

Caratterizzazione e monitoraggio degli ambienti di cava: le attività di ARPAT nel bacino apuano

Cinzia Licciardello ^(a), Antonio Di Marco ^(a), Stefania Biagini ^(a), Khalil Tayeh ^(a), Diego Palazzuoli ^(a)

^(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

Il Progetto Cave della Regione Toscana

A partire dal 2017 l'Agenda Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana (ARPAT) ha collaborato al Progetto Speciale Cave della Regione Toscana, finalizzato a garantire la sostenibilità delle attività estrattive nel territorio regionale. L'obiettivo principale delle attività svolte da ARPAT è stato il miglioramento della gestione delle problematiche ambientali negli ambienti di cava tramite la formulazione di linee guida e il potenziamento delle attività istituzionali di controllo e di monitoraggio. Presso il settore Sistema Informativo Regionale Ambientale di ARPAT, in collaborazione con il Dipartimento di Scienze della Terra (Università degli Studi di Firenze), sono state approfondite diverse tecniche di rilievo sia di tipo *long range* tramite piattaforme aeree e satellitari che *close range* tramite SAPR, finalizzate ad individuare le tecnologie e la strumentazione più idonee al monitoraggio sull'intera area di indagine.

Individuazione delle variazioni a cadenza semestrale e annuale

La prima attività svolta è stata l'individuazione dei cambiamenti semestrali e annuali di copertura del suolo (*change detection*) tra il 2016 e il 2017, effettuata tramite confronto dei risultati della classificazione automatiche e semiautomatiche applicate su coppie di immagini: nel caso delle immagini Pléiades il periodo di indagine è stato limitato a settembre 2016/marzo 2017 (l'acquisizione di immagini per l'anno 2018 è tuttora in corso), mentre nel caso delle immagini Sentinel-2 l'attività è stata estesa al periodo settembre 2016-settembre 2017 ed è tuttora in fase di aggiornamento.

