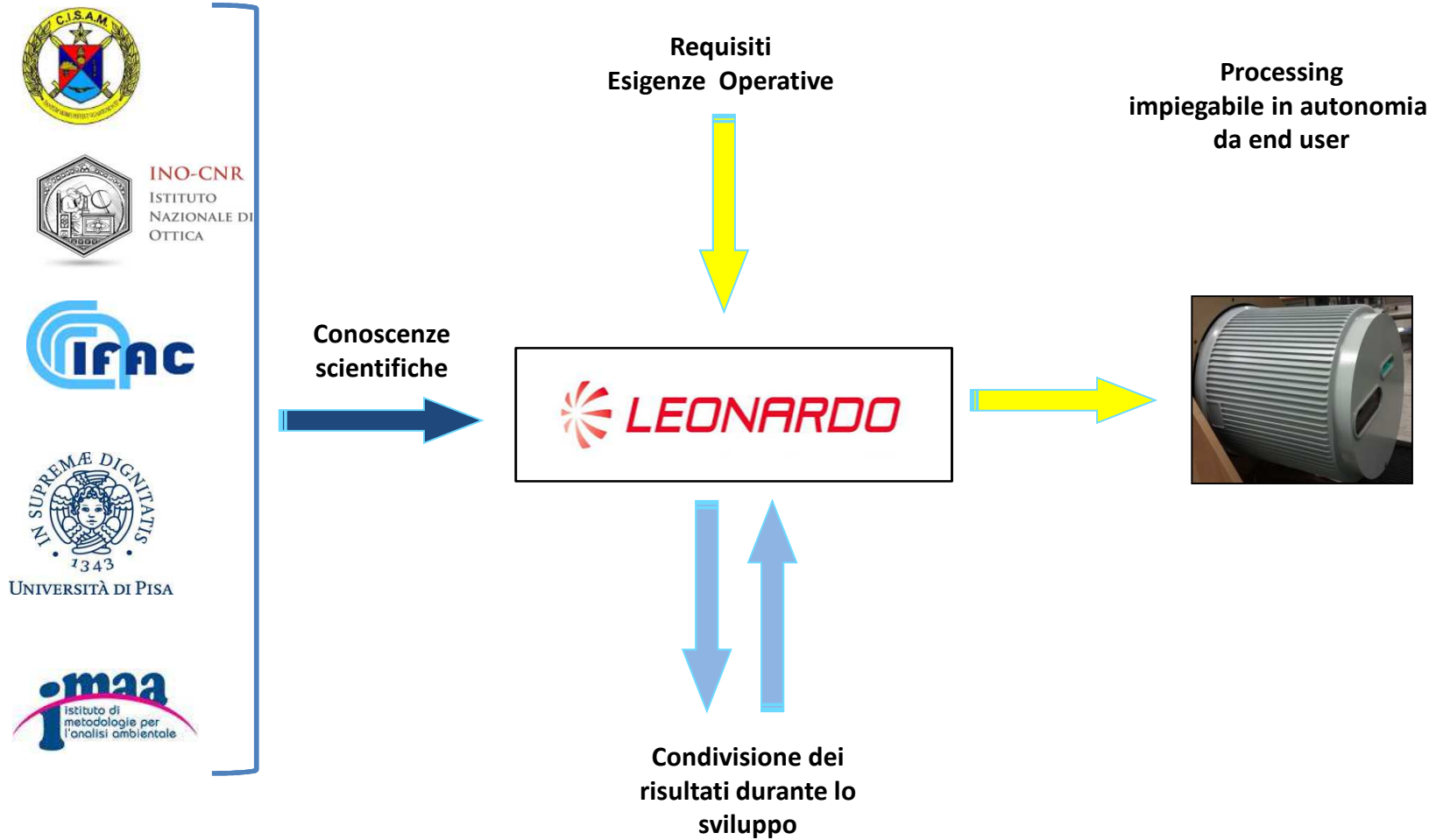




## Architettura di processing: Moduli di elaborazione



## Collaborazioni e partnership



A gray background with a white V-shaped graphic element. The V-shape is formed by two white lines that meet at a point in the lower right quadrant. The lines extend from the top left and bottom right towards the center, and from the top right and bottom left towards the center.

**Dimostratore tecnologico iperspettrale termico: SIT-GA**



## PNRM Iperspettrale termico: SIT-GA



UNIVERSITÀ DI PISA



**SIM-GA**



**SPHYDER**

**Campo di ricerca potenziali applicazioni:  
Identificazione GAS**

**SIT-GA**  
*Canali MWIR, LWIR*  
[3,5]  $\mu\text{m}$  e [8,11]  $\mu\text{m}$   
**Estensione nell'infrarosso della  
tecnologia iperspettrale**





