



Il Programma Copernicus e altre importanti fonti dati satellitari



European Commission's Earth Observation Program / formerly GMES





1. IL PROGRAMMA **LANDSAT** (1972-2019)
2. IL PROGRAMMA **COPERNICUS** (2014-2019)
 - a. LE MISSIONI **SENTINEL**
3. IL NUOVO SATELLITE «**PRISMA**»
4. **L'ACQUISIZIONE** DELLE IMMAGINI PER L'UTENTE
5. MISSIONI COMMERCIALI
6. ALTRE PIATTAFORME
 - a. **I MICROSATELLITI**
 - b. **I DRONI** (o SAPR)





Istituto Zooprofilattico Sperimentale
del Lazio e della Toscana *M. Aleandri*

LE MISSIONI **LANDSAT** (1972-2019)



Il Telerilevamento da satellite comincia a diffondersi nel 1970 con i primi sensori montati a bordo dello Skylab e del **Landsat**, il primo satellite espressamente dedicato al monitoraggio di terre e oceani allo scopo di mappare le risorse culturali e naturali. Ha iniziato l'era delle osservazioni della terra per motivi non-militari.



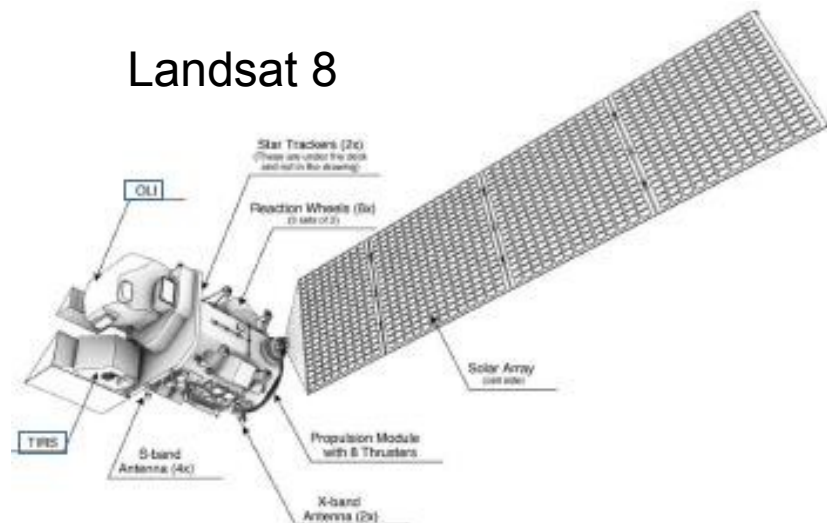
Lansat 1- centro Nord dello Utah (7 Agosto 1972)



Landsat

Il programma fu realizzato dalla NASA per conto del governo USA.

Landsat 8



- Il lancio della prima missione (Landsat 1) è del 1972
- L'ultima, del 2013, è Landsat 8
- Attualmente sono attivi **Landsat 7** e **Landsat 8**
- Il prossimo lancio è previsto per il 2020: Landsat 9





Istituto Zooprofilattico Sperimentale
del Lazio e della Toscana *M. Aleandri*

Quasi 50 anni di dati di osservazione della terra!!

Il Programma Landsat rappresenta il progetto di più lunga durata nella collezione di dati telerilevati da satellite a risoluzione medio-alta.

La possibilità di analizzare la variazione nel tempo di determinati attributi in un periodo complessivo, ad oggi, di 47 anni rende il dato Landsat fra i più utilizzati nel telerilevamento.





Bands	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
Band 1 - Ultra Blue (coastal/aerosol)	0.435 - 0.451	30
Band 2 - Blue	0.452 - 0.512	30
Band 3 - Green	0.533 - 0.590	30
Band 4 - Red	0.636 - 0.673	30
Band 5 - NIR	0.851 - 0.879	30
Band 6 - SWIR 1	1.566 - 1.651	30
Band 7 - SWIR 2	2.107 - 2.294	30
Band 8 - Panchromatic	0.503 - 0.676	15
Band 9 - Cirrus	1.363 - 1.384	30
Band 10 - Thermal 1	10.60 - 11.19	100* (30)
Band 11 - Thermal 2	11.50 - 12.51	100* (30)

