



# Interreg



UNION EUROPÉENNE  
UNIONE EUROPEA

## MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



# ALACRES2

**Programma di Cooperazione Interreg V – A Italia-Francia “Marittimo 2014 2020”**

## ALACRES2

**Servizio avanzato di Laboratorio per Crisi ed Emergenze, in porto nello Spazio di cooperazione dell'alto tirreno, basato su Simulazione**

### T.3.1 Definizione della Sperimentazione per Sviluppare Linee Guida per Gestire le Crisi

**Strumento di monitoraggio degli impatti in mare (ARPAL)**

Versione: **V1.1 del 30-11-2022**



La coopération au cœur de la Méditerranée  
La cooperazione nel cuore del Mediterraneo



# Interreg



UNION EUROPÉENNE  
UNIONE EUROPEA

## MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



## Introduzione

La disponibilità di dati osservativi durante situazioni di crisi rappresenta un importante elemento di supporto per la gestione dell'emergenza.

L'utilizzo di modelli e analisi a scenari costituisce uno strumento di supporto alla gestione dell'emergenza poiché fornisce indicazioni sul possibile evolversi della crisi. Tali analisi però, nel momento di reale accadimento di un incidente, necessitano di osservazioni in campo per confrontare e validarne i risultati.

I dati satellitari rappresentano oggi un'importante fonte di informazioni, dal momento che allo stato attuale orbitano attorno al nostro pianeta numerosi satelliti con diverse tipologie di sensori, con risoluzioni spaziali e temporali sempre maggiori, cui corrispondono diverse tipologie di utilizzi possibili.

L'utilizzo di dati satellitari per applicazioni a supporto della gestione del rischio è ormai riconosciuto e sempre più consolidato: questo strumento può infatti fornire input nelle fasi di valutazione del rischio e di mappatura rapida per una risposta immediata.

Nell'ambito dell'azione T3.1 - Definizione della Sperimentazione per Sviluppare Linee Guida per Gestire le Crisi, ARPAL ha realizzato uno strumento di monitoraggio della superficie marina tramite utilizzo di immagini satellitari provenienti da piattaforma Copernicus, di seguito descritto.

## Il programma Copernicus

Il Programma Copernicus è un'iniziativa gestita e coordinata dalla Commissione europea e dall'Agenzia spaziale europea (ESA). È il programma di osservazione della Terra dell'Unione Europea ed è dedicato al monitoraggio del nostro pianeta e del suo ambiente. I servizi informativi sono liberamente e gratuitamente accessibili tramite diverse piattaforme web.

Le missioni Sentinel si prefiggono diversi scopi:

- Sentinel-1 comprende una costellazione di due satelliti in orbita polare, Sentinel-1A lanciato il 3 aprile 2014 e Sentinel 2-B il 25 aprile 2016. I due satelliti operano giorno e notte eseguendo immagini SAR (Synthetic Aperture Radar) in banda C e consentono di raccogliere immagini indipendentemente dalle condizioni meteorologiche.
- Sentinel-2 comprende una costellazione di due satelliti in orbita polare posizionati nella stessa orbita sincrona al sole, sfasati di 180° l'uno rispetto all'altro. Consentono l'acquisizione sistematica e globale di immagini multispettrali ad alta risoluzione. Sentinel-2A è stato lanciato il 23 giugno 2015 e Sentinel-2B il 7 marzo 2017.
- Sentinel-3 è una missione multistrumentale il cui obiettivo principale è quello di misurare la topografia della superficie del mare, la temperatura della superficie del mare e della terra, il colore dell'oceano e della terra con un'elevata precisione e affidabilità. La missione supporta i sistemi di previsione oceanica e il monitoraggio ambientale e climatico. Sentinel-3A è stato lanciato il 16 febbraio 2016 e Sentinel-3B il 25 aprile 2018.
- La missione Sentinel-4 è dedicata al monitoraggio della qualità dell'aria atmosferica con un satellite Meteosat di terza generazione (MTG-S) in orbita geostazionaria.



