



ALLEGATO 1 - Documento tecnico di dettaglio sull'AMS contenente la matrice delle EICO monitorabili tramite AMS

1. Introduzione e ambito di applicazione dell'AMS

Il Regolamento (UE) 18 maggio 2018, n. 746 ha introdotto la facoltà, per gli Stati Membri, di avvalersi di un metodo alternativo per effettuare i controlli oggettivi utilizzando, tramite elaborazioni automatiche, le informazioni derivate dai dati acquisiti dai satelliti Sentinel di Copernicus. Tale metodo alternativo è sinteticamente definito “monitoraggio del territorio”.

In applicazione dell'articolo 10(1) del regolamento (UE) n. 1173/2022, a partire dal 2024, il sistema di monitoraggio delle superfici si applica a tutte le domande di aiuto per interventi basati sulle superfici nell'ambito del sistema integrato e si usa per osservare, tracciare e valutare le attività e le pratiche agricole sugli ettari oggetto degli interventi basati sulle superfici.

Nel 2023, ai sensi dell'art.10 comma 9 del Reg. 1173/22 tutte le condizioni di ammissibilità (ELCO) relative agli interventi BISS e Zone Svantaggiate sono oggetto di monitoraggio AMS.

- Sostegno disaccoppiato:
 - PD 01 - BISS – Sostegno di base al reddito
 - SRB01 - Sostegno zone con svantaggi naturali montagna
 - SRB02 - Sostegno zone con altri svantaggi naturali significativi
 - SRB03 - Sostegno zone con vincoli specifici

Nel 2023 saranno inoltre sottoposti all'AMS, tramite monitoraggio satellitare, i seguenti interventi:

- Sostegno disaccoppiato:
 - PD 02 - CRISS - Sostegno redistributivo complementare al reddito per la sostenibilità
 - PD 03 - CIS YF - Sostegno complementare al reddito per i giovani agricoltori
- Sostegno accoppiato:
 - PD 06 - CIS(01) – sostegno accoppiato al Frumento duro
 - PD 06 - CIS(02) – sostegno accoppiato al Riso
 - PD 06 - CIS(03) - sostegno accoppiato Barbabietola da zucchero
 - PD 06 - CIS(04) - sostegno accoppiato Pomodoro da trasformazione
 - PD 06 - CIS(05) – sostegno accoppiato Oleaginose
 - PD 06 - CIS(08) – sostegno accoppiato Colture proteiche - Soia
 - PD 06 - CIS(09) - sostegno accoppiato Colture proteiche - Leguminose eccetto soia

2. Cenni teorici sul dato satellitare

Il satellite della costellazione Copernicus utilizzato per il monitoraggio è il satellite ottico Sentinel-2, a 10 m di risoluzione. Sentinel-2 fornisce, mediamente ogni 5 giorni a meno di presenza di copertura

nuvolosa, immagini adatte a monitorare nel tempo l'evoluzione della coltura, permettendo di identificare il momento in cui il suolo è privo di vegetazione (es. arato), in cui la vegetazione\coltura sta crescendo, e quelli in cui viene rimossa alla fine del suo ciclo fenologico (es. sfalcio o raccolto). La figura seguente mostra come l'analisi visiva multi-temporale di immagini Sentinel-2 (con combinazione di bande RGB, in colori naturali) permetta di indentificare le diverse fasi (aratura, crescita, raccolto) del ciclo fenologico di una parcella agricola coltivata a grano.



Figura 1: Monitoraggio visivo di una parcella coltivata a grano tramite serie multitemporale Sentinel-2

Nell'ambito dell'AMS, l'identificazione delle diverse fasi del ciclo fenologico correlabili ad attività agricole è ottenuta in modo automatico, attraverso l'analisi multi-temporale dell'indice della vegetazione NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), derivato dalle immagini Sentinel-2. L'NDVI descrive il livello di vigoria della coltura ed è il principale indicatore da satellite della presenza di vegetazione sulla superficie terrestre e del suo evolversi nel tempo.

Si calcola come il rapporto tra la differenza e la somma delle radiazioni riflesse nel vicino infrarosso (NIR) e nel rosso (R), ossia come:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

L'NDVI permette di valutare la presenza di attività fotosintetica in quanto mette in relazione lo spettro del rosso, in cui c'è assorbimento da parte della clorofilla, e quello del vicino infrarosso, in cui le

appezzamenti di dimensioni molto piccole, considerata l'attuale risoluzione disponibile (10 m di Sentinel-2), il monitoraggio potrebbe non fornire esiti satellitari.

