

Sentinel-2 come supporto per il monitoraggio e la gestione di agroecosistemi vinicoli

Michele Baldo^(a), Diego Francesco Malacarne^(b), Giovanni Morao^(b), Serena Caldart^(b), Daniele Codato^(c), Federico Gianoli^(c), Salvatore Eugenio Pappalardo^(c), Stefano Menegon^(d), Gabriele Dallago^(d), Massimo De Marchi^(c)

(^a) Master GIScience e SPR per la gestione integrata del territorio e delle risorse naturali, Università degli Studi di Padova, *mastergis@dicea.unipd.it*

(^b) Progetto "Droni in viticoltura e frutticoltura: geoinformazione per agroecosistemi 4.0 in Veneto e Trentino", Università degli studi di Padova, P.O.R. Fondo Sociale Europeo 2014-2020 - Regione del Veneto – Obiettivo generale "Investimenti in favore della crescita e dell'occupazione" - Asse occupabilità - O.T. 8 - P.1 8.II - O.S. 2 Bando DGR 2216/2016

(^c) Master GIScience e SPR per la gestione integrata del territorio e delle risorse naturali, Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale, Università degli Studi di Padova, Via Marzolo, 9 – 35131 Padova

(^d) MPA Solutions, Via al maso Visintainer, 8 – 38122 Trento

Abstract

L'utilizzo di satelliti commerciali o sensori prossimali ad alta risoluzione, incontra ancora grosse difficoltà di utilizzo al di fuori degli ambiti della ricerca. In ambito commerciale le analisi effettuate con tali strumenti, a causa dei costi e della poca conoscenza degli stessi, si riducono spesso ad utilizzi sporadici, diminuendone drasticamente le potenzialità informative. Ecco che a loro supporto può venire in aiuto l'utilizzo e l'analisi di supporti satellitari liberi che possono offrire un prodotto "low cost", con larghe possibilità di automatizzazione dal lato dell'acquisizione e dell'elaborazione del dato spaziale. In questo contributo si presentano i risultati preliminari di un progetto di ricerca in itinere relativo all'analisi delle potenzialità e dei limiti dei dati multispettrali liberi derivanti da satellite Sentinel-2 come supporto al monitoraggio e alla gestione dei vigneti. I principali indici vegetazionali ricavati dal satellite (NDVI e sue varianti) sono stati analizzati e valutati relazionandoli con indici prodotti da sensori prossimali e correlandoli con i dati raccolti durante i rilievi sul campo. In particolare sono stati utilizzati come dati di confronto quelli raccolti dalla piattaforma *webgis* Enogis prodotta e gestita dalla ditta MPA Solutions di Trento e utilizzata per vigneti distribuiti eterogeneamente in tutta Italia. La prima serie di analisi ha permesso di valutare positivamente l'affidabilità degli indici vegetazionali derivanti dal Sentinel-2, alcuni potenziali utilizzi legati alla sua variabilità nel tempo e nello spazio e i suoi limiti principali. Sicuramente l'alta definizione temporale di questi dati liberi ha introdotto un nuovo sistema di monitoraggio continuo delle colture in grado di supportare la programmazione e la progettazione di indagini prossimali e controlli sul campo mirati, quindi potenzialmente più precisi e meno costosi.

1. Introduzione

Il progetto, sviluppato presso *MPA Solutions* di Trento, ha previsto l'utilizzo e l'analisi di supporti satellitari liberi in quanto necessari per offrire un prodotto "low cost", con larghe possibilità di automatizzazione, che consentisse un controllo ad alta definizione temporale di tutto il territorio nazionale. L'integrazione di piattaforme *webGIS* per la gestione dei vigneti con un nuovo strato informativo contenente degli indici vegetazionali derivanti da supporti liberi si pone anche l'obiettivo di far conoscere ad un vasto pubblico l'utilità e le potenzialità di tali strumenti. L'utilizzo di satelliti a pagamento o sensori prossimali ad alta risoluzione infatti incontra ancora grosse difficoltà di utilizzo al di fuori degli ambiti della ricerca a causa dei costi e della poca conoscenza generalizzata. Tra i principali prodotti satellitari liberi attualmente disponibili è stato scelto, in base alla sua risoluzione spaziale e temporale, il Sentinel-2. Grazie ai *webgis* creati da *MPA Solutions* a supporto della gestione dei vigneti, è stato possibile consultare da remoto numerosi dati acquisiti sul campo e confrontarli con le informazioni ottenute dai dati satellitari.