Interreg



UNION EUROPÉENNE  
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



- Sentinel-5 monitorerà l'atmosfera da un'orbita polare a bordo di un satellite MetOp di seconda generazione (MetOp-SG) in orbita polare.
- L'obiettivo principale di Sentinel-5Pmma è quello di effettuare misurazioni atmosferiche, con un'alta risoluzione spazio-temporale, da utilizzare per la qualità dell'aria, l'ozono e le radiazioni UV, il monitoraggio del clima e le previsioni. Il satellite è stato lanciato con successo il 13 ottobre 2017.
- Sentinel-6 è una missione in grado di fornire informazioni accurate sul clima e misure di altezza della superficie del mare, per studi oceanografici. Il satellite è stato lanciato il 21 novembre 2020.

### Applicazioni a supporto di emergenze ambientali dei dati satellitari

Le tecnologie e i prodotti di osservazione della Terra (EO) forniscono un contributo estremamente importante per una gestione più efficiente durante le emergenze.

La missione SAR Sentinel-1 di Copernicus supporta l'analisi degli incendi boschivi e delle cicatrici da fuoco. L'identificazione dei punti caldi di incendio e la diffusione degli eventi di incendio da satellite è utilizzata non solo nell'ambiente naturale, ma anche per gli incendi legati a disastri industriali.

Il Sentinel-3 Sea and Land Surface Temperature Instrument (SLSTR) è un radiometro a scansione, progettato per fornire misure accurate della temperatura superficiale. È utilizzato per generare un prodotto di livello 2 (SL\_2\_FRP) relativo alla combustione di biomassa, e in particolare alla posizione, alla tempistica e alla forza (in termini di potenza radiativa del fuoco) degli incendi attivi al momento del sorvolo del satellite.

Le missioni Sentinel-1 e Sentinel-2 possono essere utilizzate per il monitoraggio dell'estensione delle aree inondate.

In Figura 1 si riporta: (a) la chiazza di oil spill identificata tramite utilizzo del dato SAR Sentinel-1 in occasione dell'incidente del 7 ottobre 2018 a nord di Capo Corso, (b) esempio di incendio di vaste proporzioni in Australia, osservato nei dati SLSTR Level-1 dalla vista near nadir alle 23:08 UTC del 3 gennaio 2020, i pixel contenenti incendi attivi appaiono luminosi a causa delle loro elevate temperature; (c) flood cambiamenti avvenuti durante dell'evento alluvionale estremo del fiume Centa, in Liguria verificatosi nel novembre 2019.

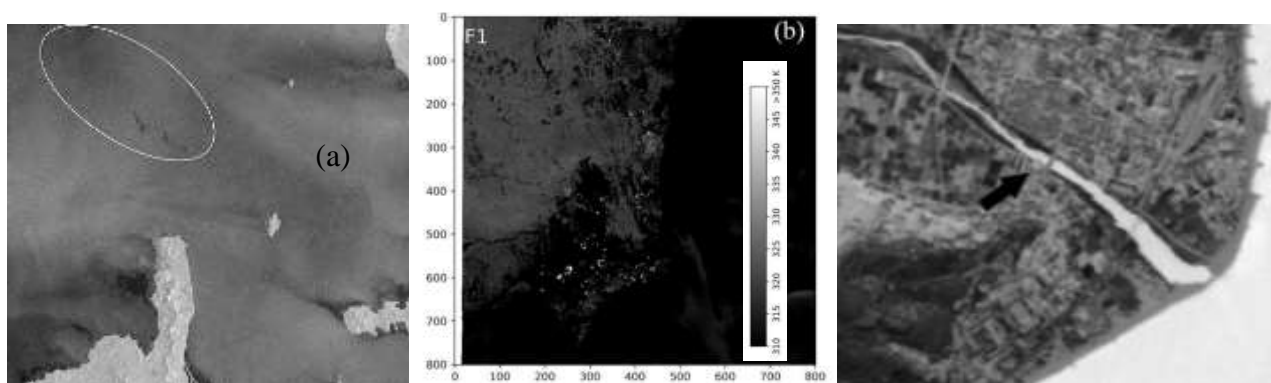


Figura 1- Applicazioni a supporto di emergenze ambientali dei dati satellitari: (a) la chiazza di oil spill identificata tramite utilizzo del dato SAR Sentinel-1, (b) incendio osservato da SLSTR Sentinel-1; (c) evento alluvionale estremo in Liguria.



