

# I DATI SENTINEL PER MONITORARE I CORSI D'ACQUA

IL CRESCENTE SVILUPPO TECNOLOGICO NEL CAMPO DEL TELERILEVAMENTO HA POSTO LE BASI PER L'IMPIEGO SISTEMATICO DI NUOVE METODOLOGIE DA REMOTO PER LA CARATTERIZZAZIONE IDROMORFOLOGICA, ANCHE TRAMITE L'INTEGRAZIONE CON ALTRI STRUMENTI. VERSO UN SERVIZIO NAZIONALE NEL MIRROR COPERNICUS.

Dalla sua introduzione attraverso la direttiva quadro sulle Acque 2000/60/CE, l'idromorfologia si è sviluppata come disciplina trasversale tra idrologia e geomorfologia, mettendo in risalto l'importanza degli aspetti fisici e dei processi nello studio e nella gestione dei sistemi fluviali. Proprio riconoscendo il ruolo di supporto che i processi idromorfologici alle diverse scale hanno nel sostenere gli ecosistemi acquatici e i servizi che essi erogano, la direttiva quadro sulle Acque richiede espressamente la valutazione delle condizioni idromorfologiche di un corso d'acqua per la classificazione e il monitoraggio dei corpi idrici. A tale scopo, negli ultimi decenni sono stati sviluppati a livello europeo numerosi metodi, la maggior parte dei quali rientrano nella categoria del cosiddetto rilevamento o valutazione degli habitat fisici.

In Italia, l'Ispra (Istituto superiore per la ricerca e la protezione ambientale), con la sua Unità di idrologia, ha promosso a partire dal 2008 un percorso di ricerca e sviluppo per arrivare a disporre, a livello nazionale, di un approccio metodologico, comprensivo di una serie di *tool* geomorfologici per la gestione dei corsi d'acqua, coinvolgendo i gruppi di ricerca di tre università italiane – le Università degli Studi di Firenze e di Padova e la Libera Università di Bolzano – aventi competenze di rilievo nel tema della geomorfologia fluviale. Questa attività ha condotto alla realizzazione e all'implementazione di un ampio sistema, denominato Idraim, per la valutazione idromorfologica, l'analisi e il monitoraggio dei corsi d'acqua e per la definizione delle misure di mitigazione degli impatti ai fini della pianificazione integrata prevista dalla direttiva quadro sulle Acque e dalla direttiva Alluvioni 2007/60/CE. Nel corso del tempo, il sistema Idraim si è ulteriormente arricchito di un sistema per il rilevamento e la classificazione delle unità morfologiche dei corsi d'acqua (ossia gli habitat fisici), denominato Sum, utilizzato per identificare,

caratterizzare e analizzare l'insieme delle unità morfologiche presenti lungo un tratto di corso d'acqua attraverso un uso sinergico di analisi su campo e da remoto e di una metodologia, adattata al contesto italiano, denominata e-MesoHabsim, per descrivere la variabilità spazio-temporale degli habitat fluviali disponibili per la fauna, in funzione della portata defluente e della morfologia del corso d'acqua.

## I vantaggi del rilievo da satellite

Seppure il rilievo sul terreno e l'elaborazione di cartografia sono raccomandati e spesso indispensabili in alcune condizioni, il crescente sviluppo tecnologico nel campo del telerilevamento,

unito alla facilità di acquisizione di dati e informazioni anche in termini economici, ha posto le basi necessarie per l'impiego sistematico di nuove metodologie da remoto per la caratterizzazione idromorfologica. In particolare, l'integrazione di sistemi di *remote sensing* può contribuire fortemente alle attività di monitoraggio delle aste fluviali, fornendo un approccio comparativo a larga scala che prenda in considerazione le interazioni esistenti tra un corso d'acqua e il suo bacino idrografico a monte. Tale approccio sistemico ha non solo con lo scopo di comprendere meglio il funzionamento dei fiumi, ma anche e soprattutto di supportare efficacemente la gestione integrata dei sistemi fluviali a scala regionale, nazionale ed europea.



