

Monitoraggio di precisione dell'attività estrattiva: integrazione di dati telerilevati multipiattaforma

Cinzia Licciardello ^(a), Antonio Di Marco ^(a), Stefania Biagini ^(a), Khalil Tayeh ^(a), Diego Palazzuoli ^(a), Giovanni Ricci ^(b), Simone Belli ^(b), Giuliana Palandrani ^(c), Claudio Calandretti ^(c), Giovanni Visalli ^(c)

^(a) ARPAT, Settore SIRA, via Porpora 22, FIRENZE, +39 055 32061,
c.licciardello@arpat.toscana.it, a.dimarco@arpat.toscana.it, s.biagini@arpat.toscana.it,
k.tayeh@arpat.toscana.it, d.palazzuoli@arpat.toscana.it

^(b) ARPAT Settore Versilia-Massaciuccoli, Piazza della Repubblica 16, PIETRASANTA (Lu)
+39 055 32061, g.ricci@arpat.toscana.it, s.belli@arpat.toscana.it

^(c) ARPAT, Dipartimento di Massa, Via del patriota 2, MASSA, +39 055 32061,
g.palandrani@arpat.toscana.it, c.calandretti@arpat.toscana.it, g.visalli@arpat.toscana.it

Il Progetto Cave della Regione Toscana

Nell'ambito del Progetto Speciale Cave della Regione Toscana, l'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana (ARPAT) ha condotto in collaborazione con università e soggetti privati delle attività di rilievo *close range* all'interno del comprensorio delle Alpi Apuane, finalizzate alla determinazione delle tecnologie ottimali di rilievo e di elaborazione dei dati per il monitoraggio dell'evoluzione delle attività estrattive.

Sono stati condotti rilievi con cadenza semestrale in una delle cave maggiormente impattanti dell'intero comprensorio e controlli *una tantum* su altre cinque cave di complessità variabile tramite SAPR: è stata inoltre testata anche la tecnologia lidar terrestre sia su cantiere sotterraneo che di superficie.

Le aree di studio

La fase iniziale del progetto ha previsto lo svolgimento di varie tipologie di voli su 6 aree campione allo scopo di valutare le principali problematiche legate allo svolgimento di rilievi in ambienti di cava ubicati in alta quota (interazione con le attività antropiche, condizioni meteo, orografia complessa), le migliori modalità di pianificazione dei voli e di elaborazione dei dati e le massime precisioni ottenibili.

Successivamente i modelli aerofotogrammetrici sono stati utilizzati per l'analisi dei cambiamenti, sia per raffronto con voli a cadenza semestrale che con rilievi LIDAR aerei: è stata testata anche l'integrazione tra rilievo SAPR e rilievo con laser scanner terrestre per la restituzione di precisione di una cava con cantiere di superficie e sotterraneo.

Gli scenari più semplici hanno interessato cave per le quali la visibilità dei rilievi lidar aerei negli anni 2013 e 2017 non si presentava ottimale per la particolare esposizione del cantiere rispetto alla geometrie di volo o per la presenza di copertura arborea (cave n.2 e n.3): gli scenari più complessi hanno invece interessato cave molto estese, con diversi piazzali di scavo e/o presenza di

zone di scavo difficilmente rilevabili per la presenza di pareti verticali (cava n.1 e n.4) e cave con cantiere superficiale e sotterraneo (cava n. 5).

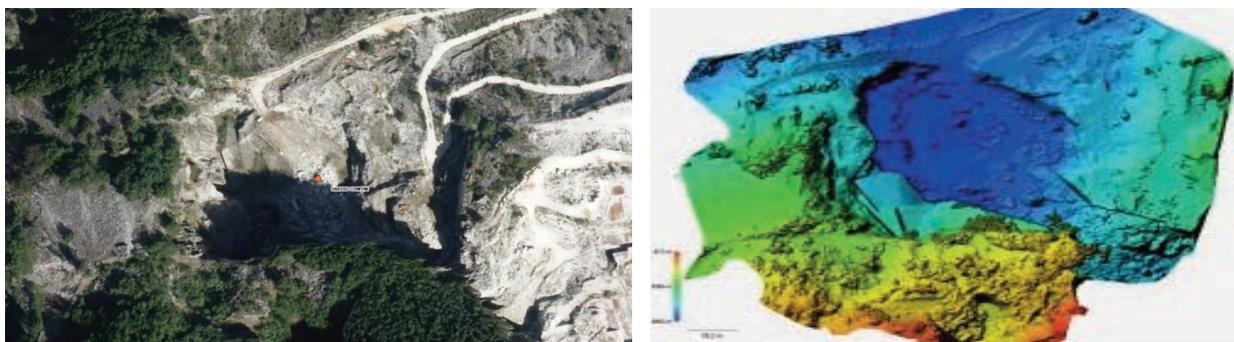


Figura 1 - Cava n.2: cava a pozzo (ortofoto e modello 3D da rilievo SAPR)

