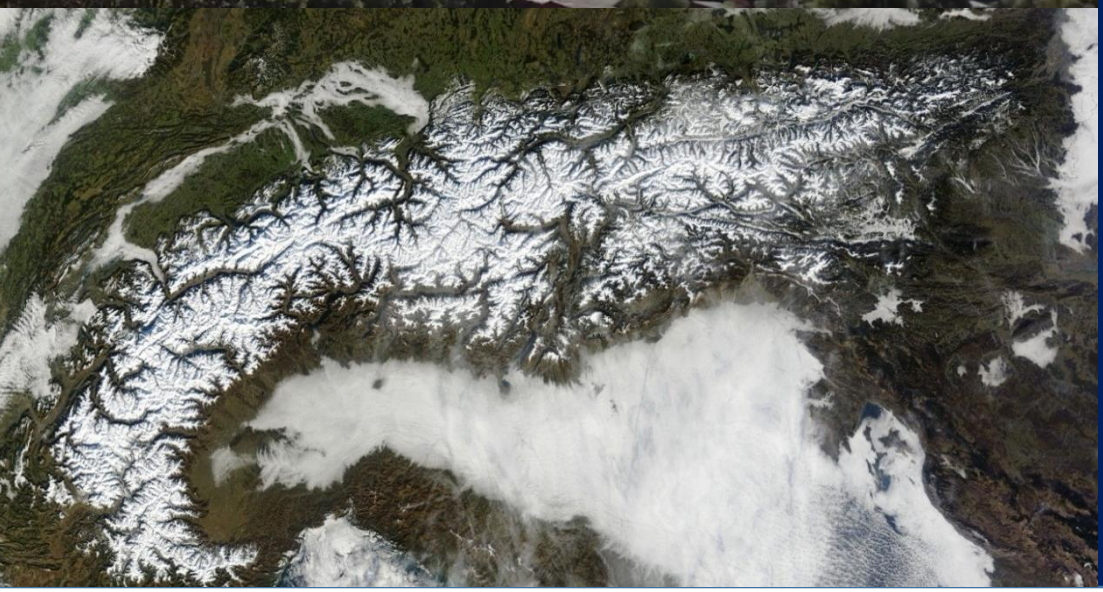
ARGE ALP

Progetto E.V.A.D.A.R.

Emergenze gestite con **V**elivoli a pilotaggio remoto in
Aree di **D**ifficile **A**ccesso e a **R**ischio

Analisi delle attività osservabili da droni e da satelliti



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

Regione Lombardia

AUTONOME PROVINZ BOZEN SÜDTIROL — PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO ALTO ADIGE

ARPA LOMBARDIA
Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

IDM SÜDTIROL ALTO ADIGE

Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana
SUPSI

SOMMARIO

1 Premessa 3
2 Introduzione all'Earth Observation 5
2.1 Inquadramento concettuale dell'Earth Observation 5
2.2 Contenuto informativo delle immagini ottiche 13
2.3 Contenuto informativo delle immagini SAR 18
3 Earth Observation da satellite 20
3.1 Contributi dell'Earth Observation da satellite alle attività delle Agenzie 20
3.2 Informazioni disponibili e condizioni per l'accesso 22
4 Earth Observation da Sistemi Aerei a Pilotaggio Remoto (SAPR) 27
4.1 Introduzione ai SAPR 27
4.2 Contributi dell'Earth Observation da SAPR alle attività delle Agenzie 28
4.3 Quadro normativo per l'uso dei Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto (SAPR) 30
4.3.1 Quadro Normativo 30
4.3.2 Generalità 30
4.3.3 Sistemi aeromobili a pilotaggio remoto con mezzi aerei di massa operativa al decollo minore di 25 kg 31
4.3.4 Sistemi aeromobili a pilotaggio remoto con mezzi aerei di massa operativa al decollo uguale o maggiore di 25 kg 36
4.3.5 Disposizioni per il pilotaggio degli aeromobili a pilotaggio remoto 38
4.3.6 Definizioni 39
5 Conclusioni 41
6 Glossario 42
7 Riferimenti web 47
7.1 Istituzioni nazionali 47
7.2 Istituzioni comunitarie 47
7.3 Altre istituzioni 48

1 Premessa

Nel corso degli ultimi anni si è assistito ad una rapida crescita del livello di attenzione per i droni. Gli eventi dedicati ad essi sono diventati frequenti e il numero delle aziende che forniscono droni o offrono servizi basati su droni è in continuo aumento. L'uso dei droni sino a pochi anni fa era confinato all'interno di due ambiti tra loro molto distanti: quello militare e quello dell'aeromodellismo. L'evoluzione tecnologica ha permesso lo sviluppo di una nuova generazione di droni con elevate prestazioni e costi relativamente contenuti aprendo così la possibilità all'utilizzazione dei droni anche in ambito professionale. I miglioramenti tecnologici dei droni di nuova generazione sono molteplici e riguardano l'introduzione di: materiali compositi ultra-leggeri ad elevata resistenza, motori elettrici ad alta potenza, batterie a polimeri di litio ad alta capacità, avionica (sistemi di navigazione GPS e IMU miniaturizzati, software evoluti di pianificazione e controllo del volo), sensori per il telerilevamento miniaturizzati, trasmissione dei dati a terra (datalink) digitale a banda larga. Il fenomeno sta creando grandi aspettative tra i professionisti che si occupano di monitoraggio dell'ambiente e del territorio, sia nel settore pubblico che in quello privato.
Sarebbe quindi necessario che le strutture tecniche degli Enti che si occupano di territorio, ambiente e protezione civile prendano in considerazione il tema dei droni per valutare, con un atteggiamento aperto all'innovazione ma nel contempo pragmatico, le effettive possibilità di utilizzo di questa nuova tecnologia a supporto delle proprie attività.

Il progetto ARGEALP – E.V.A.D.A.R. (Emergenze gestite con Velivoli a pilotaggio remoto in Aree di Difficile Accesso e a Rischio) si configura come una ricerca finalizzata ad analizzare le potenzialità di utilizzo di dati acquisiti con Aeromobili a Pilotaggio Remoto (APR - droni di piccole dimensioni) a supporto delle attività di protezione civile e di difesa del suolo o più in generale in campo ambientale e territoriale.

Il Gruppo di Lavoro, attivo dal 2015 al 2017, ha visto la partecipazione di Regione Lombardia (Direzione Generale Sicurezza, Protezione Civile e Immigrazione) del SUPSI (Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana) Canton Ticino (CH), della Provincia Autonoma di Bolzano e dell'IDM Sudtirol, della Provincia Autonoma di Trento, dell'Università degli Studi di Milano e di Arpa Lombardia.

In particolare Arpa Lombardia, attraverso un gruppo di lavoro dedicato al quale hanno partecipato rappresentanti di diverse Arpa regionali, ha sviluppato importanti iniziative e documenti (*Rapporto Earth Observation: Analisi delle attività osservabili da satelliti e a mezzo di APR - Prodotto n. E1C, Area E – Progetti Speciali*) che sono stati ripresi nel presente rapporto.

Lo scopo del documento è quello di fornire gli elementi essenziali per comprendere quali contributi informativi l'Earth Observation da satellite e da APR (più comunemente denominato *drone*) può fornire a supporto delle attività istituzionali del settore pubblico.
Per quanto riguarda i droni, il documento analizza le potenzialità di impiego e i vincoli operativi ai quali deve sottostare l'uso di questi strumenti, sulla base della normativa ENAC vigente.

Il progetto ARGEALP – E.V.A.D.A.R. (Emergenze gestite con Velivoli a pilotaggio remoto in Aree di Difficile Accesso e a Rischio) si è articolato sviluppando le seguenti attività:

- ✓ raccolta e condivisione delle esperienze già effettuate nelle varie Regioni, Province, Cantoni;
- ✓ Incontri mirati con tutti i partners per individuare esigenze dei vari servizi tecnici principalmente nei campi della protezione civile e della difesa del suolo ma eventualmente anche per altre attività;
- ✓ analisi delle caratteristiche dei droni per individuare i modelli più funzionali;
- ✓ valutazione del potenziale utilizzo dei droni in aree test per integrare i dati di monitoraggio esistenti (rilevati sia al suolo che con tecniche di telerilevamento anche satellitari) e per censire e valutare l'efficacia delle opere di difesa del suolo esistenti in aree di difficile accesso e/o pericolose (alvei incisi, pareti rocciose, aree di valanga ..)
- ✓ valutazione delle strumentazioni da installare sui droni (fotocamere, videocamere, sensori multispettrali ecc.)
- ✓ elaborazione di un documento di sintesi per un utilizzo ottimale dei droni e dei relativi sensori;
- ✓ Convegno a Bolzano (09/02/2017) per diffusione delle conoscenze e delle esperienze acquisite;
- ✓ Acquisto di un drone con caratteristiche particolari (Elios – Flyability)
- ✓ Convegno finale a Milano (11/12/2017) per diffusione delle conoscenze e delle esperienze acquisite.

2 Introduzione all'Earth Observation – Osservazione

2.1 Inquadramento concettuale dell'Earth Observation

Il termine Earth Observation (in italiano: Osservazione della Terra) è ormai largamente diffuso anche se non esiste di esso una definizione standard. Esistono infatti diverse interpretazioni del termine: la più restrittiva identifica l'Earth Observation con il Remote Sensing (in italiano: Telerilevamento), ovvero l'osservazione della superficie terrestre per mezzo di sensori posti su satelliti, aerei o altre piattaforme. In una interpretazione più ampia invece, l'Earth Observation comprende l'acquisizione di informazioni di tipo fisico, chimico o biologico sulle diverse componenti della Terra (geosfera, idrosfera, biosfera, atmosfera) sia da Remote Sensing che da reti di misura a terra. In una interpretazione ancora più ampia, l'Earth Observation comprende, oltre all'acquisizione delle informazioni, anche le metodologie, gli strumenti e le infrastrutture di elaborazione ed analisi delle informazioni (image processing, geomatica, modellistica,…). Copernicus, il programma di Earth Observation finanziato dalla Commissione Europea, utilizza quest'ultima interpretazione, mentre in altri ambiti prevalgono le prime due interpretazioni. Questa ambiguità non costituisce comunque un serio problema perché il significato del termine si deduce facilmente dal contesto in cui è utilizzato. In questo documento l'Earth Observation sarà intesa principalmente come Remote Sensing, ma verrà comunque trattato il programma Copernicus e la sua visione più ampia dell'Earth Observation.

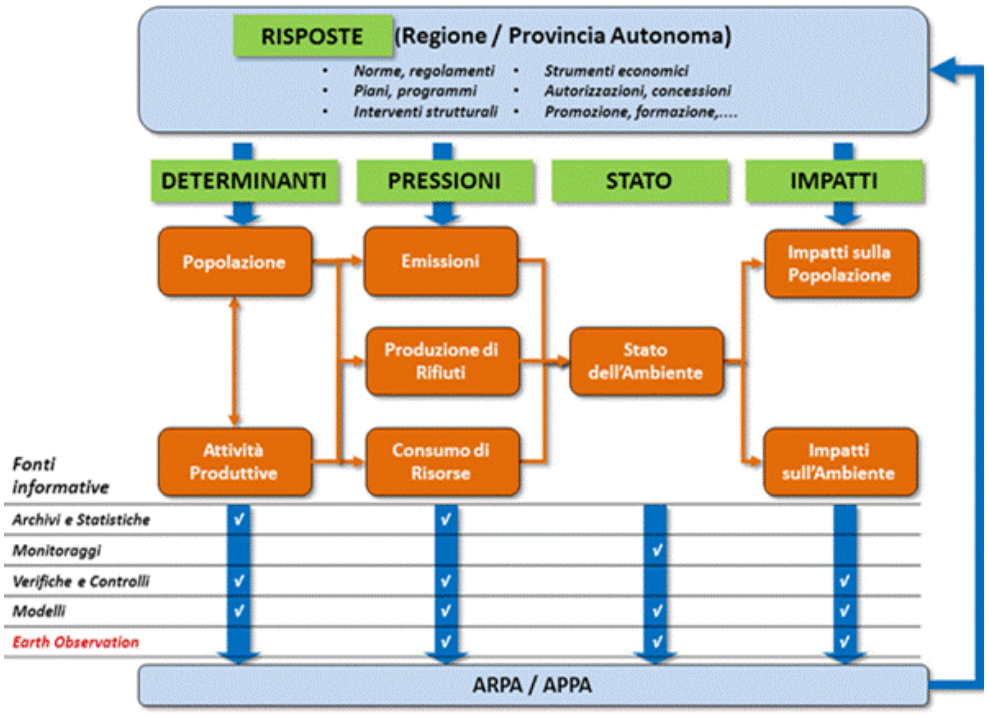


Figura 1. Il ruolo delle ARPA/APPA è rappresentato nel contesto dello schema causa-effetto DPSIR (Determinanti, Pressioni, Stato, Impatti, Risposte). L'Earth Observation è complementare alle altre fonti informative istituzionali.

La Figura 1 rappresenta il ruolo delle ARPA/APPA nel contesto dello schema di causa-effetto DPSIR (Determinanti, Pressioni, Stato, Impatti, Risposte): le ARPA/APPA acquisiscono conoscenza dei

fattori ambientali Determinanti, Pressioni, Stato e Impatti attraverso diverse fonti informative, elaborano queste fonti e forniscono supporto decisionale alle Regioni/Province Autonome che elaborano Risposte, sotto forma di norme, piani e programmi, ecc.. L'Earth Observation è una fonte informativa complementare rispetto alle fonti istituzionali (archivi statistici, monitoraggi,…) che contribuisce a fornire un quadro conoscitivo più completo e aggiornato in particolare sui fattori di Pressione, sullo Stato e sugli Impatti.

L'utilizzazione del Remote Sensing nel settore ambientale e territoriale ha subito il primo forte sviluppo con il lancio nel 1972 da parte della NASA del satellite Landsat1. Da allora sono stati lanciati numerosi satelliti per l'Earth Observation da parte di diverse agenzie spaziali, sia pubbliche che private. Anche l'Earth Observation dalle altre piattaforme, l'aereo, l'elicottero e, recentemente il drone, ha subito una forte evoluzione.

La Figura 2 mostra una mappa concettuale dell'Earth Observation. Lo scopo della mappa è di dare un inquadramento logico ai principali termini del lessico dell'Earth Observation. I termini su sfondo nero sono quelli trattati in maniera più approfondita dal presente documento.

Partendo dalla **Piattaforma**, si individuano le principali tipologie di piattaforma: **Aereo**, **Elicottero**, **Drone**, **Satellite**.