FOTO: STEFANO MARIANI - ISPRRA

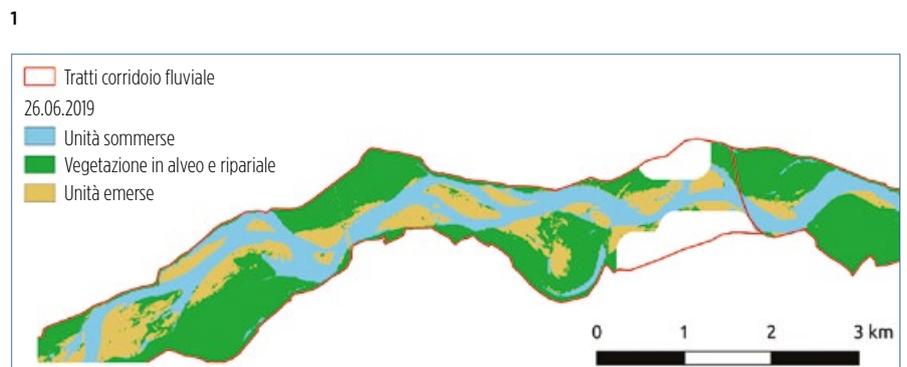


FIG. 1 ELABORAZIONE DA RILIEVO SATELLITARE SU Fiume PO  
Risultato del classificatore delle macro-unità morfologiche da Sentinel-2 per un tratto del fiume Po osservato in data 26/06/2019. Le aree mancanti (pixel bianchi) mostrano le zone coperte da nuvole. In celeste le unità in alveo sommerse, in verde la vegetazione in alveo e ripariale e in marrone chiaro le unità in alveo emerse.



FOTO: MARCO CASOLI - ISPRA

2

Negli ultimi anni, le acquisizioni di immagini satellitari di nuova generazione, in primis dai satelliti Sentinel del programma europeo Copernicus, grazie alla buona risoluzione spaziale, all'ampia copertura al suolo, all'elevata frequenza temporale e al basso costo per gli utenti (nel caso delle Sentinel i dati sono gratuiti), si sono dimostrate uno strumento innovativo adatto allo studio e al monitoraggio dei sistemi fluviali a più scale spaziali e temporali. La grande mole di dati acquisiti da questi satelliti può permettere lo sviluppo di strumenti applicativi di supporto alla gestione dei sistemi fluviali, sia da un punto di vista fisico, come possono essere – per la caratterizzazione morfologica degli habitat lungo un corso d'acqua – la dinamica laterale e di vegetazione e la mappatura delle piene, sia in termini di supporto al monitoraggio della componente biotica, come ad esempio per l'analisi degli habitat fisici ai fini del campionamento delle componenti biologiche.

## L'iniziativa Iris e l'integrazione satellite-droni

Con queste premesse, la convenzione operativa Asi-Ispra "Habitat Mapping" ha previsto espressamente una apposita linea di intervento avente come obiettivo tecnico-scientifico lo sviluppo e l'applicazione prototipale di tool e indicatori semi-automatici basati sui dati di Copernicus Sentinel-1 e Sentinel-2 di supporto alle attività degli enti territoriali di caratterizzazione e valutazione delle condizioni idromorfologiche delle aste fluviali, secondo la metodologia nazionale

1-2 Fiume Paglia e fiumara Bonamico, monitoraggio con drone per l'attività di calibrazione e validazione dei tool e degli indicatori basati sui dati di Copernicus Sentinel 1 e Sentinel 2.