2. Materiali e metodi

Le aree di studio sono state selezionate in base alla quantità e qualità dei dati acquisiti a terra disponibili; le aziende vitivinicole scelte sono localizzate presso Barberino Val d'Elsa (FI) e presso Annone Veneto (VE). Di queste aziende erano disponibili dati relativi a rilievi NDVI prossimali eseguiti nel 2016 ed è stato quindi possibile effettuare un confronto con quelli derivanti da satellite. I rilievi prossimali sono stati eseguiti con sensore "Crop Circle" della *Holland Scientific* trasportato da un *quad*; tale strumentazione ha permesso di acquisire in tempo reale i valori NDVI alla risoluzione di 1 metro al *pixel*. Ulteriori analisi al fine di valutare eventuali correlazioni tra rilievi a terra e indici vegetazionali satellitari sono state eseguite nella Sicilia occidentale, soprattutto in alcuni vigneti presso Mazara del Vallo (TP), e in una cantina in provincia di Gorizia, di cui era disponibile un'elevata quantità di dati acquisiti sul campo riferiti al 2016.

2.1. Caratteristiche dei satelliti Sentinel-2

La missione Sentinel-2 comprende 2 satelliti gemelli con la stessa orbita ma posizionati agli antipodi l'uno dell'altro con un tempo di rivisitazione di 10 giorni all'equatore con un satellite e 5 giorni con due, che permettono acquisizioni alle medie latitudini anche ogni 3 giorni. Per questo studio è stato fatto riferimento solamente al satellite Sentinel-2A per il periodo 2016, in quanto il satellite Sentinel-2B è stato lanciato più recentemente, il 7 marzo 2017. I sensori dei Sentinel-2 coprono 13 bande spettrali, da 443 a 2190 nm, con risoluzioni spaziali variabili da 10 a 60 metri al *pixel* e ampiezza di ripresa (*swath*) di 290 km. (Berger et al., 2012)(<http://www.esa.int/ESA>).

L'acquisizione delle immagini satellitari può essere fatta attraverso il "Sentinel Scientific Data Hub", portale messo a disposizione da ESA, selezionando l'area d'interesse, il periodo di acquisizione e la copertura nuvolosa in *range* percentuale. In alternativa iniziano ad essere disponibili *plugin* per vari software (es: *Semi-Automatic Classification Plugin* per QGIS) o portali creati da aziende private (es: www.mundialis.de).

I dati disponibili, ed utilizzati in questa fase del progetto, sono ortorettificati e georeferenziati nel sistema UTM/WGS84 e riportano la misura di riflettanza alla sommità dell'atmosfera; con un ulteriore processamento è possibile ottenere il dato riferito alla base dell'atmosfera (Level-2A), attualmente raggiungibile anche utilizzando Sentinel-2 Toolbox, integrato nel programma open source SNAP dell'ESA.

2.2. Caratteristiche dei principali indici vegetazionali utilizzati

Il comportamento spettrale della vegetazione permette di ricavare relazioni qualitative e quantitative tra dati telerilevati e parametri della vegetazione mediante il calcolo di indici che si basano sul rapporto tra le bande. In questo studio è stato utilizzato principalmente l'NDVI, integrato da alcune analisi eseguite col suo derivato SAVI. Il *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) è un indicatore grafico utilizzato per analizzare presenza e salute della vegetazione.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad [1]$$

Dove RED e NIR rappresentano le misure di riflettanza spettrale acquisite nelle regioni del visibile (rosso) e nel vicino infrarosso. È stato dimostrato come questo indice sia direttamente legato alla capacità di fotosintesi e quindi all'assorbimento di energia delle chiome degli alberi (Gamon et al., 1995).