Interreg



UNION EUROPÉENNE  
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



ALACRES-2

## Sviluppo di uno strumento per l'osservazione di chiazze di torbidità

L'attività sviluppata da ARPAL nell'ambito del progetto Alcres2 ha permesso di realizzare uno strumento per la generazione di mappe di torbidità superficiale in mare a partire dai dati del sensore ottico MSI Sentinel-2.

Sentinel-2 è una missione di imaging multispettrale e ad alta risoluzione, composta da due satelliti in orbita polare, Sentinel 2A e Sentinel 2B. I satelliti Sentinel-2 sono equipaggiati con un sensore ottico multispettrale MSI, di 13 bande, con risoluzione spaziale di 10m per le bande del visibile e del vicino infrarosso (Figura 2).

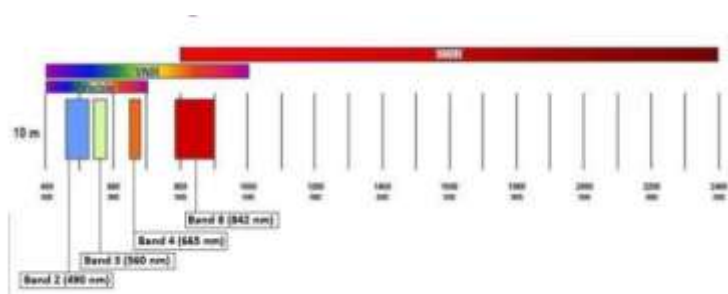


Figura 2. Risoluzione spaziale a 10m delle bande B2 (490 nm), B3 (560 nm), B4 (665 nm) e B8 (842 nm)

La risoluzione temporale, o *revisit time*, alle latitudini dell'area di cooperazione marittima Interreg è di circa 3-5 giorni, grazie alla presenza dei due satelliti Sentinel-2A/B.

## Modello per la torbidità

Per realizzare il modello di estrazione del dato di torbidità a partire dall'informazione satellitare, è stato costruito un dataset incrociando la disponibilità del dato di torbidità misurato disponibile in un'area di studio del Nord Tirreno, corrispondente al tile T32TNP (Figura 3), e il passaggio satellitare Sentinel-2 nel periodo dal 2015 al 2021. I dati raccolti sono quelli afferenti al monitoraggio istituzionale ARPAL e ARPAL, secondo D.lgs. 152/2006 e D.lgs. 190/2010. Successivamente, sono stati eliminati i dati corrispondenti a giornate con copertura nuvolosa, applicando un filtro sulla "cloud coverage".

Il dataset ottenuto, composto dalle 13 bande spettrali di MSI e dal dato di torbidità misurato in situ, consiste in 222 records, con misure di torbidità in differenti condizioni, da 0.1 NTU a 28.7 NTU.



Figura 3. Area di calibrazione dell' algoritmo di torbidità e localizzazione delle stazioni di monitoraggio in situ



# Interreg



UNION EUROPÉENNE  
UNIONE EUROPEA

## MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



# ALACRES-2

Il dataset così costruito è stato utilizzato per determinare una correlazione tra i valori spettrali ed il valore di torbidità superficiale, attraverso l'impiego di due differenti algoritmi di Machine Learning, uno Stepwise Linear Regression e un Kernel polinomiale. Il risultato è la creazione di una mappa di torbidità ad ogni passaggio satellitare sopra l'area di interesse, come quella rappresentata in Figura 4.