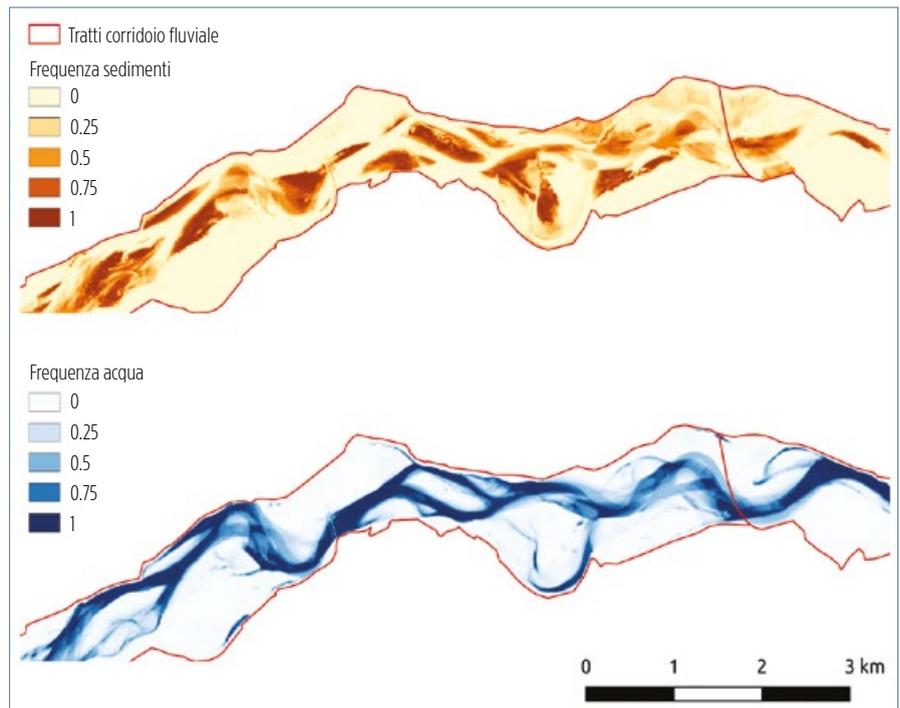


FIG. 2 ELABORAZIONE DA RILIEVO SATELLITARE SU FIUME PO

Mapa di frequenza mediata su un mese per le unità emerse (alto) e sommerse (basso) ottenute tramite il classificatore delle macro-unità morfologiche da Sentinel-2. La frequenza è normalizzata tra zero e uno.

Idrain. Tale linea di intervento, che ha preso il nome di Iris (*Italian research and development initiative for spaceborne river monitoring*), ha visto l'Ispra, il Politecnico di Milano e la Durham University (Uk) cooperare mettendo insieme le proprie competenze in termini di idrologia, idromorfologia e telerilevamento da satellite e da aeromobili a pilotaggio remoto (droni).

Le attività di sviluppo e applicazione prototipale di questi tool e indicatori idromorfologici hanno interessato 9 tratti fluviali, di estensione variabile di 500-1.000 m, su quattro bacini scelti da nord a sud per rappresentare specifiche peculiarità nell'ambito del territorio nazionale: Po e Sesia nel distretto idrografico del fiume Po; Tagliamento nel distretto delle Alpi orientali; Paglia-Tevere nel distretto idrografico dell'Appennino centrale; fiumara Bonamico nel distretto idrografico dell'Appennino meridionale.

Nei tratti selezionati sono state condotte campagne di misure in cui l'utilizzo di droni ha permesso di acquisire immagini fondamentali per la generazione, con sufficiente copertura spaziale, dei prodotti di *ground truth* (verità a terra) necessari nelle attività di calibrazione e validazione dei tool sviluppati sulla base dei dati Sentinel.

L'iniziativa Iris ha dimostrato che con uno sforzo di campionamento ridotto rispetto alle metodologie tradizionali e con l'integrazione delle immagini

multispettrali da Sentinel-2 e Sar da Sentinel-1 con i dati da drone è possibile generare una vasta gamma di informazioni a supporto della caratterizzazione idromorfologica dei corsi d'acqua. È stato possibile produrre informazioni settimanali e mensili riguardo la traiettoria delle macro-unità morfologiche, ossia unità in alveo sommerse (alveo di magra), unità in alveo emerse (es. barre di sedimento, canali emersi, sponde non vegetate) e la vegetazione in alveo e ripariate. Mappe di frequenza di tali macro-unità forniscono importanti indicazioni, fino a oggi non disponibili, circa la caratterizzazione morfologica delle tipologie di corsi d'acqua maggiori ai fini dell'interpretazione delle dinamiche d'alveo. Combinando le informazioni sulle frequenze delle unità sommerse rilevabili da Sentinel-1 e 2 con quelle delle altre macro-unità, è stato possibile generare nuovi strati informativi a supporto dell'identificazione dell'alveo di piena e l'alveo attivo fornendo un efficace strumento conoscitivo per la gestione della risorsa idrica e della caratterizzazione degli habitat fisici e del rischio idraulico. Nei tratti monitorati con drone è stato anche possibile derivare informazioni sulla distribuzione granulometrica superficiale che, estesa su tratti caratteristici all'interno di un bacino, può costituire una importante base informativa per il calcolo del trasporto solido, per l'interpretazione dei