Nell'analisi qualitativa, con valori standard, indici inferiori allo 0 indicano acqua, di poco superiori allo 0 suoli, tra 0,4 e 0,7 vegetazione a vari livelli di densità, oltre lo 0,8 vegetazioni molto dense. L'utilizzo dell'NDVI per valutazioni quantitative, al contrario di quelle qualitative, è decisamente più complesso in quanto difficilmente si possono trovare relazioni semplici con le variabili da stimare. Il calcolo dell'NDVI può essere sensibile ad una serie di fattori perturbanti (effetti atmosferici, nuvole, suolo bagnato, ecc.) e risentire di effetti spettrali legati al fatto che ogni sensore ha le proprie caratteristiche e prestazioni, per queste ragioni l'indice deve essere usato con cautela (Mulla D.J., 2013).

Una variante del precedente indice è il *Soil-adjusted Vegetation Index* o SAVI, utile soprattutto in zone dove la copertura vegetale è bassa (tendenzialmente sotto il 40%) e la superficie del suolo è esposta (un esempio lo troviamo in molti vigneti della Sicilia). Il suolo esposto va ad influenzare l'indice vegetazionale e questo effetto può essere limitato utilizzando appunto l'indice SAVI, il quale è strutturato come l'NDVI ma con l'aggiunta di un fattore di correzione della luminosità del suolo.

$$SAVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED + L} * (1 + L) \quad [2]$$

RED e NIR sono le misure di riflettanza spettrale acquisite nelle regioni del visibile (rosso) e nel vicino infrarosso, L è il fattore di correzione della luminosità del suolo, il quale dipende dalla copertura vegetale e varia da 0

(copertura abbondante) a 1 (assenza totale) e viene spesso tarato di default a 0,5. Il risultato del SAVI è, come per l'NDVI, compreso tra -1 e +1, ma la sua sensibilità alle variazioni nella vegetazione è inferiore; risulta inoltre superiore la sensibilità alle differenze atmosferiche. Ulteriori varianti dei precedenti indici, come MSAVI, TSAVI o EVI, sono stati messi a punto inserendo variabili per cercare di superare, o almeno limare, i limiti delle formule di base. L'inserimento di ulteriori variabili, per contro, tende a rendere più complesso e meno agile il calcolo (Mulla D.J., 2013).

L'elaborazione degli indici è stata effettuata mediante il *software* SNAP dell'ESA, ma è possibile eseguirla con un qualsiasi calcolatore *raster*, ad esempio quello integrato in QGIS.

3. Risultati

Le prime elaborazioni sono state effettuate su vigneti della Sicilia occidentale, ottenendo le mappe di NDVI e SAVI. Da questa prima analisi si è notato come le variazioni negli indici a questa risoluzione permettano di creare mappe di vigoria interne a vigneti anche di pochi ettari. I principali limiti sono stati riscontrati nei vigneti di ridotte dimensioni, con forma stretta e allungata, o alla presenza di estesi interfilarli, che in alcuni vigneti rappresentano più del 50% della copertura.

