

**Suolo, sottosuolo e risorsa idrica  
nella valutazione ambientale dell'attività estrattiva**



# Suolo, sottosuolo e risorsa idrica nella valutazione ambientale dell'attività estrattiva



**Regione Toscana**  
Diritti Valori Innovazione Sostenibilità



**ARPAT**  
Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
in Toscana

Firenze, dicembre 2010

**Suolo, sottosuolo e risorsa idrica  
nella valutazione ambientale dell'attività estrattiva**

a cura di

*Cristina Conti, Alberto Doni, Piero Biancalani, ARPAT*

Si ringraziano

per l'utile discussione e le osservazioni fornite, *Stefano Agati e Alessandro Rafanelli*, Regione Toscana - Settore Infrastrutture di trasporto strategiche e Cave nel governo del territorio; per la lettura critica della parte dedicata all'idrogeologia, *Stefano Tessitore* - ARPAT, Area VIA/VAS-GIM e, per le integrazioni suggerite, *Giovanni Menga* - ARPAT, Dipartimento provinciale di Lucca.

© ARPAT 2010

Coordinamento editoriale: Silvia Angiolucci, ARPAT

Redazione: Silvia Angiolucci, Gabriele Rossi, ARPAT

Copertina: Gabriele Rossi con *effegiesse*, ARPAT

Foto: Cristina Conti, Alberto Doni, ARPAT

Realizzazione editoriale e stampa: Litografia I.P., Firenze, dicembre 2010

ISBN: 9788896693063

Stampato su carta che ha ottenuto il marchio di qualità ecologica dell'Unione europea – Ecolabel

Per suggerimenti e informazioni: ARPAT, A.F. Comunicazione e informazione,  
via N. Porpora, 22 – 055.32061 – fax 055.3206464

## Presentazione

Fin dall'antichità le attività estrattive hanno rivestito un ruolo di primaria importanza all'interno del panorama economico regionale e nazionale. Si pensi, ad esempio, al pregiato marmo apuano e alla pietra ornamentale utilizzata per la costruzione dei palazzi fiorentini.

L'intero territorio regionale è ricco di minerali e pietre pregiate: in Toscana si trovano 150 comuni nei quali si pratica l'attività estrattiva di vari materiali quali sabbia, pietrisco, travertino, pietra serena, alabastro e marmo, calcari, arenarie, e altro ancora.

Certo non si può trascurare il fatto che l'escavazione, oltre a rappresentare una fonte di lavoro e ricchezza, ha anche provocato pesanti mutazioni di paesaggio e ambiente, incidendo anche sulle matrici ambientali, durante la coltivazione. Per tale motivo negli ultimi anni, con l'attività di programmazione e pianificazione regionale, gli Enti preposti al rilascio delle autorizzazioni all'esercizio dell'attività e al controllo hanno cercato di porre attenzione al recupero morfologico e ambientale delle aree estrattive e alla fase di coltivazione. Le problematiche del settore interessano la corretta gestione del lavoro per la salvaguardia delle risorse essenziali del territorio, coerentemente con i principi di sostenibilità ambientale.

In materia di attività estrattive le competenze ARPAT riguardano il supporto tecnico e conoscitivo nell'analisi istruttoria, nonché l'attività di controllo ambientale: in quest'ottica, il volume *Suolo, sottosuolo e risorsa idrica nella valutazione ambientale dell'attività estrattiva* si propone come uno strumento di ausilio per l'elaborazione di pareri e valutazioni tecniche, nonché per l'acquisizione di dati di monitoraggio del territorio.

Attraverso una trattazione degli aspetti idrogeologici e geomorfologici, riguardanti principalmente le componenti suolo, sottosuolo e risorsa idrica, questa pubblicazione intende integrare le conoscenze consolidate all'interno dell'Agenzia in merito ad altri aspetti dell'attività estrattiva come la gestione dei rifiuti, del rumore, delle polveri, dei reflui ed altro. Quanto elaborato si basa su esperienze di lavoro e modalità operative seguite nella Provincia di Firenze, analizzando gli impatti ambientali connessi alla gestione delle attività estrattive ed evidenziando le modalità ritenute più idonee a garantire la tutela dell'ambiente.

La pubblicazione, indirizzata agli operatori dell'Agenzia e di altre istituzioni pubbliche e imprese, nonché a quelli privati, si avvale anche di osservazioni e suggerimenti forniti dalla Regione Toscana e da altre strutture ARPAT.

*Piero Biancalani*

Responsabile Servizio sub-provinciale ARPAT  
Mugello - Piana di Sesto

*Sonia Cantoni*

Direttore generale  
ARPAT



# Indice

<b>Premessa</b>	9
<b>Le attività estrattive</b>	11
<b>Scopi e finalità</b>	14
<b>Competenze ARPAT in materia di cave</b>	16
<i>Funzioni di espressione di parere obbligatorio e su richiesta</i>	16
<i>Funzioni di controllo</i>	16
<b>Le tipologie di cava</b>	18
<i>Classificazione in base alle condizioni topografiche</i>	18
<i>Classificazione in base alle condizioni morfologiche dello scavo</i>	19
<i>Classificazione in base al metodo di coltivazione</i>	20
<i>Classificazione in base alla tipologia dei materiali estratti</i>	20
<i>Classificazione in base alle condizioni idrogeologiche</i>	20
<b>Gli elementi dell'area estrattiva</b>	22
<i>I metodi di coltivazione</i>	24
A gradone unico o fronte unico	25
A gradoni multipli	26
<b>Il contesto territoriale e ambientale</b>	28
<i>Considerazioni generali</i>	28
<i>Valutazione in base alle fasi estrattive</i>	28
<i>Valutazione per tipologia di cava</i>	30
<i>Valutazione in relazione alle fasi di sviluppo dell'attività estrattiva</i>	32
Fase di progettazione	32
Fase di conduzione	37
Fase di recupero ambientale	51
<b>Ciclo produttivo di una cava</b>	58
<i>Fase 1 - Preparazione dell'area di cava</i>	58
<i>Fase 2 - Estrazione del materiale</i>	58
Estrazione materiale in blocchi come pietra ornamentale o per le costruzioni	58
Estrazione materiale sciolto	59
<i>Fase 3 - Trasporto e lavorazione del materiale</i>	59
Impianti di lavorazione all'interno del sito estrattivo	60

<b>Monitoraggio</b>	61
<i>Acque sotterranee</i>	61
Coltivazione in falda	62
Coltivazione in prossimità di corsi d'acqua	63
<i>Acque superficiali</i>	63
<i>Ripristino vegetazionale</i>	64
<b>Altri aspetti</b>	65
<i>Polveri</i>	65
<i>Rumore e vibrazioni</i>	66
<i>Trasporto e traffico mezzi</i>	67
<i>Rifiuti</i>	67
<b>Attività estrattive in siti particolari</b>	68
<i>Aree protette</i>	68
Progetto	70
Attività di scavo	72
Attività di recupero ambientale	73
<i>Aree di cava con rocce ofiolitiche contenenti amianto (Pietre verdi)</i>	74
Progetto	75
Attività di scavo	75
Attività di recupero ambientale	76
<b>Schemi di sintesi degli aspetti ambientali e di conduzione da valutare nello svolgimento dell'attività estrattiva</b>	77
<b>Glossario</b>	87
<b>Bibliografia</b>	91
<b>Allegati</b>	97
1. <i>Riferimenti normativi</i>	99
Normativa comunitaria	99
Normativa nazionale	99
Normativa regionale	100
2. <i>Monitoraggio acque sotterranee nelle aree estrattive</i>	103
Piezometri	103
Sorgenti	104
3. <i>Documentazione fotografica</i>	107

## Premessa

Le problematiche connesse all'esercizio dell'attività estrattiva riguardano tutte le componenti ambientali e interessano vari aspetti quali il rumore e le vibrazioni, la polverosità e la qualità dell'aria, la gestione delle aree di cantiere, la sottrazione di suolo e modificazione morfologica, la gestione dei rifiuti, l'interferenza con le acque superficiali e/o sotterranee, nonché gli aspetti propriamente paesaggistici.

L'intero territorio regionale è ricco di minerali e pietre pregiate. In Toscana sono presenti 150 Comuni nei quali è prevista l'attività estrattiva di sabbia, pietrisco, travertino, pietra serena, alabastro e marmo; l'estrazione interessa i calcari, le arenarie, le sabbie, le ghiaie, le argille. Le attività estrattive (pietre ornamentali, inerti da calcestruzzo, conglomerati bituminosi, tout-venant per riempimenti e sottofondi) rivestono un ruolo di importanza primaria all'interno del panorama economico regionale e nazionale. Per quanto riguarda le pietre ornamentali, caratterizzate da elevato valore unitario, oltre al peso economico e alla posizione di grande competitività del nostro Paese a livello mondiale, va aggiunto l'indubbio significato culturale legato allo sviluppo del patrimonio storico, artistico e architettonico.

Spesso l'attività estrattiva ha provocato pesanti mutazioni di paesaggi e ambiente, per questo negli ultimi anni si è dato impulso a tecniche di escavazione con minor impatto sul territorio, cercando di porre al centro dell'attività non solo la coltivazione ma anche il ripristino morfologico e ambientale delle aree estrattive con particolare attenzione per quelle dismesse. Particolare sviluppo ha avuto anche il turismo legato all'industria estrattiva.

Il territorio della Provincia di Firenze conta, nel solo Comune di Firenzuola, 43 siti estrattivi attivi (considerando sia le cave in coltivazione sia quelle in fase di recupero ambientale, più un sito per l'estrazione di materiali inerti destinati alla realizzazione di un'infrastruttura viaria di interesse nazionale e, ancora, numerose cave abbandonate in cui sono previsti interventi di recupero. Il Comune di Firenzuola è il secondo in Toscana per numero di cave e per presenza di aziende che lavorano e operano nel settore dell'attività estrattiva<sup>1</sup> dopo quello di Massa Carrara, che non verrà trattato in questo lavoro.

Le esperienze su cui il lavoro si basa e le modalità operative fanno riferimento a quanto seguito nella Provincia di Firenze ma possono, almeno in parte, essere applicate ad altre zone estrattive: il documento si propone come uno strumento di

---

<sup>1</sup> Dato ricavato da Comune di Firenzuola (2010) - *Rapporto cave anno 2009*, a cura di M. Folini e A. Puccetti.

supporto per affrontare tali problematiche sul territorio e intende integrare le conoscenze consolidate all'interno dell'Agenzia in merito ad aspetti quali la gestione dei rifiuti, del rumore, delle polveri, dei reflui ed altro, con una trattazione più specifica degli aspetti ambientali riguardanti propriamente le componenti suolo, sottosuolo e acque superficiali e sotterranee.

## LE ATTIVITÀ ESTRATTIVE

Per attività di cava si intende quell'attività organizzata e continuativa che comporta modificazioni allo stato fisico del suolo e del sottosuolo, volta all'estrazione a fini di utilizzazione e commercializzazione dei materiali che, secondo la classificazione delle coltivazioni di sostanze minerali prevista dal Regio Decreto 29.02.1927 n. 1443 all'art. 2, sono indicati come appartenenti alla II categoria<sup>2</sup>.

La legge regionale di riferimento 3 novembre 1998, n. 78, *Testo unico in materia di cave, torbiere, miniere, recupero di aree escavate e riutilizzo di residui recuperabili*, classifica i materiali in due macro-gruppi in funzione della loro destinazione d'uso:

- Materiali per usi industriali e materiali per costruzioni e opere civili (sabbie, ghiaie, pietrischi).
- Materiali ornamentali destinati alla produzione di blocchi, lastre e affini.

I materiali per usi industriali sono rappresentati dai leganti quali il calcare, il gesso e la pomice, ma anche dalle argille per la produzione di laterizi, di terre cotte e cemento, dai refrattari industriali e dalle sabbie silicee.

Gli inerti per costruzioni sono stati sottoclassificati dal Piano regionale per le attività estrattive in *inerti di pregio* e *inerti non di pregio*. Alla prima categoria

---

<sup>2</sup> R.D. 29.7.1927 n. 1443, art. 2 "Le lavorazioni indicate nell'art. 1 si distinguono in due categorie: miniere e cave. Appartengono alla prima categoria (Miniere) la ricerca e la coltivazione delle sostanze ed energie seguenti:

- a) minerali utilizzabili per l'estrazione di metalli, metalloidi e loro composti, anche se detti minerali siano impiegati direttamente;
- b) grafite, combustibili solidi, liquidi e gassosi, rocce asfaltiche e bituminose;
- c) fosfati, sali alcalini e magnesiaci, allumite, miche, feldspati, caolino e bentonite, terre da sbianca, argille per porcellana e terraglia forte, terre con grado di refrattarietà superiore a 1630 °C;
- d) pietre preziose, granati, corindone, bauxite, leucite, magnesite, fluorina, minerali di bario e di stronzio, talco, asbesto, marna da cemento, pietre litografiche;
- e) sostanze radioattive, acque minerali e termali, vapori e gas.

Appartiene alla seconda categoria (Cave) la coltivazione:

- a) delle torbe;
- b) dei materiali per costruzioni edilizie, stradali ed idrauliche;
- c) delle terre coloranti, delle farine fossili, del quarzo e delle sabbie silicee, delle pietre molari, delle pietre coti;
- d) degli altri materiali utilizzabili ai termini dell'art. 1 e non compresi nella prima categoria."

appartengono le sabbie, le ghiaie e i pietrischi come il calcare, le lave e i basalti, il quarzo e la quarzite o la serpentina; nella seconda categoria rientrano tutti quei materiali utilizzati genericamente per realizzare rilevati e riempimenti, o comunque utilizzati in ambiti in cui non sono strettamente necessari i caratteri di qualità per il loro impiego.

Si possono distinguere anche i materiali derivanti dall'estrazione degli ornamentali come le scaglie, la marmettola ecc., che possono essere utili in svariati impieghi: i detriti sono trasformati in granulati; le polveri e carbonato di calcio (da destinare all'edilizia, alla chimica, all'industria cartaria o cosmetica), le terre e tout-venant possono essere utilizzate per riempimenti, per rilevati, per sottofondi e drenaggi; le marmettole bianche e colorate sono utilizzate a fini industriali.