processi d'alveo e per la caratterizzazione e il monitoraggio degli habitat fisici. Questo utilizzo congiunto Sentinel-droni rende possibile disporre di uno strumento di monitoraggio multi-scala, che va dall'informazione di dettaglio raggiungibile sul tratto dell'ordine del cm/mm fino all'informazione a larga scala ottenibile da satellite con copertura dell'ordine delle centinaia di km, permettendo un'integrazione di scale spaziali e temporali che, oltre a caratterizzare un tratto specifico di un corso d'acqua, fornisce elementi utili a generalizzare l'informazione all'intero bacino.

Rendere sistematiche a livello regionale le acquisizioni da drone a integrazione dei rilievi di campo condotti normalmente per l'applicazione della metodologia Idrain, congiuntamente all'implementazione operativa a scala nazionale dei *tool* sviluppati dall'iniziativa Iris, può condurre alla creazione di un sistema innovativo di monitoraggio fluviale. Si avrebbe così la possibilità di usufruire di un sistema nazionale aperto e aggiornabile a scadenze fissate (es. mensili), capace di generare nuovi e preziosi strati informativi a supporto della pianificazione integrata prevista dalle direttive europee, fornendo ai decisori politici e agli enti coinvolti nel monitoraggio idromorfologico uno

strumento interpretativo e previsionale delle dinamiche d'alveo presenti e future, particolarmente rilevante in relazione agli impatti prodotti dai cambiamenti climatici e dalla crescente pressione antropica sul territorio.

### Le prospettive del servizio

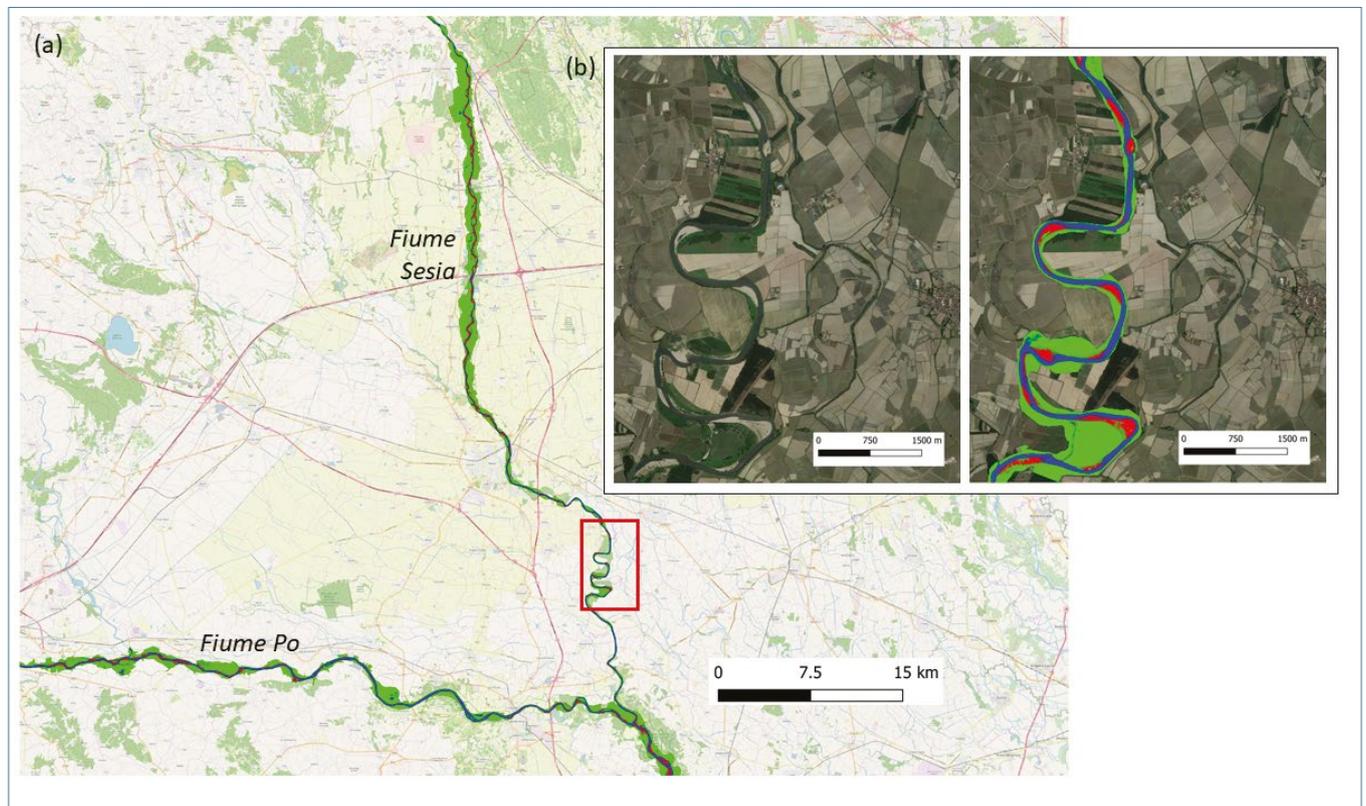
La risoluzione spaziale attuale dei dati Sentinel, attualmente compresa tra i 10 e i 20 m, implica l'applicazione dei *tool* sviluppati ai corsi d'acqua nazionali con alveo attivo di larghezza maggiore di 50 m (e alveo bagnato maggiore di 50 m per gli indicatori che riguardano la stima dell'alveo bagnato), precludendone al momento l'utilizzo alla gran parte dei bacini montani, dove tuttavia resta la possibilità di utilizzare le acquisizioni da drone per la caratterizzazione di dettaglio di tratti specifici. La possibilità di rendere operativo un tale sistema di monitoraggio e caratterizzazione idromorfologica dei corsi d'acqua medio-grandi dipende dall'assunzione di una strategia nazionale di lungo periodo, come quella prevista dal programma Mirror Copernicus della *Space economy* nazionale, che prevede l'utilizzo sistematico delle acquisizioni satellitari e l'integrazione con dati *in*