Il **Drone**, più correttamente denominato APR (Aeromobile a Pilotaggio Remoto), nella mappa concettuale è caratterizzato dalle tipologie **Ala fissa** e **Ala mobile;** Il drone ad ala fissa, ha l'aspetto di un aereo in scala ridotta ed è particolarmente adatto al rilevamento di estensioni di territorio ampie e regolari, ancorché non pianeggianti, ed anche fasce di territorio lineari, come ad esempio i corsi d'acqua; il drone ad ala mobile, detto anche "multirotore" e più simile nell'aspetto ad un elicottero, seppure dotato di un numero di rotori più elevato ed è pertanto più adatto al rilevamento di superfici dalla morfologia complessa e pendii ripidi o pareti verticali e sub-verticali. Una specificità dei droni moltirotore è la possibilità di relatizzare riprese in "hovering" potendo stazionare in un punto fisso sopra l'area di interesse. Questa modalità risulta essere particolarmente utile per ottenere rapidamente, fino ad impieghi in tempo reale, una visione d'insieme dall'alto, utile ad esempio, in caso di un'emergenza ambientale. I droni si suddividono in categorie in base al peso massimo al decollo (MTOM: Maximum Take Off Mass). I droni di maggiore interesse per le Agenzie ambientali sono quelli con **MTOM < 25 Kg** il cui impiego è normato dal **Regolamento ENAC** (Ente Nazionale Aviazione Civile) di cui si discuterà più avanti nel documento.

Drone Elios Flyability

Drone Elios Flyability per un utilizzo in ambienti difficili

Drone multirotore Aibotix X6 V2 in dotazione ad Arpa Lombardia

Drone ad ala fissa Detair Tech DT18 in dotazione ad Arpa Lombardia

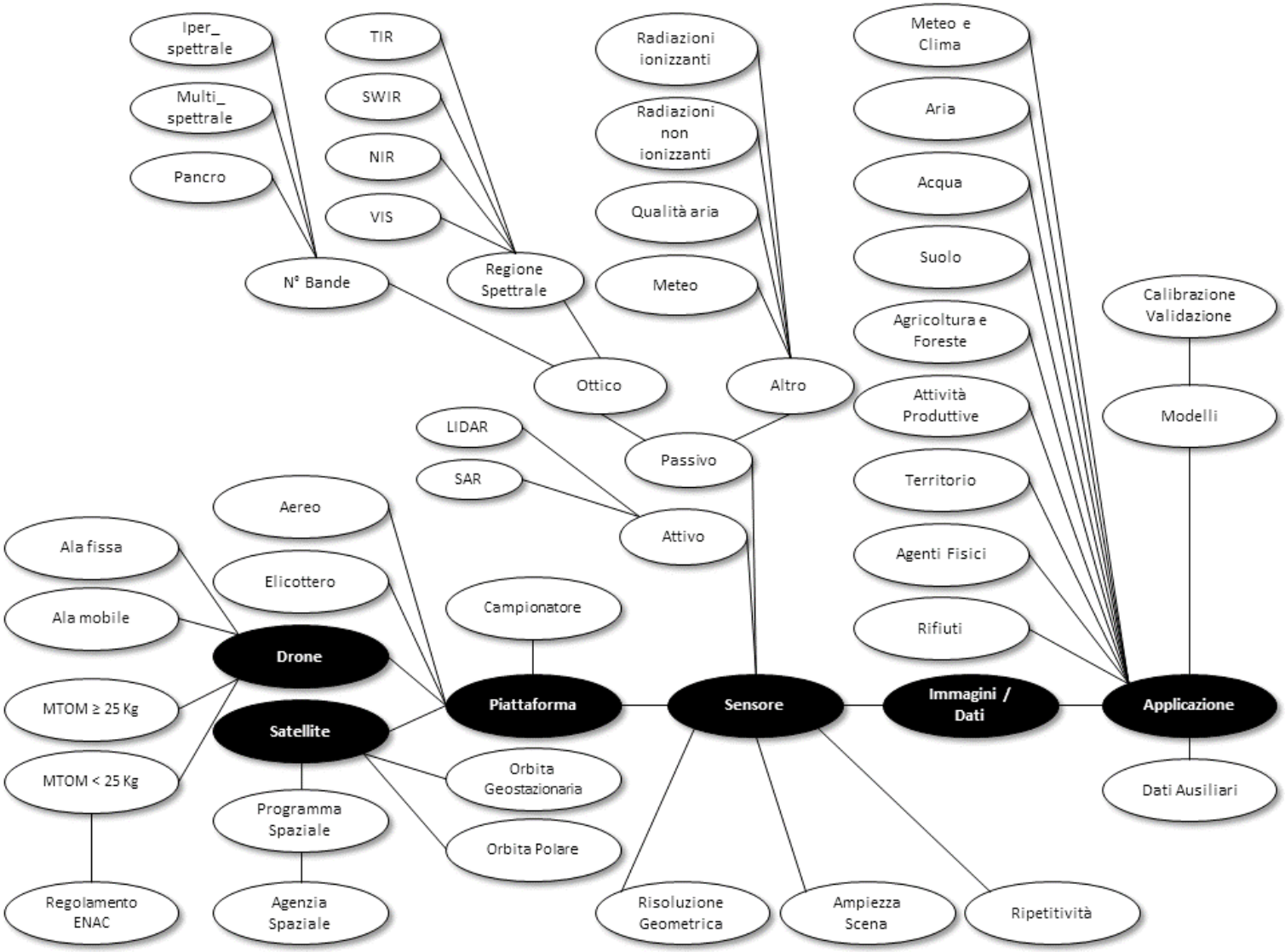


Figura 2. Mappa concettuale dell'Earth Observation. Lo scopo della mappa è di dare un ordinamento logico agli elementi del lessico dell'Earth Observation. Le entità in nero sono quelle principalmente trattate dal presente documento.

I Satelliti dedicati all'Earth Observation possono avere un' **Orbita Geostazionaria** oppure un' **Orbita Polare**. I satelliti con orbita geostazionaria ruotano attorno alla Terra sul piano equatoriale con una velocità angolare uguale a quella di rotazione della Terra su se stessa e quindi sono apparentemente fermi rispetto alla Terra; la loro distanza dalla Terra è molto grande, circa 35.000 Km; sono utilizzati principalmente in meteorologia; restando fermi rispetto alla Terra, i satelliti geostazionari consentono acquisizioni di immagini in tempo quasi reale; d'altro lato, a causa della loro grande distanza dalla superficie terrestre, la risoluzione geometrica delle immagini acquisite è bassa. I satelliti in orbita polare ruotano su un piano che solitamente è inclinato di alcuni gradi rispetto all'asse di rotazione Nord-Sud della Terra; la loro distanza dalla Terra varia dai 400 agli 800 Km; la maggior parte dei satelliti per l'Earth Observation rientra in questa categoria. Un **Satellite** è sviluppato nell'ambito di un **Programma Spaziale** (es. Copernicus) da parte di un'**Agenzia Spaziale** (es. ESA, ASI, NASA,…). Quando la **Piattaforma** è un **Drone** oppure un **Aereo** o un **Elicottero**, può essere talvolta dotata di un **Campionatore** per il prelievo di campioni di aria che verranno analizzati a terra.

La Piattaforma, di qualunque tipo essa sia, è normalmente dotata di almeno un **Sensore**. Il sensore può essere di tipo **Attivo** o **Passivo**. Un sensore attivo emette energia sotto forma di radiazione elettromagnetica nella regione ottica (**LIDAR**: LIght Detection And Ranging) oppure nella regione delle onde radar (**SAR**: Synthetic Aperture Radar); l'energia viene riflessa dalla superficie terrestre e ritorna al sensore dove viene misurata. Un sensore attivo di tipo SAR è in grado di acquisire immagini sia di giorno che di notte e anche in qualsiasi condizione meteorologica (si vedano Figura 3 e Figura 4).

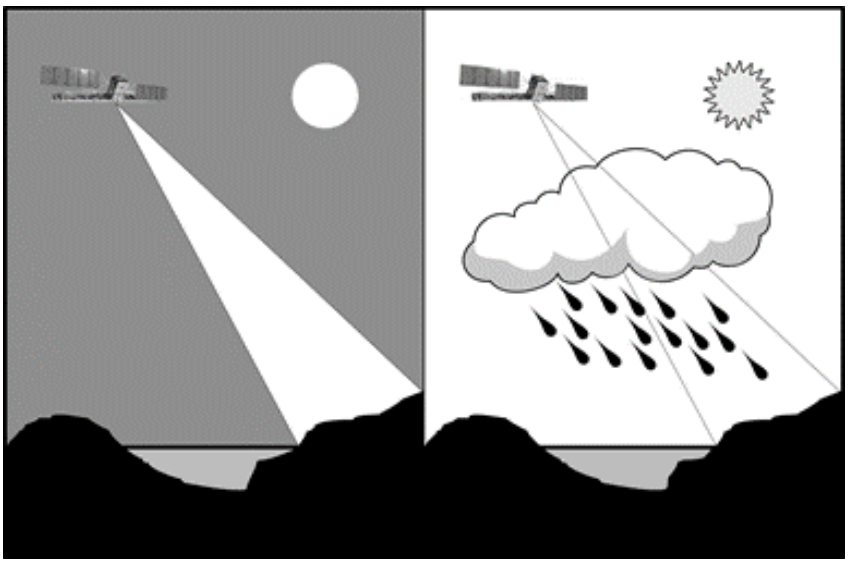


Figura 3. Un sensore attivo di tipo SAR (in questo caso a bordo di un satellite) è in grado di acquisire immagini sia di giorno che di notte e in qualsiasi condizione meteorologica ("all weather").

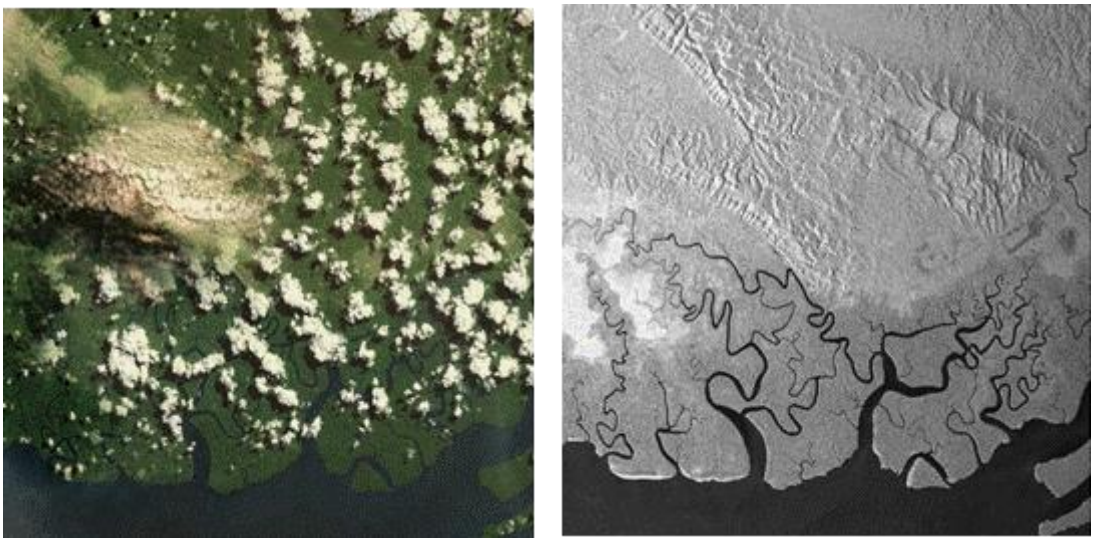


Figura 4. Confronto tra un'immagine acquisita da un sensore passivo ottico (a sinistra) e un'immagine acquisita nello stesso istante da un sensore attivo SAR (a destra). Le onde radar del sensore SAR sono in grado di penetrare attraverso le nuvole.

Un sensore passivo invece misura parametri fisici o chimici della superficie terrestre oppure dell'atmosfera sulla base della radiazione elettromagnetica solare riflessa oppure emessa direttamente da questi oggetti. Il **Sensore Passivo** può essere di tipo **Ottico**. Un sensore ottico è caratterizzato dalla **Regione Spettrale** dello spettro elettromagnetico in cui opera lo strumento. La regione spettrale può essere nel visibile (**VIS**: VISible), nell'infrarosso vicino (**NIR**: Near InfraRed), nell'infrarosso medio (**SWIR**: Short Wave InfraRed) oppure nell'infrarosso termico (**TIR**: Thermal InfraRed). Si vedano la Figura 5 e la Figura 6.

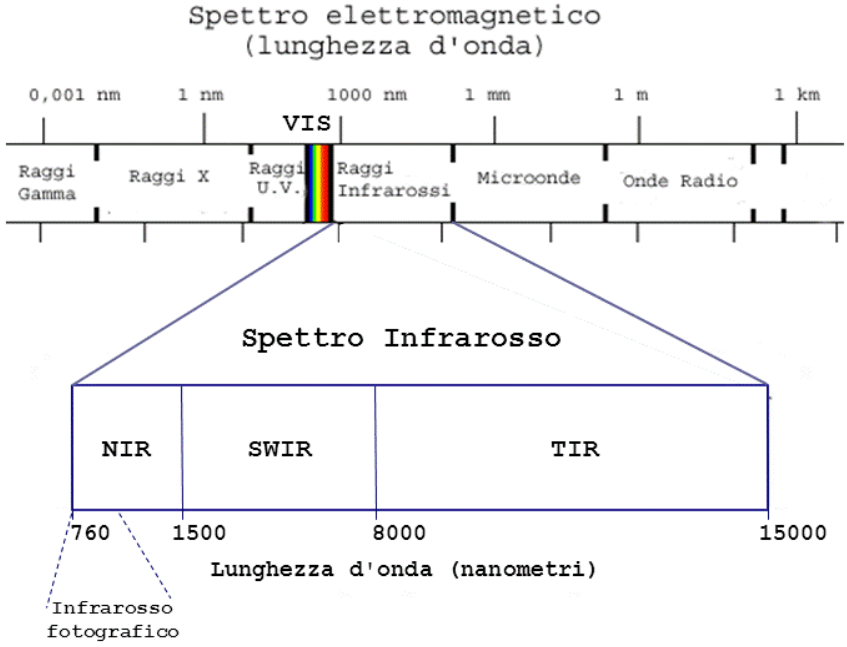


Figura 5. Spettro elettromagnetico in cui sono evidenziate le regioni del visibile (VIS), dell'infrarosso vicino (NIR), dell'infrarosso medio (SWIR) e dell'infrarosso termico (TIR).