<b>Settore I</b>	Industriali		Dolomie, calcari, pomici, gessi, farine fossili, sabbie silicee, terre coloranti, argille, torbe
	Per costruzioni e opere civili	Di pregio (per calcestruzzi e malte, pavimentazioni, massicciate stradali e ferroviarie)	Sabbie, ghiaie, conglomerati o prodotti di frantumazione di rocce quali diabasi e basalti, calcari compatti, conglomerati, rocce vulcaniche non alterate
		Non di pregio (per riempimenti e rilevati)	Materiali per granulati, pezzami, conci, blocchetti quali marne, argilliti, argilloscisti, sabbie fini, tufi, diaspri, rocce ofiolitiche alterate
<b>Settore II</b>	Ornamentali		Marmi, arenarie, graniti, ardesie, sieniti, alabastri, calcari, travertini, tufi, trachiti, basalti, porfidi, ofioliti

L'estrazione e l'utilizzo dei materiali di cava è in gran parte per costruzione; in particolare le attività principali sono:

- rivestimenti
- murature, blocchi per edilizia
- lastricati stradali
- rilevati stradali, massicciate e ballast ferroviari (pietrisco, basalti)
- scogliere, moli costieri, gabbionate e consolidamenti in massi
- inerti per calcestruzzi e malte (sabbia, ghiaia, pietrisco)
- materiale per cementi (marne, argilla, pozzolana), calce e gesso (leganti), laterizi (mattoni e tegole), vetri (sabbie silicee), ceramiche, refrattari, farina fossile, pomice
- opere infrastrutturali (cave di prestito temporanee)
- inerti per ritombamento, opere di drenaggio e contenimento
- minerali industriali (industria ceramica, plastica, fertilizzanti, farmaceutica...)
- marmi e pietre da taglio.

Nella Regione Toscana, al 31.12.2009, l'attività estrattiva risulta caratterizzata dalla presenza di circa 403 siti estrattivi, comprese le cave di prestito (siti di cava per la realizzazione di opere pubbliche) così suddivisa per ogni singola provincia<sup>3</sup>, sulla base dei dati forniti dai Comuni:

Provincia	Cave con coltivazione e recupero ambientale	Cave con recupero ambientale	Cave di prestito	totale
Massa Carrara	103			103
Firenze	78	2	7	87
Lucca	56	2		58
Siena	44	3	1	48
Grosseto	38			38
Arezzo	30			30
Pisa	23			23
Livorno	13	2		15
Pistoia	1			1
Prato	0			0
totale	386	9	8	403

<sup>3</sup> Dati ricavati da presentazione di A. Rafanelli, Regione Toscana, al Convegno "Progettare la cava", 1 ottobre 2010, Verona.

## SCOPI E FINALITÀ

Il documento presenta alcune esperienze maturate nell'ambito dell'Agenzia nella valutazione di alcuni aspetti ambientali connessi alle fasi progettuali e di esercizio dell'attività estrattiva. Le finalità includono quindi il supporto all'attività di valutazione istruttoria e monitoraggio mentre non prendono in considerazione l'attività di controllo e vigilanza.

La trattazione riguarda le cave di superficie o in sottoterraneo, ovvero i materiali di II Categoria (R. D. 29.02.1927 n. 1443 art. 2), tralasciando le miniere e il Comprensorio apuano (agri marmiferi dei Comuni di Massa e Carrara e Parco delle Alpi Apuane) che sono regolati da propria disciplina.

L'attività estrattiva è realizzata a livello regionale dal Piano Regionale delle Attività Estrattive e di Riutilizzo dei residui recuperabili (P.R.A.E.R.), che costituisce atto di programmazione dell'attività estrattiva della Regione Toscana in riferimento ai materiali per usi industriali, per costruzioni e opere civili e ai materiali ornamentali, stabilendo gli indirizzi e gli obiettivi di riferimento per l'attività di pianificazione di competenza delle Province e dei Comuni.

Il P.R.A.E. (Piano Regionale delle Attività Estrattive), a sua volta, individua e disciplina tutte le aree per attività estrattive che si svolgono all'interno dell'ambito territoriale regionale, ad esclusione di quelle all'interno del Parco delle Alpi Apuane e delle cave di prestito.

Nei contenuti dello stesso piano si trova lo scopo della valutazione che riguarda la tutela delle risorse essenziali del territorio (tutela ambientale e paesaggistica) nell'ambito di applicazione dei principi di sostenibilità ambientale. In particolare si sottolineano i seguenti aspetti:

- mantenimento della qualità e quantità delle acque di falda
- limitazione di trasformazioni dell'assetto idrogeologico
- tutela delle acque superficiali e sotterranee dall'inquinamento
- tutela dell'ambiente (suolo, acqua, aria) nel caso in cui nell'attività di coltivazione emerga la presenza di fibre di amianto (in riferimento all'estrazione di pietre verdi)
- limitazione dei rumori e delle vibrazioni dovuti all'attività di coltivazione e/o risistemazione ambientale
- abbattimento delle polveri sia in cava sia nel trasporto dei materiali lapidei
- riduzione degli impatti relativi al trasporto dei materiali e la conseguente incidenza sul territorio.

Di questi temi si svilupperanno, nel seguito del documento, i punti riferiti alla tutela delle acque superficiali e sotterranee, del suolo e sottosuolo mentre per gli altri punti verrà fatto solo un breve cenno, rimandando alla bibliografia specifica.

La trattazione dei riguarderà essenzialmente lo sviluppo dei temi tecnici, ad esclusione di quanto relativo agli aspetti propriamente geotecnici/geomeccanici e attinenti alle verifiche di stabilità, lasciando in secondo piano quello normativo in continua evoluzione e di cui, comunque, si riportano i riferimenti principali in Allegato 1.

Il documento non vuole essere un riferimento per la valutazione dell'attività estrattiva ma illustra, senza avere la pretesa di contenere tutta la casistica possibile, indicazioni di base riguardanti gli aspetti ambientali presi in considerazione. In questo senso è suscettibile di futuri aggiornamenti e integrazioni, anche in riferimento a diversi contesti e specificità territoriali regionali.

L'articolazione del lavoro presentato prevede la trattazione introduttiva delle differenti tipologie e degli elementi geometrico descrittivi delle cave a cui fa seguito la definizione del contesto territoriale e ambientale nel quale si inserisce l'attività estrattiva. E' stato dato particolare spazio ai vari aspetti attinenti alle componenti suolo, sottosuolo e risorsa idrica che sono stati valutati in base alla tipologia di cava e alle fasi di sviluppo dell'attività estrattiva (progettazione, conduzione, recupero ambientale). Parte a sé stante è stata dedicata alla descrizione del ciclo produttivo di una cava e alla definizione delle attività di monitoraggio. Un breve cenno riguarda infine gli altri aspetti non propriamente oggetto del presente lavoro (polveri, rumore e vibrazioni, trasporto e traffico mezzi, rifiuti) e l'attività estrattiva in siti particolari (aree protette e aree con rocce ofiolitiche contenenti amianto).

## **COMPETENZE ARPAT IN MATERIA DI CAVE**

### ***Funzioni di espressione di parere obbligatorio e su richiesta***

Con l'art. 12 della L.R. 3.11.1998, n. 78, si afferma che l'Autorità competente al rilascio delle autorizzazioni acquisisce, in sede di Conferenza di servizi, i pareri relativamente agli ambiti di competenza di ARPAT e della ASL.

In base alla L.R. 22.06.2009, n. 30, "Nuova disciplina dell'Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana", ARPAT svolge attività di controllo ambientale, attività di supporto tecnico-scientifico, con particolare riferimento alla formulazione di pareri e valutazioni tecniche e attività di elaborazione dati, di informazione e conoscenza ambientale con riferimento alle matrici aria, acqua e suolo. Le attività di controllo ambientale consistono nella verifica del rispetto della normativa vigente, con campionamento, nell'analisi e misura, nel monitoraggio e nell'ispezione delle pressioni e degli impatti per la verifica dello stato delle componenti ambientali.

Con L.R. 12.02.2010, n. 10, e s.m.i. l'Autorità competente può richiedere supporto tecnico per le esigenze tecnico-scientifiche connesse alle attività di istruttoria, di monitoraggio e di controllo relative alle procedure di VIA (art. 47, comma 2). Le attività di monitoraggio comprendono il controllo degli indicatori preventivamente selezionati, con riferimento specifico sia agli obiettivi del piano di monitoraggio e alle azioni in esso previste, sia agli impatti significativi e alle situazioni di criticità ambientali individuate, anche avvalendosi di ARPAT (art. 29).

### ***Funzioni di controllo***

Con Delib. G.R.T. del 15.11.1999, n. 1269, "Linee guida per il coordinamento delle funzioni di vigilanza e controllo nelle attività estrattive - art. 30 L.R. 3.11.1998, n. 78" la Regione Toscana stabilisce i principali ambiti di competenza di ARPAT :

1. Tutela delle acque dall'inquinamento, anche con specifico riguardo alla normativa sulla protezione delle risorse idriche sotterranee.
2. Gestione dei rifiuti, per gli eventuali rifiuti diversi dai materiali di risulta derivanti dallo sfruttamento della cava, anche con specifico riguardo agli eventuali oli usati.
3. Tutela dall'inquinamento atmosferico.

4. Tutela dall'inquinamento acustico.
5. Tutela dai rischi ambientali connessi all'amianto, per l'eventuale presenza di tale minerale nei materiali estratti.
6. Cave e torbiere per gli specifici aspetti di protezione ambientale.

Nel D. Lgs. 30.05.2008, n.117, "Attuazione della direttiva 2006/21/CE relativa alla gestione dei rifiuti delle industrie e che modifica la direttiva 2004/35/CE", art. 13, si afferma che le ARPA territorialmente competenti verificano che l'operatore abbia adottato le misure necessarie per rispettare la normativa vigente in materia di ambiente, in particolare per prevenire il deterioramento dello stato attuale delle acque, in conformità alle disposizioni del D. Lgs. 152/2006. Le ARPA territorialmente competenti si assicurano inoltre che l'operatore abbia adottato le misure necessarie per evitare o ridurre la polvere e le emissioni di gas.

## LE TIPOLOGIE DI CAVA

Le diverse tipologie di cava possono essere descritte in vario modo, prendendo in considerazione le differenti categorie di materiale cavato (es. cave di materiali litoidi o cave di materiali inerti, cave di materiali alluvionali), oppure il tipo di coltivazione effettuata (cave a gradoni, cave a fronte unico), o le locali condizioni idrogeologiche (cave sottofalda, cave sopra falda), o la fase di coltivazione (cave in coltivazione e risistemazione ambientale, cave dismesse sottoposte a recupero ambientale).

### ***Classificazione in base alle condizioni topografiche***

La classificazione più semplice delle diverse tipologie di cava fa riferimento all'ambiente morfologico-topografico in cui l'attività estrattiva si inserisce considerando come ambiti di base la pianura, la collina e montagna. A seconda della posizione del sito estrattivo in questi due ambienti si possono avere le seguenti tipologie:

**cave di monte:** culminali (A), a mezza costa (B), pedemontane (C);

**cave di collina** (D);

**cave di pianura:** in fossa (E), a pozzo (F);

**cave in sotterraneo** (G);

**cave in galleria** (H).

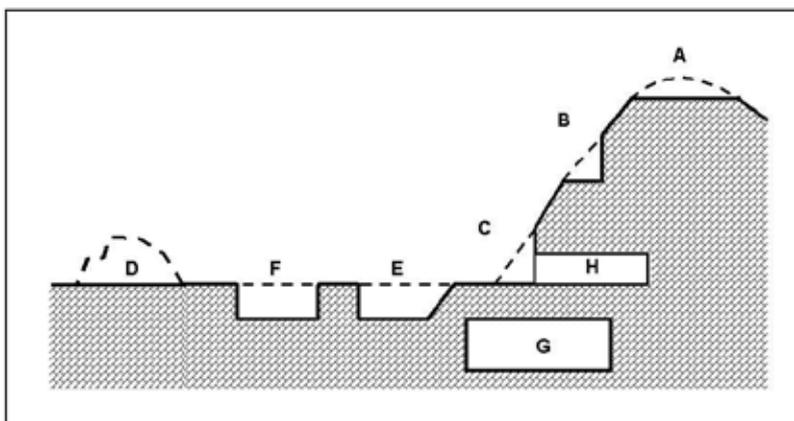
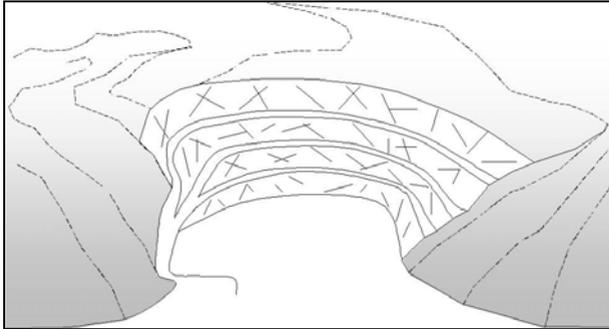


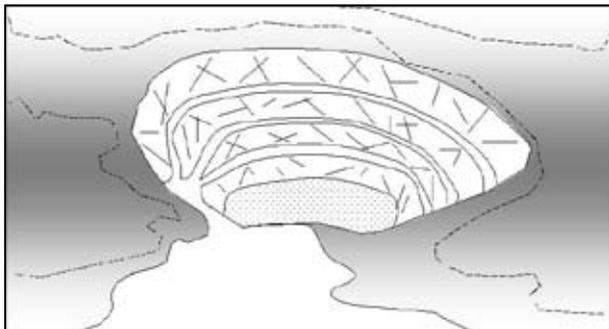
Figura 1

## ***Classificazione in base alle condizioni morfologiche dello scavo***

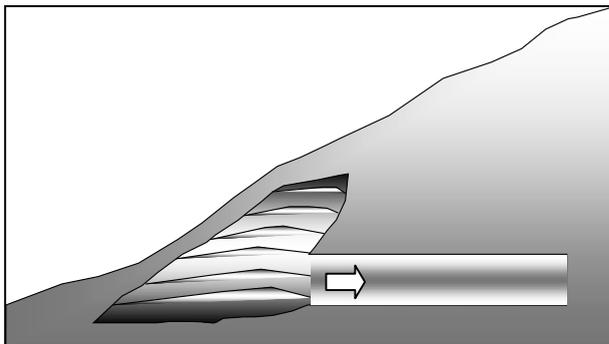
In base alla morfologia di scavo si possono avere cave a fronte aperto, cave ad anfiteatro, cave a pozzo, cave in galleria, oppure forme varie che associano queste tipologie di base.



**Cave ad anfiteatro**



**Cave a pozzo**



**Cave in galleria**

Figura 2

## ***Classificazione in base al metodo di coltivazione***

Basandosi sui diversi metodi di coltivazione delle cave si distingue come segue:

### *Coltivazione per escavazione e abbattimento*

Può essere realizzata con esplosivo e/o mezzi meccanici creando delle platee (splatemento) che si sviluppano orizzontalmente realizzando sia un unico gradone (cave a fronte unico) che una serie di gradoni multipli (cave a gradoni). In altri casi si procede per “fette” verticali.

### *Coltivazione per taglio*

E' tipica delle rocce ornamentali con lavorazione di grandi bancate o estrazione di pannelli di roccia.

### *Coltivazione per sbancamento*

È caratteristica delle coltivazioni in terreni sciolti e avviene con scavo di superfici suborizzontali.

### *Coltivazione in sotterraneo*

Può avvenire in bacini estrattivi a pozzo o imbuto oppure in galleria con sottolivelli collegati da cunicoli e pozzi e con la formazione di camere sostenute da pilastri e diaframmi.