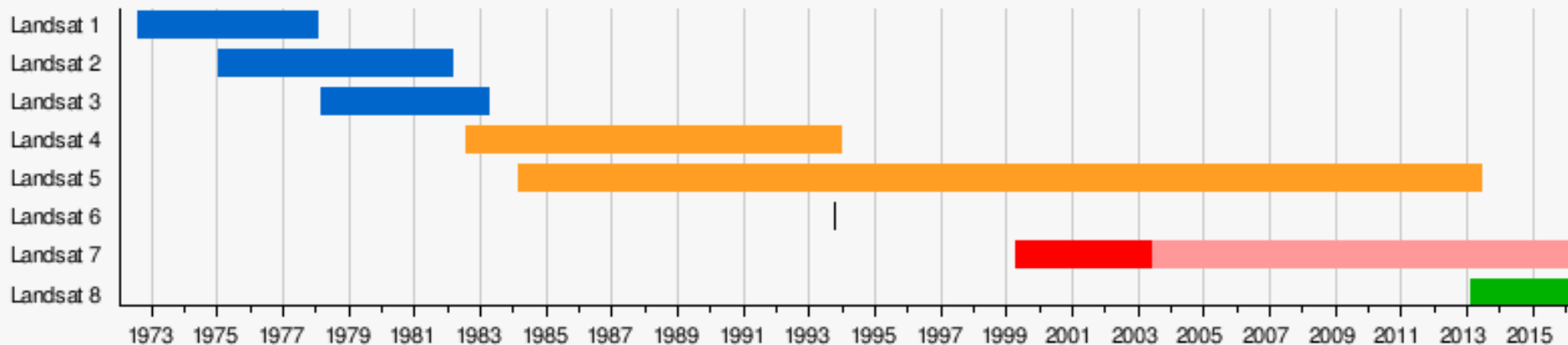




Istituto Zooprofilattico Sperimentale
del Lazio e della Toscana *M. Aleandri*

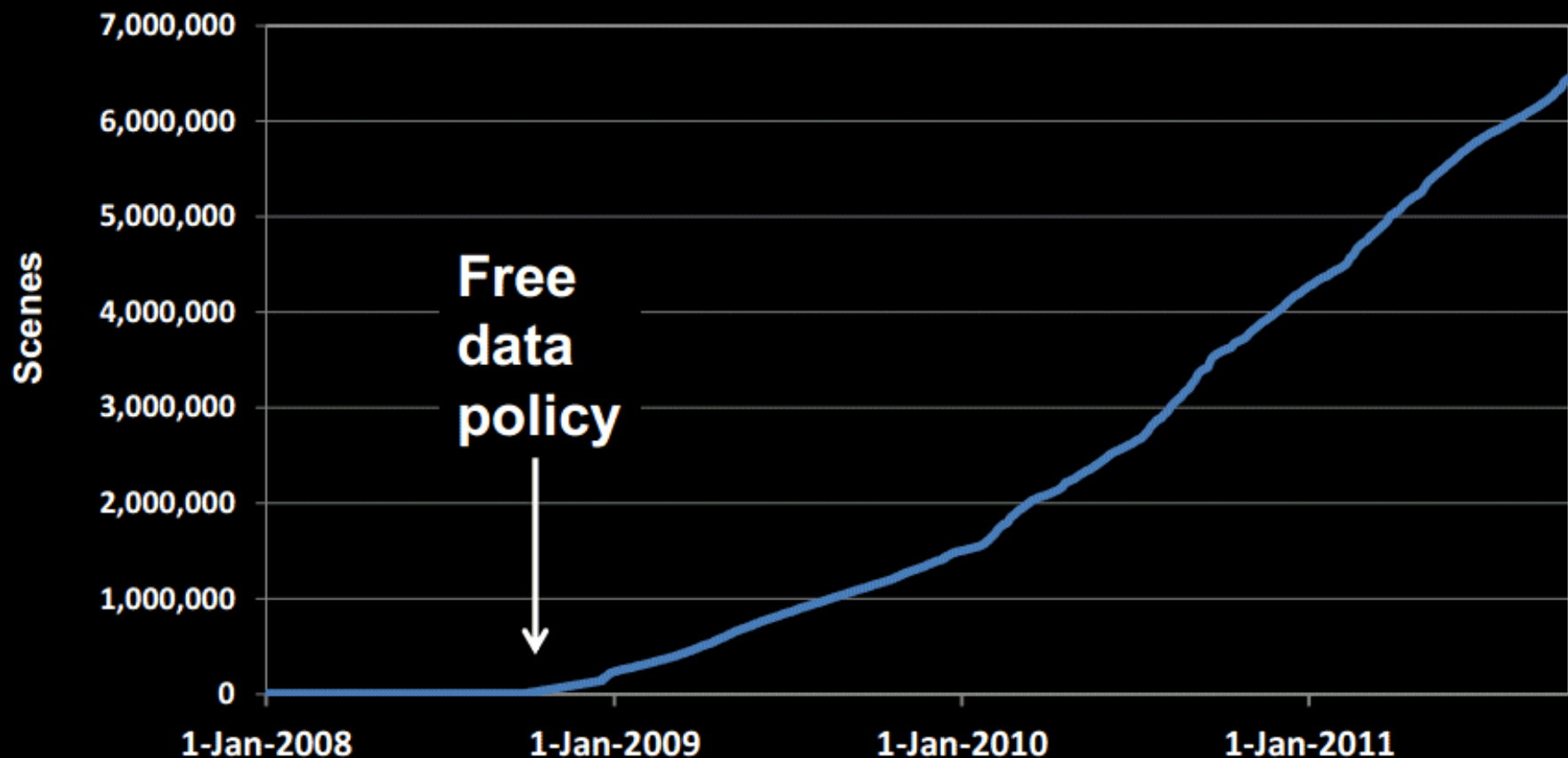
A partire dal 1980 il Landsat è stato privatizzato ed in diverse nazioni, tra cui la Francia, Stati Uniti, Russia e Giappone. Inizia così a diffondersi l'utilizzo commerciale del telerilevamento.

Successivamente prevale però la politica di liberalizzare la sua produzione dati, a partire dal 2009.



Landsat Data: 40 Years of Global Data Free Online

Total Landsat Scenes Provided to Users Since January 1, 2008





Istituto Zooprofilattico Sperimentale
del Lazio e della Toscana *M. Aleandri*

IL PROGRAMMA **COPERNICUS** (2014-2019)





Istituto Zooprofilattico Sperimentale
del Lazio e della Toscana M. Aleandri

Copernicus, un programma finanziato dalla Commissione europea che prevede la messa in orbita **entro il 2020** di **6 diverse costellazioni** di satelliti per l'Earth observation, denominati **Sentinel**, per un totale di circa **20 satelliti**.

Copernicus non si limita al **segmento spazio**, ma promuove anche lo sviluppo di servizi che integrano i dati satellitari con **informazioni acquisite a terra**. I servizi si dividono in sei aree tematiche:



Monitoraggio atmosferico;



Monitoraggio dell'ambiente marino;



Monitoraggio del territorio;



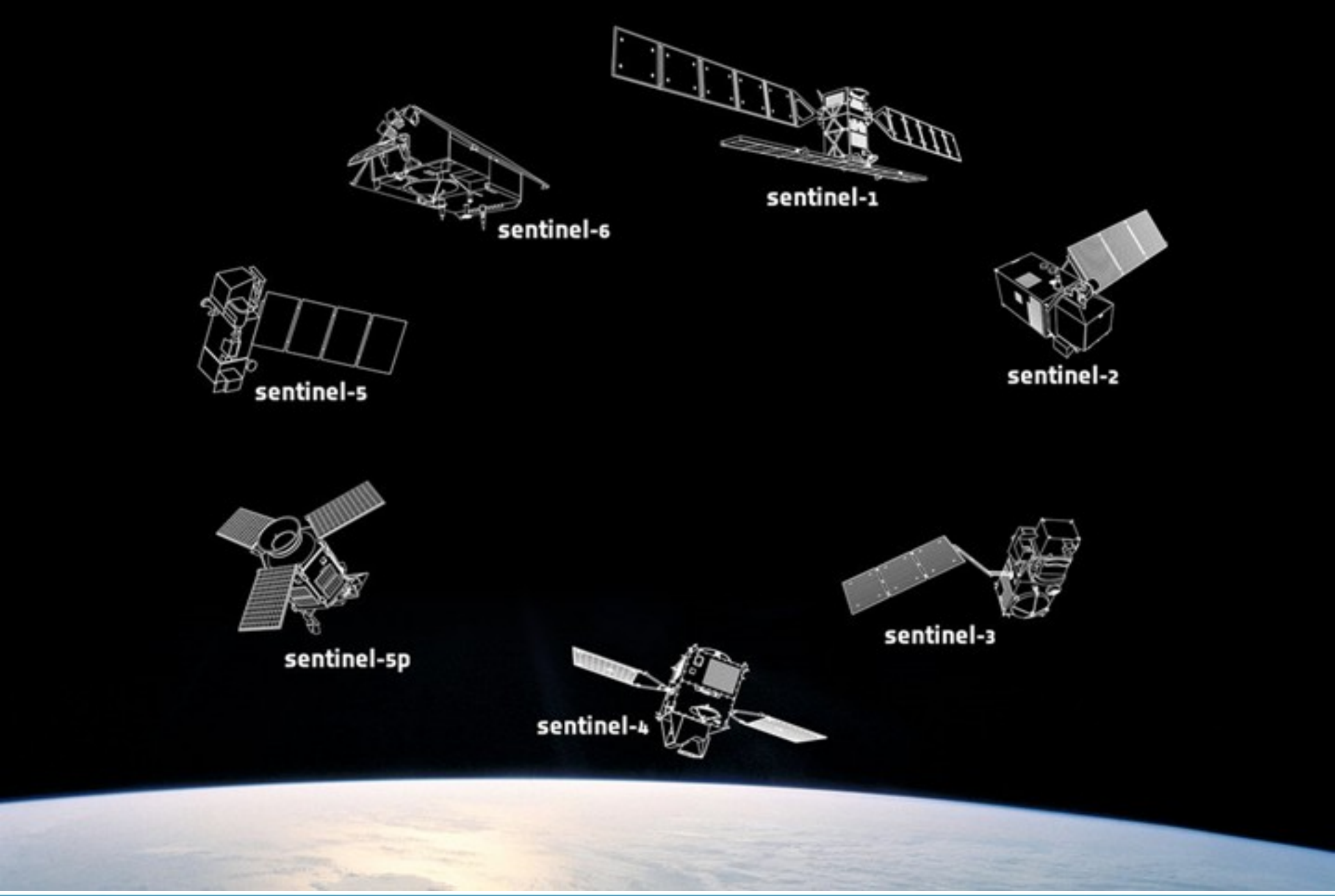
Cambiamento climatico;



Gestione delle emergenze;



Sicurezza.