Man mano che per ogni appezzamento viene costruito, durante la stagione agronomica, l'andamento temporale dell'NDVI10g, questo viene analizzato automaticamente, per un periodo di tempo compatibile con quelle del ciclo fenologico della coltura, al fine sia di individuare variazioni e valori dell'indice di vegetazione riconducibili alla presenza di specifiche pratiche agricole su una parcella (es. aratura, raccolto, ecc.), sia di verificare se su quella parcella è presente una coltura compatibile con quella dichiarata (es. grano, anziché una coltura che per il suo ciclo fenologico risulta incompatibile con quella del grano).

La serie multi-temporale dell'NDVI viene infatti analizzata, in funzione di quel che si vuole verificare, tramite due principali approcci algoritmici: **marker** o **indicatori di compatibilità colturale (indicatore)**.

Nel primo caso (**marker**) gli algoritmi sono finalizzati a:

- Rilevare la presenza o assenza di specifiche pratiche agricole o di momenti del ciclo fenologico della coltura (**marker**). I marker analizzati sono:
 - Aratura
 - Crescita
 - Presenza di vegetazione
 - Raccolto
 - Sfalcio
 - Espianto delle colture permanenti (inteso, e riportato sui sistemi, come presenza di aratura)
 - Mantenimento del pascolo (inteso, e riportato sui sistemi, come assenza di aratura)

Il marker per l'identificazione di fenomeno di Abbandono per le Pratiche Locali Tradizionali (PLT) è in corso di sperimentazione.

I marker vengono calcolati in funzione degli scenari attesi, che si differenziano in funzione della **macro-classe** a cui appartiene la coltura dichiarata (es. seminativi invernali, seminativi primaverili-estivi, ecc.), ed alle relative caratteristiche agronomiche e territoriali, sulla base dei quali sono calibrati i parametri degli algoritmi (**tipi di marker analizzati, finestre temporali di ricerca, soglie NDVI, ecc.**).

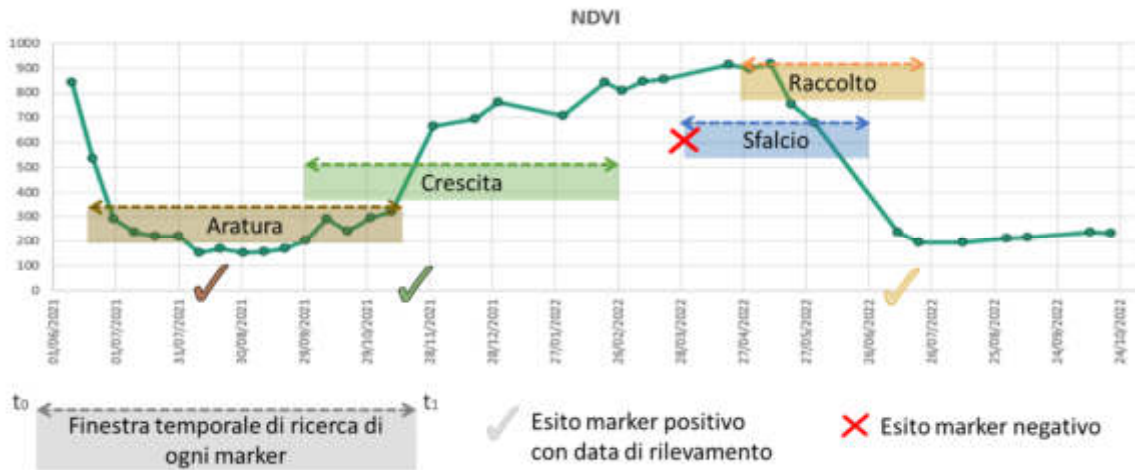


Figura 3: Tipo di marker e relative finestre temporali di ricerca per i seminativi invernali

A titolo esemplificativo, per la macro-classe dei seminativi invernali, i parametri adottati sono i seguenti:

Tipo Marker	Zona	Periodo di osservazione	
		Da	A
Aratura	Centro	10/08/2022	31/03/2023
Crescita	Centro	01/02/2023	10/06/2023
Presenza	Centro	01/02/2023	10/06/2023
Sfalcio	Centro	01/04/2023	20/08/2023
Raccolto	Centro	01/05/2023	20/08/2023

Tabella 1: Esempio di finestre temporali di ricerca per i marker della macro classe "Seminativo invernale" – Zona: Centro

Analoghi dettagli per tutte le macro-classi sottoposte al calcolo dei marker sono esposti sull'applicazione MonitBO.