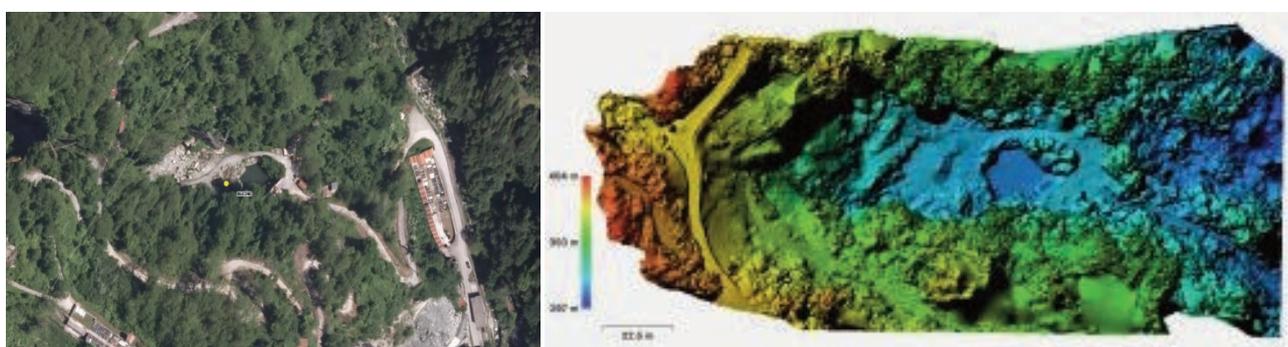


Figura 2 - Cava n. 3: con presenza di copertura arborea (ortofoto e modello 3D da rilievo SAPR)

Nel primo caso è stato sufficiente un semplice piano di volo con camera inclinata o orizzontale, mentre nel secondo caso sono stati necessari dai due ai tre voli, con l'integrazione di rilievi fotogrammetrici da terra in presenza di pareti in aggetto e voli liberi in assenza di segnale GPS all'interno di canyon.

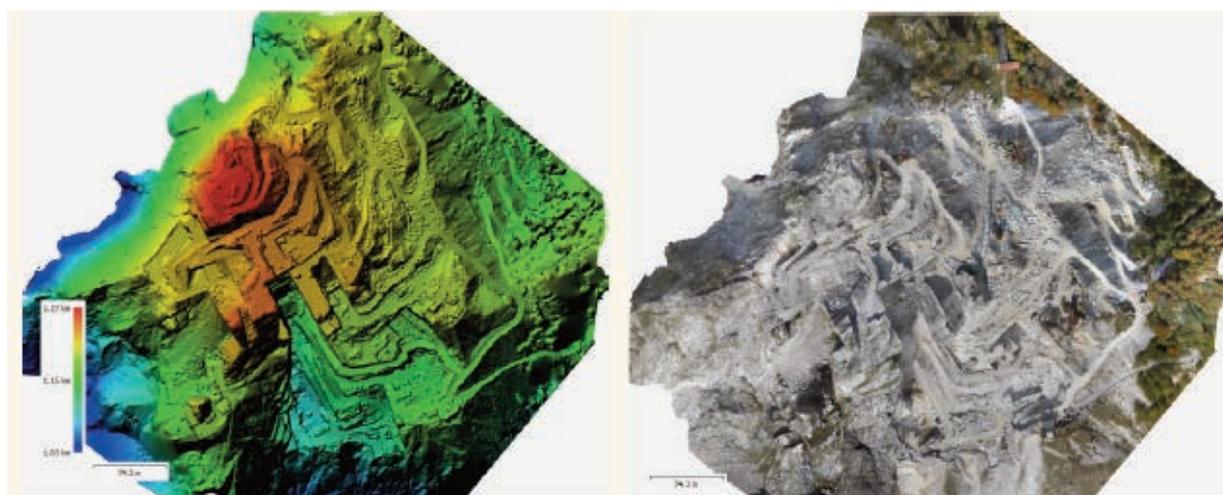


Figura 3 - Cava n. 4 (cava a morfologia complessa con canyon e pareti in aggetto) - modello 3D e True Orthophoto

Modellazione 3D in scenari ad elevata complessità

Nel caso della cava n. 4 sono stati condotte più tipologie di volo:

- nadirale ad altezza variabile
- obliquo ad altezza costante
- con controllo manuale su distanze fisse verticali
- rilevamento fotografico terrestre con camera Reflex

I modelli 3D ottenuti da ciascun rilievo sono stati integrati per ottenere un preciso modello di cava 3D, comprese le aree problematiche (assenza di segnale GPS, pareti verticali e a strapiombo).