Istituto Zooprofilattico Sperimentale
del Lazio e della Toscana M. Aleandri

Copernicus offrirà gratuitamente una quantità di dati senza precedenti, fornirà nuovi servizi operativi e stimolerà nuove opportunità commerciali e la creazione di posti di lavoro.

Elzbieta Bienkowska

*Commissario europeo responsabile per il Mercato interno,
l'industria, l'imprenditoria e le PMI*

Il programma *Copernicus* mette a disposizione di cittadini, autorità pubbliche e di governo, scienziati, imprenditori e imprese un'enorme quantità di informazioni sul nostro pianeta, in modo completo, aperto e gratuito.



Il Programma Copernicus

Sent-1A/B



Sent-2A/B



Sent-3A/B



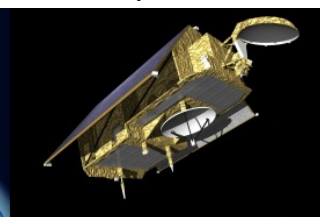
Sent-4A/B



Sent-5/5P



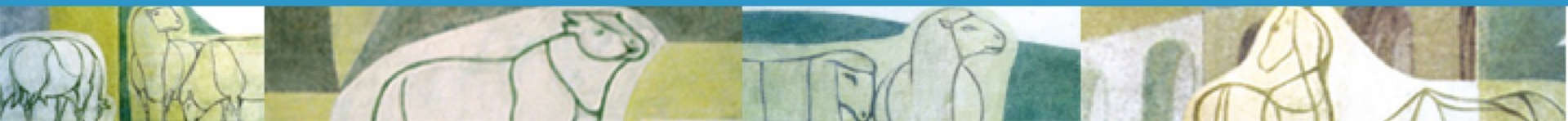
Sent-6/Jason-CS



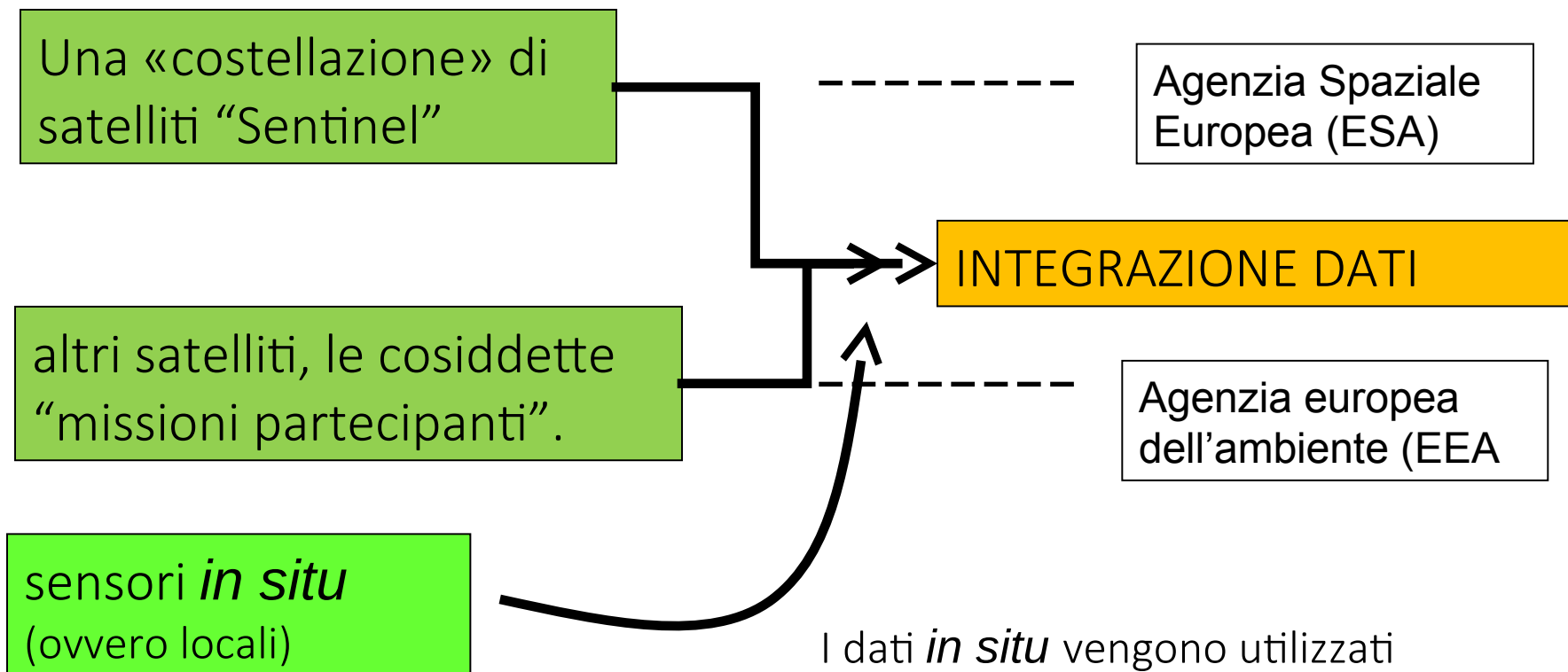
GMES
(Global Monitoring
for Environment
and Security)

1.ma Generazione
Sentinels (2014-2032)

2.da Generazione
Sentinels (2032-..)