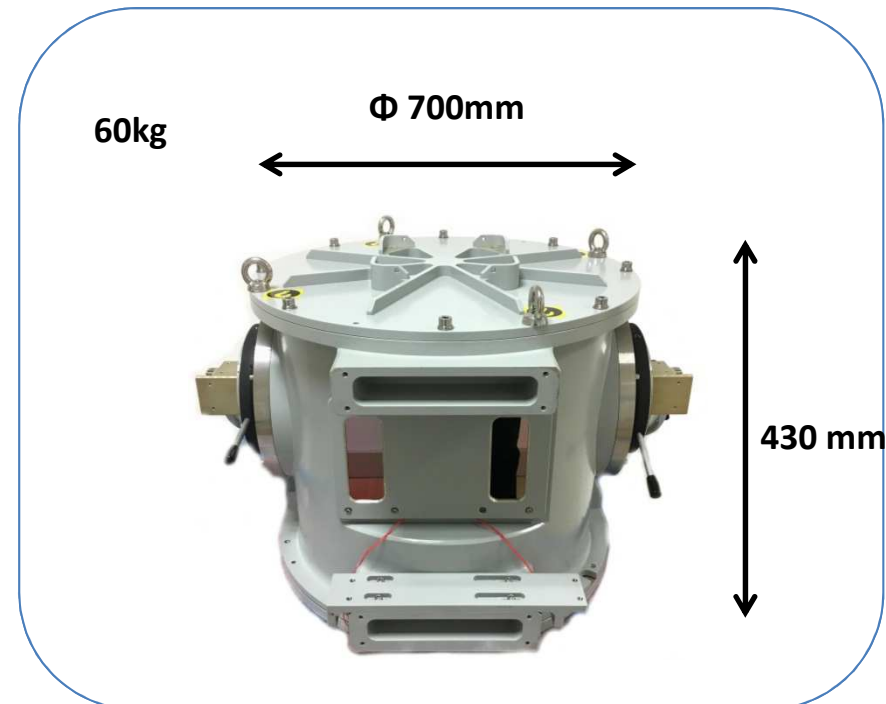
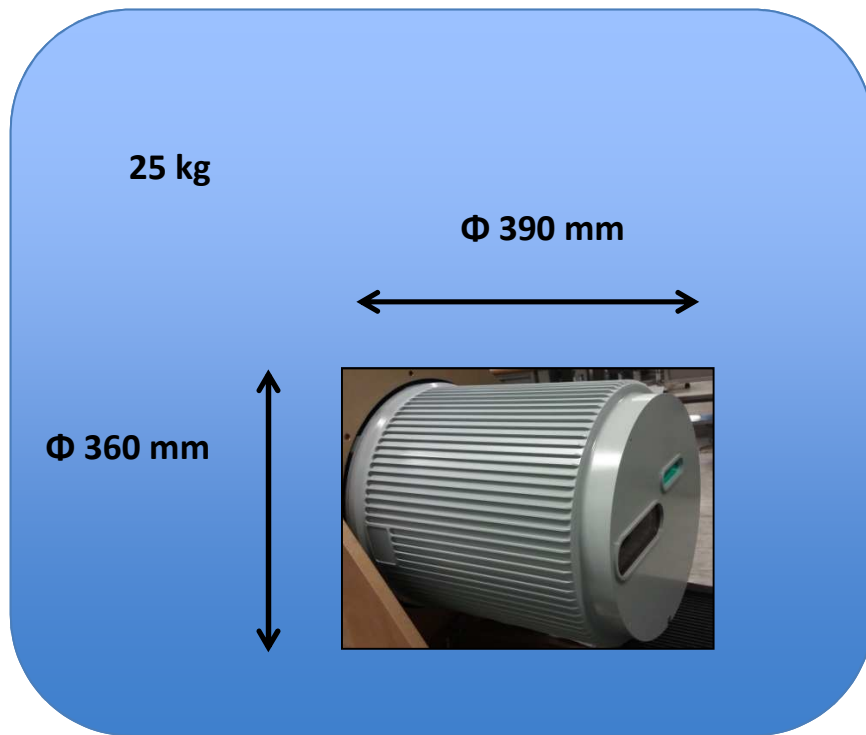
## PNRM Iperspettrale termico: SIT-GA



UNIVERSITÀ DI PISA



Sistema molto complesso a livello di dimostratore tecnologico.





## Conclusioni

- ❁ **I Sistemi iperspettrali trovano impiego in una molteplicità di applicazioni**
- ❁ **L'Esperienza maturata da Leonardo nel corso di circa un decennio, ha permesso di iniziare lo sviluppo del sistema SPHYDER, che nasce con lo scopo di rappresentare un punto di incontro tra le potenzialità della tecnologia iperspettrale e le esigenze dei corpi operativi (real time processing, range esteso, utilizzo in piena autonomia, etc.).**
- ❁ **Una parte dello sviluppo di SPHYDER è stato possibile attraverso i fondi della legge 808, la rimanente attraverso l'impiego di risorse interne all'Azienda.**
- ❁ **La successiva finalizzazione del prodotto industriale sarà resa possibile attraverso iniziative interforze o interministeriali.**
- ❁ **In ambito PNRM, è in corso lo sviluppo di un dimostratore tecnologico (SIT-GA) che opererà nelle due bande MWIR e LWIR.**

THANK **YOU** FOR YOUR ATTENTION