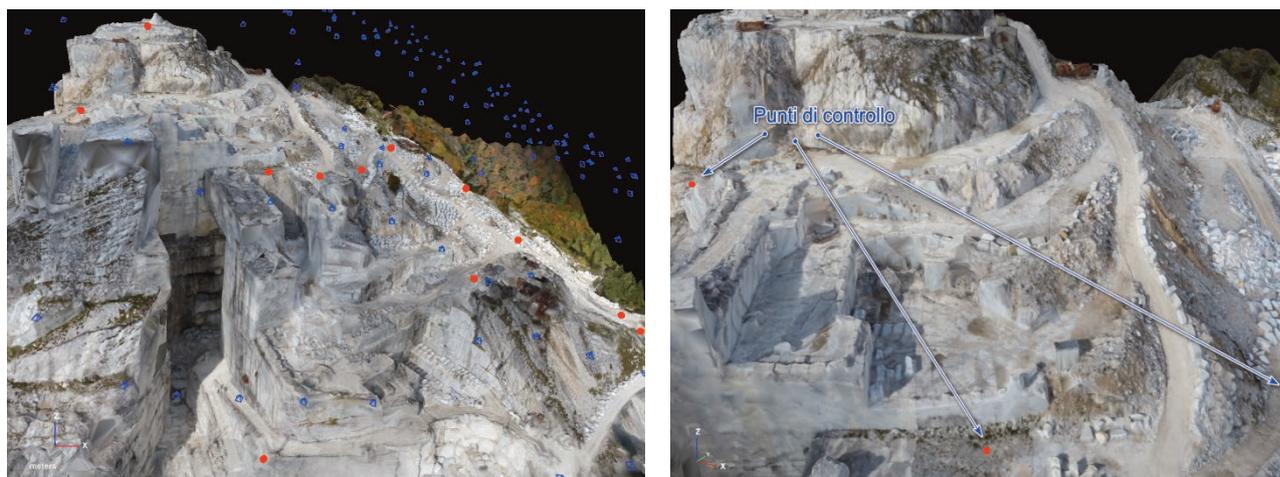


Figura n. 4 – Cava n. 4: mesh con textures. In evidenza: orientamento delle camere e punti di controllo a terra



Figura 5 – Cava n. 4: a sinistra e al centro: dettaglio zona con assenza di segnale GPS (canyon), mesh da rilievo SAPR. A destra: area con parete in aggetto (mesh da rilievo da terra)

Nel caso della cava n. 1 (due rilievi a cadenza semestrale) è possibile effettuare in ambiente 3D la misura delle variazioni volumetriche arrivando al dettaglio della singola bancata.



Figura 10 - Calcolo 3D in ambiente 3D Zephyr Aerial (piazzale di cava e altezza delle bancate)

Integrazione di rilievi SAPR e LIDAR terrestri

Nel caso della cava n. 5 (presenza di cantiere di superficie e cantiere sotterraneo) sono stati svolti due distinti rilievi: il cantiere di superficie è stato rilevato con SAPR, mentre il cantiere sotterraneo è stato rilevato con LIDAR terrestre. Nel corso del rilievo sotterraneo oltre a strumentazione a lungo raggio di tipo tradizionale (laser scanner fisso) è stata valutata anche strumentazione utilizzabile in movimento per rilievi speditivi basata su tecnologia SLAM.

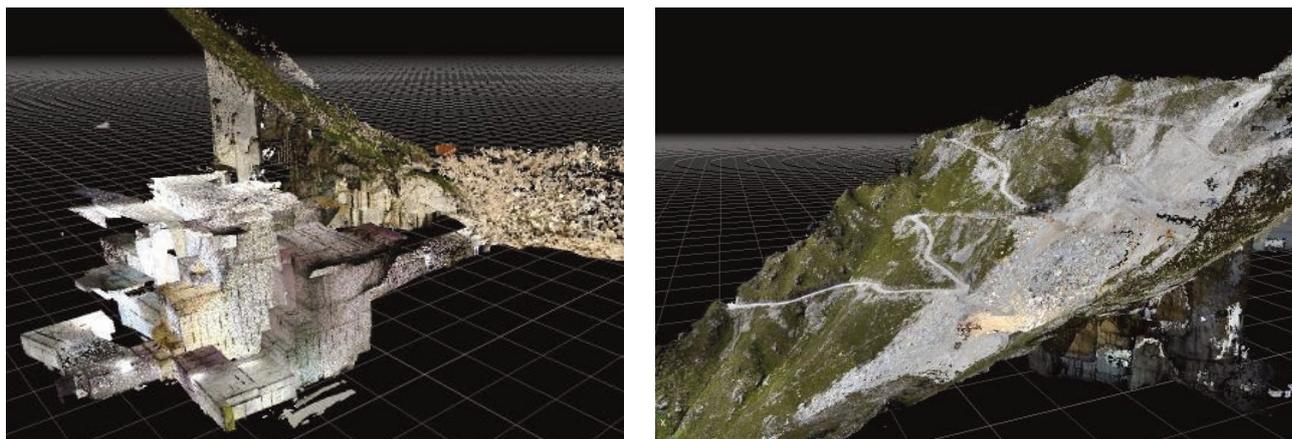


Figura 7 - Cava n. 5: integrazione della nuvola di punti ottenuta dal rilievo SAPR (cantiere di superficie) con la nuvola di punti ottenuta dal rilievo LIDAR terrestre (cantiere sotterraneo)