## ***Classificazione in base alla tipologia dei materiali estratti***

Le due principali tipologie di materiali estraibili sono:

- Cave di materiale lapideo (rocce litoidi sedimentarie, magmatiche e metamorfiche).
- Cave di materiale alluvionale (argille, sabbie e ghiaie).

## ***Classificazione in base alle condizioni idrogeologiche***

La collocazione dell'attività estrattiva in aree di piana alluvionale interferisce frequentemente con acquiferi liberi con limitata soggiacenza della falda. In base alla posizione del cavo estrattivo in relazione alla zona satura si possono definire le seguenti tipologie di cave:

- cave in presenza di falda affiorante (cave sotto falda) (A)
- cave interessate dalla falda solo in alcuni periodi stagionali (B)
- cave sopra falda (C)

Come visibile nello schema sottostante, l'attività di escavazione può svolgersi in presenza di costante affioramento delle acque di falda all'interno del cavo estrattivo (caso A). Ciò avviene quando i minimi livelli piezometrici sono superiori alle quote della base della cava.

In altri casi il cavo può interessare la zona di oscillazione del livello piezometrico, ad esempio la cava non è interessata dalle acque di falda in condizioni normali (livelli medi o di magra), ma lo è quando si manifestano i massimi livelli piezometrici stagionali (caso B).

Infine vi sono casi in cui l'attività di cava avviene in secco, ovvero si sviluppa in profondità nella parte di sottosuolo non interessata dalla falda e quindi il massimo livello piezometrico è sempre più basso delle quote della base della cava (caso C).

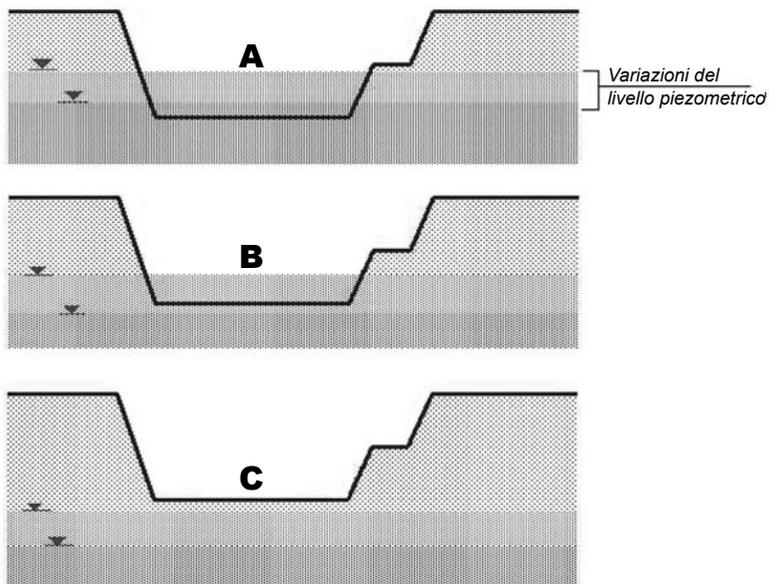


Figura 3

## GLI ELEMENTI DELL'AREA ESTRATTIVA

La parte di ammasso roccioso utile è definita giacimento litoide ed è separata da intercalazioni rocciose sterili; inoltre al tetto del giacimento solitamente si trova una parte di roccia più o meno alterata e/o suolo che formano la cosiddetta copertura di natura eluviale e colluviale. Un tipico esempio è rappresentato dalle coltivazioni di ammassi rocciosi di natura flyschoidi che alternano strati spessi di arenaria o calcare che costituiscono il giacimento e intercalari sterili di materiali pelitici (marne, siltiti, argilliti).

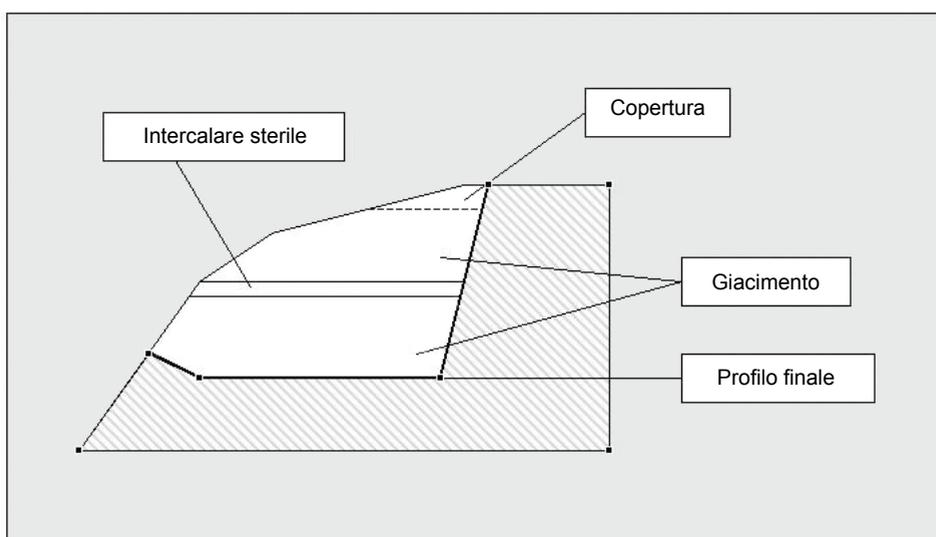


Figura 4

Gli elementi descrittivi di carattere geometrico della cava sono rappresentati dal fronte di scavo detto anche fronte di cava, che è rappresentato dalla pendice generata dall'abbattimento del materiale cavato. Il fronte può essere unico o suddiviso in gradoni. In quest'ultimo caso il fronte è formato da una serie di pendici inclinate unite da tratti suborizzontali di raccordo denominati pedate. Oltre al fronte di scavo altri elementi caratteristici dell'area estrattiva sono il piazzale di cava e le piste di arroccamento.

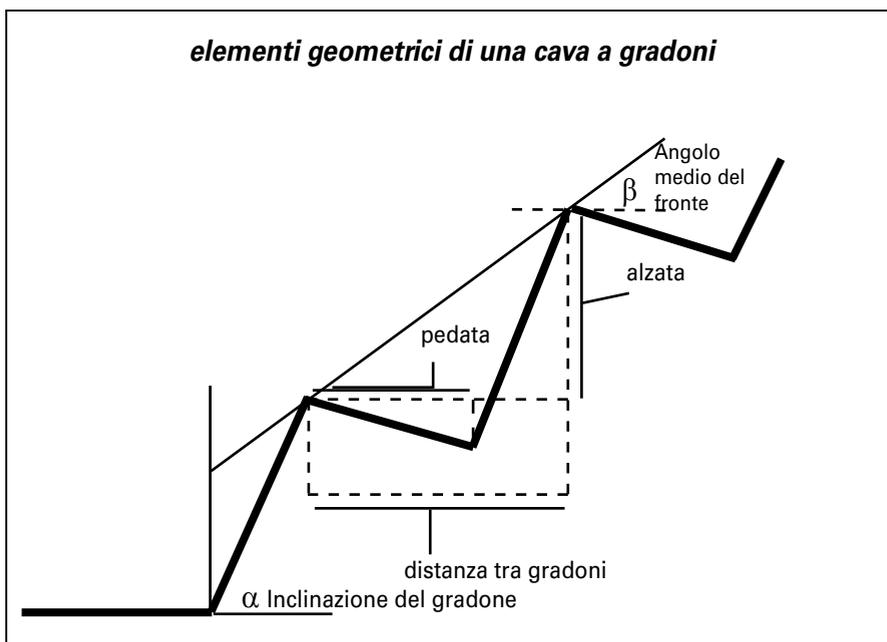


Figura 5

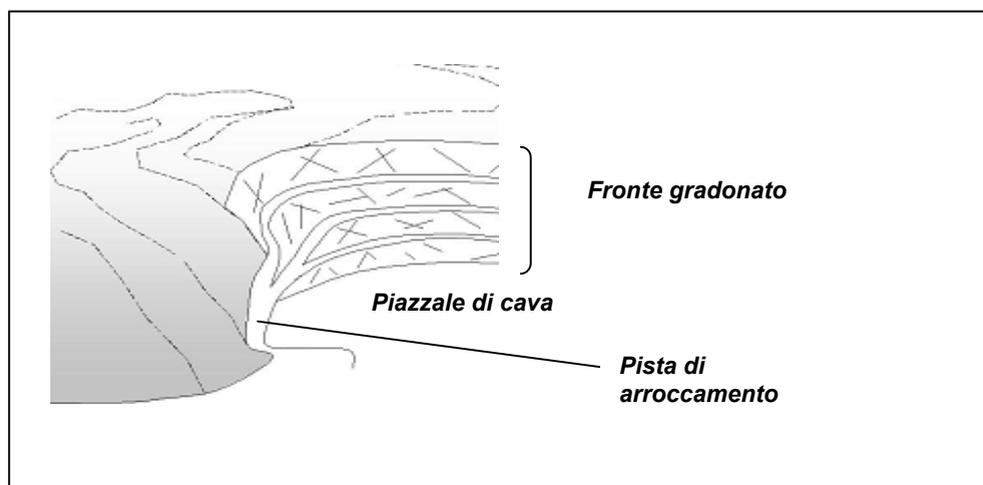


Figura 6

## ***I metodi di coltivazione***

In genere la coltivazione può procedere per escavazione e abbattimento che, a seconda dello sviluppo in relazione al piano orizzontale, può essere definito nei seguenti modi.

- *Sbancamento*: quando lo scavo viene praticato al di sopra del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno.
- *Splateamento*: quando lo scavo viene praticato al di sotto del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno, sempre che il fondo dello scavo sia accessibile ai mezzi di trasporto e il sollevamento non sia eseguito mediante tiro in alto.
- *Scavo a sezione obbligata*: quando lo scavo viene eseguito al di sotto del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno, o dello sbancamento, o dello splateamento.

Nel caso delle rocce ornamentali si procede per grandi bancate o pannelli, o con un gradino ribassato. Per le cave di pietre ornamentali e in particolare di marmo le fasi sono: perforazione e taglio (volate, tagliatrici a catena o filo diamantato), spostamento/ribaltamento (con escavatore o sbancatore), riquadratura blocchi, caricamento e trasporto, movimentazione e deposito materiali di risulta.

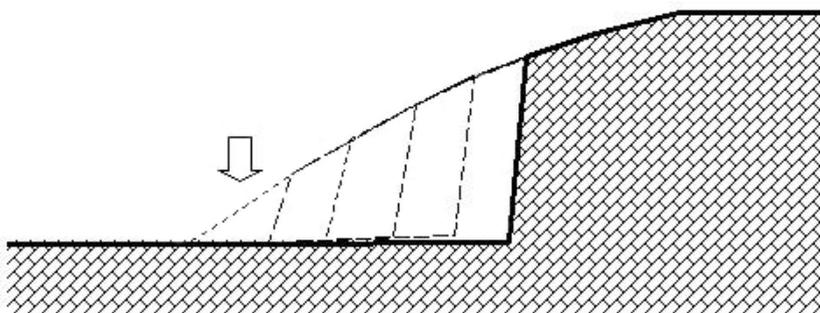
Nel caso di rocce inerti si procede all'escavazione con martelloni demolitori o rippaggio e movimentazione terra e trasporto all'impianto di trattamento/selezione, gestione dei residui.

Sono inoltre utilizzate anche le definizioni di coltivazione esposte di seguito.

## A gradone unico o fronte unico

L'escavazione procede su di un unico livello, e in genere si utilizza nel caso di giacimenti stratiformi con giacitura suborizzontale; si può procedere per abbattimento di pannelli verticali oppure di platee orizzontali. Altro caso si ha quando la coltivazione procede in aree collinari (coltivazione di collina) con arretramento progressivo del ciglio di scarpata e riprofilatura morfologica complessiva del rilievo.

### Escavazione per fette o pannelli verticali



### Escavazione per platee orizzontali (splateamento)

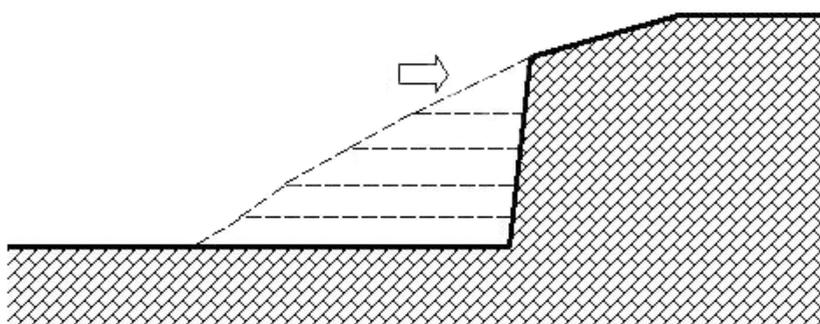
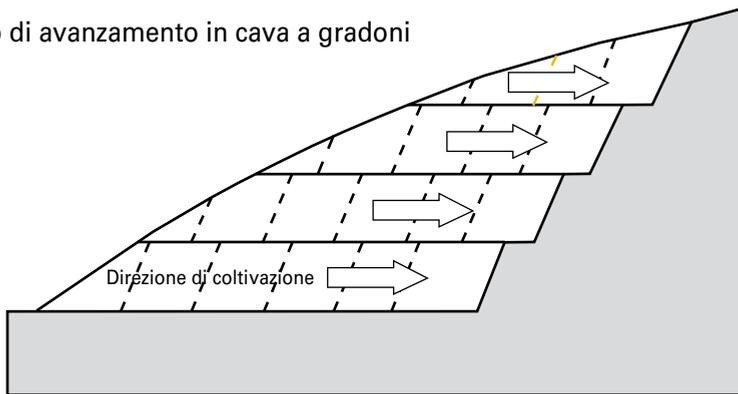


Figura 7

## A gradoni multipli

L'escavazione procede verticalmente o orizzontalmente su platee sovrapposte conferendo al fronte la morfologia a gradoni. Le piste di arrocamento si raccordano con i percorsi coincidenti con le pedate dei singoli gradoni. L'altezza (alzata) dei gradoni e la inclinazione dei fronti dipende dalle caratteristiche di stabilità della roccia oltre che alla metodologia di scavo utilizzata. In genere i gradoni hanno altezza da alcuni metri sino a circa 15 m.