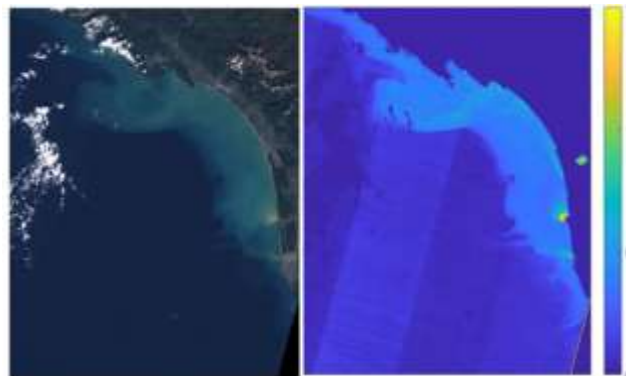


Figura 4. Immagine in True Color e corrispondente mappa di torbidità in NTU del 28/10/2020

L'algoritmo sviluppato nell'area studio può essere applicato ai diversi tile che coprono la zona di interesse (Figura 5).

Tale strumento permetterà di individuare, in caso di incidenti, la presenza di sostanze sversate in mare, che determinano un aumento della torbidità.

Il limite di tale strumento è rappresentato dalla risoluzione temporale, o *revisit time*, del satellite, che non assicura la disponibilità del dato quotidianamente.



Figura 5. Tiles Sentinel-2 a copertura dell'arco ligure, nell'ordine T32TLP, T32TMP, T32TMQ, T32TNQ.

## Bibliografia

- Vairo T., Quagliati M., Del Giudice T., Barbucci A., Fabiano B., 2017, From land- to water-use-planning: A consequence based case-study related to cruise ship risk, *Safety Science*, Vol. 97, pp 120-133, <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.03.024>.
- Copernicus Open Access Hub website, accessed November 2022, <https://scihub.copernicus.eu/>
- Pisanti A., Magri S., Ferrando I., Federici B. (2022). Seawater turbidity analysis from Sentinel-2 images: atmospheric correction and bands correlation. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XL VIII-4/W1-2022, 371–378. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-W1-2022-371-2022>



# Interreg



UNION EUROPÉENNE  
UNIONE EUROPEA

## MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



# ALACRES2

## Programme de Coopération Interreg V – A Italie-France “Maritime 2014 2020”

### ALACRES2

service très Avancé de Laboratoire pour les Crises et les situations d'Émergence, en Situation portuaires dans l'espace de coopération de la haute mer Tyrrhénienne, basé sur la Simulation

## T.3.1 Définition de l'expérimentation pour élaborer des lignes directrices pour la gestion des crises

Outil de surveillance des impacts marins (ARPAL))

Version:

V1.1 del 15-11-2022



La coopération au cœur de la Méditerranée  
La cooperazione nel cuore del Mediterraneo



# Interreg



UNION EUROPÉENNE  
UNIONE EUROPEA

## MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



### Introduzione

La disponibilità des données d'observation pendant les situations de crise est un élément de soutien important pour la gestion des urgences.

L'utilisation de modèles et d'analyses de scénarios constitue un outil de soutien pour la gestion des urgences, car elle fournit des indications sur l'évolution possible de la crise. Cependant, lorsqu'un incident se produit réellement, de telles analyses nécessitent des observations sur le terrain pour comparer et valider les résultats.

Les données satellitaires représentent aujourd'hui une source importante d'informations, car de nombreux satellites équipés de différents types de capteurs orbitent actuellement autour de notre planète, avec des résolutions spatiales et temporelles croissantes, correspondant à différents types d'utilisations possibles.

L'utilisation de données satellitaires pour des applications à l'appui de la gestion des risques est désormais reconnue et de plus en plus établie : cet outil peut contribuer à l'évaluation des risques et à la cartographie rapide pour une réponse immédiate.