Conclusioni e prospettive future

L'utilizzo di rilievi a cadenza semestrale da piattaforme close range si presta a verifiche di dettaglio a livello di singola cava, garantendo una precisione non raggiungibile con piattaforme *long range* utilizzabili per la definizione di indicatori dell'attività di cava oltre alla possibilità di svolgere attività di monitoraggio su cave a morfologia complessa o con ubicazione sfavorevole difficilmente rilevabili con strumenti *long range*.

I dati telerilevati tramite tecniche close range possono essere integrati con dati ad alta risoluzione *long range* disponibili, quali rilievi aerei fotografici e lidar a bassa quota, con l'obiettivo di effettuare analisi quantitative multitemporali dell'andamento dell'attività estrattiva a livello di singola cava.

Note finali

Si ringraziano per la preziosa collaborazione il personale e i responsabili del Dipartimento di Massa e del Settore Versilia-Massaciuccoli (ARPAT) per il supporto alle attività di rilievo, il personale del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze per lo svolgimento delle attività di rilievo con SAPR autocostruito, e Microgeo s.r.l. per lo svolgimento del rilievo LIDAR terrestre su cantiere sotterraneo.

Bibliografia

Licciardello C., Biagini S., Di Marco A., Tayeh K., Palazzuoli D. (2019), "UAV, satellite and terrestrial laser scanner: an integrated approach to marble quarry monitoring", ESA Living Planet Symposium http://sira.arpat.toscana.it/sira/documenti/PUBBLICAZIONI/POSTER/2019/ESA_LPS/ARPAT_LPS19_rev3.pdf

Licciardello C., (2019), "Mapping changes in marble quarries: a combined classifier for environmental monitoring of the Apuan Alps", ESA Living Planet Symposium http://sira.arpat.toscana.it/sira/documenti/PUBBLICAZIONI/PRESENTAZIONI/2019/ESA_LPS/05%20Licciardello_pdf.pdf

ARPAT (2019), Droni e telerilevamento a supporto delle attività di controllo <http://www.arpat.toscana.it/notizie/arpatnews/2019/047-19/droni-e-telerilevamento-a-supporto-delle-attivit%C3%A0-di-controllo>

ARPAT (2019), Immagini satellitari a supporto del monitoraggio ambientale <http://www.arpat.toscana.it/notizie/arpatnews/2019/045-19/immagini-satellitari-a-supporto-del-monitoraggio-ambientale>

ARPAT, "Impatto ambientale – La marmettola" (2018) <http://www.arpat.toscana.it/temi-ambientali/sistemi-produttivi/attivita-estrattiva/impatto-ambientale-la-marmettola>

Rossi G., Lombardi L., Tanteri L., Bicocchi G., Salvatici T., Nocentini M., Vannocci P., Dotta G., Scaduto G., Tofani V., Casagli N., (2018), "Integration of multicopter drone measurements and ground-based data for landslide monitoring", Landslides and Engineered Slopes. Experience, Theory and Practice, pp.1745-1750

Rossi G., Tanteri L., Tofani V., Vannocci P., Moretti S., Casagli N. (2018), "Multitemporal UAV surveys for landslide mapping and characterization", Landslides (2018) 15: 1045. <https://doi.org/10.1007/s10346-018-0978-0>

Rossi G., Tanteri L., Salvatici T., Scaduto G., Tacconi Stefanelli C., Casagli N., Moretti S. (2017), "A new improved multicopter chassis structure tested on slope stability monitoring", EGU General Assembly 2017

Casagli N., Frodella W., Morelli S., Tofani V., Ciampalini A., Intrieri E., Raspini F., Rossi G., Tanteri L., Lu P., (2017), "Spaceborne, UAV and ground-based remote sensing techniques for landslide mapping, monitoring and early warning", Geoenviron Disasters (2017) 4: 9. <https://doi.org/10.1186/s40677-017-0073-1>

Tucci G., Bonora V., Korumaz A.G., Orlandini S. (2014), "Fotogrammetria digitale e sistemi UAV: applicazioni al monitoraggio ambientale", in Atti della XIV Conferenza ASITA, p. 1183-1188

3D Flow (produttore del software 3D Zephyr Aerial)
<https://www.3dflow.net>