Esempio di avanzamento in cava a gradoni



Condizioni finali di una coltivazione a gradoni

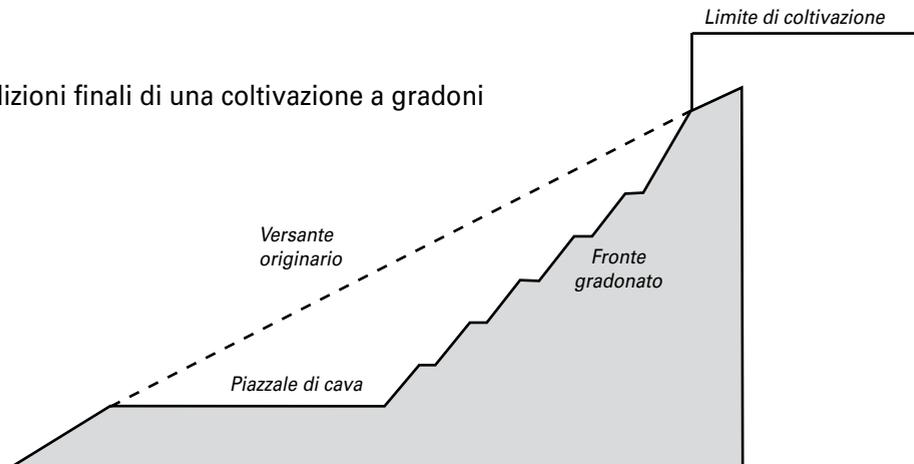


Figura 8

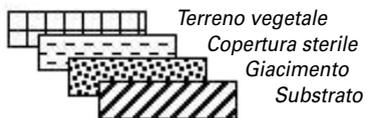
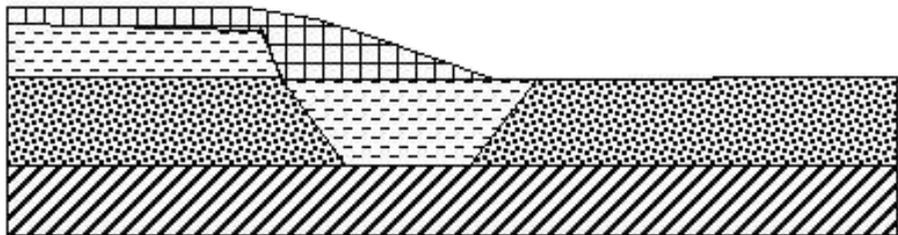
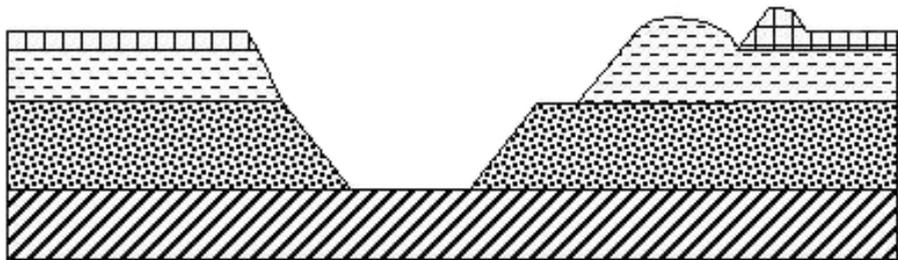
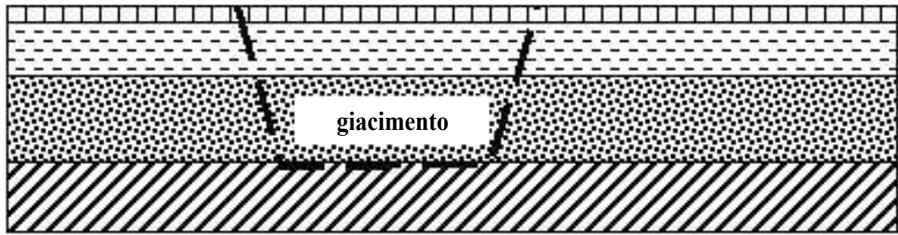


Figura 9 - Esempio di gestione del terreno vegetale e di copertura per il ritombamento in cava in materiali sedimentari alluvionali

## **IL CONTESTO TERRITORIALE E AMBIENTALE**

### ***Considerazioni generali***

L'attività estrattiva comporta una serie di pressioni a carico delle diverse componenti ambientali. In particolare gli impatti interessano l'ambiente fisico (aspetti evolutivi dei versanti, rete drenante superficiale, acque sotterranee), la biologia vegetale e animale (scomparsa della microfauna e allontanamento della fauna, danneggiamento della copertura vegetale), qualità dell'aria (mutamento del microclima, inquinamento acustico e da polveri), attività antropiche (modificazioni strutturali e infrastrutturali, modificazione dell'uso del suolo, modificazioni del paesaggio e della vocazione territoriale in particolare storico - artistico - turistica), aspetti sociali (economico - incremento occupazionale, salute pubblica).

L'attività estrattiva deve essere progettata e gestita in un contesto di sviluppo sostenibile che possa coniugare lo sviluppo socio-economico con le esigenze di compatibilità ambientale e territoriale.

La necessità di sviluppare l'attività di cava in modo razionale e coerente con gli aspetti propriamente appartenenti alla sostenibilità ambientale nelle fasi di scelta del sito, sviluppo e gestione della coltivazione e recupero finale, in gran parte si attua con la corretta progettazione estrattiva.

Gli aspetti geologici implicati nelle attività estrattive sono molteplici, e spaziano dalla ricerca, scelta e caratterizzazione litotecnica dei materiali estratti, alla scelta delle modalità estrattive e alla progettazione dei siti estrattivo in relazione alle geometrie dettate da stratigrafia e struttura dell'ammasso roccioso, alle valutazioni delle condizioni di stabilità della roccia, dei fronti, delle coperture e dei riporti. Gli aspetti idrogeologici sono inoltre molteplici e assumono uno specifico interesse ambientale.

### ***Valutazione in base alle fasi estrattive***

In relazione all'evoluzione delle fasi estrattive gli impatti possono essere valutati distintamente nella fase pre-estrattiva, estrattiva e post-estrattiva.

<b>Fase preliminare (ante)</b>				
<b>Azione/lavorazione</b>	<b>Fattori di Interferenza</b>			
Scelta dell'area	Occupazione di suolo			
Progettazione/indagini /prospezione	Perdita di suolo e vegetazione o colture	Gestione materiale di scoperchiatura	Gestione reflui	Interferenza falda
Lavori preliminari preparatori/accessi/ apertura piazzali	Perdita di suolo e vegetazione o colture	Gestione materiale di scoperchiatura	Rumore e polveri	Interferenze con la falda e con il reticolo di drenaggio naturale

<b>Fase di esercizio</b>					
<b>Azione/lavorazione</b>	<b>Fattori di Interferenza</b>				
Messa in opera di impianti	Impatto visivo	Rumore	Polveri		
Abbattimento e lavorazione materiale	Rumore	Polveri	Stoccaggi provvisori e gestione materiali sterili	Interferenza falda	Alterazioni geomorfologiche
Gestione cantiere e macchine operatrici	Rumore	Polveri	Stoccaggio combustibile e/o lubrificanti e manutenzione mezzi	Gestione reflui	Regimazione e trattamento acque superficiali

<b>Fase di fine esercizio (post)</b>				
<b>Azione/lavorazione</b>	<b>Fattori di interferenza</b>			
Abbandono di aree senza azioni di recupero	Permanere dell'impatto visivo dovuto alla presenza di impianti e alterazione del paesaggio	Condizioni di marcata pendenza dei versanti e scarpate e situazioni di instabilità	Condizioni di marcata erosione e denudazione con o senza rivegetazione spontanea	Permanenza di situazioni di contaminazione di suolo e acque sotterranee. Stoccaggi di rifiuti e residui di lavorazione non controllati
Recupero	Rimodellazione morfologica e consolidamento pendici	Interventi di regimazione delle acque	Bonifica di situazioni di contaminazione di suolo e acque sotterranee	Piantumazione e rivegetazione

### ***Valutazione per tipologia di cava***

<b>Tipologia</b>	<b>Cave di monte pedemontane</b>
<b>Caratteristiche</b>	Interessano la zona al piede di rilievi, il piazzale principale è alla quota di pianura
<b>Coltivazione</b>	La viabilità di accesso è collocata in pianura, le piste di cava e i fronti di scavo si sviluppano sui versanti a quote superiori. Sono in genere cave di materiali litoidi
<b>Problematiche ambientali</b>	<p>Visibilità e impatto paesaggistico medio/elevata in funzione delle dimensioni e del mascheramento da parte di alberature, altri rilievi, quinte rocciose</p> <p>Marcato sviluppo delle piste di arroccamento</p> <p>Problematiche di stabilità dei versanti</p> <p>Problematiche di regimazione acque di deflusso superficiale</p>

<b>Tipologia</b>	<b>Cave di monte culminali e a mezza costa</b>
<b>Caratteristiche</b>	Interessano la zona sommitale di rilievi o sono ubicate sul fianco di un pendio
<b>Coltivazione</b>	Sia la viabilità di accesso che le piste di cava e i fronti di scavo si sviluppano sui versanti. Sono in genere cave di materiali litoidi
<b>Problematiche ambientali</b>	Elevata visibilità ed elevato impatto paesaggistico Alterazione della sky-line Notevole sviluppo di viabilità di accesso e delle piste di arroccamento Possibile presenza di discariche di materiali sui versanti Problematiche di stabilità dei versanti Problematiche di regimazione acque di deflusso superficiale

<b>Tipologia</b>	<b>Cave di pianura</b>
<b>Caratteristiche</b>	Si sviluppano al di sotto della quota della pianura che le ospita
<b>Coltivazione</b>	La viabilità di accesso è collocata in pianura, le piste di cava e i fronti di scavo si sviluppano a quote inferiori alla pianura. Sono in genere cave di materiali non litoidi
<b>Problematiche ambientali</b>	Visibilità e impatto paesaggistico basso. Sono visibili solo da punti di vista più elevati della pianura La viabilità si connette a quella ordinaria Problematiche di interazione con le acque sotterranee (contaminazione, torbidità) Problematiche di interferenza con il reticolo scolante della pianura Problematiche di eduazione delle acque di falda e/o meteoriche (coltivazione all'asciutto) Problematiche di stabilità delle scarpate

<b>Tipologia</b>	<b>Cave in sotterraneo</b>
<b>Caratteristiche</b>	Si sviluppano nel sottosuolo su di un piano unico comprendente camere e diaframmi o a più livelli connessi da rampe, gallerie di servizio, di perforazione, di smarino e/o pozzi. In superficie solitamente esiste un piazzale di servizio e accesso allo spazio sotterraneo con frantoi, zone di accumulo, nastri trasportatori
<b>Coltivazione</b>	Sono in genere cave di materiali litoidi. Tramite esplosivo seguendo il disegno di progetto di gallerie e camere isolate da diaframmi e pilastri di sostegno. La movimentazione avviene con pala meccanica e/o con nastri trasportatori
<b>Problematiche ambientali</b>	Visibilità e impatto paesaggistico ridotto Vibrazioni dovute ai lavori in sotterraneo Problematiche legate alla stabilità dei versanti e alla sicurezza dell'ammasso roccioso Problematiche legate all'allontanamento delle acque sotterranee intercettate Problematiche di qualità di eventuali rilasci di materiali inquinanti (oli/idrocarburi, solidi sospesi) nelle acque di deflusso superficiale

## ***Valutazione in relazione alle fasi di sviluppo dell'attività estrattiva***

### **Fase di progettazione**

La necessità di sviluppare l'attività di cava in modo razionale e coerente con gli aspetti propriamente appartenenti alla sostenibilità ambientale nelle fasi di scelta del sito, sviluppo e gestione della coltivazione e recupero finale, in gran parte si attua con la corretta progettazione estrattiva. La localizzazione delle aree estrattive, all'interno del Piano Regionale delle Attività Estrattive, dovrà prevedere le migliori azioni di intervento per minimizzare gli impatti prevedibili e per raggiungere il migliore inserimento ambientale a conclusione dell'attività estrattiva. Sarà opportuno preferire lo sfruttamento delle potenzialità residue dei giacimenti in coltivazione o da riattivare, anziché aree di nuova estrazione.

La progettazione deve primariamente considerare le scelte di localizzazione e dimensionamento in modo da non comportare interferenza con emergenze idriche utilizzate o potenzialmente utilizzabili e con i deflussi delle acque sotterranee, per evitare fenomeni di abbattimento della superficie piezometrica e un possibile danno qualitativo a carico delle risorse idriche sotterranee. In maniera analoga si dovrà

evitare l'interessamento di aree carsiche e la messa a giorno di acquiferi con possibile rischio di contaminazione delle acque sotterranee, individuando un franco di rispetto tra la massima profondità degli scavi e i livelli stratigrafici sede degli acquiferi. Si dovranno inoltre evitare modifiche al reticolo idrografico superficiale ed estrazioni in alveo di corsi d'acqua, sia per la tutela dell'equilibrio geomorfologico dei terreni, per non perturbare le dinamiche idrologiche superficiali e sotterranee, sia per non alterare l'ecosistema floro-faunistico dell'area. Si dovranno conservare, per quanto possibile, gli ambienti di elevato pregio dal punto di vista naturalistico, paesaggistico, ecosistemico e territoriali ed evitare l'eccessiva vicinanza a centri abitati che possano subire disturbi per la produzione di polveri, rumori, traffico di mezzi pesanti.

Per le cave di versante, considerando la natura geologica e strutturale dei diversi possibili siti, saranno da evitare di norma le zone interessate da instabilità geomorfologica introducendo alterazioni peggiorative dell'equilibrio idrogeologico. La scelta del sito estrattivo deve essere preceduta da una approfondita analisi delle condizioni geomorfologiche locali e dallo studio geotecnico-geomeccanico per la verifica della stabilità delle pendici naturali e per la progettazione dei fronti di scavo nelle varie fasi di sviluppo della coltivazione.

I molteplici aspetti che devono trovare spazio e collocazione nel piano di coltivazione riguardano in sintesi quanto segue.