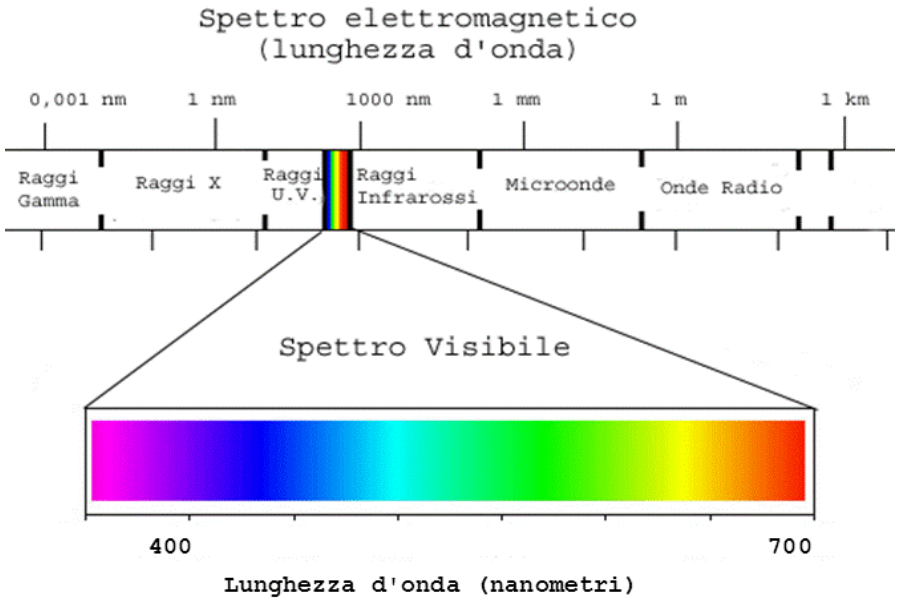


Figura 6. Spettro elettromagnetico in cui è evidenziata la regione del visibile.

Un sensore ottico, in funzione della regione spettrale in cui opera, acquisisce la radiazione elettromagnetica riflessa dagli oggetti e/o quella direttamente emessa dagli oggetti stessi (Figura 7).

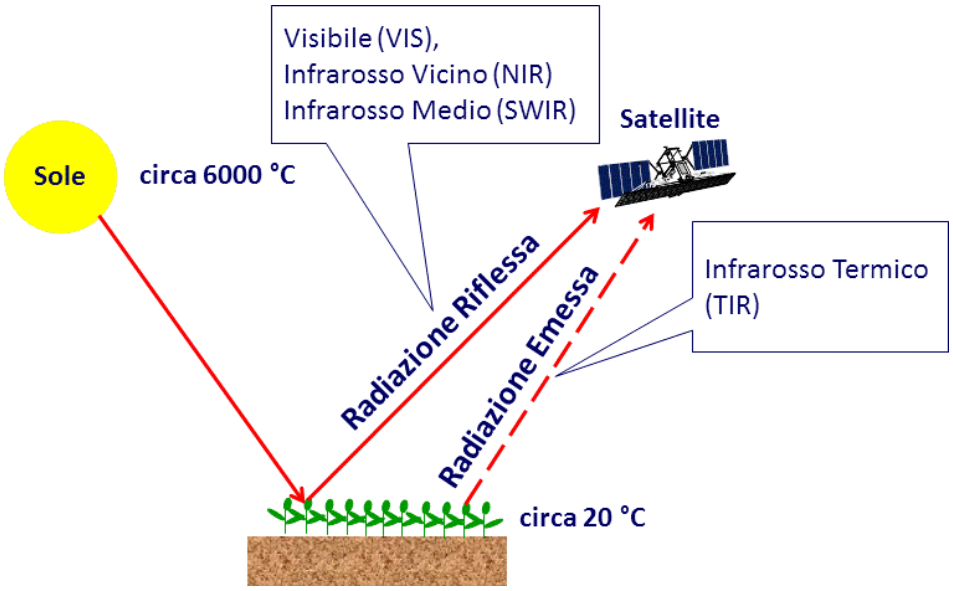


Figura 7. Un sensore passivo ottico (in questo caso a bordo in un satellite) può acquisire, in funzione della regione spettrale in cui opera, la radiazione elettromagnetica proveniente dal Sole e riflessa dalla superficie terrestre (oltre che dall'atmosfera) oppure la radiazione elettromagnetica emessa dalla superficie terrestre stessa. La radiazione riflessa è concentrata nelle regioni spettrali del visibile (VIS), infrarosso vicino (NIR) e infrarosso medio (SWIR). La radiazione emessa è concentrata nella regione spettrale dell'infrarosso termico (TIR).

Il Sensore è caratterizzato inoltre dal **N° Bande** spettrali. Si distingue quindi il **Sensore Pancro**, che opera in una sola banda spettrale (generalmente nella regione del visibile), il **Sensore Multispettrale**, dotato di diverse bande spettrali (da alcune bande fino ad alcune decine di bande), il **Sensore Iperspettrale**, dotato di alcune centinaia di bande spettrali molto ristrette. I sensori passivi possono anche essere di **Altro** tipo, ad esempio: strumenti per la misurazione di parametri **Meteo**, **Qualità dell'aria**, **Radiazioni non ionizzanti** e **Radiazioni ionizzanti**.

Un **Sensore** che produce immagini è caratterizzato anche da una **Risoluzione Geometrica**, cioè dalla dimensione del pixel a terra (espressa in metri o centimetri), dalla **Ampiezza Scena**, cioè dalla dimensione dell'immagine a terra (espressa in chilometri o metri), dalla **Ripetitività**, cioè dal tempo che intercorre tra due riprese consecutive della stessa scena (tempo espresso in giorni, ore o minuti).

Un **Sensore** produce **Immagini/Dati** i quali sono utilizzati in una **Applicazione**. Nella mappa concettuale sono elencati, non esaustivamente, nove ambiti applicativi di interesse ambientale, da **Meteo e Clima** a **Rifiuti**. In genere ogni **Applicazione** di Earth Observation richiede **Dati Ausiliari**, detti anche Dati Ancillari (es. dati acquisiti dalle reti meteorologiche, oppure di qualità delle acque,…). L'**Applicazione** integra le **Immagini/Dati** e i **Dati Ausiliari** in **Modelli** di varia complessità, i quali richiedono operazioni di **Calibrazione** e **Validazione**.

2.2 Contenuto informativo delle immagini ottiche

Quando si considerano i sensori di tipo ottico passivo, un concetto fondamentale del Remote Sensing è quello di **Firma Spettrale** (in inglese: **Spectral Signature**). Ogni oggetto terrestre naturale o artificiale (es. aria, acqua, suolo, vegetazione, edifici, strade,…) riflette la radiazione elettromagnetica solare e/o emette radiazione elettromagnetica propria secondo una modalità caratteristica dell'oggetto. Lo spettro elettromagnetico della radiazione riflessa/emessa dagli oggetti dipende infatti dalle caratteristiche fisiche, chimiche, biologiche e strutturali degli oggetti e viene per questo motivo denominato firma spettrale (Figura 8). Nel Remote Sensing la firma spettrale è utilizzata per discriminare tra loro le diverse tipologie di oggetti (Figura 9) e per studiare le caratteristiche fisiche, chimiche o biologiche di ciascun oggetto (es. temperatura superficiale del suolo, contenuto di umidità delle foreste, quantità di biomassa delle colture agrarie, concentrazione di clorofilla nel mare, presenza di materia organica nel suolo,…).

La firma spettrale della vegetazione contiene diverse informazioni (Figura 10). La forma della curva nella regione del visibile (VIS) dipende dalla attività fotosintetica, nella regione dell'infrarosso vicino (NIR) dipende dalla struttura delle foglie e della chioma della pianta (dimensione, numero di strati fogliari,…) mentre nella regione dell'infrarosso medio (SWIR) è fortemente influenzata dal contenuto di acqua. La firma spettrale della vegetazione consente anche di discriminare specie diverse di vegetazione (Figura 11). Le bande nell'infrarosso vicino e medio hanno un ruolo determinante per questo scopo.

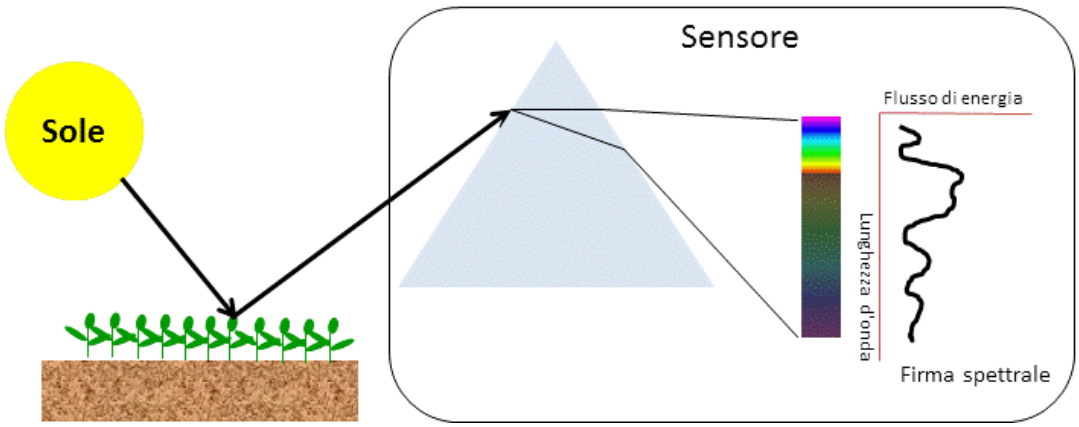


Figura 8. Gli oggetti presenti sulla superficie terrestre (in questo caso la vegetazione) riflettono parzialmente la radiazione elettromagnetica proveniente dal Sole. Un sensore ottico riceve la radiazione e la decompone in bande spettrali che consentono di ottenere la firma spettrale dell'oggetto osservato.

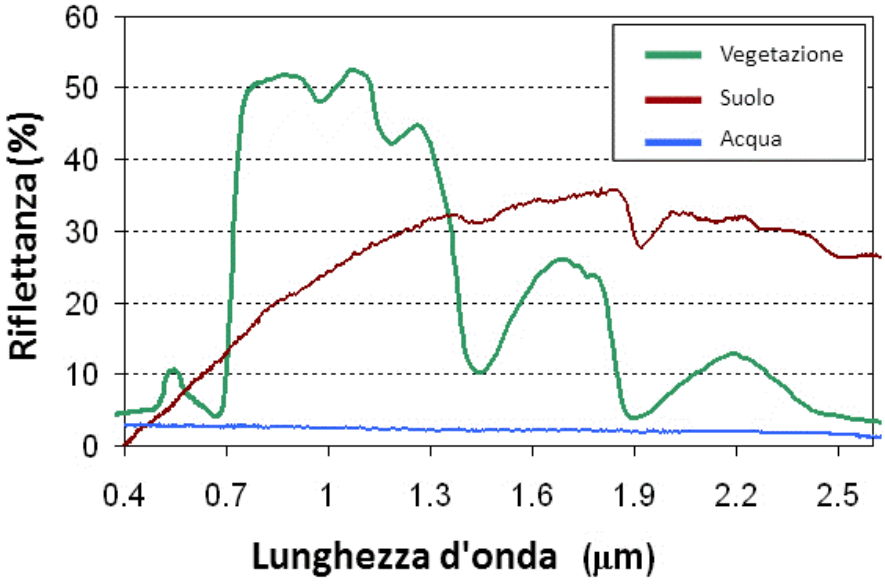


Figura 9. La misurazione della firma spettrale permette di discriminare tra loro gli oggetti presenti sulla superficie terrestre. Il diagramma presenta le firme spettrali tipo della vegetazione, del suolo e dell'acqua.

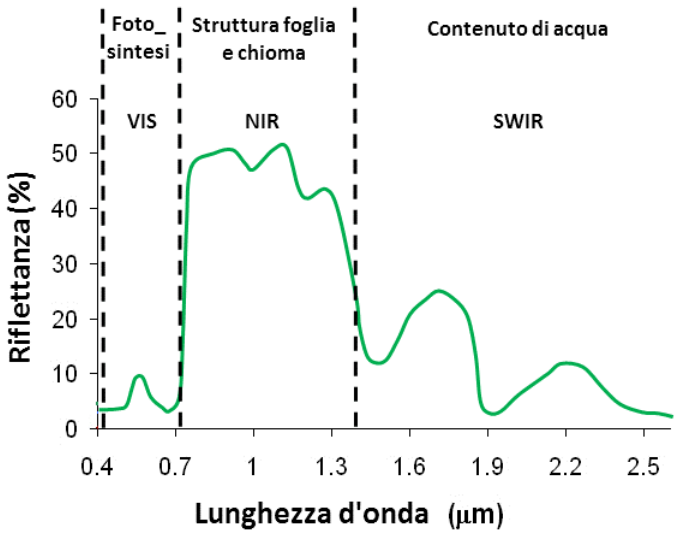


Figura 10. La firma spettrale della vegetazione contiene diverse informazioni. La forma della curva nella regione del visibile (VIS) dipende dalla attività fotosintetica, nella regione dell'infrarosso vicino (NIR) dipende dalla struttura delle foglie e della chioma della pianta (dimensione, numero di strati fogliari,…) mentre nella regione dell'infrarosso medio (SWIR) è influenzata dal contenuto di acqua.

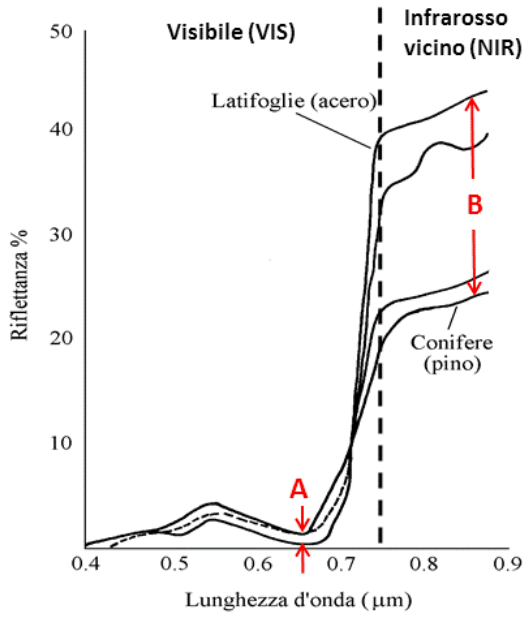


Figura 11. La firma spettrale consente di discriminare specie diverse di vegetazione. Nella figura sono rappresentate le firme di una latifoglia (acero) e di una conifera (pino). La differenza è osservabile nella regione del visibile (A), e ciò è confermato dall'esperienza comune: le conifere, osservate ad occhio nudo, appaiono in genere più scure delle latifoglie. Nella regione dell'infrarosso la differenza tra conifere e latifoglie è molto più marcata (B).