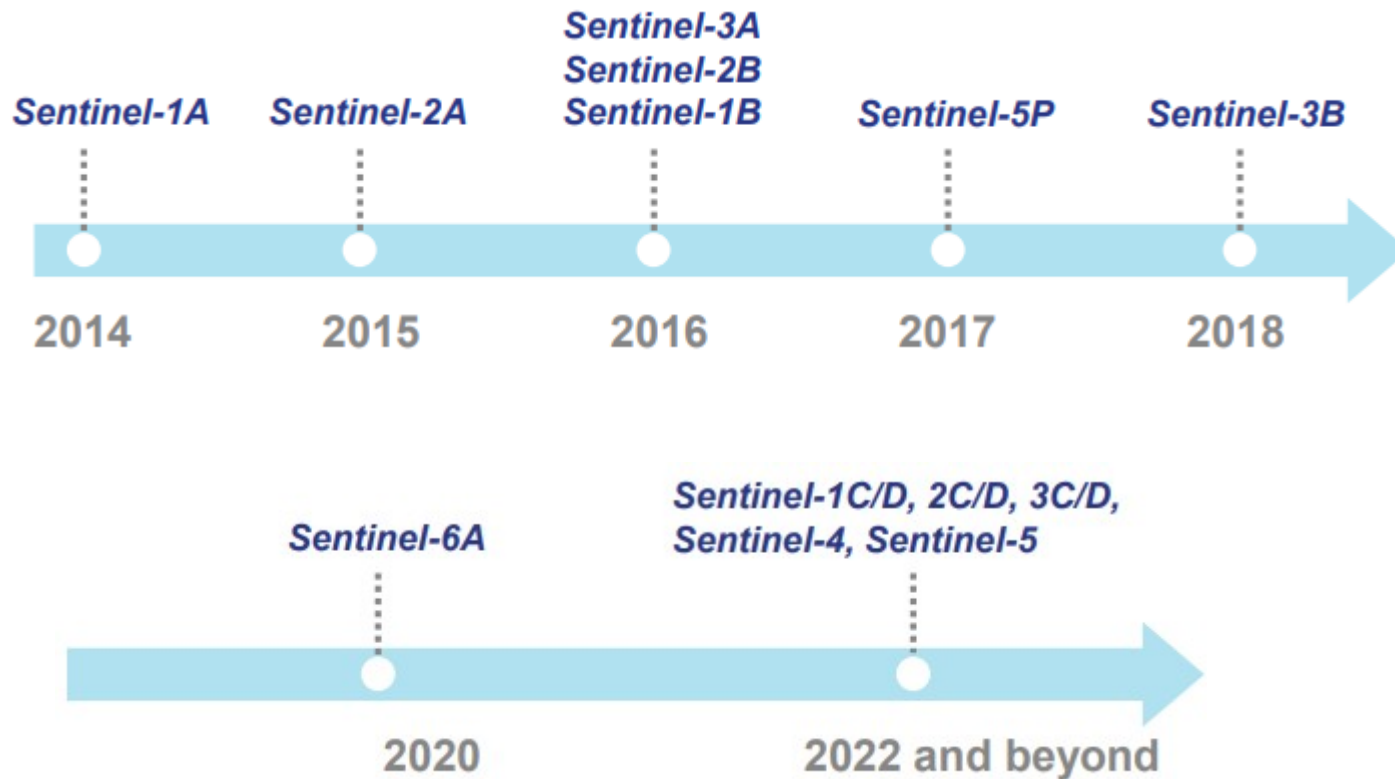


I **servizi Copernicus** sono basati su informazioni provenienti da:

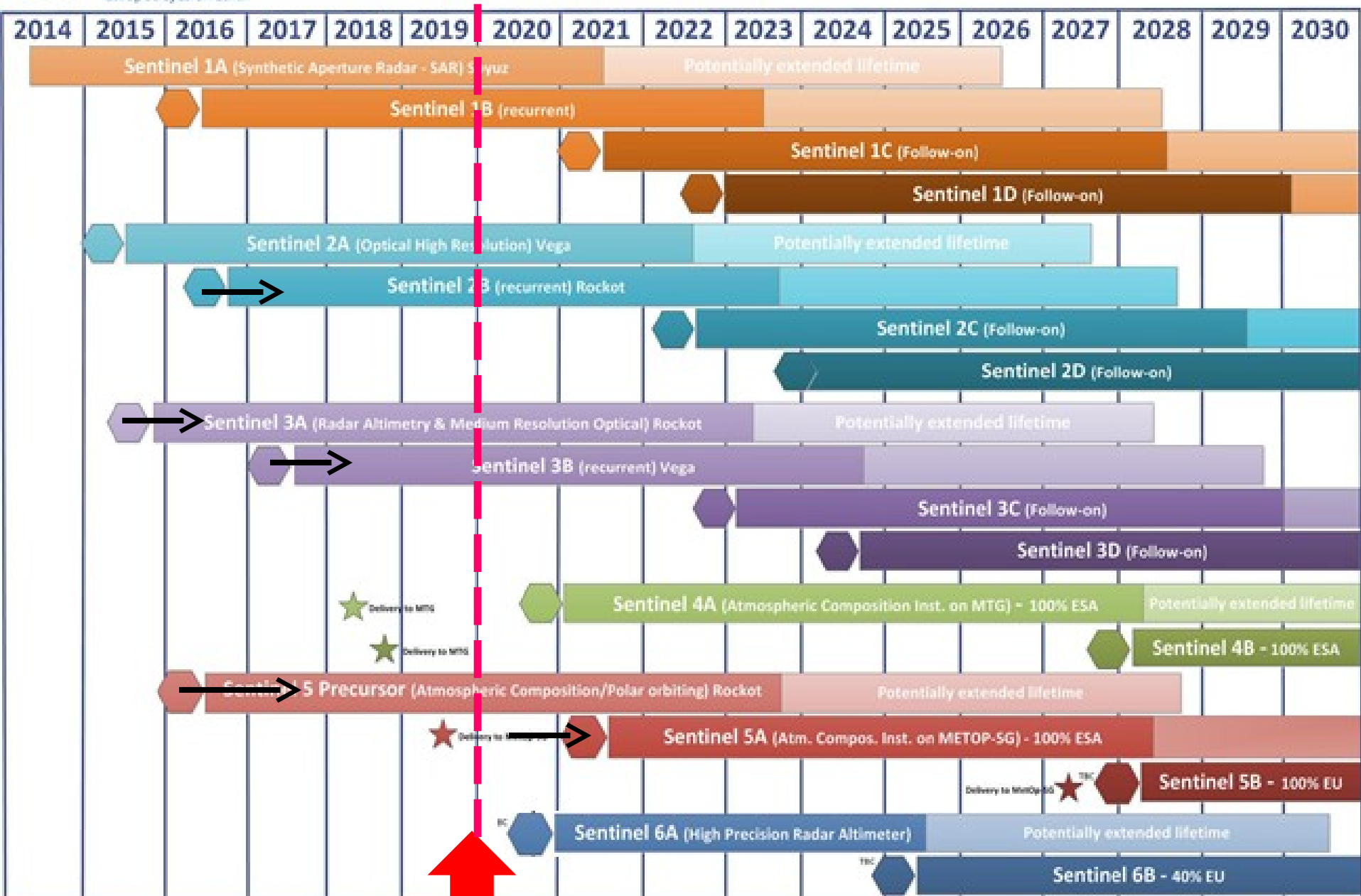


I dati *in situ* vengono utilizzati per calibrare, verificare e completare le informazioni fornite dai satelliti, azione essenziale al fine di fornire dati affidabili e costanti nel tempo.

Actual and planned launch dates of the Sentinels (Source: European Commission, European Space Agency)



Copernicus Constellations Deployment Schedule



Sentinel 1

Condizioni di ripresa: giorno/notte, con ogni condizione atmosferica

Applicazioni:

- monitoraggio delle zone di mare ghiacciato, dell'ambiente artico e dell'ambiente marino, perdite petrolifere in mare, venti marini, onde e correnti;
- monitoraggio dei rischi di movimento della superficie terrestre (con accuratezza millimetrica), mappatura di foreste, acqua e suolo, inondazioni;
- mappatura a sostegno dell'aiuto umanitario in situazioni di crisi;



Costellazione: 1A e 1B

Sensori: Radar ad apertura sintetica (SAR) in banda C che fornisce immagini in continuo.