Dans le cadre de l'action T3.1 - Définition d'une expérimentation pour l'élaboration de lignes directrices pour la gestion de crise, l'ARPAL a mis en place un outil de suivi de la surface de la mer à partir d'images satellites de la plateforme Copernicus, décrit ci-dessous.

### Le programme Copernicus

Le programme Copernicus est une initiative gérée et coordonnée par la Commission européenne et l'Agence spatiale européenne (ESA). Il s'agit du programme d'observation de la Terre de l'Union européenne et il est consacré à la surveillance de notre planète et de son environnement. Les services d'information sont librement accessibles via diverses plateformes web.

Les missions Sentinel ont plusieurs objectifs :

- Sentinel-1 comprend une constellation de deux satellites en orbite polaire, Sentinel-1A lancé le 3 avril 2014 et Sentinel 2-B le 25 avril 2016. Les deux satellites fonctionnent jour et nuit et réalisent des images SAR (Synthetic Aperture Radar) en bande C, ce qui leur permet de collecter des images quelles que soient les conditions météorologiques.
- Sentinel-2 comprend une constellation de deux satellites à orbite polaire positionnés sur la même orbite héliosynchrone, déphasés de 180° l'un par rapport à l'autre. Ils permettent l'acquisition systématique et globale d'images multispectrales à haute résolution. Sentinel-2A a été lancé le 23 juin 2015 et Sentinel-2B le 7 mars 2017.
- Sentinel-3 est une mission multi-instrumentale dont l'objectif principal est de mesurer la topographie de la surface de la mer, la température de la surface de la mer et de la terre, la couleur de l'océan et de la terre avec une grande précision et fiabilité. La mission soutient les systèmes de prévision océanique et la surveillance de l'environnement et du climat. Sentinel-3A a été lancé le 16 février 2016 et Sentinel-3B le 25 avril 2018.
- La mission Sentinel-4 est dédiée à la surveillance de la qualité de l'air atmosphérique avec un satellite Meteosat de troisième génération (MTG-S) en orbite géostationnaire.



**Interreg**



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



- Sentinel-5 surveillera l'atmosphère depuis un satellite MetOp de deuxième génération (MetOp-SG) en orbite polaire.
- L'objectif principal de Sentinel-5P<sub>PMMA</sub> est d'effectuer des mesures atmosphériques, avec une haute résolution spatio-temporelle, qui seront utilisées pour la qualité de l'air, l'ozone et le rayonnement UV, la surveillance du climat et les prévisions. Le satellite a été lancé avec succès le 13 octobre 2017.
- Sentinel-6 est une mission capable de fournir des informations climatiques précises et des mesures de la hauteur de la surface de la mer pour les études océanographiques. Le satellite a été lancé le 21 novembre 2020.

### **Applications des données satellitaires à l'appui des urgences environnementales**

Les technologies et produits d'observation de la Terre (OT) apportent une contribution extrêmement importante à une gestion plus efficace des situations d'urgence.

La mission SAR Copernicus Sentinel-1 permet d'analyser les feux de forêt et leurs cicatrices. L'identification des points chauds d'incendie et la diffusion des événements d'incendie à partir de satellites sont utilisées non seulement dans l'environnement naturel, mais aussi pour les incendies liés à des catastrophes industrielles.

L'instrument Sentinel-3 pour la mesure de la température de surface des mers et des terres (SLSTR) est un radiomètre à balayage conçu pour fournir des mesures précises de la température de surface. Il est utilisé pour générer un produit de niveau 2 (SL\_2\_FRP) lié au brûlage de la biomasse, et en particulier la localisation, le moment et la puissance (en termes de puissance radiative du feu) des feux actifs au moment du survol du satellite.

Les missions Sentinel-1 et Sentinel-2 peuvent être utilisées pour surveiller l'étendue des zones inondées.