Durante il monitoraggio, l'esito satellitare dei marker può risultare:

- Positivo: marker rilevato
- Negativo: marker non rilevato e finestra temporale di ricerca terminata
- In attesa: se il marker ancora non è stato rilevato e la finestra temporale di ricerca è ancora attiva

Nel secondo caso (**indicatore**) gli algoritmi sono finalizzati a:

- Rilevare la presenza o meno di una coltura compatibile con quella dichiarata (**indicatore**), tramite il confronto dell'andamento temporale dell'NDVI della parcella analizzata, rispetto a quello medio (di riferimento) della coltura dichiarata

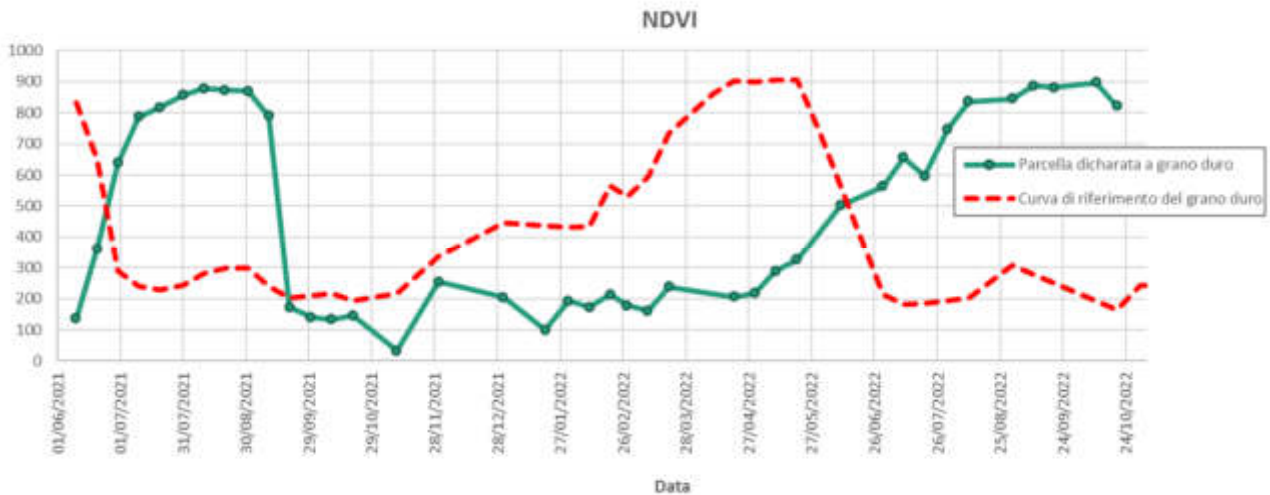


Figura 4: Esempio di incompatibilità (indicatore negativo) tra il trend NDVI della coltura dichiarata e il trend NDVI di riferimento per quella coltura

Questo implica che, per poter dare un esito attendibile sulla compatibilità colturale, è necessario confrontare l'intero trend temporale dell'NDVI e quindi aspettare che, per ogni coltura esaminata, sia completato il ciclo fenologico.

La metodologia si basa sull'utilizzo del DTW (*Dynamic Time Warping*), un algoritmo che permette di calcolare il matching ottimale fra due serie temporali non perfettamente sincronizzate. Il DTW viene così utilizzato per fornire una misura di distanza fra le serie temporali di NDVI. Di seguito gli step:

1. Estrazione curva di riferimento per la coltura di interesse a livello di appezzamento (con buffer interno di 5 m): a partire dalle statistiche zonali di tutti gli appezzamenti, presenti per una determinata coltura su una determinata provincia\tile Sentinel-2, viene estratta la curva di riferimento considerando le date migliori in termini di disponibilità di misure (corrispondenti a date in cui la copertura nuvolosa è ridotta affinché i punti della curva di riferimento siano di qualità e il più rappresentativi possibile).
2. Calcolo della distanza di ogni appezzamento (poligono) dalla curva di riferimento della coltura dichiarata e da tutte le altre presenti nello stesso periodo di analisi utilizzando il DTW.
3. Le soglie sono estratte partendo dalle distanze precedentemente calcolate in un approccio one-vs-all, individuando i valori ottimali di ROC (*Receiver Operating Characteristic*) curve e PR (*Precision Recall*) curve. In altri termini, di volta in volta, si valutano gli errori di classificazione che si avrebbero al variare delle soglie e si identificano quelle ottimali per definire 3 possibili esiti satellitari:
 - Positivo: compatibilità con la coltura dichiarata
 - Negativo: incompatibilità con la coltura dichiarata

- Dubbio (esito preliminare): esito non conclusivo sulla compatibilità con la coltura dichiarata.

Gli esiti dubbi (preliminari, ottenuti in modo automatico) saranno analizzati, sulla base delle curve NDVI e sempre con il supporto di procedure automatiche, da operatori esperti, e ri-classificati in positivi, negativi o dubbi (dubbi finali).

L'utilizzo di uno o dell'altro dei due approcci sopra illustrati (marker o indicatore) dipendono dal tipo di intervento monitorato, ovvero:

- I marker si utilizzano per gli interventi relativi al sostegno disaccoppiato, al fine di confermare o meno l'uso agricolo, relativamente ai macro usi di seminativo, prato senza tara, coltura permanente, pascolo con tara, Pratiche Locali Tradizionali (PLT), quindi per:
 - PD 01 - BISS – Sostegno di base al reddito
 - SRB01 - Sostegno zone con svantaggi naturali montagna
 - SRB02 - Sostegno zone con altri svantaggi naturali significativi
 - SRB03 - Sostegno zone con vincoli specifici
 - PD 02 - CRISS - Sostegno redistributivo complementare al reddito per la sostenibilità
 - PD 03 - CIS YF - Sostegno complementare al reddito per i giovani agricoltori
- Gli indicatori si utilizzano per gli interventi relativi al sostegno accoppiato, al fine di confermare o meno la compatibilità della coltura con quella specificatamente dichiarata, ovvero per:
 - PD 06 - CIS(01) – Sostegno accoppiato al Frumento duro
 - PD 06 - CIS(02) – Sostegno accoppiato al Riso
 - PD 06 - CIS(03) - Sostegno accoppiato Barbabietola da zucchero
 - PD 06 - CIS(04) - Sostegno accoppiato Pomodoro da trasformazione
 - PD 06 - CIS(05) – Sostegno accoppiato Oleaginose
 - PD 06 - CIS(08) – Sostegno accoppiato Colture proteiche – Soia
 - PD 06 - CIS(09) - Sostegno accoppiato Colture proteiche -Leguminose eccetto soia

3. Metodologia e matrice EICO

Il monitoraggio satellitare, nell'ambito dell'AMS, agisce con lo scopo di:

- **Agevolare la fase dichiarativa**, eseguendo una fase di controllo basato sul calcolo dei marker già a partire dai fascicoli aziendali (pre-dichiarazione) e fornire un **pre-marker** che ha l'obiettivo di confermare il prima possibile, in funzione del macro-uso agricolo:
 - La **compatibilità con un'area a seminativo** o prato senza tara, basato sul rilievo di almeno una pratica agricola (es aratura, sfalcio, ecc) (Pre-marker positivo o pre-bandierina Verde)
 - La **non compatibilità con un'area a coltura permanente**, pratica locale tradizionale o pascolo con tara, basata sulla verifica della presenza di una pratica di aratura (Pre-marker negativo o pre-bandierina Rossa)

Nei casi in cui, rispettivamente in funzione dei macro-usi, queste condizioni non siano verificate, il pre-marker ha un esito non conclusivo (pre-bandierina Bianca)