### **Elaborati da presentare**

- quadro climatico, geologico, morfologico, idrologico, pedologico, floro-vegetazionale, paesaggistico
  
- progetto con elementi costitutivi dell'area estrattiva in relazione alla destinazione urbanistica dell'area e ad altri vincoli e limitazioni d'uso del territorio interessato con particolare riferimento alle risorse naturali, corredato da cartografia a scala di progetto (almeno 1:5.000)
  - modello plano-altimetrico e sezioni del terreno da rilievo topografico e/o batimetrico (cave in falda) di dettaglio georeferenziato, realizzazione DTM
  - progettazione morfologica della cava con definizione della geometria di fronti e scarpate, piste, piazzali, anche in relazione all'evoluzione temporale
  - definizione della massima profondità di scavo raggiunta con corredo cartografico di dettaglio delle condizioni topografiche finali
  - calcolo della volumetria di scavo totale e della volumetria di scavo per le varie fasi di avanzamento distinguendo tra materiale utile, inerte commercializzabile, inerte riutilizzato per risistemazione finale (con specifica

dell'utilizzo: per risistemazione finale e/o con destinazione esterna), terreno vegetale e presentazione di un chiaro bilancio di terre e rocce

- calcolo della volumetria di materiale sciolto (inerte proveniente da altre cave e/o sterri, fanghi di segazione, scarti di lavorazione, rifiuti con riutilizzo previsto da normativa), tenuto anche conto delle possibili variazioni di volume, applicando appositi indici di stima
- descrizione dell'utilizzo previsto del materiale estratto e valutazione della resa del giacimento di cava
- progetto e scelta della modalità di coltivazione con indicazione della suddivisione in lotti e fasi di escavazione con corredo cartografico di dettaglio
- sezioni rappresentative degli stati di avanzamento, da prevedere in numero sufficiente per descrivere in maniera esauriente il giacimento per la fase progettuale (stato attuale) e per lo sviluppo delle fasi estrattive (stati intermedi, stato finale, stato di ripristino ambientale)
- descrizione dei movimenti di terra interni all'area di cava indicando con chiarezza le aree di deposito e loro caratteristiche
- cartografia con individuazione delle aree per lo stoccaggio degli inerti e per gli accumuli temporanei del terreno vegetale
- descrizione della potenzialità di escavazione giornaliera e annua
- descrizione delle modalità di ripristino morfologico da attuare prima del recupero vegetazionale dell'area
- tempistica per intervento generale e tempistica parziale per ogni singola fase di avanzamento
- progetto della rete di drenaggio delle acque meteoriche, da riportare anche nelle cartografie del piano di coltivazione, con indicazione delle pendenze e delle sezioni dei vari tratti, restituita per ciascuna fase di avanzamento e per la fase di recupero finale, da dimensionare sulla base delle caratteristiche climatiche dell'area. In particolare devono essere considerate:
  - acque provenienti da aree esterne all'attività estrattiva: deve essere evitato, in generale, l'afflusso in cava attraverso la realizzazione di una rete di fossi di guardia collegata direttamente alla rete di smaltimento naturale e/o artificiale esistente
  - rete di drenaggio interna all'area di cava: deve comprendere l'area impianti eventualmente presente, opportunamente impermeabilizzata, e le zone di stoccaggio dei materiali di cava; deve avere l'indicazione delle pendenze
  - vasche di decantazione con raccolta delle acque provenienti dalla rete di drenaggio interna alla cava: il numero delle vasche dovrà essere

adeguato alla superficie dilavata, alla morfologia del sito, alla massima volumetria realizzabile

- indicazione in cartografia a scala adeguata dell'area impermeabilizzata per il deposito di carburanti, oli ed altre sostanze pericolose con sistema di raccolta per eventuali sversamenti accidentali
  - cartografia con organizzazione del cantiere, dove individuare le opere preliminari (recinzione perimetrale, fossi di guardia, barriere vegetali o in terra, opere per la difesa del suolo, piezometri di monitoraggio) comprese le infrastrutture di servizio (uffici, viabilità interna, area per il ricovero dei mezzi d'opera opportunamente impermeabilizzata, strade di accesso)
  - localizzazione su cartografia e descrizione degli impianti di lavorazione e trasformazione, se presenti
  - documentazione di previsione di impatto acustico dell'attività di coltivazione e delle connesse lavorazioni, comprese le movimentazioni dei materiali
  - stima dell'impatto vibrazionale, in presenza di recettori sensibili, dovuto alle eventuali volate di mine e sistemi di mitigazione da adottare
  - stima dell'inquinamento atmosferico prodotto da emissioni di:
    - polveri diffuse derivanti dalle operazioni di coltivazione, lavorazione, movimentazione e deposito dei materiali e da transito mezzi
    - polveri convogliate derivanti da impianti di lavorazione del materiale estratto
  - trattazione riguardante la gestione dei rifiuti
  - valutazione della rete viaria esistente, del possibile traffico-mezzi e dell'idoneità ad essere impiegata per l'attività estrattiva, anche in relazione al flusso di traffico già esistente
  - analisi dell'impatto visivo-paesaggistico che motivi le scelte di rispetto alla posizione di centri abitati, principali vie di comunicazione, aree di interesse turistico, paesaggistico o naturalistico
  - individuazione delle zone interessate da vincoli urbanistici, paesaggistici, storico-archeologici, ambientali
  - indicazione di eventuali siti di particolare valenza geologica, geomorfologica, paleontologica, storico-archeologica, floro-vegetazionale, faunistica
  - documentazione fotografica
- relazione geologico-ambientale
- rilevamento e studio geologico ed analisi fotointerpretativa, ricostruzione delle sequenze litostratigrafiche, valutazione delle caratteristiche giacimentologiche del sito

- studio geologico e geomorfologico che individui le caratteristiche litostratigrafiche locali, i lineamenti geomorfologici della zona e i processi morfologici in atto o potenziali
  - caratterizzazione geotecnica (terreni sciolti) con caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni interessati dalla coltivazione
  - rilevamento e studio geostrutturale e geomeccanico (ammassi rocciosi) per la determinazione dei caratteri strutturali delle formazioni (stratificazione, faglie, discontinuità) loro geometria, rilievo dei parametri morfometrici dell'ammasso roccioso e delle caratteristiche di resistenza per la classificazione geomeccanica
  - indagini, ad esempio con georadar, per cave in sotterraneo o di versante per la valutazione del rischio di intercettazione di cavità naturali in fase di coltivazione
  - verifiche di stabilità dei pendii naturali, dei fronti di scavo e delle morfologie finali di ripristino ambientale (in condizioni statiche e in condizioni dinamiche) facendo riferimento alla metodologia e all'equilibrio limite tenendo conto di quanto previsto e di opportuni coefficienti di sicurezza indicati dalla normativa vigente
  - idrogeologia, studio della geometria degli acquiferi superficiali e profondi, (tipologia, direzione di flusso, gradiente idraulico), individuazione delle zone di alimentazione e recapito, definizione dei rapporti con il reticolo idrico superficiale, parametri idrogeologici (conducibilità idraulica, trasmissività, coefficiente di immagazzinamento, portata specifica), individuazione di eventuali pozzi, sorgenti e opere di captazione presenti, loro posizione cartografica e produttività, valutazione delle possibili interferenze
  - analisi della circolazione idrica superficiale (in particolare per attività estrattive adiacenti a importanti corsi d'acqua), con studio delle possibili interazioni tra rete idrologica e il sito estrattivo per la definizione delle relazioni e degli effetti delle possibili situazioni critiche (piene, esondazioni, erosioni localizzate)
- relazione agronomico-vegetazionale per la risistemazione ambientale
- studio vegetazionale dell'area e valutazione degli effetti che l'intervento può produrre
  - analisi pedologica
  - esame delle caratteristiche microclimatiche di ogni superficie di intervento
  - tecniche utilizzate per la risistemazione
  - studio degli elementi faunistici presenti nell'area e dell'influenza su di essi dell'intervento

- analisi e descrizione delle componenti ambientali soggette a impatto dell'area interessata dall'attività estrattiva e di un suo intorno significativo
  - prima dell'inizio dell'attività
  - nelle varie fasi di attuazione dell'intervento
  - nella fase di recupero ambientale
  
- descrizione e valutazione delle caratteristiche qualitative e quantitative delle emissioni inquinanti di qualunque tipo
  
- misure previste per la riduzione o l'eliminazione delle conseguenze negative dell'attività estrattiva sull'ambiente e tempi e modalità di attuazione delle misure stesse
  
- piano di monitoraggio delle componenti ambientali ritenute più impattate e/o più vulnerabili in relazione alla tipologia di cava
  - ante operam
  - in fase di evoluzione della coltivazione
  - post operam
  
- definizione delle condizioni ambientali al termine dell'attività estrattiva

I vari tematismi devono essere corredati da cartografie d'insieme (scala da 1:25.000 a 1:10.000) e di dettaglio (scala da 1:5.000 a 1:500).

## **Fase di conduzione**

L'area estrattiva deve essere chiaramente individuata sul terreno attraverso la collocazione di punti fissi inamovibili di misurazione, e il piano quotato di tali punti e dei relativi capisaldi di riferimento devono essere riportati nel Progetto di coltivazione.

I punti devono essere collocati in posizione topografica favorevole e comunque in maniera tale che da ognuno di essi si possa traguardare quello precedente e quello successivo; devono inoltre essere collocati in posizione tale da essere facilmente individuati e devono essere riportati sulla carta topografica della zona.

Al fine di ottimizzare i lavori estrattivi, la coltivazione viene realizzata di norma per lotti successivi; l'inizio della coltivazione di ciascun lotto dovrà avvenire contestualmente all'inizio delle operazioni di recupero del lotto precedentemente sfruttato. Le scarpate finali dovranno essere sempre stabili, anche attraverso la realizzazione di gradoni intermedi. La pendenza delle scarpate, sia durante la fase

di coltivazione sia in fase di recupero ambientale, dovrà assicurare la condizione di massima sicurezza in relazione ai metodi di scavo utilizzati, garantendo condizioni di sicurezza nel breve periodo (fase di escavazione), nel lungo periodo (al termine dell'escavazione) e con il riporto di materiale (nella fase di recupero morfologico e vegetazionale).

Nel caso delle cave di versante e in sotterraneo devono essere evitate infiltrazioni di acqua nelle discontinuità e devono essere attuate tutte le azioni necessarie ad evitare crolli di pareti o dissesti dei fronti prevenendo distacchi dalle volte o dalle pareti di roccia o terreno, compresa l'eventuale intercettazione di grotte e/o condotti carsici. Quindi, al fine di evitare/limitare fenomeni di erosione o di dissesto dovrà essere sempre assicurato un adeguato drenaggio delle acque superficiali dilavanti. In particolare, dovranno essere realizzati e soggetti a manutenzione periodica fossi di guardia al ciglio superiore/esterno dell'area in coltivazione, collegati direttamente ai recettori naturali o artificiali esistenti, e reti di drenaggio estese all'intera area estrattiva che dovranno recapitare le acque in apposite vasche di decantazione prima della loro immissione nei recettori finali. La rete di regimazione delle acque superficiali dilavanti l'area di cava deve essere rappresentata nelle cartografie del piano di coltivazione con la relativa indicazione delle pendenze. L'attività di coltivazione e lavorazione dovrà prevedere il mantenimento di adeguate aree di rispetto dai corsi d'acqua classificati secondo la normativa vigente.

La presenza di habitat di pregio per la conservazione e la tutela del sistema ambientale e di specie faunistiche e/o floristiche di particolare interesse naturalistico dovranno essere evidenziate nell'analisi dello stato ambientale e dovranno essere individuati tutti gli interventi necessari per assicurarne la salvaguardia.

In questa fase devono essere eseguite analisi chimico-fisiche finalizzate alla determinazione delle caratteristiche del terreno vegetale per verificare la corretta messa in posto del materiale durante le successive operazioni di sistemazione finale.

### **Controllo sugli stati di avanzamento**

Durante le fasi di avanzamento dell'attività estrattiva si dovranno effettuare le seguenti verifiche:

- analisi dell'andamento delle fasi estrattive previste e conformità al progetto
- determinazione e verifica dei volumi scavati, bilancio delle terre
- monitoraggio sulla stabilità dei fronti di scavo e pendici con attenzione a possibili fenomeni precursori di potenziali instabilità, tenendo conto dei diversi comportamenti geomorfologici e geotecnici distinguendo tra materiali sciolti o detritici, a prevalente granulometria fine, a prevalente granulometria grossa, materiali lapidei.

La verifica di stabilità dei fronti di scavo e della morfologia finale di ripristino prevede la definizione di elementi geometrici, quali altezza e pendenza dei fronti di coltivazione e dei terreni di copertura, il metodo di coltivazione impiegato, i parametri geotecnici/geomeccanici adottati per la tipologia di roccia o terra presente e i coefficienti di sicurezza ottenuti (D.M. LL. PP. 11.03.1988 e D.M. LL. PP. 14.01.2008 s.m.i.).

Le verifiche di stabilità si basano su di un preciso modello di sottosuolo riferito agli aspetti geologici, geomorfologici, geotecnici/geomeccanici e idrogeologici.

Le verifiche di stabilità condotte con appositi codici di calcolo riguardano i singoli fronti, l'intero fronte estrattivo e l'assetto morfologico finale. I parametri geotecnici e geomeccanici utilizzati fanno riferimento a un sufficiente numero di prove in sito e di laboratorio su campioni indisturbati raccolti a seguito di indagini geognostiche. I parametri dovranno essere cautelativamente rappresentativi dell'ammasso di terra o roccia. Le verifiche dovranno valutare le più gravose condizioni idrogeologiche sia in termini statici che dinamici. Deve essere inoltre valutata ogni situazione di rischio supplementare quali eventi meteorologici eccezionali, precipitazioni intense concentrate o eventi di forte gelo o episodi di caldo torrido. Analoga attenzione dovrà essere posta a situazioni particolari, come la presenza di diaframmi tra cave confinanti, scavi in sotterraneo, scavi in falda.

### **Valutazione specifica delle componenti suolo, sottosuolo e acque**

Nel seguito è riportata una sintesi generale di possibili impatti a carico delle componenti suolo, sottosuolo, acque sotterranee e superficiali.

Si sottolinea come la valutazione degli impatti a carico di queste componenti sia materia complessa e specialistica che si sviluppa con aspetti diversi in base al contesto dell'ambiente fisico in cui ci si trova. Per questo si possono fornire indirizzi e indicazioni come guida all'analisi che comunque non possono prescindere dalla profonda conoscenza della materia e del contesto ambientale geologico e idrogeologico. L'accertamento e l'interpretazione corretta degli impatti, a seguito di monitoraggio e/o controllo, non può infatti prescindere dal preliminare processo di ricostruzione di un modello fisico di sottosuolo (geologico e idrogeologico) frutto di informazioni bibliografiche, rilevamenti e indagini dirette e indirette in sito e analisi di laboratorio, modello implementato con successivi approfondimenti di studio e indagine.

Per la componente acque superficiali la valutazione si deve basare su di un completo studio idrologico-idraulico e del trasporto solido oltre alla caratterizzazione chimico-fisico-biologica qualitativa delle acque. Aspetti connessi alla funzionalità morfologica dei corsi d'acqua possono essere valutati in ante opera e nel post opera con l'applicazione di metodologie specifiche come quelle riferite agli indici IFF o IQM.

Si riassumono gli aspetti in relazione alle singole componenti.