Ciascuna specie vegetale naturale e ciascuna coltura agraria è caratterizzata da un proprio calendario fenologico. Il Remote Sensing multitemporale permette di osservare l'evoluzione

fenologica delle specie durante l'anno. Questa informazione multitemporale è utile per migliorare la discriminazione tra le diverse specie e per valutare lo stato di sviluppo delle colture.

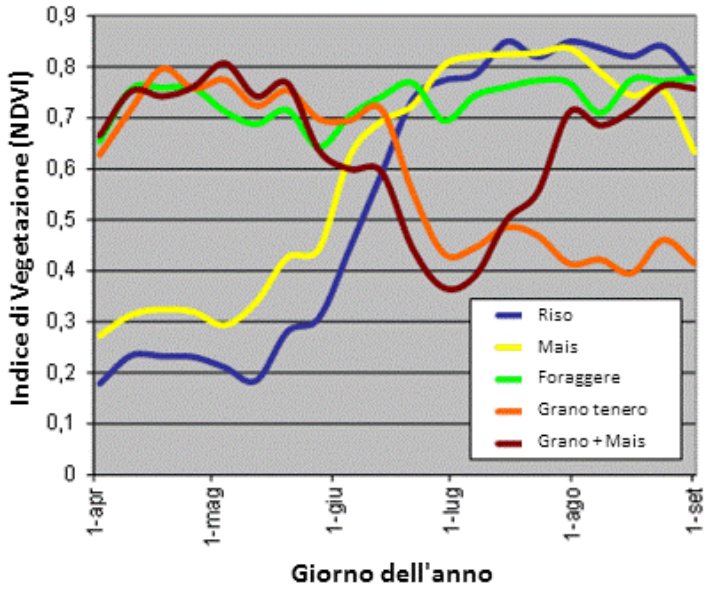


Figura 12. La possibilità acquisire periodicamente immagini nel corso dell'anno permette di seguire l'evoluzione fenologica sia della vegetazione naturale che delle colture agrarie (come in figura). L'informazione multitemporale facilita la discriminazione tra le diverse specie.

La Tabella 1 elenca alcune delle principali informazioni che si possono ricavare da immagini acquisite con sensori ottici passivi.

Tema	Informazione ottenuta	Regione spettrale			
		VIS	NIR	SWIR	TIR
Vegetazione	Discriminazione tra specie vegetali	✓	✓	✓	
	Stima della biomassa	✓	✓		
	Contenuto di umidità, presenza di stress idrici			✓	✓
	Stato fitosanitario	✓	✓	✓	
	Temperatura superficiale				✓
	Evapotraspirazione potenziale	✓	✓		
	Evapotraspirazione reale	✓	✓		✓
Suolo	Discriminazione tra diverse tipologie di suolo	✓	✓	✓	
	Contenuto di umidità			✓	✓
	Contenuto di materia organica	✓	✓	✓	
Acqua	Temperatura superficiale				✓
	Torbidità	✓	✓		
	Concentrazione di clorofilla	✓			
Antropizzato	Discriminazione tra tipologie di coperture	✓	✓	✓	
	Emissione di calore dagli edifici				✓

Tabella 1. Principali tipologie di informazione che possono essere ottenute con l'uso di sensori ottici passivi.

I sensori ottici ad immagine ad alta risoluzione possono essere utilizzati per acquisire riprese stereoscopiche del terreno le quali, sottoposte a procedimenti di stereorestituzione digitale, consentono di costruire il modello altimetrico del terreno (DTM: Digital Terrain Model).

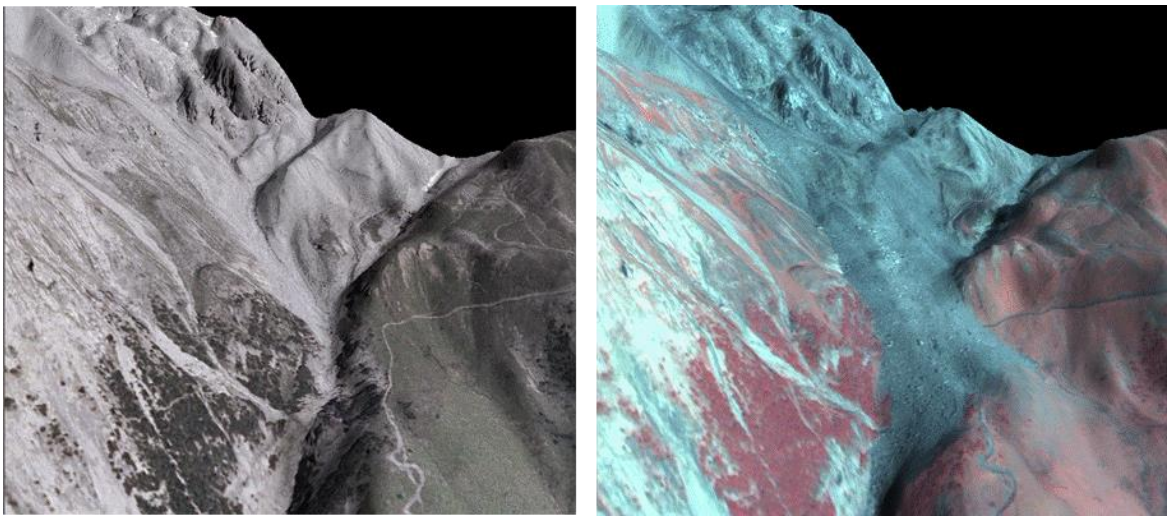


Figura 13. Esempio di utilizzazione del modello altimetrico del terreno ottenuto da stereorestituzione digitale. L'area rappresentata è la pendice sud-est del monte Thurwieser in Alta Valtellina. L'immagine a sinistra è una ripresa aerea del 1999 modellata sul DTM ottenuto da stereorestituzione delle stesse riprese aree. L'immagine a destra (2004) è stata modellata sopra il DTM ricavato dalla stereorestituzione dalla coppia di immagini satellitari Ikonos. Dal confronto tra le due immagini si osserva la variazione morfologica provocata dalla frana avvenuta nel settembre 2004 che ha causato un accumulo di detriti di circa 3 milioni di m^3.

I LIDAR (LIght Detection And Ranging) sono sensori ottici attivi. Utilizzano una sorgente laser e sono posti a bordo di aerei, elicotteri e, recentemente, anche APR. Il loro impiego principale è relativo alla produzione di modelli altimetrici del terreno ad elevata accuratezza. L'accuratezza ottenuta dipende, oltre che dalle caratteristiche del sensore, anche dalla quota relativa di ripresa. Con una ripresa LIDAR da aereo ad una quota di volo relativa al terreno di circa 1500 metri si può ottenere un DTM con una risoluzione geometrica (pixel) di circa 1 metro ed una accuratezza verticale di circa 20 cm. La vegetazione produce riflessioni multiple del segnale LIDAR. Il modello altimetrico ottenuto in presenza di vegetazione non rappresenta la quota del terreno ma quella della vegetazione ed è denominato DSM (Digital Surface Model). Attraverso procedure di editing semi-automatico e specifiche tecniche di filtraggio del segnale, si ricava il DTM (Figura 14).

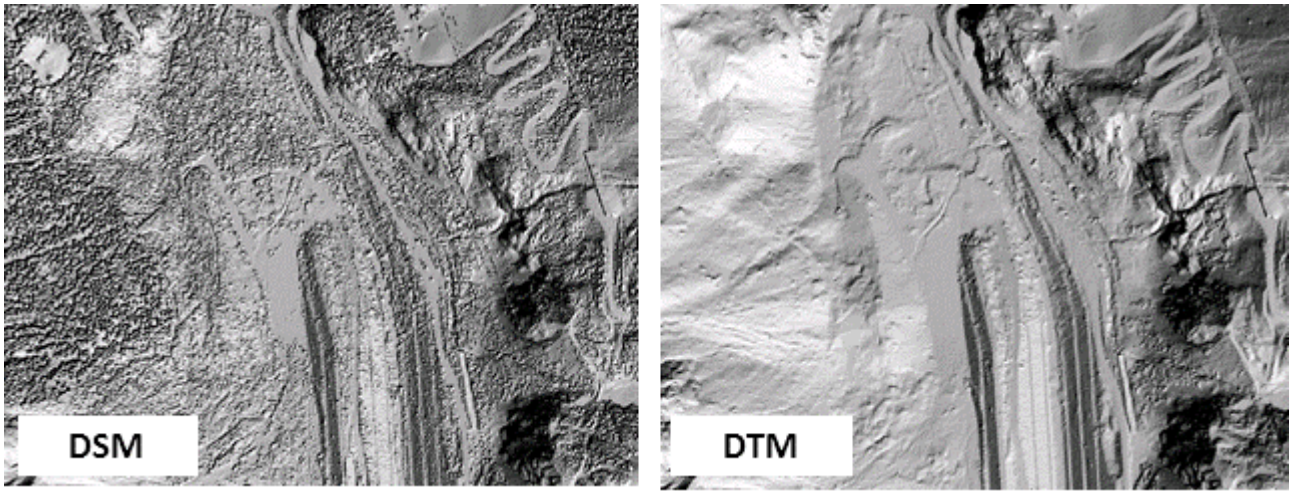


Figura 14. Le immagini si riferiscono al cantiere per la rinaturalizzazione dell'alveo dell'Adda in Alta Valtellina a seguito dei danni provocati dalla frana di Valpola. L'immagine di sinistra rappresenta il modello digitale della superficie (DSM); si possono osservare le chiome degli alberi. L'immagine di destra rappresenta il modello digitale del terreno (DTM): è ottenuta attraverso un editing semi-automatico del DSM.

2.3 Contenuto informativo delle immagini SAR

I sensori SAR sono utilizzati principalmente a bordo dei satelliti. Un SAR emette onde elettromagnetiche nella regione spettrale delle onde radar. Esiste una codifica standard delle bande spettrali radar, sviluppata nel settore della difesa, che utilizza le lettere: L, S, C, X, K_u,… Le bande utilizzate più comunemente nei SAR satellitari sono C e X. L'intensità del flusso di energia riflesso dalle superfici degli oggetti dipende da vari fattori tra i quali la forma geometrica dell'oggetto, la sua rugosità e la permittività elettrica. Le rocce, i manufatti in cemento e le coperture metalliche sono tra i materiali più riflettenti. L'acqua viceversa assorbe fortemente le onde radar. Quindi la quantità di acqua presente sulla superficie osservata (nel caso della vegetazione o della neve) influenza drasticamente la quantità di energia riflessa.

Le superfici riflettenti modificano la polarizzazione delle onde incidenti. Quei sensori SAR che sono in grado di emettere e ricevere onde polarizzate su diversi piani (orizzontale, verticale), come ad esempio il Sentinel-1, sono più efficaci nella discriminazione delle diverse tipologie di superfici.

Il punto di forza dei sensori SAR rispetto ai sensori ottici passivi è la loro capacità di operare anche di notte ed in qualsiasi condizione meteorologica. Le immagini satellitari SAR sono infatti molto utilizzate nelle aree caratterizzate da elevata nuvolosità e nella gestione delle emergenze naturali come le alluvioni perché con le immagini SAR è possibile effettuare una valutazione speditiva delle aree esondate quando la perturbazione meteorologica è ancora in corso.

Negli anni '90 è stata sviluppata una particolare metodologia di analisi delle immagini SAR multitemporali, denominata **interferometria differenziale**, che permette di misurare le variazioni altimetriche del terreno con accuratezza millimetrica. Il campo di applicazione di questa metodologia è vastissimo: dal monitoraggio dei movimenti delle frane, alla subsidenza del terreno

a causa dell'emungimento di acqua o di idrocarburi, alle deformazioni provocate da terremoti o da dinamiche tettoniche di lungo periodo, ai cedimenti strutturali negli edifici, al consolidamento delle massicciate ferroviarie, ecc. ecc.

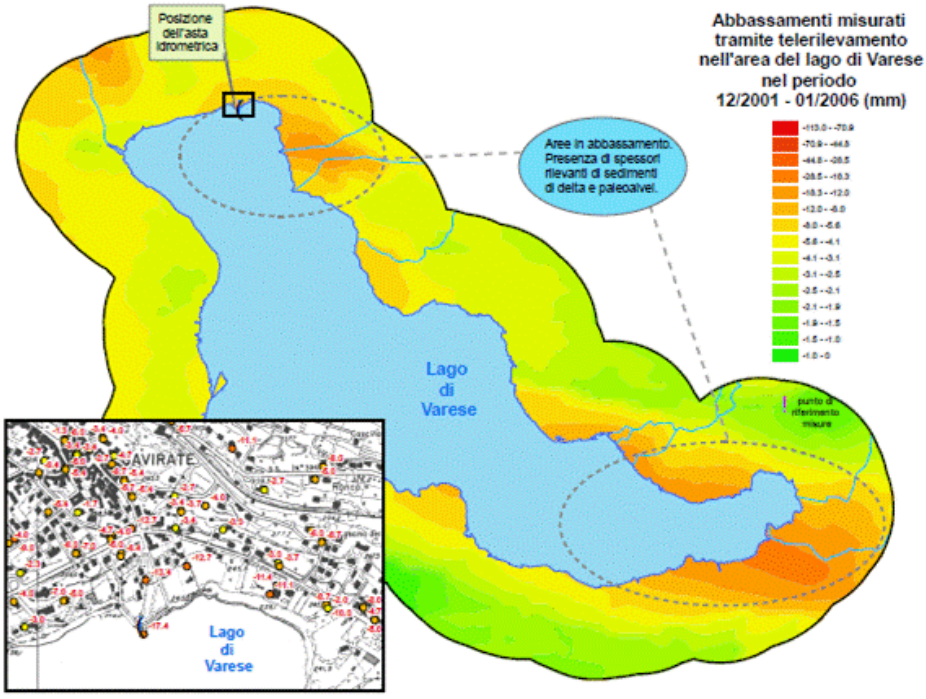


Figura 15. Esempio di utilizzazione della interferometria differenziale SAR per misurare la subsidenza delle sponde del lago di Varese nel periodo 2001-2006.

3 Earth Observation da satellite

3.1 Contributi dell'Earth Observation da satellite alle attività delle Agenzie

Il seguente è un elenco non esaustivo delle principali applicazioni dell'Earth Observation satellitare di potenziale interesse per il Sistema agenziale.