- **Eeguire la verifica dell'ammissibilità delle dichiarazioni:**
 - Per gli interventi di tipo PD 01 - BISS, SRB01, SRB02, SRB03, PD 02 – CRISS e PD 03 - CIS YF)
 - Ereditando i pre-marker con esito conclusivo (pre-bandierina Verde o Rossa)
 - Proseguendo il monitoraggio fino alla fine del periodo di monitoraggio previsto per la singola coltura, per gli esiti dei pre-marker non conclusivi (pre-bandierina Bianca)
 - Per gli interventi di tipo accoppiato (PD 06 - CIS(01), PD 06 - CIS(02), PD 06 - CIS(03), PD 06 - CIS(04), PD 06 - CIS(05), PD 06 - CIS(08), PD 06 - CIS(09)):
 - Eseguendo il monitoraggio con la metodologia dell'indicatore accoppiato, indipendentemente dall'esito del pre-marker

Dettagliando il workflow operativo:

- A partire da giugno dell'anno precedente la campagna, e per tutto il periodo di monitoraggio, su tutti gli appezzamenti monitorabili del fascicolo grafico dell'anno corrente, viene calcolato l'andamento temporale dell'NDVI con un'aggregazione temporale a 10 giorni (come da grafico di Figura 2).
- Questi appezzamenti sono ciclicamente elaborati ogni 10 giorni con i marker, al fine di confermare o meno il macro-uso, ovvero la compatibilità con seminativo o prato senza tara, o la non compatibilità con coltura permanente, pratica locale tradizionale o pascolo con tara. L'esito di questo pre-calcolo (elaborazione dei marker sul fascicolo grafico, prima che venga sottoposta una domanda di aiuto per uno degli interventi monitorati), può portare come esito una **bandierina del pre-calcolo (pre-marker)**:

- **Verde** (solo per seminativo e prato senza tara), qualora vi sia evidenza di almeno una pratica agricola che evidenzia la compatibilità con il macro-uso
- **Rossa** (per coltura permanente, pratica locale tradizionale o pascolo con tara) qualora vi sia evidenza di una pratica agricola che evidenzia l'incompatibilità con il macro-uso (es. aratura)
- **Bianca** se non vi sono ancora evidenze che possano confermare o meno la compatibilità con il macro-uso

Le regole per la determinazione delle bandierine del pre-calcolo sono dettagliate in Tabella 2.

Macrouso	Marker	Logica calcolo bandierina satellitare	Bandierina al termine del periodo di monitoraggio
Seminativi	Aratura Crescita Raccolto Sfalcio	Il periodo di monitoraggio non è ancora terminato e non si sono ancora verificate le condizioni per determinare un esito finale	Bianca
		Almeno un marker tra Aratura, Raccolto e Sfalcio è positivo	Verde
Prati senza tara	Aratura Presenza di vegetazione Raccolto Sfalcio	Il periodo di monitoraggio non è ancora terminato e non si sono ancora verificate le condizioni per determinare un esito finale	Bianca
		Almeno un marker tra Aratura, Raccolto e Sfalcio è positivo	Verde
- Colture arboree - Pascoli con tara - Pratiche Locali Tradizionali (PLT)	Aratura Presenza di vegetazione	Il periodo di monitoraggio non è ancora terminato e non si sono ancora verificate le condizioni per determinare un esito finale	Bianca
		Il marker dell'aratura è positivo	Rossa

Tabella 2: Regole per la determinazione delle bandierine nel pre-calcolo

- Nel momento in cui viene sottoposta una domanda di aiuto, se questa appartiene agli interventi di tipo PD 01 - BISS, SRB01, SRB02, SRB03, PD 02 – CRISS e PD 03 - CIS YF:
 - Se l'appezzamento dichiarato coincide con un appezzamento già presente nel fascicolo grafico e per cui è già in corso la fase di pre-calcolo:
 - eredita i marker calcolati fino a quel momento nella fase del pre-calcolo, e continua ad essere ciclicamente monitorato ogni 10 giorni con lo stesso approccio, fino alla fine del periodo di monitoraggio della specifica coltura, qualora non vengano evidenziati prima i marker che determinano

l'ammissibilità al pagamento decretando una bandierina verde e per cui l'appezzamento esce dal monitoraggio

