









piano paesaggistico" recentemente approvato dalla Regione Toscana (Deliberazione Consiglio Regionale 27 marzo 2015, n.37) ed anche le direttive inerenti l'organizzazione e la localizzazione delle attività estrattive dell'ente Parco delle Alpi Apuane/Regione Toscana ("Piano per il Parco 2014") tendono ad incentivare lo sviluppo della coltivazione in sotterraneo meno impattanti dal punto di vista paesaggistico ed ambientale. La programmazione, lo sviluppo e il mantenimento delle attività estrattive in ambiente sotterraneo impongono preliminari e continuativi studi ed approfondimenti conoscitivi del giacimento e delle sue caratteristiche geologiche strutturali, delle caratteristiche meccaniche degli ammassi rocciosi attraversati, degli aspetti connessi con lo sviluppo dell'attività estrattiva e il contesto idrogeologico in cui si svolge. Non ultima è fondamentale una pianificazione delle modalità di monitoraggio delle condizioni di stabilità della massa marmorea in tutte le fasi della coltivazione. Il principale risultato atteso dell'attività di progettazione della coltivazione in galleria è il miglioramento delle condizioni di sicurezza delle maestranze che operano nella cava ed in secondo luogo la possibilità di realizzare una pianificazione razionale della coltivazione a medio e lungo termine nel rispetto e nella tutela dell'ambiente e del paesaggio. La corretta pianificazione è inoltre importante per l'incremento della capacità produttiva della cava in termini di quantità e qualità dei blocchi estratti. Il minor spreco di massa marmorea è a sua volta strettamente connesso al tentativo di sintesi fra la tutela ambientale e l'attività estrattiva. Lo studio geologico strutturale e delle varietà merceologiche affioranti mirato alla definizione dello sviluppo del giacimento in superficie ed in profondità è finalizzato ad una ricostruzione di un modello tridimensionale del volume del giacimento stesso indispensabile per una programmazione dello sviluppo dell'attività estrattiva in sotterraneo sia a breve che a medio - lungo termine. Le varietà merceologiche di marmo sono codificate da secoli nel comprensorio estrattivo apuano e fanno parte integrante di un lessico consolidato soprattutto ai fini commerciali. Una varietà merceologica è definita come una "unità litostratigrafica informale" e costituisce un corpo roccioso distinguibile e separabile da quelli adiacenti in funzione di una generale omogeneità litologica e anche per la presenza di altri caratteri peculiari, quali per esempio la loro utilità o interesse economico. I rilievi geomeccanici della massa marmorea interessata dall'attività d'escavazione nella zona d'ingresso della cava in galleria e durante il suo sviluppo sono essenziali per la pianificazione dell'attività di monitoraggio, di bonifica ed eventualmente di sostegno dei volumi potenzialmente instabili. I rilievi possono essere realizzati sia con tecniche tradizionali e anche mediante moderne tecniche di fotogrammetria. Le informazioni inerenti la geometria delle discontinuità presenti nella massa marmorea: spaziatura, giacitura, persistenza, apertura, presenza d'acqua costituiscono un presupposto indispensabile per la progettazione dell'attività estrattiva e per la stima del rendimento del giacimento. Nel caso del passaggio in sotterraneo di una cava esistente a cielo aperto occorrerà realizzare una valutazione delle condizioni di stabilità della parete di accesso mediante rilievi diretti e rilievi tramite Laser Scanner Terrestre. L'integrazione dei dati ottenuti dalle due tecniche consente di realizzare analisi di stabilità con avanzati software agli elementi finiti una volta noti i parametri geomeccanici dell'ammasso e della roccia intatta ricavati da analisi di laboratorio. I dati desunti dall'analisi geologica e geomeccanica potranno essere utilizzati per la creazione di un modello tridimensionale di flusso delle acque sotterranee per la verifica della potenziale interazione fra queste ultime e l'attività di escavazione. Il tema è di particolare attualità in quanto i complessi