Tema ambientale	Applicazioni dell'Earth Observation satellitare
Qualità delle acque	Monitoraggio dei fenomeni eutrofici (es. mucillaggini, fioriture algali,…) nelle acque marine costiere e nei grandi laghi.
	Monitoraggio dello sversamento di idrocarburi in acque marine e interne.
Nitrati	Supporto al controllo della corretta applicazione da parte degli agricoltori delle buone pratiche sullo spandimento dei reflui zootecnici (rispetto del calendario stabilito dal Piano d'Azione Nitrati).
Idrologia, clima, agrometeorologia	Stima dell'equivalente idrico della neve per la valutazione della riserva idrica disponibile.
	Stima delle variazioni volumetriche dei ghiacciai.
	Monitoraggio della copertura nevosa (Snow Covered Area).
	Mappatura dei serbatori idrici.
	Mappatura delle colture in atto.
	Mappatura dello stato fenologico delle colture.
	Stima del fabbisogno idrico delle colture.
	Stima del fabbisogno irriguo delle colture.
	Monitoraggio dello stress idrico delle colture.
	Monitoraggio dell'umidità del suolo.
	Monitoraggio della siccità.
	Mappatura della estensione dei danni alle colture provocati da eventi meteorologici estremi (es. grandinate, trombe d'aria,…).
Conservazione della natura, foreste	Mappatura delle specie vegetali naturali, produzione di carte forestali e cartografia degli ecosistemi.
	Stato fitosanitario della vegetazione naturale.
	Monitoraggio della vegetazione ripariale.
Incendi boschivi	Supporto alla valutazione del rischio di incendi boschivi attraverso la stima dell'umidità della foresta.
	Mappatura delle aree percorse da incendio.
	Monitoraggio dell'evoluzione delle aree percorse da incendio.
Qualità dell'aria	I dati satellitari possono fornire informazioni complementari a quelle acquisite dalle reti di monitoraggio di qualità dell'aria e utilizzabili come ulteriore input per i modelli di simulazione dei parametri di qualità dell'aria (es. spessore ottico).
Territorio	Mappatura dell'uso e della copertura del suolo a supporto di:

Tema ambientale	Applicazioni dell'Earth Observation satellitare
	• monitoraggio del consumo di suolo agricolo, • monitoraggio delle variazioni volumetriche dell'edificato, • monitoraggio della presenza ed estensione del verde nelle aree urbane, • supporto alle attività di VIA e VAS e valutazioni di incidenza.
Grandi cantieri	Monitoraggio degli impatti dei grandi cantieri sulla vegetazione naturale e sull'assetto del territorio.
	Verifica del corretto ripristino delle aree di cantiere al termine dei lavori.
Cave	Monitoraggio del corretto ripristino delle cave dismesse.
Difesa del suolo, idrogeologia	Contributo alla realizzazione di mappe pedologiche nelle aree di pianura (discriminazione tra suoli a prevalenza argillosa da altri suoli). Identificazione dei paleoalvei.
	Monitoraggio dei fenomeni di erosione e trasporto di massa nelle aree montane (es. debris flows).
	Monitoraggio dell'erosione costiera e degli effetti delle mareggiate.
	Rilievo plano-altimetrico delle frane (sono escluse le frane sub-verticali).
	Monitoraggio dei movimenti su versante (es. deformazioni profonde, movimenti superficiali, in particolare attraverso interferometria differenziale SAR).
	Monitoraggio dei movimenti del suolo (subsidenza o innalzamento) nelle aree di pianura dovuti a: estrazione di acqua o idrocarburi, compattazione del suolo, cedimento di cavità sotterranee, fenomeni tettonici e vulcanici,…(interferometria differenziale SAR).
	Mappatura delle aree esondate. L'uso di immagini SAR consente l'osservazione delle aree esondate anche di notte e in condizioni di copertura nuvolosa.
Siti contaminati	Mappatura delle coperture in cemento-amianto.
	Identificazione di discariche abusive e della presenza di rifiuti abbandonati.
Energia e sviluppo sostenibile	Mappatura degli impianti fotovoltaici.
	Monitoraggio dell'inquinamento luminoso notturno.
Sanità	Monitoraggio delle condizioni del verde per lo sviluppo delle zanzare.

Tabella 2. Elenco non esaustivo delle principali applicazioni dell'Earth Observation satellitare di potenziale interesse per le Agenzie.

3.2 Informazioni disponibili e condizioni per l'accesso

Questa sezione fornisce una descrizione necessariamente non esaustiva di alcune informazioni disponibili da missioni spaziali ritenute particolarmente significative. Per un approfondimento sulle missioni citate e anche su altre missioni non descritte nella sezione si indirizza ai siti web riportati in fondo al documento nella sezione 7.

L'iniziativa certamente più rilevante per l'Earth Observation è Copernicus, un programma promosso e finanziato dalla Commissione Europea (fonti: www.copernicus.eu e www.isprambiente.gov.it/it/programma-copernicus). Copernicus è un insieme di sistemi che raccoglie informazioni da molteplici fonti, da satelliti e da sensori a terra, in mare ed aviotrasportati. Queste informazioni vengono integrate ed elaborate per produrre servizi rivolti sia al settore pubblico che a quello privato in sei aree tematiche: il suolo, il mare, l'atmosfera, i cambiamenti climatici, la gestione delle emergenze e la sicurezza. Tali servizi, forniti da operatori incaricati dalla Commissione, comprendono una vasta gamma di applicazioni a supporto delle aree urbane, della pianificazione regionale e locale, dell'agricoltura, della silvicoltura, della pesca, della salute, dei trasporti, dei cambiamenti climatici, dello sviluppo sostenibile e della protezione civile. Nell'ambito di Copernicus, l'ESA (Agenzia Spaziale Europea) sta sviluppando una serie costellazioni di satelliti, denominati Sentinels, per l'Osservazione della Terra (fonte: sentinel.esa.int/web/sentinel/home). Ciascuna costellazione ha una finalità specifica di osservazione della Terra ed è composta da almeno due satelliti. La messa in orbita dei satelliti Sentinel è iniziata nel 2014 con il lancio del satellite Sentinel-1A e proseguirà almeno fino al 2020. La Tabella 3 illustra le principali caratteristiche delle costellazioni Sentinel.

Costellazione	Caratteristiche	Lanci
Sentinel-1	SAR imaging. Acquisizione di immagini radar in qualsiasi condizione (all weather, day & night), interferometria differenziale,... Ripetitività con 2 satelliti: 6 giorni.	Sentinel-1A: 03/04/2014 Sentinel-1B: 25/04/2016
Sentinel-2	Land multi-spectral imaging. Applicazioni: ambiente, territorio, foreste, agricoltura,... Ripetitività: con un satellite: 10 giorni, con 2 satelliti: 5 giorni.	Sentinel-2A: 23/06/2015 Sentinel-2B: previsto entro il 2016
Sentinel-3	Ocean and Land global monitoring. Monitoraggio a vasta scala del mare e della vegetazione, temperatura superficiale, altimetria,...	Sentinel-3A: 16/02/2016 Sentinel-3B: previsto nel 2017
Sentinel-4	Orbita geostazionaria. Monitoraggio atmosferico.	da definire
Sentinel-5	Orbita polare. Monitoraggio atmosferico.	da definire
Sentinel-6	Altrimetria. Applicazioni oceanografiche e sui cambiamenti climatici.	da definire

Tabella 3. Principali caratteristiche delle costellazioni Sentinel.

I satelliti Sentinel-1, equipaggiati con sensore SAR in banda C, possono operare nelle seguenti modalità:

- Strip Map (SM): larghezza della strisciata (swath): 80 Km, risoluzione spaziale: 5 x 5 m.
- Interferometric Wide Swath (IW): larghezza della strisciata (swath): 250 Km, risoluzione spaziale: 5 x 20 m. E' la modalità operativa standard per le riprese sulla terra.
- Extra-Wide Swath (EW): larghezza della strisciata (swath): 400 Km, risoluzione spaziale: 20 x 40 m.
- Wave (WV): scena: 20 x 20 Km, risoluzione 5 x 5 m. E' la modalità operativa standard per le riprese sul mare.

I satelliti Sentinel-2 acquisiscono immagini multi-spettrali in 13 bande nelle regioni VIS, NIR e SWIR. Nella regione VIS-NIR la risoluzione spaziale è di 10 m. Nelle regioni Red Edge e SWIR la risoluzione è di 20 m. Esiste anche un set di bande con risoluzione 60 m dedicato alla mappatura delle nuvole e alla calibrazione atmosferica.

Le immagini dei satelliti Sentinel sono disponibili entro breve tempo dalla loro acquisizione (circa 24 ore), sono gratuite e liberamente scaricabili dal sito scihub.copernicus.eu. Sono inoltre già georefenziate.

Come già anticipato, il programma Copernicus prevede non solo la fornitura di immagini ma anche di servizi basati sulla integrazione ed elaborazione di immagini satellitari e dati in situ. Copernicus definisce due livelli di servizi: servizi core (o upstream) e servizi downstream. I servizi core sono servizi di base e saranno messi a disposizione gratuitamente da istituzioni della Commissione Europea. I servizi downstream sono servizi ad alto valore aggiunto e saranno sviluppati sulla base di programmi attuati dai singoli Stati Membri.

Le esigenze degli utenti dei prodotti e servizi di Copernicus sono rappresentate nello User Forum Europeo al quale afferiscono gli User Forum Nazionali attraverso i Delegati Nazionali. Per l'Italia il Delegato Nazionale e coordinatore dello User Forum Nazionale è il Prof. Bernardo De Bernardinis. Lo User Forum Nazionale ha lo scopo di raccogliere i requisiti degli utenti finali ed intermedi con l'obiettivo di giungere ad una posizione nazionale concordata verso lo User Forum Europeo e il Comitato Europeo di Copernicus coerente con le esigenze istituzionali, della ricerca, dell'impresa e dell'industria. Lo User Forum Nazionale ha anche una funzione di punto di disseminazione delle informazioni inerenti alle attività di Copernicus. La documentazione sui lavori dello User Forum Nazionale e sugli eventi da esso organizzati sono riportati sul sito: www.isprambiente.gov.it/it/programma-copernicus.

La mole di dati prodotta da Copernicus è elevata e andrà a crescere nel tempo. Il programma prevede che vengano realizzate a livello degli Stati Membri apposite infrastrutture informatiche per gestire i dati, denominate Collaborative Ground Segments. Per l'Italia, l'ente responsabile per lo sviluppo del Collaborative Ground Segment Nazionale è l'ASI.

I servizi di Copernicus si basano su dati satellitari che non provengono solo dai satelliti Sentinel di ESA ma anche da satelliti di missioni spaziali gestite da altre agenzie tra le quali l'ASI e la NASA. Queste missioni spaziali che contribuiscono alle finalità di Copernicus sono denominate

contributing missions. Le missioni COSMO-SkyMed di ASI e Landsat8 di NASA sono tra le principali contributing missions.

COSMO-SkyMed è una costellazione di 4 satelliti equipaggiati con sensori SAR ad alta risoluzione operanti in banda X, in grado quindi di fornire immagini in qualsiasi condizione meteorologica e di illuminazione (giorno e notte). Il Sistema COSMO-SkyMed può operare in tre modalità: routine, crisi, emergenza che si differenziano per i tempi di pianificazione, di acquisizione e di messa a disposizione delle immagini. Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare acquisisce sistematicamente da ASI immagini COSMO-SkyMed che ASI mette a disposizione degli Enti Pubblici a condizioni economiche particolarmente vantaggiose.

Landsat8 è l'ultima di una serie di missioni promosse dalla NASA ed iniziate con il Landsat1 nel 1972. Le caratteristiche essenziali della missione Landsat8 sono descritte nella Tabella 4.

Missione:	Landsat8
Data di lancio:	11/02/2013
Agenzia spaziale:	NASA
Ente che distribuisce i dati:	USGS (United States Geological Survey)
Accesso ai dati:	I dati sono gratuiti e liberamente scaricabili dal sito: earthexplorer.usgs.gov.
Dimensione della scena:	185 Km x 180 Km
Tempo di rivisitazione:	16 giorni
Sensori:	• OLI: 9 bande nelle regioni spettrali VIS, NIR, SWIR. • TIRS: 2 bande nella regione spettrale TIR.
Risoluzione spaziale:	• Banda pancromatica: 15 m • Bande multispettrali: 30 m • Bande nell'infrarosso termico: 100 m

Tabella 4. Caratteristiche principali della missione Landsat8.

Tra gli aspetti più interessanti del Landsat8 si evidenziano:

- Il sensore nell'infrarosso termico con la risoluzione di 100 metri. Il Landsat8 è ad oggi l'unico satellite per uso civile che dispone di un sensore nell'infrarosso termico a risoluzione elevata. Gli unici altri sensori disponibili per usi civili si trovano a bordo dei satelliti Terra e Aqua della NASA e Sentinel-3 di ESA ed hanno la risoluzione spaziale di 1000 metri. Le immagini nell'infrarosso termico sono indispensabili per stimare la temperatura superficiale del suolo e dell'acqua e sono utilizzate in numerose applicazioni come la stima della evapotraspirazione reale della vegetazione.

- La disponibilità di una serie storica di immagini Landsat che ha inizio nel 1972 consente di studiare l'evoluzione del territorio su un arco oltre 40 anni.

Oltre alle sopra descritte missioni Sentinel, Landsat8 e ad altre missioni solamente accennate come Terra e Aqua i cui dati sono disponibili gratuitamente e liberamente, esistono centinaia di missioni spaziali operate da agenzie pubbliche e private i cui dati sono disponibili a pagamento. Non è possibile descriverle tutte e neanche sintetizzarle poiché le caratteristiche delle missioni sono molto diverse tra loro. Nella Tabella 5 sono selezionate alcune missioni di potenziale interesse per le Agenzie, per ulteriori approfondimenti si rimanda al sito web directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions .

Operatore	Missione	Inizio	Fine	Sensori	Risoluzione
Airbus	DMC - Disaster Monitoring Constellation	2009		Multispettrale	22 m
ImageSat	EROS A & B	2000, 2006		Pancromatico	2 m, 70 cm
Airbus	FORMOSAT-2			Pancromatico Multispettrale	2 m 8 m
DigitalGlobe	GeoEye-1	2008		Pancromatico Multispettrale	50 cm 1.65 m
DigitalGlobe	IKONOS	1999	2015	Pancromatico Multispettrale	1 m 4 m
Airbus	Pléiades (2 satelliti)			Pancromatico Multispettrale	70 cm 2,8 m
DigitalGlobe	QuickBird	2001	2015	Pancromatico Multispettrale	60 cm 2.4 m
Planet Labs	RapidEye (5 satelliti identici)	2008		Multispettrale (4 bande + red edge)	70 cm
Airbus	SPOT 5	2002		Pancromatico Multispettrale	2.5 m 10 m
Airbus	SPOT 6-7	2012-14		Pancromatico Multispettrale	1.5 m 6 m
Airbus	TerraSAR-X, TanDEM-X	2007		SAR	1 m
DigitalGlobe	WorldView-1	2007		Pancromatico	50 cm
DigitalGlobe	WorldView-2	2009		Pancromatico Multispettrale	46 cm 1.84 m
DigitalGlobe	WorldView-3	2014		Pancromatico Multispettrale 8 bande Vicino infrarosso CAVIS (Clouds, Aerosols, Vapors, Ice, and Snow)	31 cm 1.24 m 3.7 m 30 m
DigitalGlobe	WorldView-4	-2016		Pancromatico Multispettrale 8 bande	31 cm 1.24 m
BSEI	TH-1	2010		Pancromatico Multispettrale	2.5 m 10 m

Operatore	Missione	Inizio	Fine	Sensori	Risoluzione
BSEI	GF-1	2013		Pancromatico Multispettrale	varie configurazioni (2-16 m)
BSEI	GF-2	2014		Pancromatico Multispettrale	0.8 m + 3.2 m

Tabella 5. Selezione di alcune missioni operate da aziende private di potenziale interesse per le Agenzie.