La Figura 1 montre : (a) la tache de déversement d'hydrocarbures identifiée grâce à l'utilisation des données SAR Sentinel-1 lors de l'incident du 7 octobre 2018 au nord du Cap Corso, (b) exemple d'un incendie à grande échelle en Australie, observé dans les données SLSTR Niveau-1 de la vue proche du nadir à 23:08 UTC le 3 janvier 2020, les pixels contenant des incendies actifs apparaissent brillants en raison de leurs températures élevées ; (c) les changements d'inondation survenus lors de l'événement de crue extrême de la rivière Centa, en Ligurie, survenu en novembre 2019.





Interreg



UNION EUROPÉENNE  
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



ALACRES-2

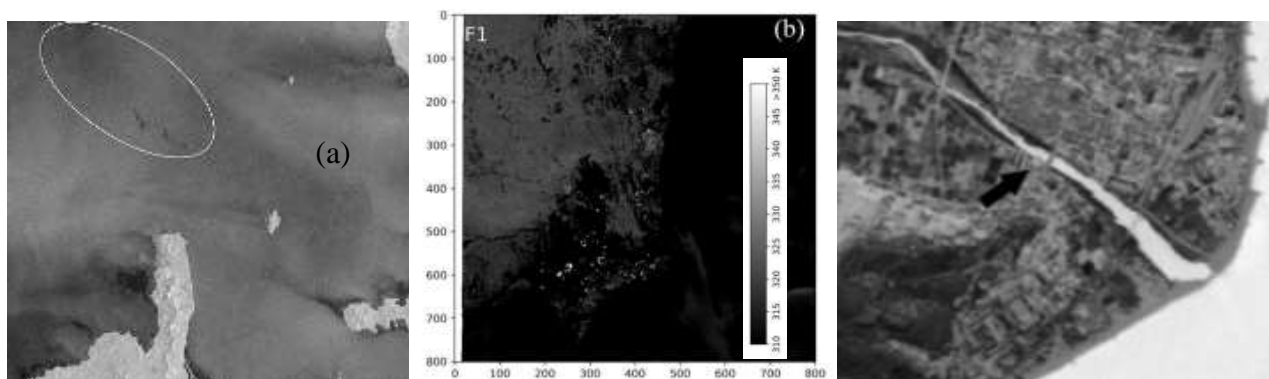


Figura 6- Applicazioni a supporto di emergenze ambientali dei dati satellitari: (a) la chiazza di oil spill identificata tramite utilizzo del dato SAR Sentinel-1, (b) incendio osservato da SLSTR Sentinel-1; (c) evento alluvionale estremo in Liguria.

### Développement d'un instrument pour l'observation des plaques de turbidité

L'activité développée par ARPAL dans le cadre du projet Alcres2 a permis la création d'un outil de génération de cartes de turbidité de surface en mer à partir des données du capteur optique Sentinel-2 de MSI.

Sentinel-2 est une mission d'imagerie multispectrale à haute résolution composée de deux satellites en orbite polaire, Sentinel 2A et Sentinel 2B. Les satellites Sentinel-2 sont équipés d'un capteur optique multispectral MSI à 13 bandes, avec une résolution spatiale de 10 m pour les bandes du visible et du proche infrarouge (Figura 2).

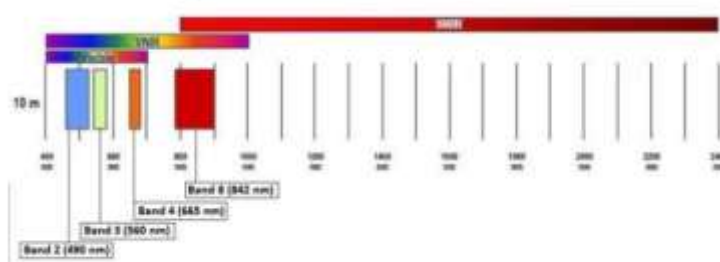


Figura 7. Risoluzione spaziale a 10m delle bande B2 (490 nm), B3 (560 nm), B4 (665 nm) e B8 (842 nm)

La résolution temporelle, ou temps de revisite, aux latitudes de la zone de coopération maritime Interreg est d'environ 3 à 5 jours, grâce à la présence des deux satellites Sentinel-2A/B.