- Se l'appezzamento dichiarato non coincide con un appezzamento già presente nel fascicolo grafico:
 - entra nel flusso di monitoraggio basato sui marker, ed è ciclicamente monitorato ogni 10 giorni, fino alla fine del periodo di monitoraggio della specifica coltura, qualora non vengano evidenziati prima i marker che determinano l'ammissibilità al pagamento decretando una bandierina verde e per cui l'appezzamento esce dal monitoraggio
- Nel momento in cui viene sottoposta una domanda di aiuto, se questa appartiene agli interventi di tipo accoppiato (PD 06 - CIS(01), PD 06 - CIS(02), PD 06 - CIS(03), PD 06 - CIS(04), PD 06 - CIS(05), PD 06 - CIS(08), PD 06 - CIS(09)):
 - l'appezzamento entra nel flusso di monitoraggio basato sugli indicatori di compatibilità colturale, che prevede 3 momenti principali per il rilascio degli bandierine in funzione del tipo di coltura (fine luglio per le colture invernali, metà ottobre per le colture estive, metà novembre per le colture tardo-estive)
- I marker sono quindi calcolati ciclicamente ogni 10 giorni, gli indicatori sono calcolati in 3 momenti principali della campagna di monitoraggio, in funzione del tipo di coltura (fine luglio per le colture invernali, metà ottobre per le colture estive, metà novembre per le colture tardo-estive). Con la stessa frequenza sono calcolate le **bandierine satellitari** per ogni appezzamento, che possono assumere le seguenti colorazioni:
 - **Verde:** appezzamenti per i quali si perviene in maniera inequivocabile alla determinazione della presenza della coltura richiesta per l'aiuto accoppiato o della presenza di una attività agricola minima per gli aiuti disaccoppiati
 - **Rossa:** appezzamenti per i quali si perviene in maniera inequivocabile alla determinazione dell'assenza della coltura richiesta per l'aiuto accoppiato o dell'assenza di una attività agricola minima per gli aiuti disaccoppiati
 - **Bianca:** appezzamenti per i quali non si è ancora pervenuti ad un esito certo tramite l'analisi dei dati satellitari e per i quali ancora non è terminato il periodo massimo di monitoraggio, o se gli appezzamenti hanno dimensioni troppo ridotte per poter essere elaborati

- **Gialla:** appezzamenti per i quali non si è riusciti a pervenire ad un esito certo tramite l'analisi dei dati satellitari e per i quali è terminato il periodo massimo di monitoraggio¹

Le regole per la determinazione delle bandierine satellitari sono dettagliate di seguito (Tabella 3 e Tabella 4), in funzione del tipo di intervento e del tipo coltura.

¹ Se il numero di pixel S2 che interseca l'appezzamento a valle dell'applicazione del buffer negativo di 5 m, è inferiore a 2.

Per gli aiuti disaccoppiati (BISS, SRB01, SRB02, SRB03, CRISS, CIS YF)

Regime di aiuto disaccoppiato	Macrouso	Marker	Logica calcolo bandierina satellitare	Bandierina al termine del periodo di monitoraggio
- BISS - SRB01, SRB02, SRB03 - CRISS - CIS YF	Seminativi	Aratura Crescita Raccolto Sfalcio	Il periodo di monitoraggio non è ancora terminato e non si sono ancora verificate le condizioni per determinare un esito finale	Bianca
			Almeno un marker tra Aratura, Raccolto e Sfalcio è positivo	Verde
			Il periodo di monitoraggio è terminato e la Crescita è l'unico marker positivo	Gialla
			Il periodo di monitoraggio è terminato e tutti i marker sono negativi	Rossa
	Prati senza tara	Aratura Presenza di vegetazione Raccolto Sfalcio	Il periodo di monitoraggio non è ancora terminato e non si sono ancora verificate le condizioni per determinare un esito finale	Bianca
			Almeno un marker tra Aratura, Raccolto e Sfalcio è positivo	Verde
			Il periodo di monitoraggio è terminato e la Presenza di vegetazione è l'unico marker positivo	Gialla
			Il periodo di monitoraggio è terminato e tutti i marker sono negativi	Rossa
	- Colture arboree - Pascoli con tara - Pratiche Locali Tradizionali (PLT)	Aratura Presenza di vegetazione	Il periodo di monitoraggio non è ancora terminato e non si sono ancora verificate le condizioni per determinare un esito finale	Bianca
			Il periodo di monitoraggio è terminato, il marker dell'aratura è negativo e il marker della Presenza di vegetazione è positivo	Verde
			Il periodo di monitoraggio è terminato e il marker dell'aratura e della presenza di vegetazione sono entrambi negativi	Gialla
			Il marker dell'aratura è positivo	Rossa