*situ* e da modellistica. L'operatività di un tale servizio nazionale di monitoraggio e caratterizzazione idromorfologica è pertanto alla base del servizio tematico "Risorsa idrica" previsto dal Mirror Copernicus. Il contesto della *Space economy* permetterà inoltre di valutare la possibilità di migliorare ulteriormente il servizio disponendo con continuità anche di ulteriori dati da telerilevamento, inclusi quelli satellitari di maggiore risoluzione spaziale (es. dati di Cosmo SkyMed) e permettendo di estendere l'applicabilità dei *tool* anche a quei corsi d'acqua con alveo attivo di larghezza inferiore ai 50 m. Questa è una delle sfide che sarà intrapresa nell'ambito del programma Mirror Copernicus, che vedrà in primis il coinvolgimento operativo dell'Ispra e delle Agenzie del Snpa, con l'obiettivo di sistematizzare e integrare alle varie scale spaziali e temporali la grande quantità di dati generati per l'osservazione dell'ambiente e di trasformare questi dati in conoscenza e in una maggiore comprensione del territorio e dei suoi processi geomorfologici ed ecologici.

**Stefano Mariani, Martina Bussetini**

Ispra

Con la collaborazione del team Iris



**FIG. 3 ELABORAZIONE DA RILIEVO SATELLITARE SUI FIUMI PO E SESIA**

Risultato dell'applicazione del classificatore delle macro-unità morfologiche da Sentinel-2 alla serie temporale lungo i corridoi fluviale di Po e Sesia. (a) Immagine RGB in falsi colori ottenuta dalle frequenze medie mensili delle classi di "unità sommerse" (banda blu), "unità emerse" (banda rossa) e "unità di vegetazione in alveo e ripariale" (banda verde).

(b) Dettaglio di un tratto lungo il Sesia, identificato con il rettangolo rosso in (a).

L'immagine di fondo utilizzata in (a) è estratta da OpenStreetMap per QGIS mentre quelle in (b) sono estratte dal Tms di Google Satellite per QGIS.