4 Earth Observation da Sistemi Aerei a Pilotaggio Remoto (SAPR)

4.1 Introduzione ai SAPR

I SAPR (Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto), più comunemente detti droni, sono classificabili in due principali tipologie: ala fissa e ala mobile. I SAPR 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 di fasce di territorio lineari. I SAPR ad ala mobile, detti anche "multirotore" sono simili nell'aspetto ad elicotteri, ma sono dotati di un numero maggiore di rotori, generalmente da 4 a 8. I SAPR multirotore sono più adatti al rilevamento di superfici dalla morfologia complessa come discariche e siti contaminati ed inoltre di corpi di frana situati su pendii ripidi o pareti sub-verticali. Una specificità dei SAPR moltirotore sono le riprese in "hovering", una modalità tipica degli elicotteri nella quale il SAPR 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. I SAPR si suddividono in categorie in base al peso massimo al decollo (in inglese: MTOM: Maximum Take Off Mass). I SAPR di maggiore interesse per le Agenzie ambientali sono quelli con MTOM < 25 Kg la cui utilizzazione è normata dal Regolamento ENAC (Ente Nazionale Aviazione Civile) discusso nel paragrafo 4.3.

I SAPR sono concepiti per ospitare a bordo sensori di vario tipo. Le principali tipologie di sensori per SAPR attualmente disponibili sono descritte nella Tabella 6.

Sensore	Applicazioni
Camera RGB ad alta risoluzione	Produzione di ortoimmagini e del modello altimetrico del terreno tramite stereorestituzione digitale.
Videocamera	Ispezioni ad impianti, controllo in tempo reale d porzioni del territorio difficilmente accessibili o pericolose (frane, corsi d'acqua,…)
Sensore multispettrale	Monitoraggio della vegetazione naturale e delle colture.
Sensore iperspettrale	Analisi avanzate sulle caratteristiche della vegetazione (stato o composizione). Mappatura delle coperture in cemento-amianto.
Termocamera	Mappatura della temperatura superficiale dei corpi idrici, del suolo, della vegetazione e degli edifici. Utile per la identificazione di scarichi abusivi in corpo idrico, delle fuoriuscite di percolato e biogas dalle discariche di rifiuti solidi urbani, per lo studio della circolazione dell'acqua nei corpi di frana, per la identificazione della potenziale presenza di materiali sepolti e per la misura delle emissioni termiche degli edifici.
LIDAR	Acquisizione del modello altimetrico del terreno ad alta definizione.

Sensore	Applicazioni
Campionatore	Acquisizione di campioni d'aria da analizzare successivamente in laboratorio.
Sensore di qualità dell'aria	Misura quali-quantitativa dei principali parametri di qualità dell'aria ("Naso artificiale").
Rilevatore di campi elettromagnetici ad alta frequenza	Misura dei campi elettromagnetici emessi dalle stazioni radio-base.
Rilevatore di radiazioni ionizzanti	Identificazione della presenza di materiali radioattivi in discariche, siti potenzialmente contaminati, siti di stoccaggio di rottami.

Tabella 6. Principali tipologie di sensori disponibili per i SAPR

4.2 Contributi dell'Earth Observation da SAPR alle attività delle Pubbliche Amministrazioni

Il seguente è un elenco non esaustivo delle principali applicazioni dell'Earth Observation da SAPR di potenziale interesse per le Pubbliche Amministrazioni.

Tema ambientale	Applicazioni dell'Earth Observation da SAPR
Qualità delle acque	Monitoraggio dei fenomeni eutrofici (es. mucillaggini, fioriture algali,…) nei piccoli laghi.
	Identificazione di scarichi abusivi in corpi idrici.
Idrologia, clima, agrometeorologia	Stima delle variazioni volumetriche dei ghiacciai, monitoraggio delle variazioni frontali e delle aree periglaciali.
	Monitoraggio delle velocità superficiali di ghiacciai rocciosi e di versanti ice affected.
	Mappatura campionaria delle colture in atto.
	Rilievi di dettaglio geometrico di vigneti e frutteti.
	Mappatura campionaria dello stato fenologico delle colture.
	Monitoraggio della fenologia di ecosistemi naturali
	Mappatura del fabbisogno di azoto delle colture.
	Stima campionaria del fabbisogno idrico delle colture.
	Monitoraggio campionario dello stress idrico delle colture.
	Monitoraggio campionario dell'umidità del suolo.
	Valutazione campionaria dei danni alle colture provocati da eventi meteorologici estremi (es. grandinate, trombe d'aria,…).
Invasi e dighe	Misura della volumetria dei sedimenti prima e dopo lo svaso.
	Monitoraggio delle operazioni di svaso.
	Valutazione degli impatti dello svaso sul corso d'acqua a valle: mappatura della deposizione dei sedimenti, valutazione della torbidità.
	Monitoraggio dei frangiflutti e barriere artificiali marine.

Tema ambientale	Applicazioni dell'Earth Observation da SAPR
Conservazione della natura, foreste	Monitoraggio della vegetazione riparia.
	Mappatura degli ecosistemi naturali e loro monitoraggio temporale
	Monitoraggio degli incendi di torbiera.
	Monitoraggio campionario dello stato fitosanitario della vegetazione naturale.
Grandi cantieri	Stima dei volumi delle terre e delle rocce movimentate.
	Monitoraggio degli impatti sulla vegetazione naturale e verifica del corretto ripristino dell'area del cantiere al termine dei lavori.
Qualità dell'aria	Prelievi di campioni di aria e/o misurazione di parametri di qualità dell'aria in prossimità di impianti industriali, discariche.
	Misure di flussi di materia (evaporazione e sostanze chimiche) e calore.
Agenti fisici	Monitoraggio dei campi elettromagnetici ad alta frequenza da stazioni radio-base.
	Monitoraggio della radioattività sopra discariche, siti potenzialmente contaminati, siti di stoccaggio di rottami.
Difesa del suolo, idrogeologia	Rilievo plano-altimetrico delle frane, anche su pareti verticali.
	Monitoraggio della circolazione dell'acqua nelle frane, identificazione di fessurazioni, faglie.
	Mappatura aree interessate da eventi specifici (debris flow, frane di crollo, ...)
	Osservazione da remoto di una zona specifica della frana per uno dei seguenti motivi: ispezione di un sensore geotecnico malfunzionante; monitoraggio di un'area in fase di rapido movimento.
Valanghe	Mappatura aree percorse da valanga (post evento) e stima volumi di accumulo
	Rilevamento delle aree colpite da valanghe.
Cave	Stima dei volumi scavati.
	Verifica del corretto ripristino delle cave dismesse.
Discariche	Controllo della profondità degli scavi preparatori della discarica.
	Controllo dei volumi di rifiuti conferiti in discarica.
	Individuazione di percolazioni e di emissioni di biogas da discariche di rifiuti solidi urbani attraverso l'analisi delle anomalie della temperatura superficiale.
Siti contaminati	Mappatura campionaria delle coperture in cemento-amianto.
	Acquisizione di indizi sulla potenziale presenza di materiali sepolti attraverso l'analisi delle anomalie della temperatura superficiale.
Energia e sviluppo sostenibile	Mappatura delle emissioni termiche degli edifici.

Tabella 7. Elenco non esaustivo delle principali applicazioni dell'Earth Observation da SAPR di potenziale interesse per le Agenzie.

4.3 Definizione del quadro normativo per l'uso dei Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto (SAPR)

4.3.1 Quadro Normativo

- Codice della Navigazione;
- Regolamento (CE) n. 216/2008 del Parlamento Europeo e del Consiglio - "Regolamento Basico";
- Regolamento (CE) n. 785/2004 del Parlamento Europeo e del Consiglio "Requisiti Assicurativi";
- Regolamento (UE) n. 923/2012 Standardised European Rules of the Air – SERA;
- Regolamento ENAC "Regole dell'Aria Italia";
- Regolamento Tecnico dell'ENAC;
- Regolamento ENAC "Servizi di Traffico Aereo";
- Regolamento ENAC "Organizzazione sanitaria e certificazioni mediche d'idoneità per conseguimento delle licenze e degli attestati aeronautici";
- Relazione introduttiva al Regolamento mezzi aerei a Pilotaggio Remoto;
- Regolamento "Mezzi Aerei a Pilotaggio Remoto" Edizione 2 del 16 luglio 2015 – Emendamento 1 del 21 dicembre 2015;
- Regolamento "Mezzi Aerei a Pilotaggio Remoto" Edizione 2 del 16 luglio 2015 – Emendamento 3 del 24 marzo 2017;
- Circolare ENAC – LIC 15 "Mezzi aerei a pilotaggio remoto. Centri di addestramento e attestati pilota" del 09.06.2016

4.3.2 Generalità

Il Regolamento definito da ENAC, in attuazione dell'art. 743 del Codice della Navigazione, distingue i mezzi aerei a pilotaggio remoto in **Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto** (SAPR) e **Aeromodelli**.

L'Aeromobile a Pilotaggio Remoto (APR) è il mezzo aereo a pilotaggio remoto senza persone a bordo, non utilizzato per fini ricreativi e sportivi.

Il Sistema Aeromobile a Pilotaggio Remoto (SAPR) è definito come il sistema costituito da un mezzo aereo (aeromobile a pilotaggio remoto) senza persone a bordo, utilizzato per fini diversi da quelli ricreativi e sportivi, e dai relativi componenti necessari per il controllo e comando (stazione di controllo) da parte di un pilota remoto.

Gli **Aeromodelli** non sono considerati aeromobili ai fini del loro assoggettamento alle previsioni del Codice della Navigazione e possono essere utilizzati esclusivamente per impiego ricreazionale e sportivo.

Ai sensi del Regolamento del Parlamento Europeo e del Consiglio (CE) n. 216/2008, sono di competenza ENAC i SAPR di massa operativa al decollo non superiore a 150 kg e tutti quelli progettati o modificati per scopi di ricerca, sperimentazione o scientifici.

I **SAPR** sono classificati, in base alla massa operativa al decollo (MOD) del mezzo, nelle seguenti classi:

Very Light (VL)	0,3kg<MOD≤4kg
Light (L)	4kg<MOD≤25kg
Heavy (H)	MOD>25 kg

- sistemi con mezzi aerei di massa operativa al decollo minore di 25 kg;

- sistemi con mezzi aerei di massa operativa al decollo uguale o maggiore di 25 kg e non superiore a 150 kg.

Le modalità di volo con i **SAPR** si distinguono in:

- **VLOS (Visual Line of Sight):** operazioni condotte entro una distanza, sia orizzontale che verticale, tale per cui il pilota remoto è in grado di mantenere il contatto visivo continuativo con il mezzo aereo, senza aiuto di strumenti per aumentare la vista, tale da consentirgli un controllo diretto del mezzo per gestire il volo, mantenere le separazioni ed evitare collisioni;

- **EVLOS (Extended Visual Line Of Sight):** operazioni condotte in aree le cui dimensioni superano i limiti delle condizioni VLOS e per le quali i requisiti del VLOS sono soddisfatti con l'uso di metodi alternativi;

- **BVLOS (Beyond Visual Line Of Sight):** operazioni condotte ad una distanza che non consente al pilota remoto di rimanere in contatto visivo diretto e costante con il mezzo aereo, che non consente di gestire il volo, mantenere le separazioni ed evitare collisioni.

Nel caso di operazioni specializzate per conto terzi, deve essere stipulato un accordo tra l'operatore del SAPR e il committente nel quale le parti definiscono le rispettive responsabilità per la specifica operazione di volo e sulle eventuali limitazioni e condizioni connesse.

4.3.3 Sistemi aeromobili a pilotaggio remoto con mezzi aerei di massa operativa al decollo minore di 25 kg

Il SAPR deve essere identificato, attraverso l'apposizione sul mezzo aereo e sulla stazione di terra, di una targhetta riportante i dati identificativi del sistema e dell'operatore. Inoltre il SAPR deve essere:

- dotato di un dispositivo elettronico di identificazione che consenta la trasmissione in tempo reale di dati inerenti sia l'APR che il proprietario/operatore, dei dati essenziali di volo, nonché la registrazione degli stessi;

- equipaggiato con un sistema idoneo a segnalare l'altezza a cui l'APR sta volando, al fine di garantire il controllo della quota;

- condotto da un pilota in possesso di **Attestato di Pilota APR** per operazioni di volo VLOS e in possesso di **Licenza di Pilota APR** per operazioni di volo BVLOS.

Per le operazioni condotte in condizioni VLOS il pilota, al comando di un SAPR, deve essere visibile e chiaramente identificabile tramite l'uso di giubbetti ad alta visibilità recanti l'identificativo "pilota di APR".

Operazioni non critiche

Per operazioni specializzate **"non critiche"** si intendono quelle operazioni condotte in VLOS che non prevedono il sorvolo di:

- aree congestionate, assembramenti di persone, agglomerati urbani;

- infrastrutture sensibili.

Prima di iniziare operazioni **"non critiche"** l'operatore deve **presentare all'ENAC una dichiarazione** che attesti la rispondenza al Regolamento ENAC sui mezzi a controllo remoto ed indichi le condizioni e i limiti applicabili alle operazioni di volo previste. La dichiarazione è resa dall'operatore utilizzando esclusivamente l'accesso al sito web dell'Ente (www.enac.gov.it).

Operazioni critiche

Per **operazioni specializzate critiche** si intendono quelle operazioni che non rispettano, anche solo parzialmente, quelle definite come operazioni non critiche e possono essere condotte ove sia assicurato un livello di sicurezza coerente con l'esposizione al rischio.