Lanci: 3 Aprile 2014 (1A) → 25 Aprile 2016 (1B)

Tipo orbita: quasi polare eliosincrona, LEO 693 km

Risoluzione spaziale: 4-40 m

Risoluzione temporale (rivisita): ogni 1-3 gg

Periodo di rivoluzione: 96-97 min

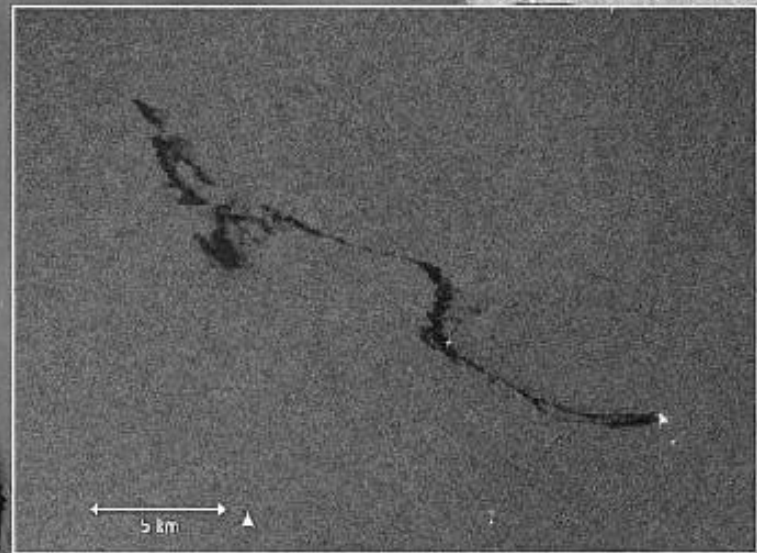
Copertura: Europa e Canada (rotta principale)

Trasmissione dati: entro 1h dall'acquisizione

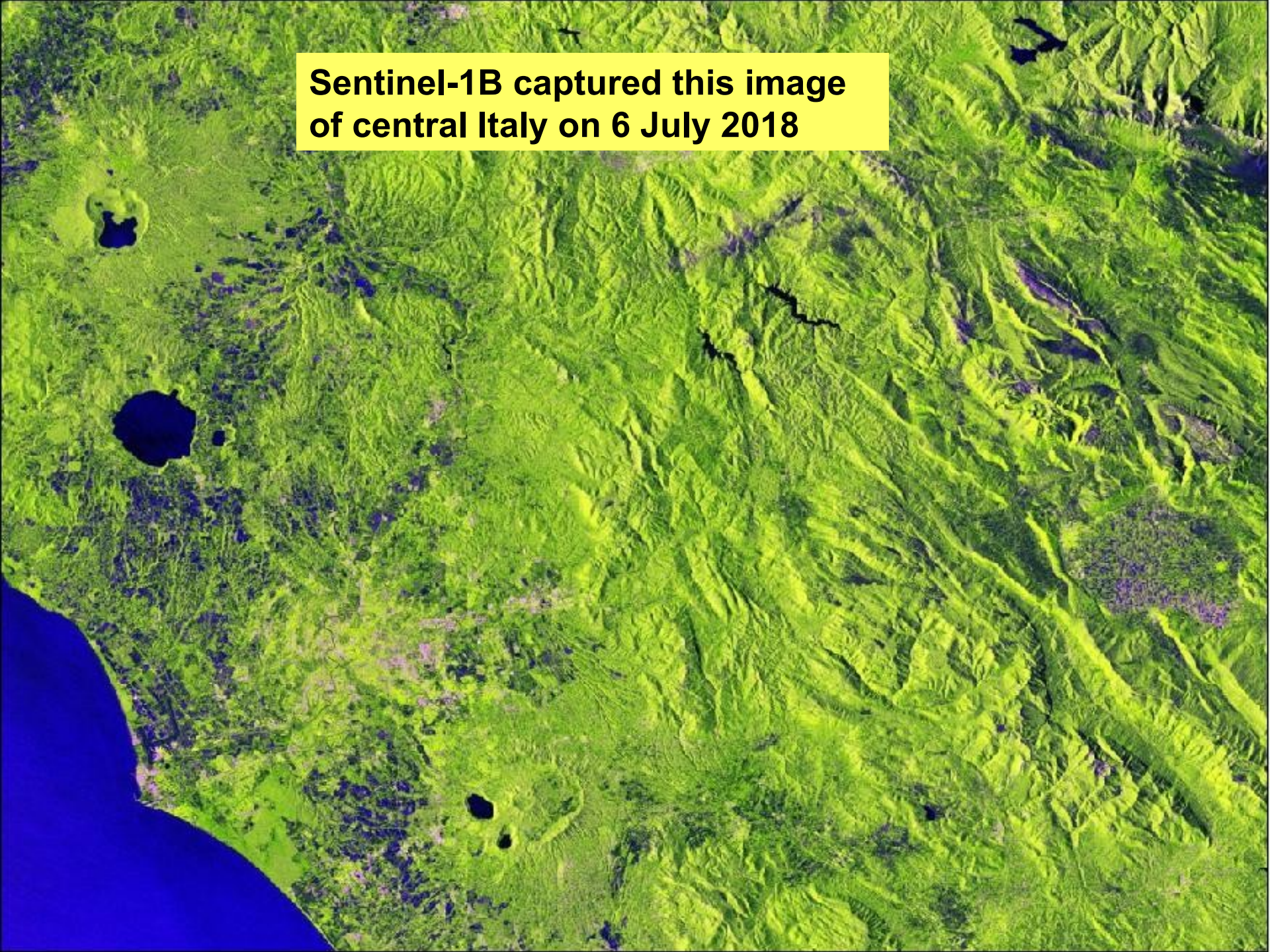
Note: Envisat e Radarsat come precursori

Durata: 7.25 anni

**a dark patch north of the tip of
Corsica, was captured by the
Sentinel-1A**



**Sentinel-1B captured this image
of central Italy on 6 July 2018**



Sentinel 2

Applicazioni:



- Monitoraggio oceanico, costiero e delle acque interne e sull'inquinamento; mappatura dei rischi e delle catastrofi allagamenti, eruzioni vulcaniche o smottamenti, è di supporto nella gestione delle emergenze;
- Monitoraggio di terreni agricoli e foreste, copertura e consumo di suolo; mappatura delle variabili biofisiche (es. contenuto di clorofilla nel fogliame); monitorare lo sviluppo di piante in ambito agricolo o forestale;
- il monitoraggio atmosferico.

Costellazione: 2A e 2B

Sensori: immagini multispettrali (MSI) in 13 bande in VIS, NIR, SWIR .

Lanci: 23 giugno 2015 (2A) → 7 marzo 2017 (2B)

Tipo orbita: quasi polare eliosincrona, LEO 786 km

Risoluzione spaziale: 10-20-60 m

Risoluzione temporale (rivisita): ogni 5 gg (o meno a lat. maggiori)