## **Suolo e sottosuolo**

- Perdita di suolo agrario o anche altro suolo ad uso ambientale pregiato, ad esempio boschivo, e del substrato pedologico
- Innesco o incremento di fenomeni di erosione e di instabilità geomorfologica
- Variazione della destinazione d'uso del suolo
- Alterazione della rete di raccolta delle acque di deflusso superficiale e incremento del ruscellamento diffuso e non incanalato con:
  - danno di ambienti ad elevato pregio dal punto di vista naturalistico, paesaggistico, degli utilizzi del suolo
  - inquinamento di suolo e sottosuolo per sversamento oli/gasoli

## **Acque superficiali**

### **Aspetti quantitativi**

- Alterazione delle modalità/entità di raccolta, deflusso e recapito (ad esempio per richiamo delle acque di subalveo da parte del cavo estrattivo)
- Variazioni morfologiche e della dinamica fluviale e a carico del reticolo di deflusso superficiale
- Aumento del trasporto solido
- Interferenze nella stabilità dell'alveo e delle sponde del corso d'acqua, con possibile modifica delle tendenze evolutive

### **Aspetti qualitativi**

- Alterazione dei parametri chimico-fisici (pH, torbidità, presenza di contaminanti) derivanti da:
  - estrazioni in alveo di corsi d'acqua o nelle aree perifluviali
  - dispersione dei fanghi delle vasche di decantazione delle acque di dilavamento superficiale dei piazzali di cava e strade per movimentazione mezzi
  - interferenza con le condizioni naturali di drenaggio superficiale
  - infiltrazione e scorrimento di acque superficiali non incanalate
  - dilavamento di rocce o terreni naturalmente inquinati a seguito della escavazione (ad esempio dispersione del materiale che proviene da rocce ofiolitiche)

## Acque sotterranee

### Aspetti quantitativi

- Variazioni dell'equilibrio idrodinamico della falda e del bilancio idrico che si possono manifestare in una serie di interferenze a carico della risorsa quali:
  - riduzione della portate di sorgenti
  - riduzione della produttività di pozzi
  - riduzione della portata della falda
  - alterazione del campo di moto della falda
  - svuotamento di serbatoi acquiferi sotterranei, anche posti a differenti profondità
  - interferenza con serbatoi profondi e circuiti carsici
  - aumento della evaporazione nel caso di affioramento della falda

### Aspetti qualitativi

- Alterazione dei parametri chimici e chimico-fisici: pH, torbidità, solidi sospesi, conducibilità, ossigeno disciolto, metalli, presenza di contaminanti, ecc.
- Contaminazione conseguente alla presenza di aree di rifornimento carburanti, depositi di oli e altre sostanze pericolose
- Trasporto in profondità di polveri e solidi sospesi da parte delle acque di infiltrazione
- Elevatissima vulnerabilità nelle cave sotto falda per diretto contatto con agenti contaminanti, ad esempio da sversamenti; ciò avviene per messa a giorno degli acquiferi o riduzione della soggiacenza conseguente agli scavi
- Possibilità di fenomeni di eutrofizzazione delle acque di lago di cava

## Aspetti idrogeologici

### Problematiche idrogeologiche connesse ad attività estrattiva nelle cave di pianura

Nelle cave di pianura ubicate in zone con sedimenti alluvionali di spessore considerevole o ridotto, si può avere l'intercettazione da parte dell'attività di escavazione di acquiferi sotterranei. Tali acquiferi presentano le caratteristiche granulometriche ottimali per ospitare falde idriche produttive ed anche per essere considerati giacimenti di materiali inerti di pregio per l'industria.

Gli acquiferi, generalmente costituiti da livelli macroclastitici, si possono collocare in posizione basale rispetto alla coltre alluvionale al contatto con un substrato impermeabile e/o roccioso e in taluni casi sono alimentati dallo stesso substrato. In altri casi si hanno acquiferi liberi e/o acquiferi sospesi con scarsa soggiacenza o acquiferi in pressione confinati tra livelli a bassa permeabilità. Comunemente nelle

piane alluvionali si trovano acquiferi sovrapposti separati da livelli semipermeabili o impermeabili (acquiferi multifalda o multistrato).

Le modalità e l'entità dell'interferenza sono funzione dell'ampiezza e forma dello scavo o di più cavità tra loro separate e poste una vicino all'altra, della posizione delle stesse rispetto alla direzione di deflusso sotterraneo oltre che delle caratteristiche idrogeologiche del sito.

Alcuni esempi schematici di situazioni tipiche di interferenza sono di seguito illustrati.

Nello schema che segue (fase A), nel caso di escavazione in presenza di falda l'attività può svolgersi in secco ovvero nella parte di sottosuolo non interessata dal massimo livello di oscillazione stagionale piezometrica. In altri casi il fondo dello scavo può essere vicino al livello di falda; in questo caso la cava è interessata dalla massima oscillazione del livello piezometrico pur non essendone interessata in condizioni normali (livelli medi o di magra) (fase B). Infine vi sono casi in cui il fondo della cava è interessato costantemente dall'affioramento delle acque di falda (fase C).

Le tre fasi illustrate possono rappresentare successivi momenti dell'evoluzione dell'attività estrattiva in cui il cavo non interessa le acque di falda nelle prime fasi estrattive; col procedere dell'attività e con l'approfondirsi dello scavo a partire dal piano campagna si ha l'interessamento delle acque di falda che affiorano all'interno delle zone più depresse dell'area estrattiva.

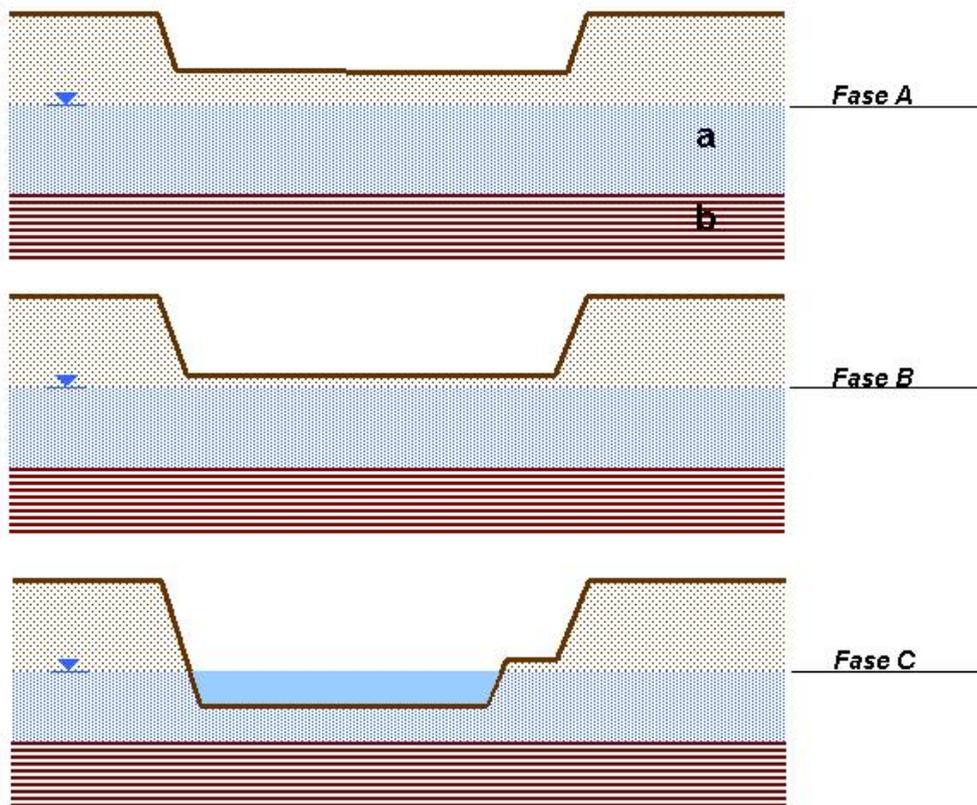


Figura 10 - Cava in area di pianura alluvionale che interessa progressivamente con lo scavo un acquifero più superficiale libero (a) poggiante su di un substrato impermeabile (b).

Nelle aree di pianura alluvionale dove il materasso di sedimenti è formato dall'alternanza di livelli acquiferi e livelli acquiclude a bassa permeabilità (acquiferi multistrato), l'approfondimento dell'attività estrattiva può generare l'interferenza con interessamento, al proseguire dello scavo in profondità, prima dell'acquifero superficiale e successivamente anche di quello profondo.

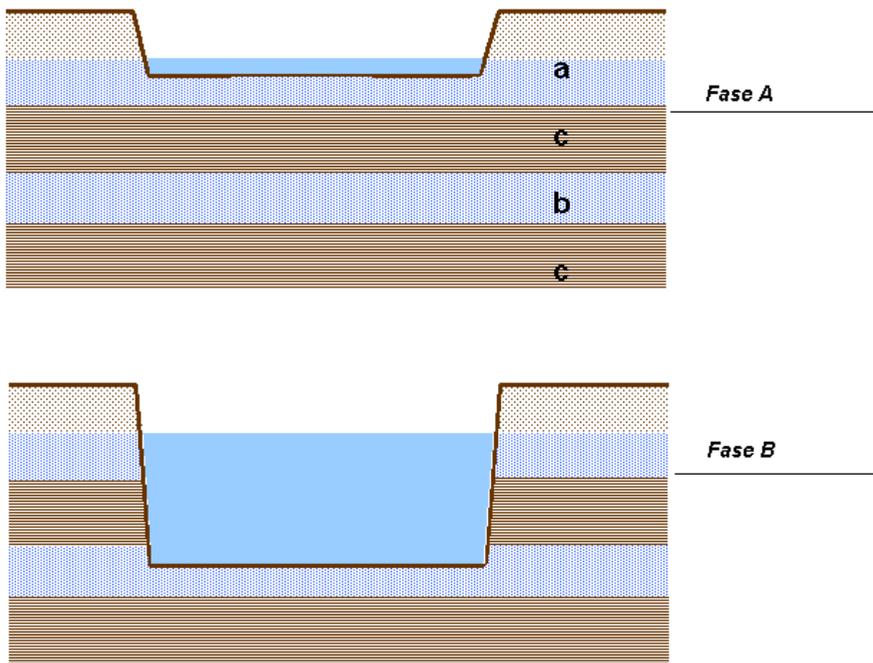


Figura 11 - Cava in area di pianura alluvionale che interessa un acquifero più superficiale libero (a) e uno più profondo in pressione (b) intervallati da livelli a bassa permeabilità

Il progressivo approfondimento dello scavo, quando interessa sia un acquifero superficiale che uno più profondo confinato o semiconfinato, implica la miscelazione delle acque dei due sistemi all'interno del cavo di falda e il riequilibrio reciproco in base ai carichi piezometrici dei due acquiferi. Questa condizione può comportare locale depressurizzazione dell'acquifero più profondo e ad esempio, nel caso in cui le acque dell'acquifero superficiale siano di qualità scadente, peggioramento qualitativo delle acque di falda anche dell'acquifero profondo.

La presenza di falda affiorante all'interno dell'area estrattiva si colloca in genere nelle aree topograficamente più depresse e genera una serie di problematiche ambientali riconducibili agli aspetti di seguito illustrati.

- Incremento della vulnerabilità dell'acquifero in assenza dell'effetto di protezione operato dalla presenza del non saturo a bassa permeabilità.
- Alterazione della qualità delle acque e contaminazione della risorsa idrica sotterranea, anche conseguente alla messa in comunicazione di acquiferi distinti.

- Instabilità dei versanti e/o cedimenti del suolo connessi alle variazioni di pressioni interstiziali.
- Incremento della torbidità delle acque.
- Variazioni del livello piezometrico e delle locali condizioni di deflusso.
- Perdita di risorsa idrica.

In questo caso il cavo estrattivo che interessa la falda induce un locale aumento della trasmissività determinando un'alterazione delle condizioni di deflusso locali e della morfologia piezometrica con abbassamento del livello sul lato di monte, in senso idrogeologico, e innalzamento sul lato di valle. Questi livelli si raccordano con il pelo libero delle acque all'interno del cavo estrattivo che si mantiene orizzontale. E' noto che a seguito dell'esercizio della cava, col tempo, si può depositare sul fondo del lago di cava un livello di materiale limo-argilloso a bassa permeabilità che tende a chiudere gli spazi intergranulari dei sedimenti e a impedire la connessione cavo/falda. In casi estremi in cui la connessione idraulica cavo/falda è assente si ha un'inversione del fenomeno, con abbassamento a valle ed innalzamento a monte del livello piezometrico rispetto all'area estrattiva.

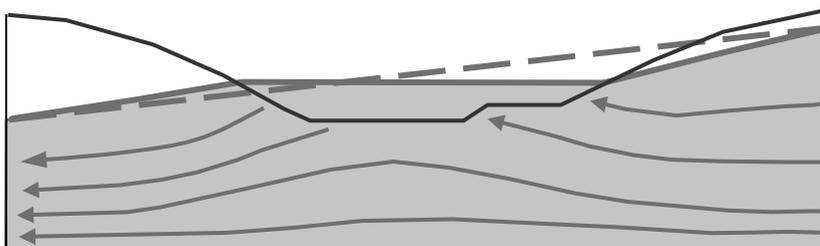


Fig. 12 - Variazioni della superficie piezometrica in un acquifero libero interessato da attività estrattiva. La linea tratteggiata indica la superficie piezometrica iniziale mentre quella continua indica la superficie piezometrica successiva all'escavazione; la linea nera indica la superficie topografica.

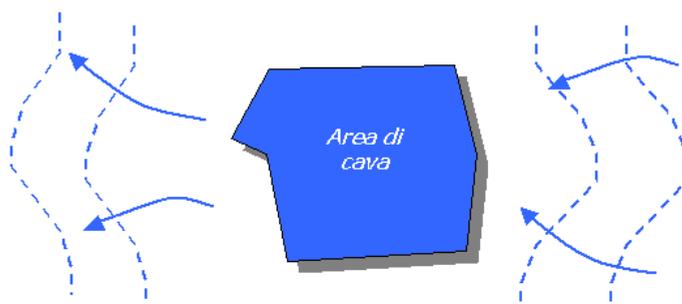


Figura 12a - Variazione della morfologia piezometrica indotta dal cavo estrattivo visione planimetrica

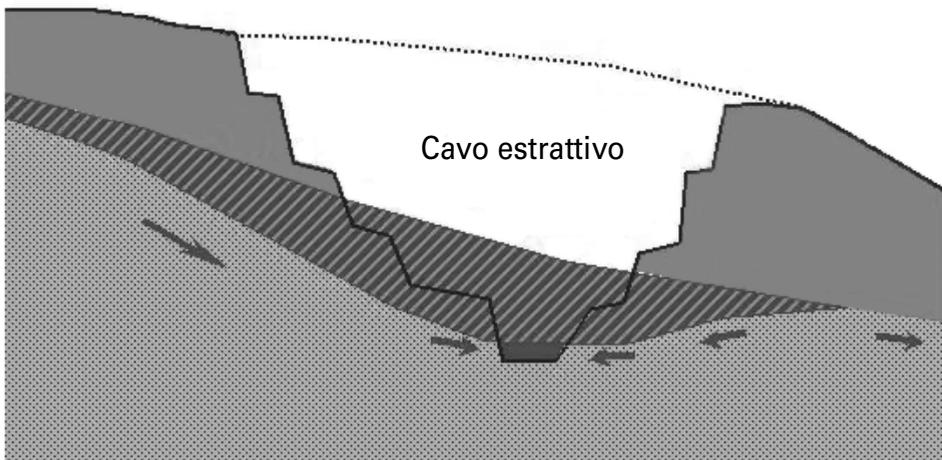


Figura 13

### **Problematiche idrogeologiche connesse ad attività estrattiva in cave in ammassi rocciosi**

Molte delle problematiche descritte valgono anche nel caso di cave interessanti ammassi rocciosi. La particolarità, in questo caso, è data dalla differenza del mezzo che ospita la circolazione idrica sotterranea che non è costituito da un mezzo poroso ma da un mezzo fratturato. La circolazione idrica, quindi, avviene all'interno delle discontinuità delle rocce che hanno funzione sia di serbatoio sia di rete di deflusso sotterraneo. I fattori che variano le condizioni di immagazzinamento e deflusso sotterraneo sono legati alle caratteristiche geometriche delle discontinuità dell'ammasso e in particolare dalla loro lunghezza e continuità, da densità e grado di reciproca interconnessione, apertura e la presenza/assenza di riempimenti, rugosità. La presenza di zone di frattura ospitanti una circolazione idrica e affioranti in superficie all'interno dell'area di cava costituisce una situazione di elevata vulnerabilità idrogeologica, potendo potenzialmente permettere una rapida infiltrazione di sostanze contaminanti nel sottosuolo. I casi di maggior rischio sono associati a un elevato grado di fratturazione che si spinge in profondità e/o a un'elevata apertura delle fratture. Tutti questi elementi devono essere rilevati, valutati e descritti in dettaglio negli elaborati grafici e nelle relazioni geologica e idrogeologica di supporto alla progettazione.