Una prima analisi dell'attendibilità degli indici ricavati da Sentinel-2 è stata eseguita in un vigneto di Barberino Val d'Elsa (FI), dove erano disponibili dati NDVI derivanti da rilievi prossimali mediante *quad*. Il confronto si è basato sulle tendenze di variazione rapportate alla geolocalizzazione, e non sul valore numerico dell'indice dei singoli *pixel*, in quanto lo strumento utilizzato per il rilievo prossimale era stato impostato per restituire valori NDVI in un *range* tra 0,20 e 0,30 e riferito al solo apparato fogliare verticale. Gli indici utilizzati in Toscana sono stati calcolati da dati satellitari del 28/07/2016 e prossimali del 1-2/08/2016. Da un primo confronto visivo tra gli indici prodotti con i due strumenti, tenendo conto della consistente differenza di risoluzione (1 contro 10 metri a pixel), si è potuto constatare una notevole conformità riguardante la tendenza di variazione dei due indici, soprattutto confrontando le mappe in cui i valori sono stati ristretti a 2 o 3 classi (*Figura 1*).

A supporto di questi primi confronti sono stati prodotti i calcoli dei grafici di regressione lineare tra le due tipologie di indici riferiti alle stesse aree campione portando i *raster* relativi al rilievo prossimale a 10 metri di risoluzione per adeguarli a quelli satellitari. I valori NDVI del Sentinel-2 si sono dimostrati, anche in questo caso, sufficientemente soddisfacenti, se rapportati alla risoluzione del prodotto e alla sua disponibilità a titolo gratuito. Il coefficiente di determinazione (R^2) medio delle varie regressioni si è attestato a 0,75 (*Figura 2*).

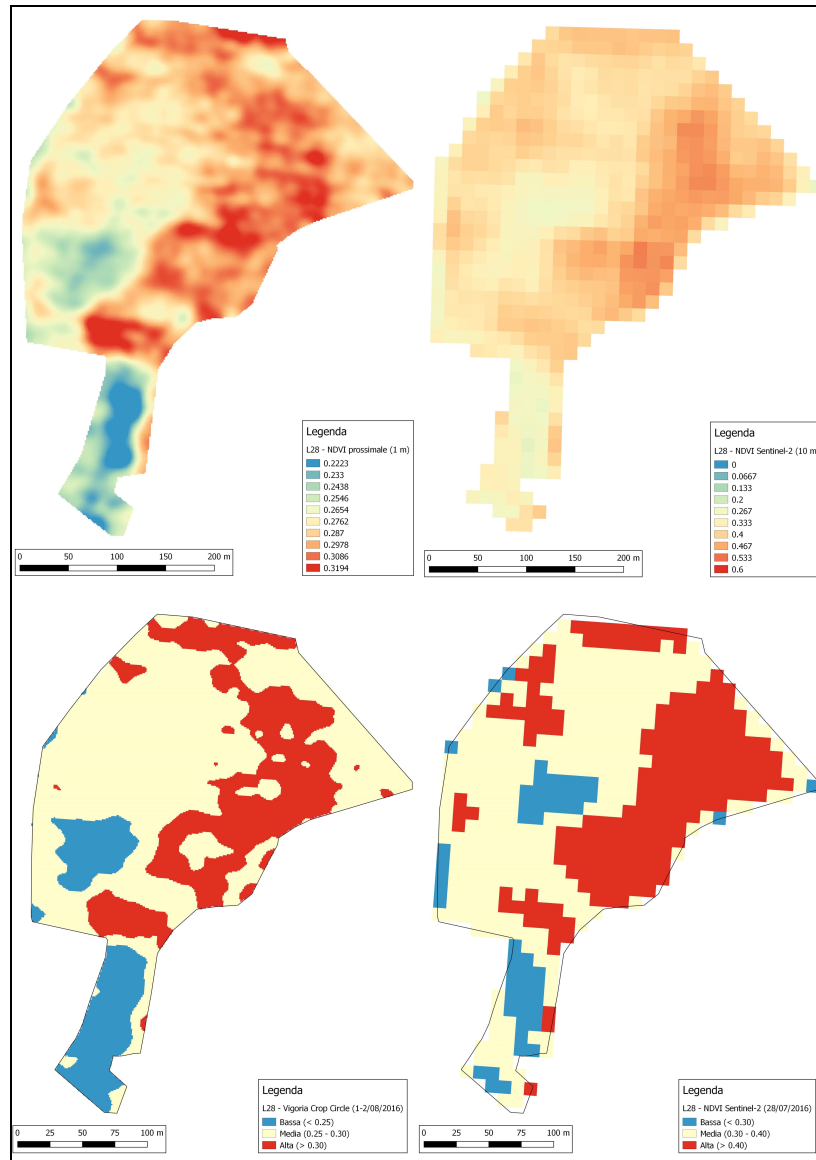


Figura 1: Barberino Val d'Elsa (FI) - Confronto NDVI area L28 (5 ettari ca.).