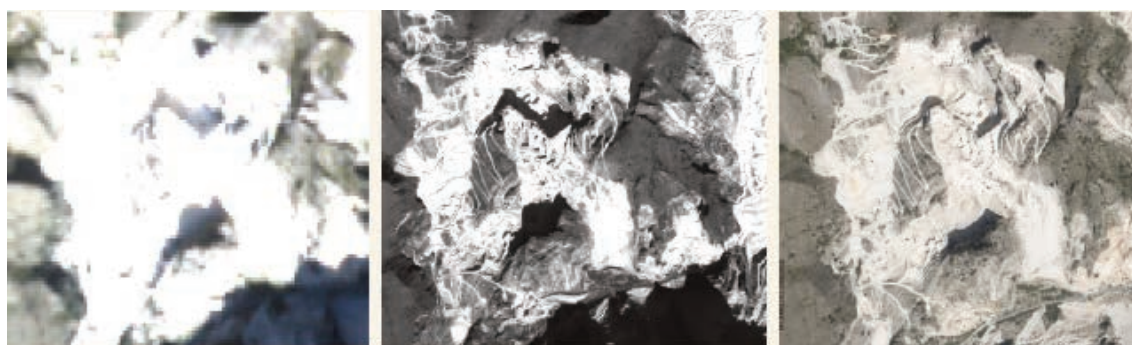


Figura 1 - Area di cava. Da sinistra: immagini Sentinel-2, Pléiades e aeree

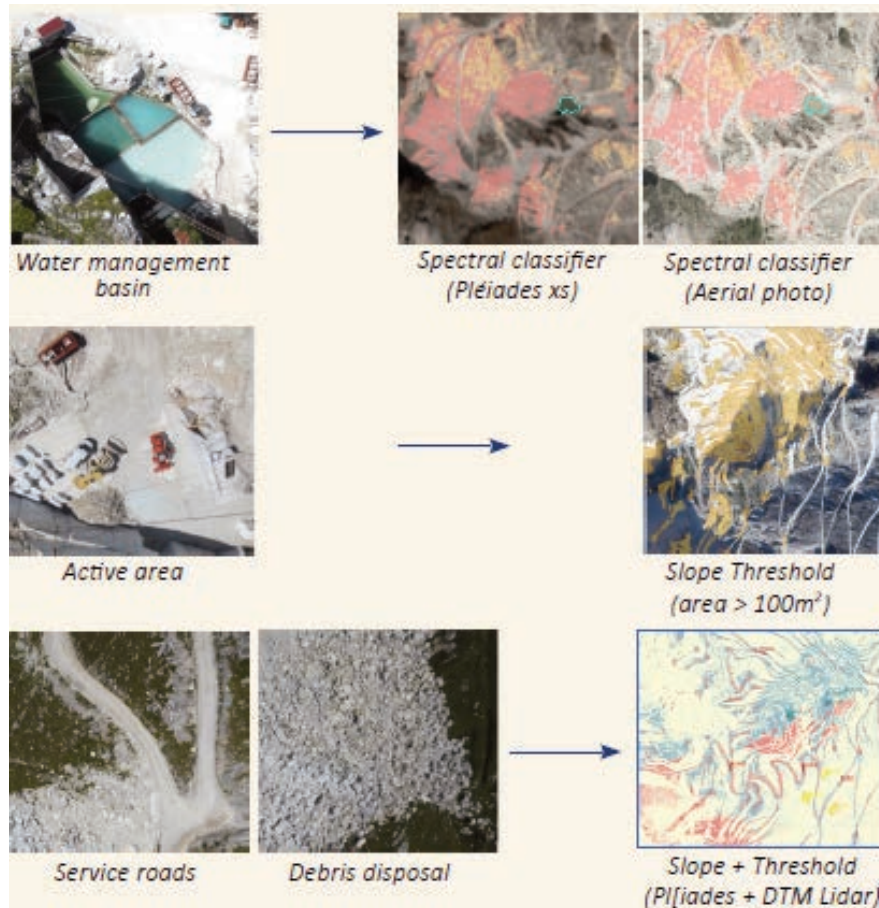


Figura 2 - Classificatore evoluto

Le immagini ottiche Sentinel-2, disponibili gratuitamente a cadenza settimanale e caratterizzate da una dimensione del pixel pari a 10x10m, si sono rivelate utili per il riscontro delle variazioni nel consumo di suolo (trasformazione di aree a suolo nudo, boschi o praterie in aree di cantiere) tramite classificazione supervisionata sulle bande visibili e sulla banda a infrarosso: immagini ottiche a maggiore risoluzione, quali le immagini a pagamento rilevate da satelliti Pléiades Airbus (pancromatica 50x50cm) e da riprese aeree recenti (colore e infrarosso 50x50cm) rese disponibili dalla Regione Toscana si sono mostrate di maggiore utilità per la verifica della presenza o assenza di attività nei cantieri tramite fotointerpretazione e la discriminazione delle varie aree di cava tramite classificatori evoluti (Licciardello, 2019) (fig. 2).

Le attività di rilievo SAPR condotte su alcune cave campione hanno consentito di verificare l'elevata precisione riscontrabile nella misura dei volumi nelle aree di scavo e di stoccaggio degli scarti di lavorazione, autorizzate e non: la complessità delle operazioni di rilievo e di elaborazione dei dati comportano necessariamente la restrizione dell'utilizzo del rilievo SAPR alle sole situazioni nelle quali le metodologie *long range* non siano utilizzabili (cave in ombra, a pozzo o a morfologia complessa) o non consentano il raggiungimento di una precisione adeguata alle finalità del monitoraggio (fig. 3).