Tabella 3: Regole per l'attribuzione delle bandierine satellitari in funzione dell'esito dei marker per i regimi di aiuto disaccoppiati

Per gli aiuti accoppiati (CIS(01), CIS(02), CIS(03), CIS(04), CIS(05), CIS(08),) CIS(09))

Regime di aiuto accoppiato	Logica calcolo bandierina satellitare	Bandierina al termine del periodo di monitoraggio
<ul style="list-style-type: none"> - CIS01 – Frumento duro - CIS02 – Riso - CIS03 – Barbabietola da zucchero - CIS04 – Pomodoro da trasformazione - CIS05 – Oleaginose - CIS08 – Colture proteiche – Soia - CIS09 – Colture proteiche – Leguminose eccetto soia 	Il periodo di monitoraggio non è ancora terminato e non si sono ancora verificate le condizioni per determinare un esito finale	Bianca
	L'indicatore è positivo	Verde
	L'indicatore è dubbio	Gialla
	L'indicatore è negativo	Rossa

Tabella 4: Regole per l'attribuzione delle bandierine satellitari in funzione dell'esito dell'indicatore per i regimi di aiuto accoppiati

4. Segmentazione

Nell'ambito dell'AMS viene messo a disposizione il layer di segmentazione, che ha l'obiettivo di fornire un supporto visivo per una più corretta definizione geografica degli appezzamenti da dichiarare, sia all'interno di poligoni già esistenti, sia per eventuali nuovi limiti da ri-posizionare, al fine di avere una corretta corrispondenza tra poligono dichiarato in GSAA e campo effettivamente coltivato con fenologia congruente.

La correttezza della definizione geografica di una parcella coltivata in modo omogeneo consente di fornire, come input agli algoritmi, una serie NDVI più coerente, agevolando il rilascio immediato della bandierina verde (esito conclusivo positivo) con la metodologia AMS.

La segmentazione si basa su un'elaborazione dei dati Sentinel-2 che produce due strati informativi:

- Immagine raster con una combinazione delle bande 8, 11 e 4 che enfatizza i pixel che hanno un comportamento analogo, come ad esempio stessa fase fenologica (i toni del verde indicano un suolo nudo o arato, quelli dell'arancione e rosso, la presenza della coltura o. più in generale, di vegetazione in campo)
- Strato vettoriale che delimita le aree omogenee sulla base di un'elaborazione automatica che utilizza in input l'immagine raster sopra descritta

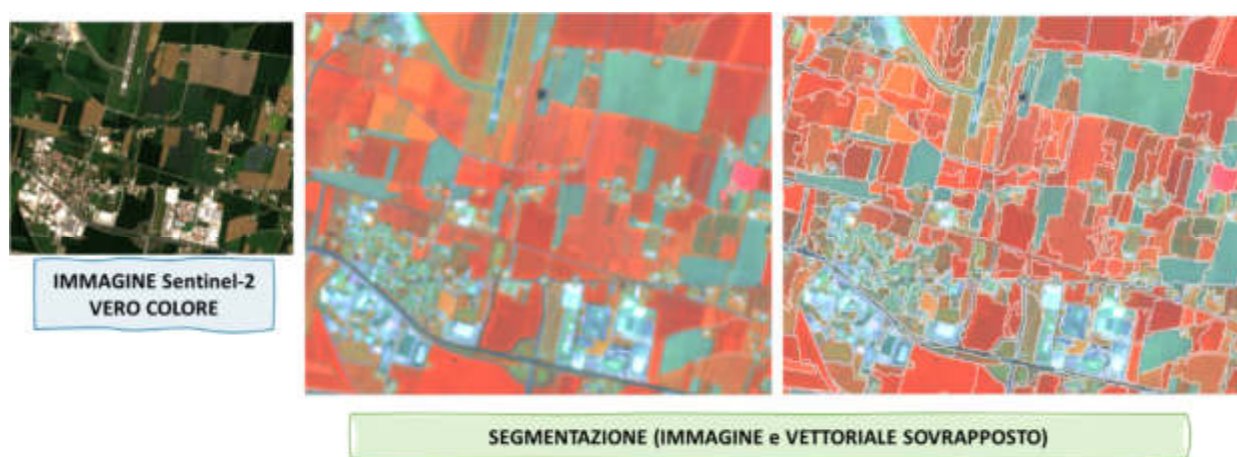


Figura 5: Layer di segmentazione (raster e vettoriale) a confronto con immagine in vero colore