### Le Modèle de Turbidité

Afin de réaliser le modèle d'extraction des données de turbidité à partir des informations satellitaires, un ensemble de données a été construit en croisant les données de turbidité mesurées disponibles dans une zone d'étude du nord de la mer Tyrrhénienne, correspondant au carreau T32TNP (Figura 3), et le passage du satellite Sentinel-2 sur la période de 2015 à 2021. Les données recueillies sont celles relatives au suivi institutionnel de l'ARPAL et de l'ARPAT, conformément au décret législatif 152/2006 et 190/2010.



Interreg



UNION EUROPEENNE  
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Ensuite, les données correspondant aux jours avec couverture nuageuse ont été éliminées en appliquant un filtre.

Le jeu de données obtenu, composé des 13 bandes spectrales MSI et des données de turbidité mesurées in situ, comprend 222 enregistrements, avec des mesures de turbidité dans différentes conditions, de 0,1 NTU à 28,7 NTU.



Figura 8. Area di calibrazione dell'algoritmo di turbidità e localizzazione delle stazioni di monitoraggio in situ

L'ensemble de données ainsi construit a été utilisé pour déterminer une corrélation entre les valeurs spectrales et la valeur de la turbidité de surface, en utilisant deux algorithmes d'apprentissage automatique différents, une régression linéaire pas à pas et un noyau polynomial. Le résultat est la création d'une carte de turbidité à chaque passage du satellite au-dessus de la zone d'intérêt, telle que celle présentée dans la Figura 4.

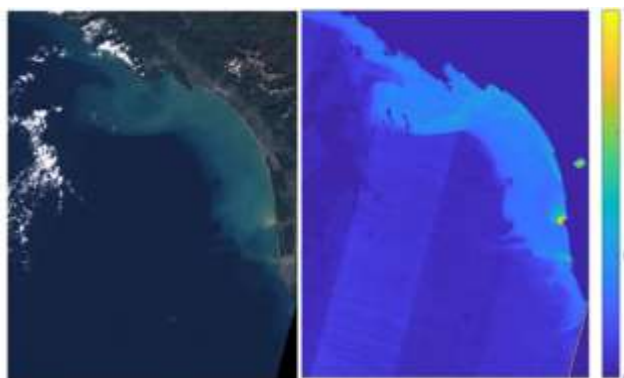


Figura 9. Immagine in True Color e corrispondente mappa di turbidità in NTU del 28/10/2020

L'algorithme développé dans la zone d'étude peut être appliqué aux différentes tuiles couvrant la zone d'intérêt (Figura 5).

Cet outil permettra de détecter, en cas d'accident, la présence de substances déversées dans la mer, entraînant une augmentation de la turbidité. La limite d'un tel outil est la résolution temporelle, ou temps de revisite, du satellite, qui ne garantit pas la disponibilité des données sur une base quotidienne.



Interreg



UNION EUROPÉENNE  
UNIONE EUROPEA

MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Figura 10. Tiles Sentinel-2 a copertura dell'arco ligure, nell'ordine T32TLP, T32TMP, T32TMQ, T32TNQ.

## Bibliographie

- Vairo T., Quagliati M., Del Giudice T., Barbucci A., Fabiano B., 2017, From land- to water-use-planning: A consequence based case-study related to cruise ship risk, *Safety Science*, Vol. 97, pp 120-133, <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.03.024>.
- Copernicus Open Access Hub website, accessed November 2022, <https://scihub.copernicus.eu/>
- Pisanti A., Magri S., Ferrando I., Federici B. (2022). Seawater turbidity analysis from Sentinel-2 images: atmospheric correction and bands correlation. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLVIII-4/W1-2022, 371–378. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-W1-2022-371-2022>