Periodo di rivoluzione: 96-97 min

Trasmissione dati: entro 1h dall'acquisizione

Note: Landsat e SPOT come precursori

Durata: 7 anni



Istituto Zooprofilattico Sperimentale
del Lazio e della Toscana M. Aleandri

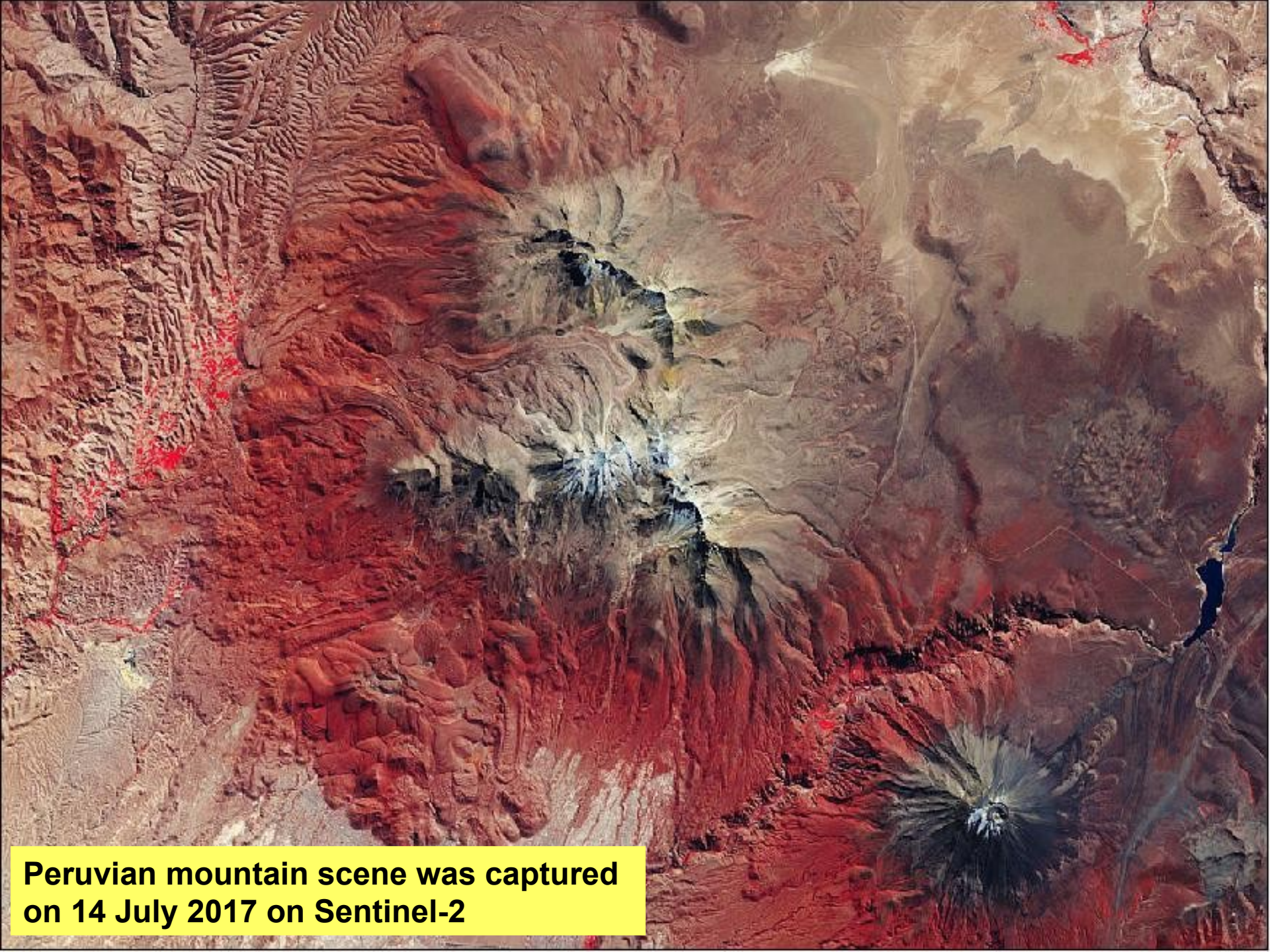
segue **Sentinel 2**

Lo strumento ***Multi Spectral Instrument*** (MSI)

è tra i più avanzati ed è l'unico ad acquisire tre bande nel “**red-edge**” fondamentale per l'acquisizione di informazioni sullo stato della vegetazione.

Massiva trasmissione di dati giornalieri: **1 Tbyte/giorno**





**Peruvian mountain scene was captured
on 14 July 2017 on Sentinel-2**

Sentinel 3

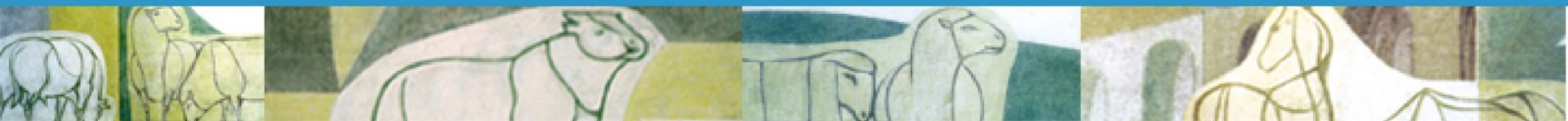
Applicazioni: (dati ottici, radar ed altimetrici, ad elevata accuratezza, per il monitoraggio di aree terrestri e marine)



- Mappatura della variazione del livello dei mari e della loro temperatura superficiale, gestione della qualità delle acque, mappatura di estensione e spessore dei ghiacci marini;
- cartografia della copertura del suolo, monitoraggio dello stato di salute della vegetazione; monitoraggio dei ghiacciai e delle risorse idriche; rilevamento degli incendi e previsione;
- modelli numerici di previsione meteorologica.

Costellazione: 3A e 3B

Strumenti: numerosi strumenti per il rilevamento e la misurazione **topografica** della superficie marina, della **temperatura** e del **colore** sia degli oceani che del suolo, il tutto con l'obiettivo principale di supportare i sistemi di previsione marittima, il monitoraggio climatico e quello ambientale.



segue **Sentinel 3**

Lanci: 16 febbraio 2016 (3A) → 25 aprile 2018 (3B)

Tipo orbita: quasi polare eliosincrona, LEO 815 km

Risoluzione spaziale: 300-1200 m

Risoluzione temporale (rivisita): <2 gg

Periodo di rivoluzione: 96-97 min

Trasmissione dati: entro 1h dall'acquisizione

Note: è l'erede dei satelliti pionieristici ERS-2 e Envisat

Durata: 7 anni



Sentinel 4

Applicazioni: **composizione dell'atmosfera**



The main objective of the SENTINEL-4 mission is to monitor key air quality trace gases and aerosols over Europe in support of the Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) at high spatial resolution and with a fast revisit time.

S4 will provide hourly data on tropospheric constituents over Europe mainly for air quality applications.

The target species include the key air quality parameters: NO₂ (nitrogen dioxide), O₃ (ozon), SO₂ (sulfur dioxide), HCHO (formaldehyde), CHOCHO (glyoxal), and aerosols.

Costellazione: 4A e 4B

Strumenti: Ultraviolet Visible Near-infrared (UVN) spectrometer

InfraRed Sounder (IRD)

Will include data from other satellites

Lancio: in programma

Tipo orbita: quasi polare eliosincrona

Risoluzione spaziale: 8 km

Risoluzione temporale (rivisita): 60 min

Sentinel 5P

Applicazioni: **composizione dell'atmosfera**

Costellazione: 5P, 2A e 2B ?

Strumenti: TROPOMI (strumento di monitoraggio della troposfera).

Lanci: 13 ottobre 2017 (5P) → 5A → 5B

Tipo orbita: quasi polare eliosincrona, LEO 824 km

Risoluzione spaziale: 7-68 km

Risoluzione temporale (rivisita): ogni 1 gg

Periodo di rivoluzione: 96-97 min ?

Trasmissione dati: entro 1h dall'acquisizione ?