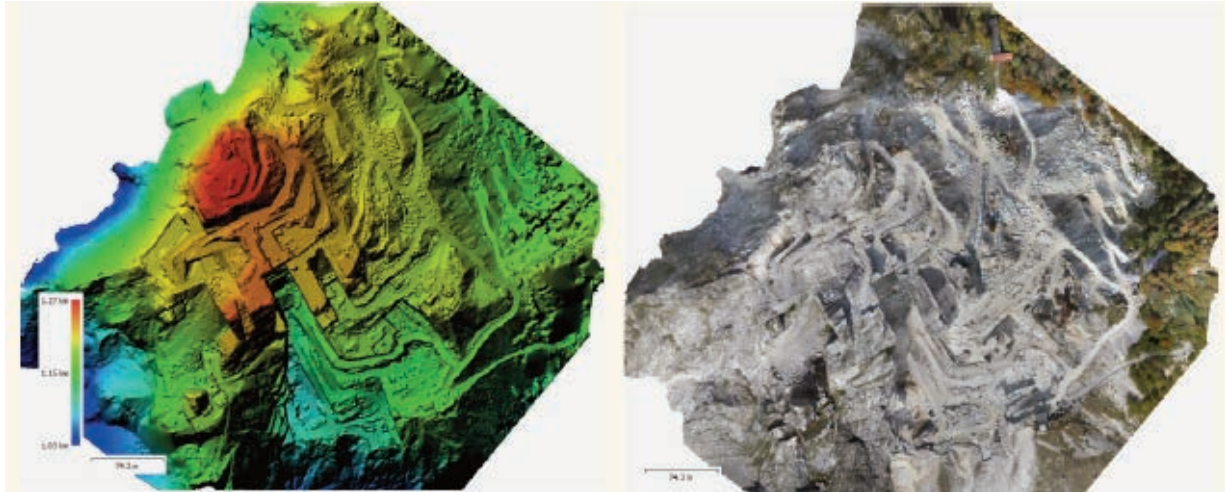


Figura 3 - rilievo SAPR in cava a morfologia complessa

Stima delle variazioni volumetriche da dati ottenuti con rilievi LIDAR

Tra le diverse tecniche di rilievo di tipo *long range* sperimentate per il monitoraggio dell'attività estrattiva, sono stati presi in analisi anche i dati ottenuti da rilievi altimetrici con tecnologia *laser scanning* (LIDAR) da piattaforma aerea.

Al fine di monitorare l'attività all'interno dell'area di studio sono stati stimati i volumi di scavo delle singole cave appartenenti al comprensorio marmifero delle Alpi Apuane. Le perimetrazioni delle aree in disponibilità delle cave campione e delle relative zone autorizzate a cielo aperto sono state ottenute tramite digitalizzazione della cartografia del quadro conoscitivo del Piano Attuativo Bacino Estrattivo di Torano Miseglia Colonnata adottato dal Comune di Carrara con Delibera di Consiglio Comunale n° 55 del 11/06/2019.

I volumi delle variazioni territoriali sono stati ottenuti attraverso il confronto tra DTM (modelli digitali del terreno) rilevati in due distinte campagne:

- ∞ rilievo LIDAR del 2012 (mesi di gennaio e febbraio), gestito dal Ministero dell'Ambiente resi disponibili dal portale Geoscopio della Regione Toscana, con dimensioni del pixel pari a 1m x 1m;
- ∞ rilievo LIDAR del 2017 (mese di ottobre), gestito dal Consorzio LAMMA per la Direzione Difesa del Suolo e Protezione Civile della Regione Toscana, con dimensioni del pixel pari a 0.5m x 0.5m.

I due modelli del terreno sono stati elaborati in ambiente GIS ottenendo una stima delle variazioni volumetriche negli anni intercorsi tra il primo ed il secondo volo, sia relativa ai volumi di scavo, principalmente legati all'attività estrattiva, che ai volumi di accumulo, legati sia a depositi in cava che alla dinamica morfologica del terreno, caratterizzata da forte instabilità di versante dovuta sia all'incidenza delle attività antropiche che allo scarico degli scarti di lavorazione su aree *in situ* (ravaneti) (fig. 4 e 5).