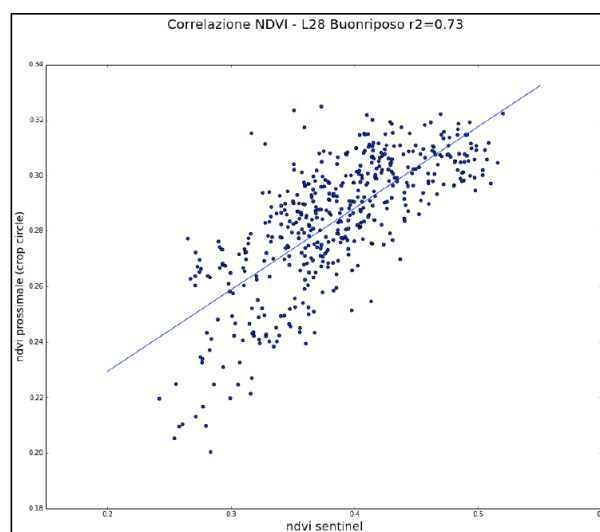


Figura 2: Barberino Val d'Elsa - grafico di regressione lineare dell'area L28.

La fase successiva della ricerca ha previsto un confronto fra i dati di gestione e monitoraggio dei vigneti raccolti dalle cantine e dai viticoltori ed una serie continua di indici vegetazionali ottenuti dalle immagini satellitari. Il fine di questa analisi, che non può completarsi sicuramente in un solo anno di sperimentazione, è stato quello di individuare correlazioni tra tendenze di variazione degli indici tra aree e date diverse e variazioni di condizioni riscontrabili sul campo nelle colture. Fra le possibili correlazioni, una delle più utili ed agevoli da individuare è stata quella riguardante il passaggio della vite alla fase fenologica dell'invaiaitura. L'individuazione di questo momento risulta molto utile alla programmazione di eventuali diradamenti per l'adeguamento del carico produttivo. Un tempestivo riscontro dell'avvenuto passaggio di fase nelle varie aree del vigneto può quindi influire positivamente nella realizzazione di un corretto processo decisionale relativo alle pratiche colturali volte a definire un migliore equilibrio vegeto-produttivo della pianta (Brancadoro et al., 2006).

È noto da vari studi che la vigoria riscontrata attraverso indici vegetazionali, come NDVI, inizi a scendere con l'iniziare di questa fase fenologica in quanto la vite comincia ad indirizzare in maniera preponderante le proprie risorse verso i grappoli (Brancadoro et al., 2006). Il confronto tra rilievi a terra in cui è stato segnalata l'invaiaitura (non necessariamente nella fase iniziale all'atto del controllo) e l'inizio della fase decrescente dell'NDVI ha dato, per il campione analizzato, ottimi riscontri. Si riporta come esempio l'esame del campione di vigneti siciliani nel quale 5 rilievi sul campo, eseguiti tra il 12/07/2016 e il 18/07/2016, hanno constatato l'avvenuto passaggio alla fase di invaiaitura e sono stati messi a confronto con una serie di indici vegetazionali che hanno riscontrato un calo costante di vigoria a partire dal 02/07/2016 (che segue una fase di crescita almeno fino al precedente dato NDVI del 25/06/2016), quindi con un margine di anticipo di circa 2 settimane dal riscontro a terra (*Figura 3*). Oltre alla constatazione tempestiva dell'avvenuto passaggio, l'utilizzo di questi supporti permette anche di mapparne e rilevarne le eventuali differenze temporali.