Note: continuity of observations between Envisat and Sentinel-5

Durata: 7 anni

Note: To bridge gaps between Envisat, Sciamachy instrument and Sentinel-5 launch



UV1+UV2 VIS

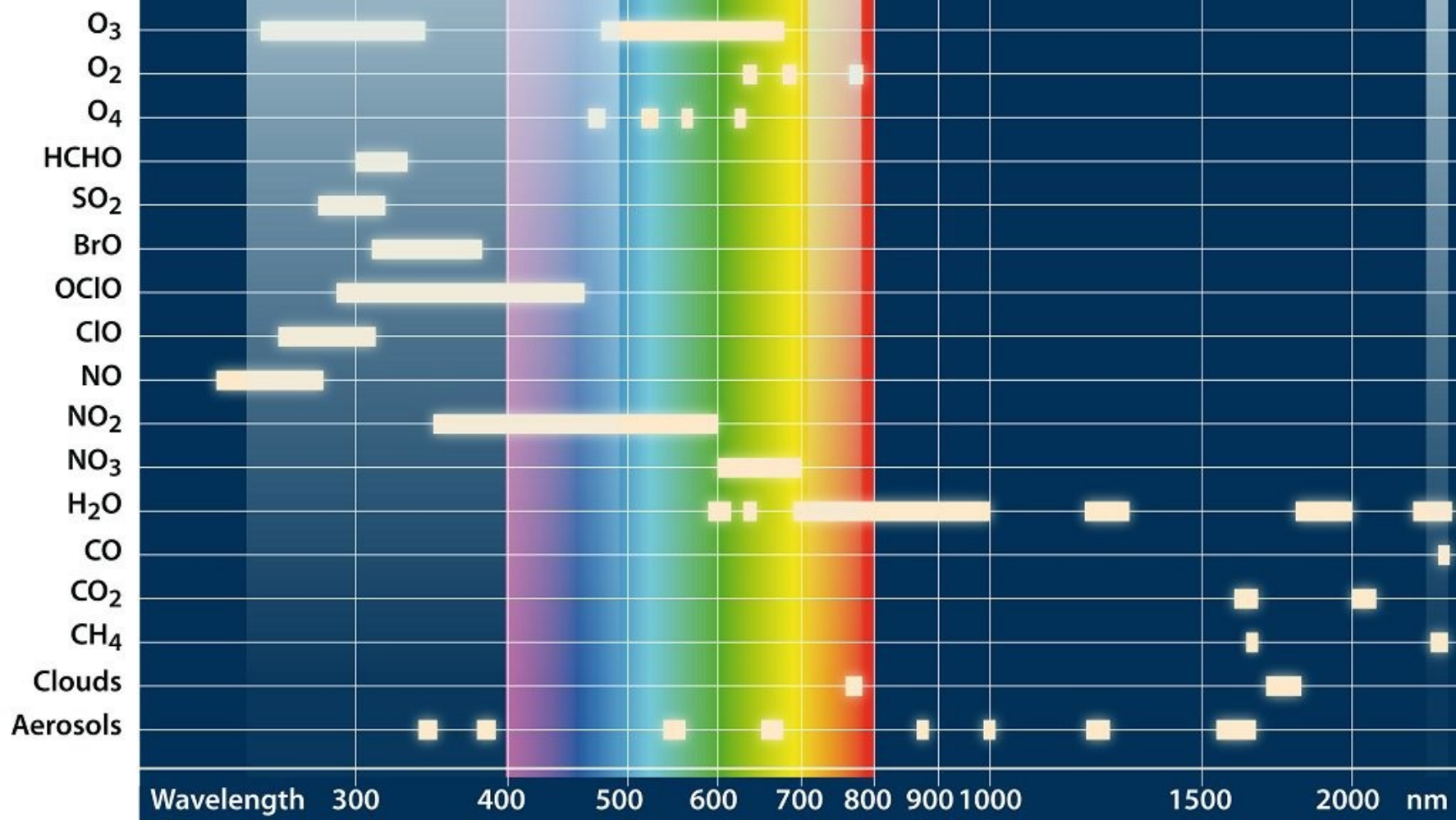
NIR

SWIR1

SWIR3

OMI

TROPOMI



GOME

SCIAMACHY



Il Sentinel-5 Precursore – conosciuto come Sentinel-5P – è la prima missione Copernicus dedicata al monitoraggio dell'atmosfera terrestre. Consiste di un satellite dotato di uno spettrometro, che ha l'obiettivo principale di compiere misurazioni atmosferiche relative alla **qualità dell'aria**, alla forzante climatica, all'ozono e alle **radiazioni ultraviolette**.

Inquinanti rilevati:

NO₂ (biossido di azoto), O₃ (ozono troposferico), SO₂ (anidride solforosa), HCHO (formaldehide), CHOCHO (gliossale), and aerosols, CO (monossido di carbonio), CH₄ (metano) e O₃ (ozono) stratosferico con copertura giornaliera globale.

Atmospheric variables
Air quality
Solar radiation
Climate monitoring





Istituto Zooprofilattico Sperimentale
del Lazio e della Toscana *M. Aleandri*

Sentinel 6

Fornirà **dati altimetrici** ad elevata accuratezza per la misurazione globale delle altezze della superficie marina per attività operazionali in ambito oceanografico e per studi sul clima.

Lancio: in programma





Istituto Zooprofilattico Sperimentale
del Lazio e della Toscana *M. Aleandri*

IL NUOVO SATELLITE «PRISMA»





La **tecnologia iperspettrale** permette di osservare la Terra e i suoi elementi oltre quanto è visibile dall'occhio umano, riconoscendo non solo le forme degli oggetti ma anche quali elementi chimici contengono.

Una grande capacità che potrà essere sfruttata in molteplici ambiti applicativi, quali l'agricoltura, la lotta alla desertificazione, la prevenzione e il pronto intervento dopo le catastrofi naturali, l'individuazione di fattori di inquinamento sul territorio e nel mare, o nello studio di fenomeni complessi come le interazioni tra atmosfera, biosfera e idrosfera e l'osservazione dei cambiamenti dell'ambiente e del clima a livello globale.





Istituto Zooprofilattico Sperimentale
del Lazio e della Toscana M. Aleandri

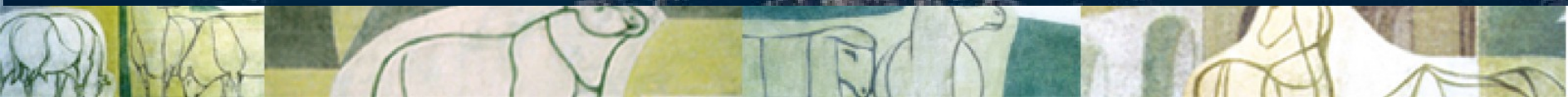
PRISMA è il satellite iperspettrale più potente al mondo. Un progetto tutto made in Italy guidato dall'ASI (Agenzia Spaziale Italiana)

Lanciato il 22 marzo 2019 è Dotato del sensore iperspettrale operativo più potente al mondo, almeno 24 volte più potente di ogni altro strumento costruito finora.

Gli attuali sensori ottici montati sui satelliti sono multispettrali in grado di sfruttare al più una decina di bande dell'infrarosso, mentre PRISMA ne distingue:

240 (bande disposte dal visibile al vicino infrarosso e fino all'infrarosso a onde corte).