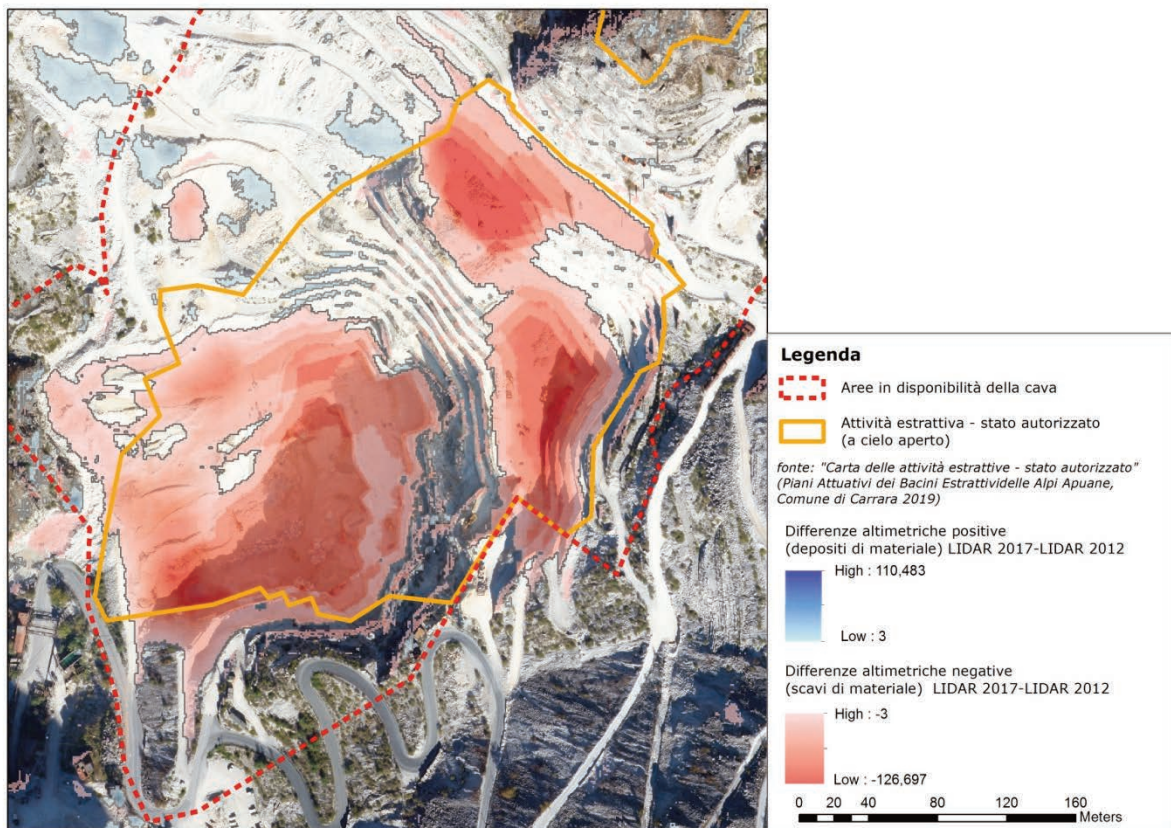
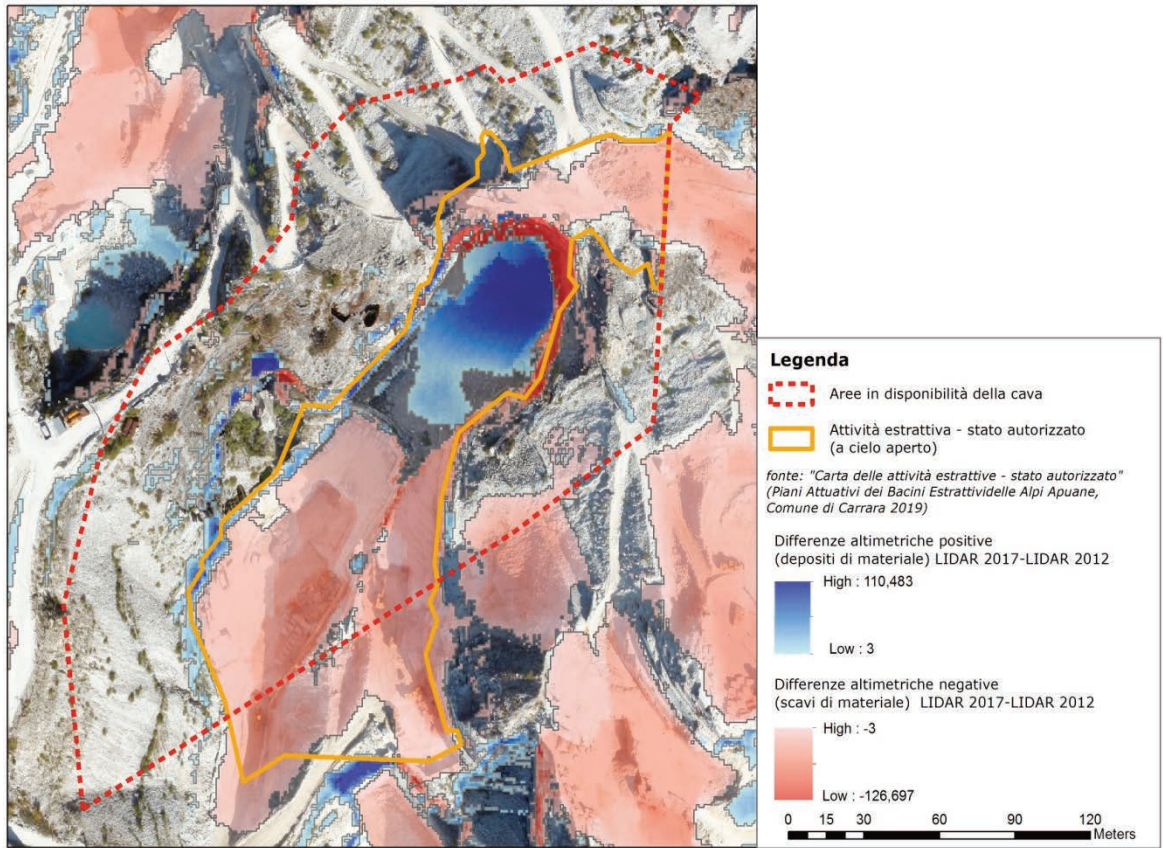