Il livello di sicurezza di tali operazioni è determinato dall'insieme dei contributi forniti dal SAPR, dal pilota, dalle procedure operative e di gestione delle attività di volo, dalle condizioni ambientali e dagli altri elementi essenziali per determinare un impiego sicuro di tali mezzi, inclusa la corretta attuazione del programma di manutenzione.

Prima di iniziare **operazioni critiche** l'operatore deve **richiedere e ottenere l'autorizzazione dell'ENAC.**

Per l'effettuazione di operazioni critiche il SAPR deve essere dotato di un mezzo di terminazione del volo la cui funzionalità sia indipendente dal sistema primario di comando e controllo del

mezzo. La quota minima di volo da tenere deve essere determinata per ogni sistema di terminazione del volo in modo tale da garantirne l'efficacia.

Il sorvolo di assembramenti di persone, cortei, manifestazioni sportive, inerenti forme di spettacolo o comunque di aree dove si verifichino concentrazioni inusuali di persone è in ogni caso proibito.

Autorizzazione e dichiarazione

Per operazioni critiche la capacità dell'operatore del SAPR viene attestata dall'ENAC mediante una specifica **autorizzazione.**

Nei casi di **operazioni non critiche, tale capacità viene dichiarata dall'operatore.**

Per ottenere l'Autorizzazione, l'operatore presenta all'ENAC specifica domanda dove indica le condizioni e i limiti applicabili alle operazioni di volo previste, inclusa, eventualmente, la necessità di operare in spazi aerei segregati.

Alla domanda si allega la seguente documentazione:

- i dati della targhetta identificativa del SAPR, la descrizione e la configurazione del sistema da impiegare;
- le caratteristiche e le prestazioni tali da garantirne un impiego sicuro ovvero la dichiarazione di conformità rilasciata dal costruttore, nel caso di SAPR in possesso di Certificazione di Progetto;
- i risultati delle prove dell'attività sperimentale iniziale;
- la tipologia delle operazioni specializzate che intende svolgere;
- i risultati dell'analisi del livello di rischio associato alle operazioni previste, eseguita al fine di sostanziare la sicurezza delle stesse;
- il manuale di volo dell'APR o documento equivalente;
- il programma di manutenzione del SAPR;
- il manuale delle operazioni, inclusa la descrizione delle modalità di valutazione e gestione del rischio.

L'ENAC rilascia l'autorizzazione al completamento con esito positivo della valutazione della documentazione prodotta da parte dell'operatore per sostanziare la capacità di effettuare l'attività in sicurezza. Si riserva di richiedere l'effettuazione di ulteriori analisi e prove e di condurre eventuali ispezioni.

L'operatore deve disporre di una organizzazione tecnica ed operativa adeguata all'attività e dotarsi di un manuale delle operazioni che definisca le procedure necessarie per gestire le attività di volo e la manutenzione dei sistemi. Il manuale include le modalità con cui l'operatore effettua l'analisi del rischio associato alle operazioni e la gestione delle relative mitigazioni.

L'autorizzazione o la dichiarazione copre tutti gli aspetti inerenti la sicurezza delle operazioni del SAPR (mezzo aereo, operazioni di volo, piloti). La domanda di autorizzazione o la dichiarazione per l'effettuazione di operazioni specializzate può essere presentata all'ENAC solo dopo che l'operatore abbia completato con esito positivo la relativa attività di volo sperimentale propedeutica.

L'attività sperimentale propedeutica è condotta dal pilota che l'operatore intende impiegare e consente di stabilire una adeguata capacità di controllo del mezzo da parte del pilota stesso, indagando l'inviluppo di volo in cui l'APR sarà utilizzato e in modo particolare le manovre di emergenza. Essa è finalizzata a determinare nell'ambito di quali condizioni e limitazioni le operazioni specializzate possono essere condotte in sicurezza.

L'attività sperimentale propedeutica è condotta in aree non popolate da piloti in possesso di Attestato.

Operazioni con APR di massa operativa al decollo minore o uguale a 2 kg

Le operazioni specializzate condotte con **APR di massa operativa al decollo minore o uguale a 2 kg** sono considerate non critiche in tutti gli scenari operativi, a condizione che gli aspetti progettuali e le tecniche costruttive dell'APR abbiano caratteristiche di inoffensività, precedentemente accertate dall'ENAC o da soggetto da esso autorizzato.

Per la conduzione delle operazioni è sufficiente che l'APR venga pilotato da persone in possesso di un Attestato di Pilota di APR in corso di validità.

Le operazioni specializzate condotte con **APR di massa al decollo minore o uguale a 0,3 kg**, con parti rotanti protette da impatto accidentale e con velocità massima minore o uguale a 60 km/h, sono considerate non critiche in tutti gli scenari operativi. Al pilota non è richiesto il possesso di un Attestato.

In entrambi i casi è proibito il sorvolo di assembramenti di persone, cortei, manifestazioni sportive, inerenti forme di spettacolo o comunque di aree dove si verifichino concentrazioni inusuali di persone.

Per l’effettuazione delle operazioni con SAPR l’operatore, o il pilota, deve in ogni caso presentare all’ENAC la dichiarazione.

4.3.4 Sistemi aeromobili a pilotaggio remoto con mezzi aerei di massa operativa al decollo uguale o maggiore di 25 kg

Gli APR con massa operativa al decollo uguale o maggiore di 25 kg, che effettuano attività all'interno dello spazio aereo italiano, sono registrati dall'ENAC mediante iscrizione nel Registro degli Aeromobili a Pilotaggio Remoto. La stazione di controllo a terra e il mezzo aereo devono essere provvisti di apposite marche di registrazione.

La richiesta di registrazione deve essere presentata dal proprietario del SAPR.

Per i SAPR destinati a essere costruiti in serie, il costruttore deve presentare all'ENAC una domanda di rilascio di **certificato di tipo ristretto**. Il certificato attesta la rispondenza alla base di certificazione stabilita dall'ENAC, determinata tenendo conto delle specificità del sistema e delle sue modalità di impiego. La relativa **Specifica di Tipo** riporta le condizioni e/o limitazioni nell'ambito delle quali il sistema può essere impiegato, includendo anche le limitazioni riguardanti la tipologia delle aree di operazioni e l'utilizzo dello spazio aereo.

Il certificato di tipo ristretto e la relativa **specifica di tipo** sono rilasciati, al costruttore per ogni singolo SAPR, al termine delle verifiche di conformità alla base di certificazione e all'esito positivo dell'attività sperimentale.

Il proprietario deve presentare una dichiarazione del costruttore che attesta che il SAPR è conforme al **tipo certificato** al fine di ottenere **il certificato di navigabilità ristretto rilasciato al singolo SAPR** nell'ambito delle quali il sistema può essere impiegato.

Il certificato di navigabilità ha validità illimitata. La validità decade qualora le limitazioni e le condizioni applicabili non siano rispettate, nel caso di modifiche al sistema non preventivamente approvate dall'ENAC.

<u>Autorizzazione e dichiarazione</u>

Ai fini del rilascio dell'autorizzazione, l'operatore deve dimostrare di:

- disporre di una organizzazione tecnica ed operativa adeguata all'attività che intende effettuare;
- avere nominato un Responsabile Tecnico per la gestione delle operazioni, dell'aeronavigabilità e dell'addestramento;
- disporre di SAPR in possesso di certificazioni/autorizzazioni, ed equipaggiati, nella configurazione prevista per lo svolgimento delle "operazioni specializzate" richieste;
- disporre di piloti con licenza ed abilitazioni adeguate al tipo di SAPR da impiegare;

- avere predisposto il “Manuale delle Operazioni”, contenente le istruzioni o procedure necessarie per la gestione delle operazioni in condizioni normali e di emergenza;

- essere in grado di condurre le operazioni in accordo alle limitazioni e condizioni previsti per la richiesta dell’autorizzazione.

Manutenzione del SAPR

L’operatore del SAPR deve stabilire, sulla base delle istruzioni del costruttore, un programma di manutenzione adeguato per assicurare il mantenimento dell’aeronavigabilità del sistema.

L’operatore si deve dotare di un sistema di registrazione dei dati inerenti alle ore di volo, agli eventi significativi per la sicurezza, alle manutenzioni e sostituzione di componenti.

Il costruttore o altra organizzazione da questi riconosciuta, è autorizzato ad effettuare le operazioni di manutenzione dei propri SAPR.

La manutenzione ordinaria può essere effettuata dall’operatore dopo aver frequentato idoneo corso per la manutenzione presso il costruttore o altre organizzazioni da questo autorizzate.

4.3.5 Disposizioni per il pilotaggio degli aeromobili a pilotaggio remoto

Fatto salvo per le operazioni specializzate condotte con SAPR di massa al decollo minore o uguale a 0,3 Kg, ai fini della conduzione di un APR è richiesto un pilota in possesso di appropriato riconoscimento di competenza, in corso di validità. Il pilota è responsabile della condotta in sicurezza del volo.

Il riconoscimento di competenza è costituito da un **"Attestato di pilota"** o da una **"Licenza di pilota"** di APR e sono rilasciati dall'ENAC.

L'Attestato e la Licenza di Pilota di APR hanno una validità di cinque anni.

Attestato di Pilota di APR

Per la conduzione di APR di **massa operativa al decollo minore di 25 kg in condizioni VLOS** è necessario il possesso dell'**Attestato di Pilota di APR**, rilasciato da un Centro di Addestramento APR.

L'Attestato è rilasciato per categorie di APR e contiene le limitazioni operative per l'esercizio dei privilegi ad esso associati.

Ai fini dell'idoneità psicofisica, il pilota deve essere in possesso di una certificazione medica (di seconda Classe) rilasciata da un Esaminatore Aeromedico.

Per ottenere l'Attestato di Pilota di APR il richiedente deve:

- acquisire la conoscenza delle regole dell'aria applicabili, delle cognizioni aeronautiche di base, degli aspetti di safety e dei rischi operativi, mediante la frequenza con esito favorevole di un apposito corso di formazione presso un Centro di Addestramento APR;

- effettuare con esito positivo un programma di addestramento sul tipo o classe di APR da condurre;

- superare un esame pratico con un Esaminatore presso un Centro di Addestramento APR approvato.

Al rinnovo degli Attestati provvedono i Centri di Addestramento APR approvati.

Licenza di Pilota di APR

Per la conduzione **di APR in operazioni BVLOS oppure di APR con massa al decollo maggiore o uguale a 25 kg (per qualsiasi tipo di operazione)**, è necessario il possesso di una **Licenza di Pilota di APR** rilasciata dall'ENAC.

Ai fini dell'idoneità psicofisica, il pilota deve essere in possesso di un certificato medico di terza classe in corso di validità, rilasciato in accordo al Regolamento ENAC "Organizzazione Sanitaria e certificazioni mediche d'idoneità per il conseguimento delle licenze e degli attestati aeronautici". Per ottenere una Licenza di Pilota di APR il richiedente deve dimostrare adeguate conoscenze aeronautiche di base e capacità di conduzione dell'APR, da acquisire secondo programmi stabiliti dall'Ente e condotti presso un Centri di Addestramento APR approvati.

Al rinnovo delle Licenze provvede l'ENAC sulla base dell'attività svolta, di una prova pratica condotta da un Esaminatore riconosciuto dall'ENAC e di un valido certificato medico.

4.3.6 Definizioni

Aeromodello: dispositivo aereo a pilotaggio remoto, senza persone a bordo, impiegato esclusivamente per scopi ricreativi e sportivi, non dotato di equipaggiamenti che ne permettano un volo autonomo, e che vola sotto il controllo visivo diretto e costante dell'aeromodellista, senza l'ausilio di aiuti visivi.

Aeromobile a Pilotaggio Remoto (APR): mezzo aereo a pilotaggio remoto senza persone a bordo, non utilizzato per fini ricreativi e sportivi.

Aree congestionate: aree o agglomerati usati come zone residenziali, industriali, commerciali, sportive, e in generale aree dove si possono avere assembramenti, anche temporanei di persone.

Attività di ricerca e sviluppo: consente lo svolgimento di attività di ricerca pura o finalizzata alla verifica di determinate concezioni di progetto del SAPR stesso o di nuovi equipaggiamenti, nuove installazioni, tecniche di impiego od usi.

Beyond Visual Line Of Sight (BVLOS): operazioni condotte ad una distanza che non consente al pilota remoto di rimanere in contatto visivo diretto e costante con il mezzo aereo, che non consente di gestire il volo, mantenere le separazioni ed evitare collisioni.

Extended Visual Line Of Sight (EVLOS): operazioni condotte in aree le cui dimensioni superano i limiti delle condizioni VLOS e per le quali i requisiti del VLOS sono soddisfatti con l'uso di metodi alternativi.

Massa operativa al decollo: valore di massa al decollo dell'APR in configurazione operativa, incluso il pay load (apparecchiature e istallazioni necessarie per lo svolgimento delle operazioni previste).

Operazioni Specializzate: per lo scopo di questo Regolamento si intendono le attività che prevedono l'effettuazione, con un SAPR, di un servizio a titolo oneroso o meno, quale ad esempio: riprese cinematografiche, televisive e servizi fotografici, sorveglianza del territorio o di impianti, monitoraggio ambientale, impieghi agricoli, fotogrammetria, pubblicità, addestramento.

Osservatore SAPR: persona designata dall'operatore che, anche attraverso l'osservazione visiva dell'aeromobile a pilotaggio remoto, può assistere il pilota remoto nella condotta del volo.

Pilota remoto: persona responsabile della condotta del volo, che mediante una stazione di controllo a terra, agisce sui comandi di volo di un APR.

Sistema Aeromobile a Pilotaggio Remoto (SAPR): sistema costituito da un mezzo aereo (aeromobile a pilotaggio remoto) senza persone a bordo, utilizzato per fini diversi da quelli ricreativi e sportivi, e dai relativi componenti necessari per il controllo e comando (stazione di controllo) da parte di un pilota remoto.

Sistema autonomo: SAPR per il quale il pilota non ha possibilità di controllare il volo del mezzo intervenendo in tempo reale.

Visual Line of Sight (VLOS): operazioni condotte entro una distanza, sia orizzontale che verticale, tale per cui il pilota remoto è in grado di mantenere il contatto visivo continuativo con il mezzo aereo, senza aiuto di strumenti per aumentare la vista, tale da consentirgli un controllo diretto del mezzo per gestire il volo, mantenere le separazioni ed evitare collisioni.

5 Conclusioni

Il Gruppo di Lavoro del progetto supportato dalla Comunità di Lavoro delle Regioni Alpine ARGEALP denominato **E.V.A.D.A.R. (Emergenze gestite con Velivoli a pilotaggio remoto in Aree di Difficile Accesso e a Rischio)** ha promosso questa prima iniziativa di approfondimento sui temi dell'Earth Observation e dei droni - APR che hanno coinvolto Pubbliche Amministrazioni ed Università.

