

## Applicazione di metodologie di telerilevamento per il monitoraggio e la tutela di siti UNESCO nel territorio veneto – i contesti delle ville del Palladio

De Santis V.<sup>1,2</sup>, Masetto C.<sup>1</sup>, Amoroso A.<sup>1</sup>, Magnabosco L.<sup>1</sup>, Trivelloni U.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Regione del Veneto, Direzione Pianificazione Territoriale - Calle Priuli, Cannaregio 99 - 30121 Venezia, IT, [valentina.desantis@gddesigns.it](mailto:valentina.desantis@gddesigns.it), [carlo.masetto@regione.veneto.it](mailto:carlo.masetto@regione.veneto.it), [alessandra.amoroso@regione.veneto.it](mailto:alessandra.amoroso@regione.veneto.it), [laura.magnabosco@regione.veneto.it](mailto:laura.magnabosco@regione.veneto.it), [umberto.trivelloni@regione.veneto.it](mailto:umberto.trivelloni@regione.veneto.it)

<sup>2</sup> Università degli Studi di Padova - Dipartimento di Ingegneria Civile Edile e Ambientale - Via Marzolo, 9 35131– Padova, IT, [valentina.desantis@gddesigns.it](mailto:valentina.desantis@gddesigns.it)

**Abstract.** Il telerilevamento rappresenta uno strumento prezioso per il monitoraggio ambientale e, negli ultimi decenni, ha acquisito sempre più rilevanza anche nel campo culturale e paesaggistico [1]. In Italia, la tutela, la conservazione e la valorizzazione del patrimonio culturale e paesaggistico nazionale è regolata dal Decreto Legislativo n. 42 del 22 gennaio 2004, noto come il *Codice dei beni culturali e del paesaggio*, che definisce il patrimonio culturale, specifica le categorie di beni da tutelare e disciplina le modalità di tutela. Tra questi, vi sono “*le ville, i parchi e i giardini che abbiano interesse artistico o storico*”. Le ville venete fanno parte dei “*Sistemi di valori*” riconosciuti dal Piano Territoriale Regionale di Coordinamento (PTRC) della Regione Veneto, ovvero beni non sempre sottoposti a tutela paesaggistica ai sensi della legge, ma storicamente caratterizzanti il sistema insediativo regionale. Di particolare rilievo sono le 24 ville del Palladio che, unitamente alla città di Vicenza, sono elencate nella lista del Patrimonio Mondiale dell'UNESCO. L'obiettivo di questo lavoro è stato quello di applicare metodologie di telerilevamento per valutare e monitorare le condizioni di salute della vegetazione presente nei contesti delle ville palladiane, e valutare indirettamente gli effetti delle condizioni climatiche. Sono state utilizzate immagini multispettrali *Sentinel-2*, con risoluzione spaziale di 10 m per le bande del visibile e del *Near Infra-Red* (NIR), e di 20 m per le bande dello *Short-Wavelength Infra-Red*, per il periodo primaverile-estivo 2020-2024. Inoltre, sono state utilizzate immagini multispettrali e pancromatiche ad altissima risoluzione (1,5 m) *TripleSat*, accuratamente ortorettificate e mosaicate fornite da ARPAV, con bande del visibile e del NIR, per il periodo primaverile-estivo 2021-2023. Per ciascuna villa del Palladio e relativo contesto, dalle immagini satellitari sono stati ricavati diversi indici spettrali (NDVI, EVI, NDMI, MSI), strumenti preziosi per il monitoraggio dell'ambiente e del territorio, ed è stata condotta un'analisi temporale per: ciascuna villa del Palladio e relativo contesto; le classi “2 – *Territori Agricoli*” e “3 – *Territori Boscati e Aree Semi-naturali*” della Carta di Copertura del Suolo della Regione Veneto; quattro fasce di altitudine ricavate dal *Digital Terrain Model* (DTM) disponibile sul geoportale regionale; l'indice NDVI ottenuto mediante dati *Sentinel-2* e quello ottenuto dai dati *TripleSat*. Questa analisi ha evidenziato che la stagione estiva presenta una maggiore variabilità dei valori degli indici spettrali tra i diversi anni, ed il 2022 sembrerebbe essere significativamente diverso dagli anni precedenti, riflettendo dunque molto bene l'anomalia climatica