Figura 4 e 5 - cave campione n. 1 e 2, anni 2012-2017: differenze altimetriche negative (in rosso, aree di scavo) e positive (in blu, aree con riporti)

I valori ottenuti sono stati confrontati con i dati dichiarati per gli adempimenti agli Obblighi Informativi (OBI) previsti dalla LR 35/2015, ovvero ai dati relativi all'andamento delle attività estrattive trasmessi annualmente dai comuni alla Regione Toscana per gli anni 2013, 2014, 2015, 2016 e 2017. Dai dati è stato possibile stimare il volume complessivo della produzione per ogni singola cava per i 5 anni di riferimento (somma della produzione delle categorie "materiali ornamentali" e "scarti ornamentali") (fig. 6).

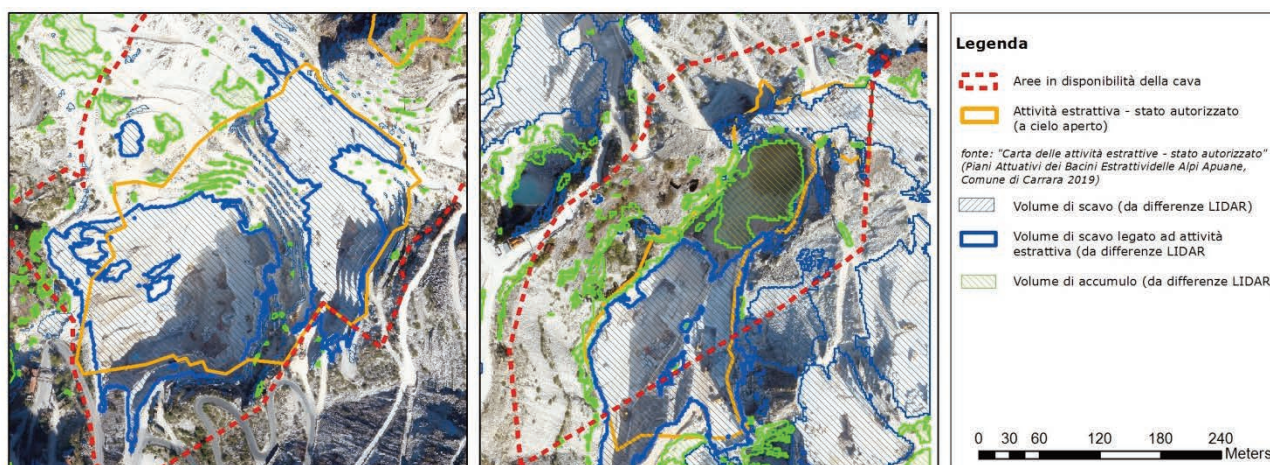


Figura 6 – Cave campioni n. 1 e 2: confronto tra perimetrazione delle aree di scavo e perimetrazione della concessione

Estrazione del marmo e produzione di marmettola

Le operazioni che vengono svolte in cava producono sostanzialmente tre tipologie di materiale:

- ∞ le terre e rocce asportate per la coltivazione del giacimento,
- ∞ il materiale ornamentale estratto,
- ∞ il materiale di scarto derivante dall'estrazione e/o segagione delle bancate e dei blocchi di marmo (marmettola).