carbonatici delle Alpi Apuane sono vulnerabili e costituiscono una risorsa primaria oggetto di salvaguardia. I rilievi geofisici indiretti quali ad esempio scansioni nella direzione di avanzamento dell'attività estrattiva mediante utilizzo di georadar consentono l'individuazione di vuoti all'interno dell'ammasso roccioso (esempio cavità carsiche) sede di vie preferenziali del deflusso delle acque sotterranee. Infine, la sostenibilità della pietra naturale presuppone anche una miglior valutazione del ciclo di vita di quest'ultima rispetto , ad esempio, ad altri materiali come la ceramica o i gress porcellanati. Diventa quindi essenziale divulgare sistemi e nanotecnologie utili a allungare il ciclo di vita dei prodotti lapidei (es: materiali ibridi nano strutturati antimuffa, sistemi inorganici per consolidamento) o a rendere il prodotto lapideo un materiale a basso impatto ambientale (es: strutture in nanotitanio per depurare l'aria da sostanze inquinanti). Il distretto tecnologico si propone di trovare punti di sinergia e un dialogo costante con il DT Nuovi Materiali MACRO-AREA 3 Sicurezza : Il tema della sicurezza nel settore lapideo riguarda sia la sicurezza sul luogo di lavoro sia sicurezza nelle applicazioni architettoniche che vedono la pietra naturale protagonista. Le applicazioni tecnologiche su cui il DT si propone di fare divulgazione riguardano nell'ambito della sicurezza sul luogo di lavoro i sistemi per la valutazione e il monitoraggio della stabilità dei fronti di cava e i sistemi integrati intelligenti per la sicurezza attraverso l'introduzione dell'ICT nei macchinari di estrazione trasformazione della pietra naturale. Le attività di monitoraggio del territorio hanno assunto un ruolo centrale nelle scienze della terra data la progressiva attenzione verso le problematiche del rischio geologico, specialmente nelle aree vulnerabili per la presenza d'attività antropiche. Le aree di cava posseggono tutte le prerogative di rischio geologico per cui un sistema di monitoraggio si rivela necessario: si tratta di ambienti dinamici, continuamente perturbati ed in evoluzione. Esistono attualmente diversi sistemi per il monitoraggio che presentano le più svariate caratteristiche in termini di accuratezza, invasività, copertura areale e costi. I tradizionali sistemi di monitoraggio geotecnici sono costituiti da estensimetri, fessurimetri ed inclinometri e consentono d'acquisire informazioni direttamente dalla superficie e dal sottosuolo di un versante in frana ed in generale di una parete in roccia. Negli ultimi 10 anni si sono diffusi sistemi di monitoraggio topografici che utilizzano i principi e gli strumenti del rilievo geodetico per il controllo degli spostamenti di punti o aree selezionate. Vengono utilizzati dispositivi GPS, stazioni totali, interferometri terrestri e sistemi Laser Scanner: si tratta di strumenti molto accurati che permettono di ottenere informazioni geometriche a distanza dall'oggetto da investigare. Le aziende hanno adottato e adottano in casi di necessità queste tecnologie ai fini della sicurezza. Il Centro di GeoTecnologie nel 2009, in collaborazione con la Sapienza e l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, ha realizzato un PRIN (Programmi di Ricerca di rilevante Interesse Nazionale) dal titolo "Analisi, monitoraggio e controllo di dissesti geologici interagenti con attività antropiche" al fine di effettuare una ricerca volta alla valutazione dei pregi e dei difetti delle varie tecniche di misura in pareti rocciose nelle cave di marmo. Lo stesso organismo di ricerca ha proseguito l'attività scientifica mediante una convenzione con l'ASL n° 1 di Massa e Carrara per il controllo e la gestione di una Stazione Totale Robotizzata, ai fini del miglioramento delle condizioni di sicurezza dei luoghi di lavoro tramite realizzazione di banche dati multitemporali dei movimenti dei fronti estrattivi derivanti da monitoraggio automatico. Da alcuni decenni sta aumentando lo sviluppo e l'impiego dei sensori in fibra ottica in vari settori delle attività umane quali l'ambiente, la