Un caso particolare è rappresentato da formazioni rocciose includenti litologie sede di fenomeni di carsismo, in massima parte rappresentate da rocce carbonatiche (calcari, marmi, gessi) soggette a dissoluzione e secondariamente da altri tipi di rocce (es. arenarie). In tali casi, alle discontinuità si associano forme carsiche ipogee con fratture beanti, condotti e cavità di varia dimensione con deflusso idrico sotterraneo concentrato e rapida infiltrazione e deflusso, con vulnerabilità estremamente elevata. Sostanze contaminanti e particelle solide possono facilmente essere veicolati dalle acque di superficie e raggiungere le acque sotterranee per infiltrazione.

Queste situazioni richiedono massima attenzione nella loro valutazione poiché, frequentemente, ai sistemi carsici è associata la presenza di strutture ipogee di elevato valore ambientale e acquiferi di elevata produttività, spesso utilizzati a fini acquedottistici. Particolare attenzione dovrà essere rivolta all'eventuale possibilità di intercettazione di cavità naturali all'avanzare della coltivazione.

### **Drenaggio ed estrazione di acqua**

Nel caso in cui l'attività di escavazione intercetti le acque sotterranee si può generare un accumulo di acque all'interno dell'area di cava che rallenta o impedisce l'attività estrattiva stessa. Spesso si ricorre a interventi di raccolta delle acque, pompaggio in superficie o emungimento dal sottosuolo. Alcuni di tali interventi e modi di operare inducono conseguenze genericamente riconducibili ad una perdita della risorsa. In particolare si può riassumere la seguente casistica.

- Perdita di risorsa dalla zona satura per abbassamento piezometrico indotto dal richiamo d'acqua da parte del cavo e/o da emungimenti e aggotamento della falda.
- Pompaggio da pozzi per precisi propositi, quali reperimento acque per impianti, lavaggi, servizi funzionali all'attività estrattiva.
- Riduzione di risorsa in sorgenti, risorgive, corsi d'acqua, laghi, zone umide per richiamo sotterraneo e alterazione del campo di moto della falda.
- Variazione delle direzioni di deflusso sotterraneo causanti possibili richiami di contaminanti e intrusioni di acque saline.
- Subsidenza e fenomeni di assestamento causati dalle variazioni piezometriche.

### **Contaminazione delle acque**

La presenza di specchi d'acqua all'interno delle aree di cava quando in comunicazione con le acque di falda, oltre a indurre variazioni dei gradienti idraulici, incremento dell'evaporazione dalla superficie d'acqua e locale alterazione delle voci di bilancio idrogeologico, comporta un'elevata vulnerabilità idrogeologica con conseguente potenziale contaminazione delle acque superficiali e sotterranee di tipo chimico/biologico e da solidi sospesi.

Elevata vulnerabilità idrogeologica si può avere anche dove si ha un esiguo spessore del non saturo con caratteristiche di buona permeabilità dello stesso e dove affiorano terreni ad elevata permeabilità o ammassi rocciosi fratturati e/o con fenomeni di carsismo.

Lo sviluppo ed esercizio dell'attività estrattiva, in particolare nei casi in cui interferisce con le acque sotterranee, può indurre fenomeni di contaminazione specifici riconducibili alla seguente casistica:

- contaminazione dovuta alla lavorazione di terreni precedentemente contaminati
- contaminazione da oli, idrocarburi e solventi
- contaminazione conseguente a uso di esplosivi (es. NH<sub>3</sub> e nitrati)
- contaminazione da processi industriali interni al sito estrattivo
- contaminazione connessa a fenomeni di drenaggio acido.

### **Problematiche connesse a interventi di ritombamento**

Altra problematica è legata al ritombamento parziale o totale del cavo estrattivo con materiali a bassa permeabilità. Tale intervento può creare fenomeni di ristagno delle acque superficiali, se non accuratamente drenate, e può indurre alterazioni del flusso sotterraneo, oltre ad incidere sulla qualità delle acque rilasciando sostanze

contaminanti qualora presenti nel sedimento. Il ritombamento con materiali a bassa permeabilità può infatti indurre un effetto barriera con innalzamento dei livelli piezometrici nella zona a monte in senso idrogeologico, creando risalite sino a locali interrati in aree urbane adiacenti o la creazione di zone umide superficiali. A valle, in senso idrogeologico, si possono manifestare abbassamenti del livello piezometrico riscontrabili in pozzi, ove presenti. In fase di progettazione e conduzione del sito estrattivo è importante l'accurata scelta e messa in opera dei materiali di ritombamento. La scelta deve avvenire in funzione della loro classazione granulometrica, delle caratteristiche mineralogiche-petrografiche e della permeabilità, al fine di ricreare le originarie condizioni di trasmissività dell'ammasso geolitologico e garantire la continuità idraulica.

### **Monitoraggio idrogeologico**

La definizione di un piano di monitoraggio idrogeologico per la verifica di eventuali effetti dell'interferenza dell'attività estrattiva con la risorsa idrica sotterranea fa necessariamente seguito alla ricostruzione del modello idrogeologico di sottosuolo. Tale ricostruzione deve definire in dettaglio la geometria degli acquiferi, i parametri idrogeologici e le modalità di deflusso delle acque sotterranee. Su tali basi deve essere definita una rete di monitoraggio qualitativo e quantitativo che utilizzi pozzi e/o sorgenti presenti sul territorio in un opportuno intorno dell'area estrattiva. Qualora non sussistano tali punti di monitoraggio o non siano pienamente rappresentativi dell'idrogeologia locale, si deve ricorrere alla realizzazione di una serie di piezometri. La posizione e il numero dei piezometri è funzione delle caratteristiche topografiche della zona e quindi della tipologia di cava e di estensione dell'area interessata. In generale si dovranno interessare sia le zone di monte che quelle a valle dell'area di cava rispetto alla direzione di deflusso delle acque sotterranee. I piezometri dovranno essere scavati in profondità in modo da interessare gli acquiferi presenti che, sulla base delle indagini geologiche ed idrogeologiche, sono potenzialmente interferiti dall'attività. Ciascun piezometro deve interessare un solo acquifero. Le cadenze di monitoraggio devono essere rappresentative delle varie stagionalità.

Ulteriori indicazioni sul monitoraggio idrogeologico sono riportate in un apposito successivo capitolo e in allegato.

### **Gestione delle acque dilavanti le aree di cava**

Le acque meteoriche ricadenti nell'area di cava, compresi i piazzali di lavorazione e le strade di servizio interne, devono essere smaltite tramite un'adeguata rete di drenaggio e di scolo, che deve essere rappresentata e descritta nella documentazione e negli elaborati cartografici del piano di coltivazione. Si deve evitare, in generale, l'afflusso delle acque meteoriche di dilavamento provenienti dall'esterno dell'area estrattiva attraverso la costruzione di una rete di fossi di

guardia da collegare alla rete di smaltimento delle acque di superficie naturale e/o artificiale esistente. I percorsi dei fossi di guardia e della rete di drenaggio interna devono essere rappresentati in dettaglio nelle cartografie del piano di coltivazione, per ciascuna fase di avanzamento e per la fase di recupero finale. Per evitare che si verifichi la presenza di particolare carico solido da erosione nelle acque raccolte o altri inquinanti, la loro raccolta ed immissione nei corpi idrici superficiali dovrà essere subordinata al passaggio in un sistema di vasche di decantazione o depurazione che permetta il deposito dei materiali solidi in sospensione, al fine di rispettare i limiti di torbidità previsti dalla normativa vigente, o di eventuali altri inquinanti. In particolare dovranno essere previste, almeno, la vasca di raccolta per le acque di prima pioggia e una vasca di accumulo delle acque utilizzate dagli impianti di lavorazione, ove presenti. Quest'ultima vasca dovrà essere opportunamente impermeabilizzata per evitare di disperdere al suolo eventuale carico inquinante.

Nelle aree di cava sono inoltre da prevedere zone di lavaggio delle ruote dei mezzi in uscita, per evitare ulteriore dispersione e risollevarimento del materiale polverulento. Tali acque dovranno essere raccolte e convogliate ad apposito impianto di trattamento acque per l'eliminazione di eventuali sostanze contaminanti.

Per tutto il tempo di durata dell'intervento estrattivo autorizzato, compresa la fase di recupero ambientale, si dovrà mantenere in perfetta efficienza l'intera rete di regimazione delle acque interne ed esterne all'area di cava, superficiali e sotterranee, laddove presenti.

L'eventuale intercettazione di acque sorgive durante l'attività estrattiva ne dovrà prevedere il collettamento verso i recettori naturali e/o artificiali esterni, in modo da non avere commistioni con le acque meteoriche dilavanti l'area di cava ed eventuali aree di lavorazione presenti.

### **Rifiuti di estrazione**

A seguito dell'emanazione della direttiva 2006/21/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 15.03.2006, relativa alla gestione dei rifiuti delle industrie estrattive, e del successivo recepimento da parte della normativa nazionale con il D.Lgs. del 30.05.2008, n.117, "Attuazione della direttiva 2006/21/CE relativa alla gestione dei rifiuti delle industrie e che modifica la direttiva 2004/35/CE", vengono stabilite le misure, le procedure e le azioni necessarie per prevenire o per ridurre il più possibile eventuali effetti negativi per l'ambiente (acqua, aria, suolo, fauna, flora, paesaggio e salute umana) conseguenti alla gestione dei rifiuti prodotti dalle industrie estrattive.

Con tali normative la legislazione comunitaria e nazionale evidenzia l'importanza della fase di ripristino morfologico delle aree estrattive, individuandone la criticità ambientale come aspetto da affrontare con visione unitaria (fase progettuale, fase di coltivazione, fase di ripristino morfologico e recupero vegetazionale), in modo da evitare l'utilizzo di materiale non appropriato dal punto di vista tecnico e da quello normativo.

Si ha dunque la necessità di una sorveglianza speciale per la tipologia di materiale da utilizzare nei recuperi morfologici e vegetazionali, sia a livello di esame dei progetti di coltivazione nell'attività istruttoria sia a livello di controllo sul sito in fase di svolgimento dell'attività estrattiva.

Allo stato attuale, a causa delle numerose e differenti interpretazioni della normativa suindicata, si tralascia di entrare con maggior dettaglio nella esposizione dell'argomento.

### **Fase di recupero ambientale**

Per recupero o sistemazione finale s'intendono tutti gli interventi finalizzati a migliorare, dal punto di vista ambientale, le aree interessate dall'attività estrattiva attraverso interventi che conducano a un assetto finale migliorativo dal punto di vista ecosistemico e paesaggistico. L'attività consiste in un insieme di interventi che favoriscono nel sito la ripresa della vegetazione caratteristica del territorio e degli equilibri naturali alterati a seguito dell'attività estrattiva, ad esempio la riappropriazione del territorio da parte della fauna.

Il recupero ambientale è un'attività obbligatoria, prevista sin dal momento della progettazione della cava, per la quale è prevista una polizza fidejussoria a beneficio dell'Ente che rilascia l'autorizzazione all'esercizio estrattivo a garanzia dell'esecuzione del recupero.

Esso prevede sistemazioni morfologiche e idrauliche, lavorazioni, concimazioni, piantagioni, indispensabili per lo stato in cui si trovano le aree di cava al termine del loro sfruttamento. Infatti, il substrato su cui si va ad agire nella maggior parte dei casi non è un suolo, bensì un substrato minerale non pedogenizzato, più o meno incoerente, fortemente legato alle caratteristiche chimiche e fisiche della roccia madre, poverissimo o del tutto assente in sostanza organica e altri nutrienti, quali fosforo e azoto.

Sono da preferire modalità di coltivazione finalizzate al recupero immediato dei lotti esauriti per facilitare il recupero del sito estrattivo, anche in caso di interruzione della coltivazione. Per un ottimale e completo sfruttamento del giacimento sarà opportuno giungere ad abbattere, per quanto possibile, gli scarti di produzione.

Per definire gli interventi di recupero ambientale è necessario avere conoscenza dei parametri pedologici del sito, attraverso un'analisi complessiva dell'area, una caratterizzazione dei parametri chimico-fisici più importanti e la definizione di aree o sub-aree omogenee con substrati e condizioni ecologiche uniformi. Quindi sarà necessario procedere con uno studio preliminare di campo per definire le caratteristiche floristiche e vegetazionali sia dell'area da ripristinare che del territorio limitrofo, da svolgere solo nel periodo vegetativo (primavera-estate).

Fasi importanti per operare un efficace recupero ambientale dell'area coltivata sono le seguenti.

### **Lavori di scoperchiatura**

Negli interventi di rivegetazione delle aree estrattive è importante la disponibilità di terreno vegetale, ossia lo strato superficiale del suolo in posto ricco di sostanza organica con spessore variabile da qualche centimetro (cave litoidi di monte) a 30/50 cm (cave in terreni alluvionali di pianura), e deve pertanto essere accantonato separatamente dallo strato di transizione tra il terreno vegetale e la roccia madre (cappellaccio di alterazione). Il terreno vegetale dovrà essere conservato per il successivo reimpiego su apposite aree adibite a questo utilizzo (da indicare già nel progetto di coltivazione) evitando il deterioramento della frazione fertile (argilla+humus) e la contaminazione con materiali estranei o con strati di terreno più profondi con composizione fisico-chimica diversa, prevedendo il drenaggio delle acque meteoriche dilavanti. Sui cumuli possono essere eseguite semine protettive e/o concimazioni correttive per mantenere inalterate le caratteristiche chimico-fisiche. Le aree di deposito per i cumuli di terreno vegetale dovranno essere pianeggianti e non dovranno essere individuate nei fossi o in canali idrici interrompendo o deviando il corso delle acque superficiali. Dovrà essere garantita la stabilità dei cumuli.