Istituto Zooprofilattico Sperimentale
del Lazio e della Toscana *M. Aleandri*

MISSIONI COMMERCIALI





Istituto Zooprofilattico Sperimentale
del Lazio e della Toscana *M. Aleandri*

Negli anni 2000, anche compagnie private hanno iniziato a lanciare i propri satelliti per ottenere immagini satellitari, anche a risoluzioni geometriche che scendono sotto il metro, come ad esempio **GeoEye-1, WorldView-1, IKONOS** e **QuickBird**. Grazie anche a questi ultimi, nel XXI secolo le immagini satellitari sono diventate largamente disponibili anche ad un pubblico più vasto, grazie anche a opportuni software come Google Earth e Google Maps



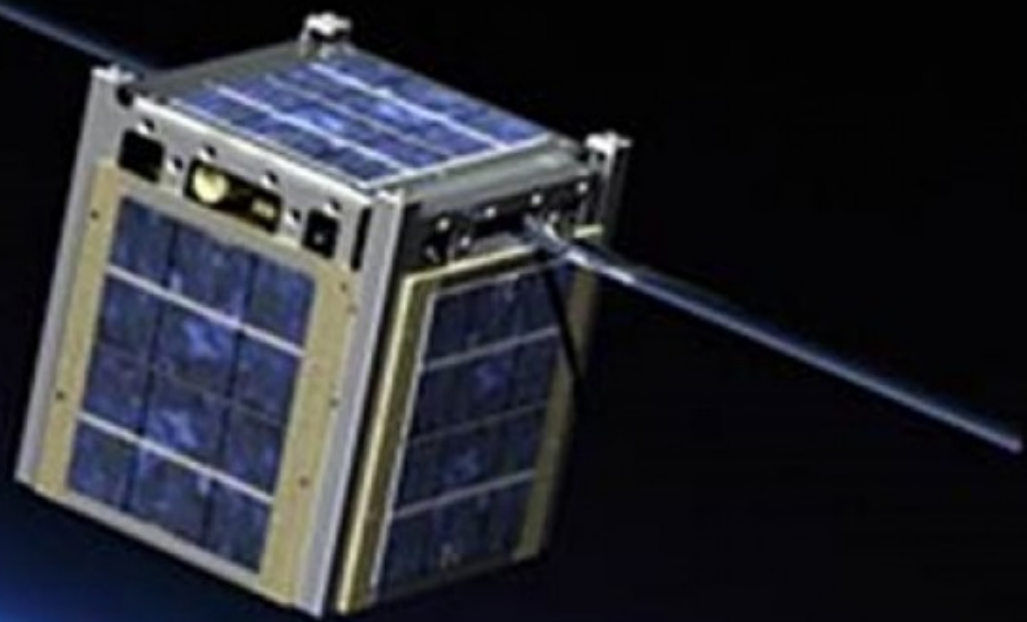
RapidEye: esempio di distribuzione privata (a pagamento) di immagini ad alta risoluzione - 2014

È una costellazione di 5 satelliti identici che permettono l'acquisizione d'immagini alla risoluzione di 5 metri e in cinque bande multispettrali (RGB, Infrarosso, RedEdge), di aree molto vaste (fino a 5 milioni di km² al giorno), con un tempo di rivisitazione molto breve (anche giornaliero). Le immagini RapidEye, grazie anche al loro costo contenuto, si prestano ad essere utilizzate in particolar modo per lo studio della **Vegetazione, dell'Agricoltura, delle Foreste, dell'Ambiente, per la Pianificazione del territorio, le Emergenze, la Sicurezza, i Sistemi Informativi Geografici, Energia e Infrastrutture.**

	QuickBird	IKONOS	GeoEye-1	WorldView-1	WorldView-2	Pleiades-1 Pleiades-2
Swath Width	16.5 km	11 km	15 km	15 km	16.4 km	20 km
Risoluzione	0.6 m	0.8 m	0.5 m	0.5 m	0.5 m	0.5 m
Multispettrale	yes	yes	yes	no	yes 8 bande	yes
Tempo di rivisitazione	3-4 gg	2-3 gg	2-3 gg	3-4 gg	2-3 gg	1-3 gg
Accuratezza	20 meter	10 meter	2 - meter	3 - meter	6.5 - meter	4-5 - meter
Flessibilità	Single Scan	Stereo Multi - Scan	Stereo Multi - Scan	Stereo Multi - Scan	Stereo Multi - Scan	Stereo/Tri Stereo Multi - Scan



L'era dei mini-satelliti



è già qui

Marcello Maranesi

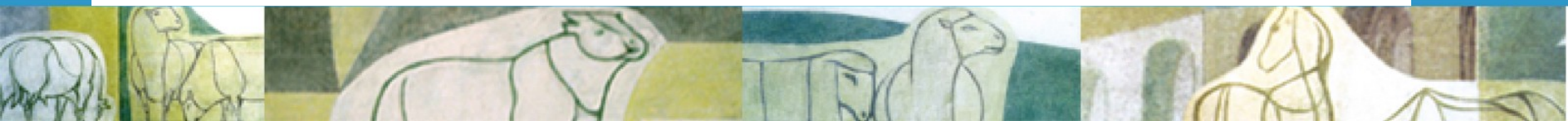


Quale mercato?

- ❖ Multinazionali con decine/centinaia sedi nel mondo
- ❖ Prezzi mercato agricolo, Agricoltura di precisione
- ❖ Avviamento/avanzamento cantieri
- ❖
- ❖ Tutti hanno in comune:
 - Monitoraggio molto frequente (anche 1+/giorno),
 - Abilitato da basso costo dei dati (risoluzione/accuratezza sufficienti)
 - Analisi automatica dei dati (big data analytics) su cloud



- **nanosatelliti**, del peso di pochi chilogrammi, e in particolare dei CubeSat: nanosatelliti di dimensioni multiple di un cubo di 10 centimetri di lato. Costi di realizzazione e di messa in orbita molto contenuti, se paragonati a quelli dei satelliti tradizionali, danno la possibilità anche a piccole organizzazioni pubbliche e private di promuovere missioni di Earth observation.
- Un'altra frontiera tecnologica in rapida evoluzione è quella delle **piattaforme stratosferiche**, costituite da dirigibili ("lighter than air") e da droni ad ala fissa posizionati nella stratosfera a circa 20.000 metri d'altitudine. A questa quota non interferiscono con i voli commerciali e le condizioni atmosferiche sono molto stabili garantendo grande stabilità alle piattaforme. I pannelli fotovoltaici consentono inoltre un'autonomia di volo di settimane o mesi. La possibilità di stazionare (in modalità di *loitering*, nel caso dei droni ad ala fissa) sopra un'area per lungo tempo li renderà utili anche nella gestione delle emergenze ambientali, sia per il monitoraggio che per le telecomunicazioni.



SAPR (sistemi aeromobili a pilotaggio remoto) o **Droni**

I satelliti acquisiscono immagini su aree molto ampie (es. un'intera regione) a media risoluzione. I droni invece rilevano immagini su aree estremamente limitate, ma ad altissima risoluzione. I satelliti possono quindi fornire un quadro sinottico dei fenomeni in atto che consente di individuare le aree di interesse sulle quali effettuare in maniera mirata i rilievi di dettaglio con i droni.



Le due tipologie di apparecchi comprendono:

- **droni ad ala fissa**

Hanno l'aspetto di aerei in scala ridotta e sono particolarmente adatti al rilevamento di estensioni di territorio ampie e pianeggianti e anche fasce di territorio lineari, come ad esempio i corsi d'acqua;

- **droni ad ala mobile** (detti anche "multirotori"), più simile nell'aspetto a un elicottero.

Il drone multirotore è più adatto al rilevamento di superfici dalla morfologia complessa, come discariche e siti contaminati o corpi di frana situati su pendii ripidi o pareti sub-verticali.



Una specificità dei droni multirotore sono le riprese in hovering, una modalità tipica degli elicotteri nella quale il drone staziona in un punto fisso sopra l'area di interesse. Questa modalità è molto utile per ottenere in tempo reale una visione d'insieme dall'alto della situazione, come nel caso di un'emergenza ambientale