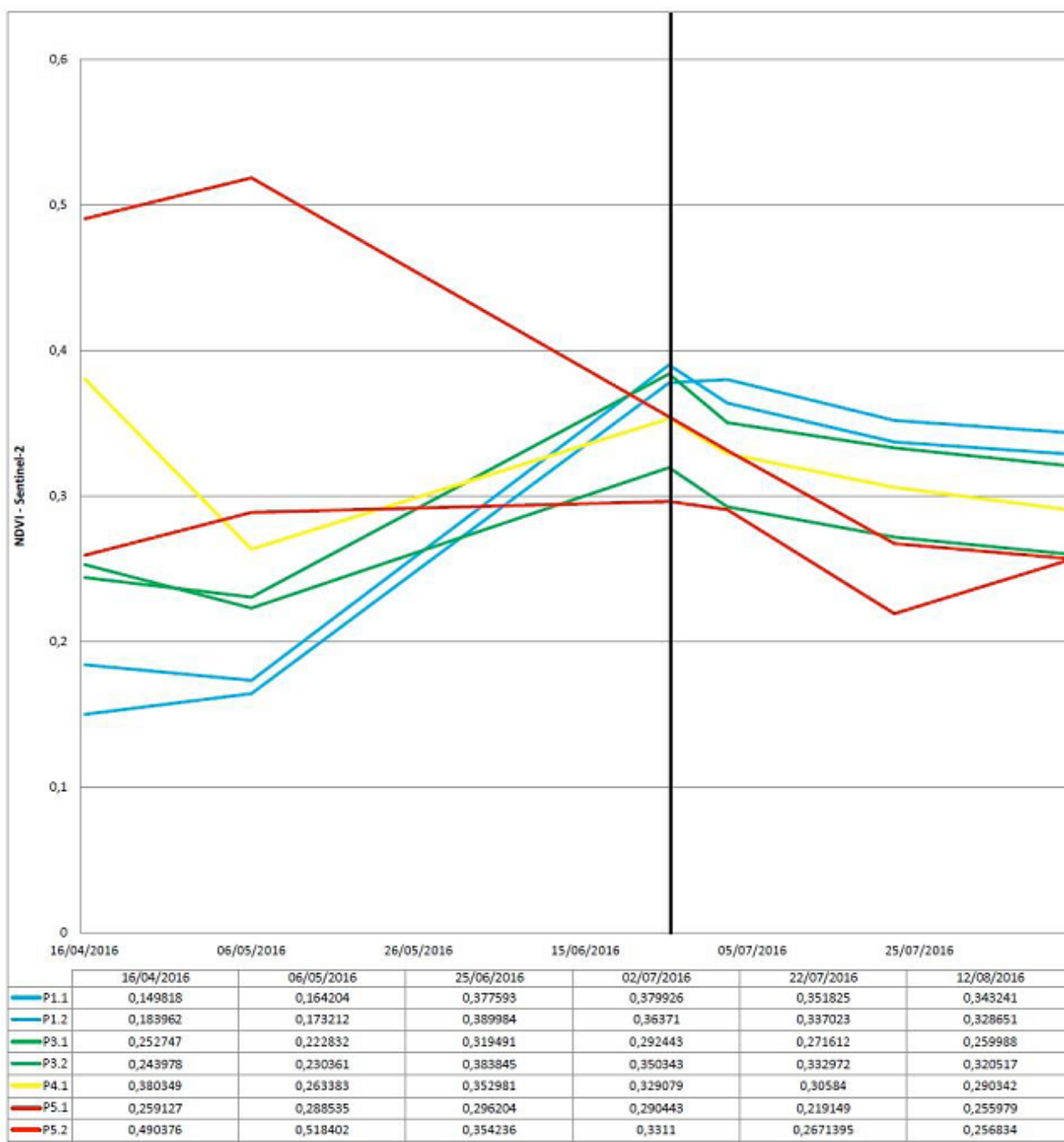


Figura 3: grafico di variazione temporale dell'NDVI per il confronto con i riscontri di cambio fase fenologica.