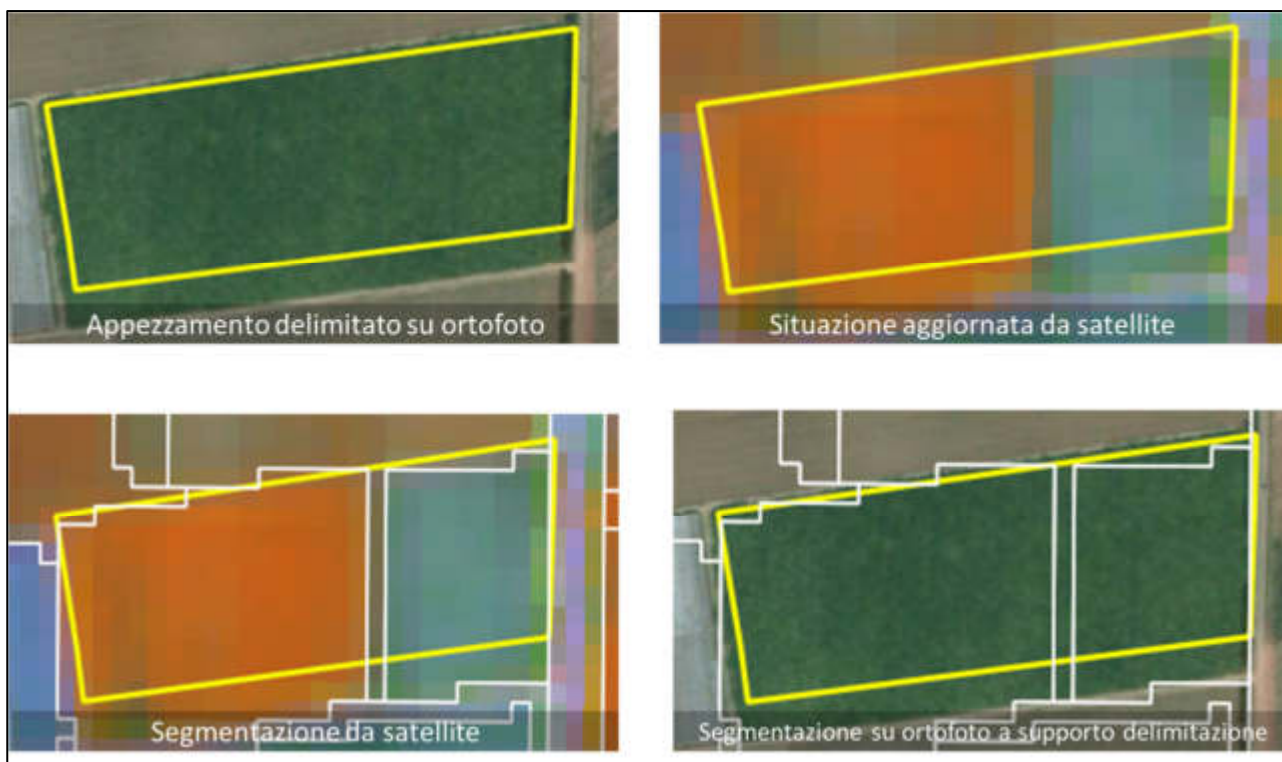


Figura 6: Esempio di come i layer di segmentazione possono supportare una corretta delimitazione geografica dell'appezzamento, evidenziando la presenza di più colture all'interno dell'appezzamento originario

I dati di segmentazione vengono rilasciati in 3 momenti della campagna di monitoraggio (basati sulla migliore acquisizione Sentinel-2 disponibile in termini di assenza di nuvolosità nel periodo indicato):

- Rilascio 1: Febbraio - Marzo
- Rilascio 2: Aprile - Maggio
- Rilascio 3: Giugno - Agosto



Figura 7: Esempio dei layer di segmentazione nei 3 rilasci temporali

Una porzione di questi strati informativi viene resa disponibile in fase di Piano culturale grafico e di domanda grafica.