verificatasi soprattutto nel periodo estivo del 2022, caldo e secco, con temperature superiori di 2°C rispetto alla media 1993-2021 [2], evidenziando uno stato di severa siccità. Questo lavoro ha inoltre evidenziato una proporzionalità diretta e inversa tra i vari indici spettrali utilizzati in questo studio, confermata per tutti gli anni, e per le diverse stagioni. Il confronto dell'indice NDVI ottenuto mediante le immagini *Sentinel-2* e quello ottenuto dalle immagini *TripleSat*, ha evidenziato una netta differenza (circa 0.3-0.4) tra i valori degli indici, che appare sistematico nel corso degli anni, ed è probabilmente imputabile o ad una differente calibrazione radiometrica del sensore *TripleSat* utilizzata nella definizione dell'ortomosaico, o per l'applicazione di una differente correzione atmosferica rispetto alle immagini *Sentinel-2*, che si riflette in valori diversi di radianza e riflettanza [3]. Questo lavoro evidenzia come gli indici spettrali siano particolarmente sensibili alle variazioni climatiche locali [4] e possano costituire un buon indicatore per valutare lo stato di salute della vegetazione in aree di pregio culturali e paesaggistiche quali i contesti delle ville del Palladio - Patrimonio Mondiale UNESCO - contribuendo alla loro valorizzazione e tutela e supportando così le disposizioni fornite dal PTRC riguardanti i "Sistemi di valori" di cui le ville fanno parte. Il telerilevamento rappresenta dunque uno strumento potente e versatile nel campo della conservazione e gestione dei patrimoni culturali e paesaggistici. L'applicazione di metodologie di telerilevamento consente di monitorare nel tempo aree critiche che necessitano di protezione e conservazione, e di fornire agli Enti Competenti una procedura replicabile che possa essere utilizzata per pianificare eventuali azioni di mitigazione dei cambiamenti climatici, contribuendo in modo significativo alla capacità di rispondere alle sfide ambientali globali. A tal proposito, la metodologia sviluppata con il presente lavoro può contribuire a raggiungere gli Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile dell'Agenda 2030 11.4 – Rafforzare gli impegni per proteggere e salvaguardare il patrimonio culturale e naturale del mondo e 13.2 – Integrare nelle politiche, nelle strategie e nei piani nazionali le misure di contrasto ai cambiamenti climatici, individuando azioni utili a preservare ambienti culturali di pregio, quali le Ville del Palladio.

## Riferimenti bibliografici

1. Luo, L., Wang, X., Guo, H., Lasaponara, R., Zong, X., Masini, N., Wang, G., Shi, P., Khatteli, H., Chen, F., Tariq, S., Shao, J., Bachagha, N., Yang, R., Yao, Y. (2019). Airborne and spaceborne remote sensing for archaeological and cultural heritage applications: A review of the century (1907–2017). *Remote sensing of environment*, 232, 111280. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111280>
2. ARPAV (2022). Clima e cambiamenti climatici in Veneto. Report di aggiornamento sullo stato dei lavori nell'ambito di: Accordo di collaborazione interistituzionale ex art. 15 della Legge n. 241/1990 e ss.mm.ii. per attività propedeutiche alla elaborazione della Strategia Regionale sui Cambiamenti Climatici.
3. Kok, S. Y., Nah, M. E., Yeong, S., & Yuan, B. (2017). TripleSat Imagery And Its Uses For Land Cover Analysis. <https://www.21at.sg/c/2021-09-30/486406.shtml>
4. Ichii, K., Kawabata, A., & Yamaguchi, Y. (2002). Global correlation analysis for NDVI and climatic variables and NDVI trends: 1982-1990. *International journal of remote sensing*, 23(18), 3873-3878. <https://doi.org/10.1080/01431160110119416>