4. Conclusioni

Le analisi eseguite con questo progetto di ricerca hanno permesso di valutare la qualità e, in parte, le potenzialità ed i limiti degli indici vegetazionali, in particolare NDVI e le sue varianti, derivanti dalle immagini acquisite dal satellite Sentinel-2.

Un eventuale rapida implementazione nei sistemi di gestione del vigneto, anche attraverso l'integrazione dell'acquisizione e dell'elaborazione di questi dati nei numerosi sistemi webGIS per la gestione dei vigneti già esistenti, permetterebbe di monitorare costantemente le colture ed apprezzarne le eventuali macrovariazioni associabili a numerose potenziali cause; non sarà, al

momento, compito di questo supporto individuare la causa specifica delle anomalie riscontrate, ma sicuramente potrà essere un utile supporto per la programmazione e progettazione di indagini prossimali e controlli sul campo più mirati e quindi potenzialmente più precisi e meno costosi.

Si ritiene che, con questi risultati preliminari, associati alle proposte di utilizzo avanzate, si possa dimostrare quanto questo prodotto, acquisibile agevolmente e liberamente o con una spesa minima (in base al livello di elaborazione del dato), sia un supporto utile e semplicemente integrabile nei processi di monitoraggio e gestione delle coltivazioni vitivinicole. La facilità di accesso ed integrazione di questi dati, uniti all'economicità degli stessi, potrebbe portare, nei prossimi anni, ad un utilizzo più radicato di questi strumenti fino ad integrarli tra le pratiche ordinarie di gestione delle colture, quindi ad una loro maggiore conoscenza che, di riflesso, potrà avere risvolti positivi per un più largo utilizzo anche dei sensori prossimali, in particolare quelli multispettrali trasportati da UAV.

Per quanto riguarda l'individuazione di correlazioni tra variazioni degli indici come riflesso delle variazioni di condizioni sul vigneto, attualmente l'analisi ha portato risultati interessanti ma da approfondire e validare, soprattutto perché svolta su una raccolta dati non tarata per queste necessità. Nonostante ciò quanto constatato incoraggia la prosecuzione dell'analisi di questo supporto per questi scopi. La raccolta dei dati sul campo e i rilievi prossimali (con sensore trasportato a terra o con UAV) potranno essere programmati anche utilizzando a supporto il nuovo satellite qui analizzato, al fine di capire e validare, in particolare, quali variazioni di fase fenologica sono percepibili da remoto a questa risoluzione e quali altri risvolti operativo/gestionali potrebbe avere una mappatura NDVI ottenuta con Sentinel-2.

Bibliografia

- Berger M., Moreno J., Johannessen J., Levelt P., Hanssen R. (2012), "ESA's sentinel missions in support of Earth system science", *Remote Sensing of Environment*. 120: 84-90.
- Brancadoro L., Donna P., Dosso P., Faccincani M., Scienza A., Serina F., Usanza L. (2006), "Viticoltura di precisione assistita da satellite in Franciacorta: le attività realizzate nel 2005", Workshop Citimap - Piacenza, 20 Aprile 2006. Telerilevamento per un'agricoltura sostenibile.
- Gamon J.A., Field C.B., Goulden M.L., Griffin K.L., Hartley A.E., Joel G., Peñuelas J., Valentini R. (1995), Relationships Between NDVI, Canopy Structure, and Photosynthesis in Three Californian Vegetation Types. *Ecological Applications*, Vol. 5, No. 1 (Feb., 1995), 28-41
- Mulla D.J. (2013), "Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps", *Biosystems Engineering*, 114 (4), 358-371.

Sitografia

<http://www.esa.int/ESA>