La marmettola è composta da una polvere di marmo secca di colore bianco impalpabile e può essere contenuta nei fanghi acquosi derivanti dalle operazioni di taglio: tali fanghi possono talvolta contenere sostanze inquinanti quali oli, grassi vegetali, idrocarburi e metalli degli utensili da taglio utilizzati nelle lavorazioni. Essa deve essere gestita come rifiuto, e di conseguenza i volumi di produzione devono essere dichiarati nel Modello Unico di dichiarazione ambientale (MUD) con il codice rifiuto CER 010413 - rifiuti prodotti dalla lavorazione della pietra.

Rispetto al totale delle aziende censite nel comprensorio di Carrara, per la quasi totalità di queste è stato possibile disporre dei dati di produzione OBI per il quinquennio 2013 – 2017: tali dati sono stati confrontati con i volumi di marmettola dichiarata. I volumi di riferimento stimati da ARPAT per la produzione di marmettola in relazione al totale del materiale ornamentale prodotto, pari a un intervallo compreso tra l'1.5% e il 5%, sono stati utilizzati

per la costruzione di un indicatore finalizzato a evidenziare le aree per le quali appare indicato un approfondimento dei controlli.

In generale si nota sull'intero comprensorio un rilevante incremento delle dichiarazioni MUD della produzione di marmettola nel quinquennio 2013-2017, che passa dai 1.250 t del 2013 a più di 12.300 t nel 2017 a fronte di una produzione di marmo ornamentale che rimane pressochè stabile. Da notare che in corrispondenza dell'inizio del progetto cave, ovvero l'anno 2017, il totale della marmettola dichiarata nella zona di interesse praticamente raddoppia, passando da circa 7.000 t del 2016 a più di 12.300 t nel 2017, a conferma di un miglioramento della gestione ambientale dei rifiuti nell'intero comprensorio.

Conclusioni e prospettive future

Le tecniche *long range* si sono rivelate più idonee al monitoraggio dell'intero comprensorio rispetto a quelle *close range*, consentendo la verifica dell'avanzamento dell'attività estrattiva con cadenza semestrale in combinazione con gli indicatori annuali di produzione e di gestione dei rifiuti.

Il dato Lidar ha mostrato sull'intervallo temporale di disponibilità di 5 anni ottime potenzialità per il calcolo di indicatori di variazione volumetrica: sono in corso di perfezionamento ulteriori sperimentazioni sull'utilizzo di immagini ottiche stereo e SAR a pagamento ad altissima risoluzione (<50x50cm) per il calcolo degli indicatori di variazione volumetrica su base semestrale.

Gli indicatori ottenuti dalle attività di monitoraggio con sistemi *long range*, integrati con gli indicatori di produzione, confluiranno in futuro in un sistema di supporto della pianificazione delle attività di controllo dell'Agenda Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana.

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.arp.at.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.arp.at.toscana.it/sira/documenti/PUBBLICAZIONI/PRESENTAZIONI/2019/ESA_LPS/05%20Licciardello_pdf.pdf

Comune di Carrara, "Piani Attuativi dei Bacini estrattivi", (2019), http://web.comune.carrara.ms.it/pagina2378_piani-attuativi-dei-bacini-estrattivi.html

Comune di Carrara, PABE (2019) – Scheda 15 – Bacino di Torano, Miseglia e Colonnata

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

Sudalaimuthu Karuppasamy, Sudalayandi Kaliappan, R. Karthiga, C. Divya, (2018) "Surface Area Estimation, Volume Change Detection in Lime Stone Quarry, Tirunelveli District Using Cartosat-1 Generated Digital Elevation Model (DEM)"

Refilwe Moeletsi, Solomon Tesfamichael, (2018) "Quantifying Land Cover Changes Caused by Granite Quarries from 1973-2015 using Landsat Data", Proceedings of the 4th International Conference on Geographical Information Systems Theory, Applications and Management - Volume 1: GISTAM

Regione Toscana, "Disposizione in materia di cave" Legge Regionale n. 35 25 marzo 2015, http://raccoltanormativa.consiglio.regione.toscana.it/class/download_doc.php?id=ad6e3a64-e8e0-11e5-9180-d8d385d73951&ext=pdf