Il Gruppo di Lavoro è concorde nel sostenere che il presente documento, per continuare ad essere uno strumento di lavoro utile nel tempo alle Pubbliche Amministrazioni, dovrebbe essere un documento dinamico, costantemente aggiornato e ampliato nei contenuti. Sono emerse al riguardo proposte per l'inserimento delle seguenti sezioni:

- Schede progetto che descrivono le esperienze sviluppate nelle Pubbliche Amministrazioni
- Descrizione delle caratteristiche tecniche dei SAPR
- Criteri per la valutazione dei SAPR
- Criteri per la scelta della piattaforma (satellite, SAPR o altro) e dei sensori in funzione dell'applicazione
- Descrizione dei sensori per il rilevamento a distanza da terra (es. laserscanner, termocamere,...)
- Censimento delle applicazioni software e delle procedure di elaborazione di immagini
- Definizione delle tipologie di competenze di cui dovrebbe disporre un tecnico SAPR
- Valutazione dei costi di gestione dei SAPR
- Valutazione dei vantaggi/svantaggi della gestione interna ed esterna dei SAPR
- Capitolati di riferimento per l'acquisto di strumenti e/o servizi riguardanti i SAPR
- Valutazione del valore aggiunto dell'EO rispetto alle altre metodiche di monitoraggio
- Compendio di norme tecniche

6 Glossario

Aeromodello	Dispositivo aereo a pilotaggio remoto, senza persone a bordo, impiegato esclusivamente per scopi ricreativi e sportivi, non dotato di equipaggiamenti che ne permettano un volo autonomo, e che vola sotto il controllo visivo diretto e costante dell'aeromodellista, senza l'ausilio di aiuti visivi.
APR	Aeromobile a Pilotaggio Remoto. Mezzo aereo a pilotaggio remoto senza persone a bordo, non utilizzato per fini ricreativi e sportivi.
Aqua	Satellite della NASA per il monitoraggio a bassa risoluzione delle acque marine e della vegetazione. E' gemello del satellite Terra. Le immagini di Aqua e Terra sono disponibili gratuitamente.
Aree congestionate	Aree o agglomerati usati come zone residenziali, industriali, commerciali, sportive, e in generale aree dove si possono avere assembramenti, anche temporanei di persone.
ASI	Agenzia Spaziale Italiana.
Attività di ricerca e sviluppo	Consente lo svolgimento di attività di ricerca pura o finalizzata alla verifica di determinate concezioni di progetto del SAPR stesso o di nuovi equipaggiamenti, nuove installazioni, tecniche di impiego od usi.
ATZ	Aerodrome Traffic Zone.
Banda spettrale	Regione dello spettro elettromagnetico in cui opera un determinato sensore.
BLOS	Beyond Line Of Sight. Operazioni condotte ad una distanza tale da non consentire al pilota remoto di rimanere in contatto visivo diretto e costante con il mezzo aereo, o di rispettare le regole dell'aria applicabili al volume di spazio aereo interessato.
BVLOS	Beyond Visual Line Of Sight. Operazioni condotte ad una distanza che non consente al pilota remoto di rimanere in contatto visivo diretto e costante con il mezzo aereo, che non consente di gestire il volo, mantenere le separazioni ed evitare collisioni.
CAL/VAL	Calibrazione/Validazione.
CIS	Corpo Idrico Superficiale.
Copernicus	Programma spaziale finanziato dalla Commissione Europea.
Corner reflector	Diedro in metallo concepito per agire come Permanent Scatterer.
COSMO-SkyMed	Costellazione di satelliti dotati di sensori SAR realizzati dall'Agenzia Spaziale Italiana.
Costruttore	Azienda che costruisce il drone.
CubeSat	Nanosatellite con dimensioni multiple di un cubo di 10cm x 10cm x 10cm.
D&A	Detect and Avoid. Qualsiasi funzione di un SAPR, in grado di consentire al pilota la separazione del mezzo aereo, in modo

	equivalente al requisito di see and avoid previsto per gli aeromobili con pilota a bordo.
DEM	Digital Elevation Model.
DigitalGlobe	Agenzia spaziale privata americana. Opera i satelliti WorldView.
DMCII	Agenzia spaziale privata del Regno Unito. Opera i satelliti omonimi.
DSM	Digital Surface Model.
EASA	European Aviation Safety Agency (Agenzia Europea per l'Aviazione Civile).
EEA	European Environmental Agency.
ENAC	Ente Nazionale Aviazione Civile.
ENAV	Ente Nazionale Assistenza al Volo.
ESA	European Space Agency
Evapotraspirazione	Flusso di vapore emesso dal sistema suolo-vegetazione.
EVLOS	Extended Visual Line Of Sight. Operazioni condotte in aree le cui dimensioni superano i limiti delle condizioni VLOS e per le quali i requisiti del VLOS sono soddisfatti con l'uso di metodi alternativi.
FOV	Field Of View. Angolo di apertura dell'ottica di un sensore.
FPV	First Person View. Modalità di pilotaggio del drone in cui il pilota controlla il volo del drone come se si trovasse a bordo di esso grazie ad una telecamera posta a bordo del drone che trasmette immagini in tempo reale al pilota.
GALILEO	Programma di GNSS in fase di realizzazione da parte della Commissione Europea e dell'Agenzia Spaziale Europea.
GCP	Ground Control Point.
GIS	Geographic Information System
GMES	Global Monitoring of Environment and Security. E' il vecchio nome del programma Copernicus.
GNSS	Global Navigation Satellite System.
GPS	Global Positioning System.
Ground Truth	Verità al suolo. Sono informazioni acquisite in situ ed utilizzate per calibrare e/o validare le classificazioni di immagini telerilevate.
ICAO	International Civil Aviation Organization. Ente delle Nazioni Unite.
IFOV	Instant Field Of View
IMU	Inertial Measurement Unit.
ISPRA	Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.
JRC	Joint Research Centre.
LAI	Leaf Area Index.
Landsat	Satelliti per l'Earth Observation realizzati dalla NASA. Il Landsat1 è stato lanciato nel 1972. Il più recente, Landsat8, è in orbita dal Febbraio 2013.
LIDAR	LIght Detection And Ranging. Tecnologia basata sul laser per la misurazione delle distanze e, in alcune applicazioni, per la misurazione di parametri chimici dell'atmosfera.
LST	Land Surface Temperature.

MIVIS	Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer. Scanner iperspettrale aviotrasportato realizzato nel 1991 dal CNR-LARA.
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer. Sensore multispettrale a bordo dei satelliti Aqua e Terra della NASA.
MTOM	Maximum Take Off Mass. Peso massimo al decollo. Comprende il peso del drone, del payload e, nel caso di droni con motori a combustione interna, del carburante.
MTOW	Maximum Take Off Weight. Equivale a MTOM.
NASA	National Aeronautics and Space Administration.
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index.
NIR	Near InfraRed. Intervallo dello spettro elettromagnetico 0.75 - 1.4 µm.
NOTAM	NOTice to AirMen. E' un avviso rilasciato da ENAC a tutti i piloti di aeromobili che segnala la presenza di potenziali rischi per il volo in una determinata zona dello spazio aereo ed in un determinato intervallo temporale.
Operatore	L'azienda che utilizza i droni per operazioni specializzate fornendo servizi di rilevamento agli utenti.
Operazioni Specializzate	Per lo scopo del Regolamento ENAC si intendono le attività che prevedono l'effettuazione, con un SAPR, di un servizio a titolo oneroso o meno, quale ad esempio: riprese cinematografiche, televisive e servizi fotografici, sorveglianza del territorio o di impianti, monitoraggio ambientale, impieghi agricoli, fotogrammetria, pubblicità, addestramento.
Operazioni Specializzate Critiche	Operazioni Specializzate che ai sensi del Regolamento ENAC (Mezzi a Pilotaggio Remoto) non possono essere definite "non Critiche".
Operazioni Specializzate non Critiche	Operazioni condotte in VLOS che non prevedono il sorvolo, anche in caso di avarie e malfunzionamenti, di aree congestionate, assembramenti di persone, agglomerati urbani oppure di infrastrutture sensibili.
Osservatore SAPR	Persona designata dall'operatore che, anche attraverso l'osservazione visiva dell'aeromobile a pilotaggio remoto, può assistere il pilota remoto nella condotta del volo.
Payload	E' il carico utile, cioè il peso della strumentazione (sensori, campionatori, ecc..) che il drone può ospitare a bordo. Il payload in genere è circa un terzo del peso del drone.
Pilota remoto	Persona responsabile della condotta del volo, che mediante una stazione di controllo a terra, agisce sui comandi di volo di un APR.
PS	Permanent Scatterer. Un oggetto che riflette le onde radar emesse da un sensore SAR e che rimane stabile nel tempo.
PRISMA	PRecursore IperSpettrale della Missione Applicativa. E' un satellite dell'ASI in fase di avanzata realizzazione. Il lancio è previsto per il 2017.

Red Edge	Particolare banda spettrale compresa tra le bande del rosso e dell'infrarosso vicino utilizzata per il monitoraggio delle colture e la stima, tramite modelli, del fabbisogno di azoto.
RSU	Rifiuti Solidi Urbani.
RTK	Real Time Kinematic. Particolare tecnologia GPS che consente una correzione sulla rilevazione della posizione in tempo reale di elevata precisione. I SAPR più evoluti sono dotati di GPS RTK.
S&A	Sense and Avoid. Qualsiasi funzione di un SAPR, in grado di consentire al pilota la separazione del mezzo aereo, in modo equivalente al requisito di see and avoid previsto per gli aeromobili con pilota a bordo.
SAPR	Sistema Aeromobile a Pilotaggio Remoto. Sistema costituito da un mezzo aereo (aeromobile a pilotaggio remoto) senza persone a bordo, utilizzato per fini diversi da quelli ricreativi e sportivi, e dai relativi componenti necessari per il controllo e comando (stazione di controllo) da parte di un pilota remoto.
SAR	Synthetic Aperture Radar
Scena	Nome attribuito all'area della superfice terrestre ripresa da un satellite.
Sentinel	Satelliti del programma spaziale Copernicus.
SHALOM	Satellite in fase di sviluppo da parte dell'Agenzia Spaziale Italiana e dell'Agenzia Spaziale Israeliana. E' dotato di un sensore iperspettrale con risoluzione di 5 metri.
Sistema autonomo	SAPR per il quale il pilota non ha possibilità di controllare il volo del mezzo intervenendo in tempo reale.
Spazio Indoor	Spazio confinato all'interno di luoghi chiusi.
Terra	Satellite della NASA per il monitoraggio a bassa risoluzione delle acque marine e della vegetazione. E' gemello del satellite Aqua. Le immagini di Aqua e Terra sono disponibili gratuitamente.
SST	Sea Surface Temperature.
SWIR	Short Wavelenght InfraRed. Intervallo dello spettro elettromagnetico 1.4 -3.0 µm.
TIR	Thermal InfraRed. Intervallo dello spettro elettromagnetico 3.0 – 15.0 µm.
UGS	Underground Gas Storage.
USGS	United States Geological Survey.
UAS	Unmanned Aerial System.
UAV	Unmanned Aerial Vehicle.
VIS	VISible. Intervallo dello spettro elettromagnetico 0.4 – 0.7 µm.
VLOS	Visual Line of Sight. Operazioni condotte entro una distanza, sia orizzontale che verticale, tale per cui il pilota remoto è in grado di mantenere il contatto visivo continuativo con il mezzo aereo, senza aiuto di strumenti per aumentare la vista, tale da consentirgli un controllo diretto del mezzo per gestire il volo, mantenere le separazioni ed evitare collisioni.

VFR	Visual Flight Rules.
VLOS	Visual Line of Sight.
VMC	Visual Meteorogical Conditions.

7 Riferimenti web

7.1 Istituzioni nazionali

www.isprambiente.gov.it/it/programma-copernicus : sezione del sito di ISPRA dedicata al programma Copernicus e al suo sviluppo in Italia.

www.pcn.minambiente.it/GN/ : Geoportale Nazionale del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Il sito permette la consultazione dei dati di deformazione del suolo ottenuti dalla elaborazione, mediante interferometria differenziale, delle immagini SAR delle missioni ERS, ENVISAT e COSMO-SkyMed. Il sito permette anche la consultazione del modello altimetrico del terreno ad alta risoluzione ottenuto mediante rilievi aerei con sensore LIDAR realizzati su molte aree del territorio italiano.

www.asi.it : sito ufficiale dell'ASI (Agenzia Spaziale Italiana).

www.enac.gov.it : sito ufficiale di ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile). Il sito contiene una apposita sezione dedicata alla regolamentazione sui SAPR.

aitonline.org : sito ufficiale dell'AIT (Associazione Italiana Telerilevamento).

www.asita.it : sito ufficiale di ASITA (Federazione Italiana delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali).

7.2 Istituzioni comunitarie

www.copernicus.eu : sito ufficiale del programma Copernicus.

www.esa.int : sito ufficiale dell'ESA (Agenzia Spaziale Europea).

sentinel.esa.int/web/sentinel/home : sito contenente informazioni tecniche sulle missioni Sentinel e sul loro stato di operatività.

scihub.copernicus.eu : sito dal quale è possibile scaricare liberamente le immagini acquisite dalle missioni Sentinel attualmente operative.

directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions : portale dell'ESA che da accesso ad un vastissimo database contenente centinaia di missioni satellitari di agenzie spaziali sia pubbliche che private.

www.nereus-regions.eu : sito di NEREUS (Network of European Regions Using Space Technologies), la rete delle regioni europee che già utilizzano, o che sono interessate ad utilizzare,

le tecnologie spaziali. Lo scopo di NEREUS è di rappresentare alla Commissione Europea le esigenze degli utenti regionali.

7.3 Altre istituzioni

landsat.usgs.gov : sito dello USGS (United States Geological Survey) dedicato alle missioni Landsat.

earthexplorer.usgs.gov : sito dal quale è possibile scaricare liberamente le immagini acquisite dalla missione Landsat8, dalle missioni Landsat storiche e da altre missioni.

modis.gsfc.nasa.gov : sito della NASA dedicato a MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer): sensore multispettrale a bassa risoluzione a bordo dei satelliti Aqua e Terra. Il sito fornisce documentazione sulle immagini MODIS, sui prodotti derivati e gli ambiti applicativi.

lpdaac.usgs.gov/data_access/data_pool : sito di USGS dal quale è possibile scaricare liberamente le immagini del sensore MODIS (a bordo dei satelliti Terra e Aqua) e i prodotti derivati. Sul sito sono disponibili immagini anche di altre missioni.