### **Riassetto morfologico**

Sono gli interventi che si effettuano in cava per raggiungere la conformazione morfologica finale. Tale attività deve essere la più idonea per il recupero ambientale dell'area in funzione della futura destinazione del sito e la morfologia deve assicurare il drenaggio delle acque superficiali dilavanti, per evitare l'insacco di fenomeni erosivi e di dissesto che incidano sulle stesse operazioni di riassetto, attraverso fossi di guardia a monte dell'area estrattiva, gradoni in pendenza verso monte e verso i lati della cava, sistemi drenanti e vasche di sedimentazione. Le opere di regimazione idraulica saranno collegate a recettori idrici naturali o artificiali. Per assicurare migliore stabilità alla nuova sistemazione morfologica, possono essere utilizzate tecniche di ingegneria naturalistica, quali georeti o

geotessuti in abbinamento a piante o parti di esse o palificate vive, viminate, biostuoie.

Prima di affrontare la fase di riassetto morfologico devono essere attuati tutti gli interventi di ripulitura dei fronti di estrazione con disgaggio di massi e terreno, in modo particolare per la regimazione definitiva delle acque sotterranee e superficiali, eventualmente intercettate dai fronti di estrazione.

#### **Cave di monte (o di versante)**

Messa in sicurezza dei fronti di scavo finali, quindi realizzazione del riempimento morfologico con profilo continuo oppure a gradoni. Il profilo continuo è da preferire in cave di materiali lapidei con fronti con pendenza inferiore a 40°, mentre il profilo a gradoni si realizzerà su materiali lapidei a forte acclività. In ogni caso tali pendenze dovranno rispondere a quanto risultante dalle verifiche di stabilità, considerato un opportuno coefficiente di sicurezza, scelto riferendosi a condizioni di stabilità a lungo termine. Ai piedi delle aree riconformate morfologicamente può essere necessario disporre strutture di sostegno flessibile, quali gabbionate, o effettuare interventi di consolidamento, quali terre armate o palificate vive in legno, per garantire adeguate condizioni di stabilità. La geometria del rimodellamento dei fronti di scavo con tali tecniche dipende strettamente dalle proprietà meccaniche dei materiali utilizzati e dalle modalità di posa in opera degli stessi.

Gli interventi sono così riassunti:

- riprofilatura e rimodellamento del fronte
- interventi di miglioramento delle condizioni di stabilità
- messa in opera e verifica della funzionalità delle opere di drenaggio superficiale
- controllo che eventuali infiltrazioni di acqua non provochino instabilità nel tempo per l'area ripristinata, eventuale captazione e raccolta delle stesse.

#### **Cave di pianura**

Messa in sicurezza dei fronti di scavo finali con realizzazione di profilo continuo inclinato, da preferire per le cave di materiali sciolti (argilla, sabbie).

Gli scavi devono essere mantenuti almeno 1 metro sopra la quota di minima soggiacenza della falda freatica e del tetto dell'acquifero per le falde in pressione.

#### **Ritombamento parziale o totale**

Il ripristino morfologico può prevedere il colmamento parziale o totale della cava e particolare attenzione dovrà essere posta all'idoneità di materiali di riempimento che dovranno assicurare caratteristiche di permeabilità confrontabili con quelle precedenti l'attività di escavazione. I riempimenti devono ricreare condizioni di trasmissività analoghe a quelle ante opera, mediante la messa in opera di materiali selezionati di opportune caratteristiche granulometriche, di permeabilità e

chimico/fisiche e/o realizzando idonee opere di drenaggio. La scelta dei materiali e la loro messa in opera devono essere soggette a verifiche di qualità mediante un sufficiente numero di prove in sito e di laboratorio.

In caso di ritombamento delle aree di cava si dovrà tener conto dei tempi di assestamento dei materiali utilizzati, per evitare deformazioni delle superfici rimodellate.

### **Creazione di laghi sopra falda**

Le aree di cava che prevedono come recupero ambientale finale la creazione di laghi sopra falda dovranno essere opportunamente impermeabilizzate, al fondo e sulle sponde, a tutela degli acquiferi sotterranei.

### **Creazione di laghi in falda**

Nel caso di cave in falda, qualora si scelga di effettuare un recupero dell'area come zona umida, si potranno creare ecosistemi-filtro per limitare eventuali contaminazioni delle acque e/o interventi volti al recupero e alla tutela di specie animali e vegetali rilevate nell'area di estrazione. Si dovrà inoltre evitare l'interruzione o la deviazione della falda per non produrre forti modifiche al deflusso idrico sotterraneo e condizioni di anossia dell'area.

L'analisi della componente floro-faunistica deve consentire l'individuazione delle caratteristiche proprie dell'area dal punto di vista ecologico, evidenziando le condizioni di naturalità in relazione agli interventi necessari al recupero ambientale.

### **Cave in sotterraneo**

Le problematiche principali sono connesse alla messa in sicurezza delle gallerie di scavo e al riempimento delle stesse con il materiale di scarto della coltivazione. A seguito di accurate verifiche di stabilità alla scala dell'intero ammasso basate sui dati geostrutturali e geomeccanici, devono essere valutate le condizioni di stabilità a lungo termine di pareti, volte e pilastri. Sulla base del modello idrogeologico del sito si devono valutare le interferenze tra i cavi o i circuiti idrici sotterranei. Tali valutazioni devono essere condotte anche nel caso di riempimento dei cavi con materiali di risulta. In taluni casi l'abbandono dell'attività di escavazione, in particolare nel caso di emungimenti e interventi di aggotamento della falda per consentire l'escavazione, coincide con l'abbandono dell'attività di emungimento e con l'allagamento dei cavi da parte delle acque sotterranee. Per assicurare adeguate condizioni di stabilità potrà verificarsi la necessità di dover ricorrere a interventi di drenaggio e allontanamento delle acque sotterranee mediante, ad esempio, setti e/o materassi drenanti.

Nel caso, invece, del ritombamento con materiali inerti si deve tendere a ripristinare le caratteristiche di permeabilità esistenti prima dell'escavazione.

La scelta del materiale deve essere soggetta ad analisi chimico/fisiche e test di laboratorio per la verifica dell'idoneità dello stesso al ritombamento anche in presenza di acque circolanti e al possibile rilascio nelle stesse di sostanze contaminanti e fenomeni di drenaggio acido.

Ciascuno di questi interventi deve essere soggetto a monitoraggio mediante una opportuna rete di piezometri e/o punti d'acqua presenti nella zona circostante all'attività estrattiva.

### **Ricostituzione del suolo**

Il suolo, composto da orizzonti con differenti caratteristiche, sarà ricostituito dai materiali presenti in loco, asportati e accantonati in fase di scoperta della cava, e dovrà essere posto nella stessa sequenza in cui si trova in natura, ossia dal basso il cappellaccio composto da materiale essenzialmente sterile, e sopra da terreno vegetale a prevalente componente organica.

Per il reinserimento naturalistico e paesaggistico, sulla base della conoscenza floristica e fitosociologica, vengono scelte le specie vegetali da impiegare, anche in relazione al substrato pedologico presente. Su tutte le superfici verrà ricostituito uno strato di terreno vegetale con piantumazione e/o idrosemina di specie erbacee e/o arbustive autoctone. Può essere previsto l'uso di ammendante organico nel terreno vegetale. Tali interventi possono essere integrati con rivestimenti vegetativi, quali georeti a tasche o a stuoia che possono fornire un'ulteriore copertura soprattutto per le pendici più acclivi.

Sarebbe opportuno garantire la diversificazione dei microhabitat, come presenti nell'area prima dell'attività estrattiva.

La determinazione delle essenze e delle caratteristiche da dare all'impianto vegetazionale deve essere effettuata considerando le essenze presenti nelle aree contigue (boschi e/o prati) poste nelle stesse condizioni di suolo, esposizione ed altitudine. I materiali e i terreni vegetali utilizzati devono essere comunque adeguati alla tipologia di risistemazione vegetazionale del progetto di coltivazione approvato.

Si dovranno evitare ristagni d'acqua al piede dei riporti per evitare infiltrazione e potenziale innesco di fenomeni d'instabilità.

L'obiettivo da conseguire prevede l'insediamento di un complesso vegetale con caratteristiche di composizione e struttura e con percentuale di copertura tali da assicurare il proprio mantenimento, oltre il periodo previsto per le cure colturali post-esercizio, e garantire l'equilibrio idrogeomorfologico.

## **Interventi in sintesi per la Fase di recupero**

### **Rocce (massicce, stratificate, fessurate, formazioni strutturalmente complesse o alternanze di tipi litologici differenti)**

1. *Realizzazione di scarpate finali con pendenze non superiori a quelle naturali* (analisi di stabilità con l'adozione dei parametri geotecnici/geomeccanici di terre e rocce aventi le caratteristiche meno favorevoli).
2. *Ripristino morfologico delle scarpate con materiale di riporto adeguato* (analisi di stabilità).
3. *Realizzazione di opere di sostegno* (al piede e/o nel corpo del materiale) nel caso in cui sia difficile raggiungere le pendenze ottimali di stabilità, considerati anche i fenomeni di crollo, rimbalzo e rotolamento di massi.
4. *Riduzione dell'altezza delle scarpate*, attraverso:
  - *ritombamenti/riprofilature parziali*
  - *gradonature*
5. *Messa in opera di strati drenanti o drenaggi di fondo* (strati drenanti e trincee).
6. *Controllo delle acque superficiali sulle scarpate*, per facilitarne l'allontanamento in sicurezza e in tempi rapidi, evitando fenomeni erosivi sia diffusi che incanalati.
7. *Controllo di eventuali emergenze di acque sotterranee*, captazione e raccolta delle acque.

### **Terreni sciolti (ghiaie, sabbie, argille)**

1. *Preparazione ed eventuale gradonatura delle superfici.*
2. *Controllo e regimazione delle acque superficiali dilavanti*, diffuse e incanalate su gradoni e scarpate.
3. *Controllo di eventuali emergenze di acque sotterranee* (captazione e drenaggio).
4. *Preparazione e gradonatura delle superfici di appoggio.*
5. *Messa in opera di drenaggi di fondo* (strati drenanti e trincee) nel caso di terreni di tipo argilloso.
6. *Compattazione adeguata del riporto* e raggiungimento di un profilo stabile.
7. *Eventuali opere di sostegno* o di difesa da acque incanalate, nel corpo o al piede dei riporti (gabbionate, setti drenanti, massicciate, terre rinforzate o simili)
8. *Interventi di controllo dell'erosione* (tecniche di ingegneria naturalistica e di regimazione delle acque superficiali).

### **Destinazione d'uso finale dell'area estrattiva**

La finalità del recupero ambientale è quella di riportare l'area allo stato precedente l'attività estrattiva o al miglioramento dello stato ambientale con interventi di riqualificazione. Le tipologie di recupero possono prevedere un uso:

- naturalistico (parchi, zone umide, musei ecc.)
- agricolo
- forestale
- paesaggistico
- ricreativo/verde pubblico
- produttivo/infrastrutturale
- residenziale

Il materiale utilizzato per il recupero dell'area dovrà avere caratteristiche chimico-fisiche compatibili con la destinazione d'uso finale del sito e rispettare i limiti previsti dalla vigente normativa per le concentrazioni soglia di contaminazione in relazione alla specifica destinazione.

## **CICLO PRODUTTIVO DI UNA CAVA**

Le fasi operative in cui usualmente si articola lo svolgimento dell'attività estrattiva sono le seguenti:

1. preparazione dell'area di cava
2. estrazione del materiale
3. trasporto e lavorazione del materiale

### ***Fase 1 - Preparazione dell'area di cava***

- Realizzazione della strada di accesso e di lavoro
- recinzione della cava e chiusura della strada di accesso, predisposizione della cartellonistica di sicurezza
- rimozione del terreno vegetale e/o taglio del bosco del piazzale di lavorazione e dell'area di estrazione vera e propria
- realizzazione delle opere idrauliche per la regimazione delle acque (fossi di guardia, vasche di decantazione ecc.)
- predisposizione dell'impiantistica (impianto elettrico, depositi di oli e gasoli, servizi igienici, uffici ecc.). In particolare le zone di rifornimento carburanti, depositi di oli e altre sostanze pericolose dovranno essere individuate su aree impermeabilizzate dotate di sistemi di raccolta di eventuali sversamenti accidentali, o comunque delle acque dilavanti, per evitare la dispersione di possibili inquinanti nelle acque e nel suolo.

### ***Fase 2 - Estrazione del materiale***

#### **Estrazione materiale in blocchi come pietra ornamentale o per le costruzioni**

- Scoperchiatura con rimozione del terreno vegetale mediante escavatore o pala meccanica cingolata e disgregazione degli strati superficiali, non produttivi, con utilizzo di escavatori attrezzati con martellone o con impiego di esplosivi
- taglio della bancata con sega o filo diamantato o esplosivo
- taglio del blocco mediante perforazione con tagliablocchi o martello pneumatico e successivo uso di esplosivo o cuneo manuale/idraulico

- movimentazione e spostamento dei blocchi al piazzale di cava con pala meccanica cingolata o pala gommata, escavatori cingolati, dumper, derrick, camion.

### **Estrazione materiale sciolto**

- Rimozione dello scotico e asportazione della coltre sterile mediante escavatore o pala meccanica cingolata con deposito in prossimità della parte scavata per il successivo riutilizzo nella fase di sistemazione finale
- coltivazione dell'inerte alluvionale con movimentazione del materiale scavato, in particolare come segue.

### **Cave sopra falda**

Per l'estrazione del materiale si utilizzano normali mezzi per il movimento terra, quali:

- escavatori cingolati
- pale gommate
- dumper

### **Cave in falda**

Nelle cave in falda o, comunque, nelle aree caratterizzate dalla presenza di acquiferi a vulnerabilità elevata i mezzi meccanici (benne, escavatori ecc.) usati per l'attività di estrazione devono utilizzare oli biodegradabili, al fine di ridurre il rischio di inquinamento della falda nel caso di perdite di olio.

I mezzi utilizzati sono:

- draga su natante o redinger
- escavatore con benna trascinata o a lancio
- pompe centrifughe aspiranti
- escavatori a tazze
- nastri trasportatori.

### ***Fase 3 - Trasporto e lavorazione del materiale***

- Movimentazione del materiale: il trasporto del materiale al punto di lavorazione avviene tramite camion e le piste di arroccamento devono essere mantenute in efficienza per assicurarne la percorribilità
- eventuale lavorazione all'interno del sito estrattivo con impianti di lavorazione o allontanamento del materiale verso siti di lavorazione esterni.

## **Impianti di lavorazione all'interno del sito estrattivo**

Nelle aree di cava, in generale, sono da prevedersi i soli impianti di prima lavorazione, fissi o mobili, e le attrezzature di servizio, da rimuovere al termine dell'attività di coltivazione per restituire l'area alla propria destinazione d'uso.

Nelle aree di cava adibite alla lavorazione del materiale estratto con impianti quali frantumazione, lavaggio, vagliatura, segagione, deve essere prevista la regimazione delle acque e il loro convogliamento in vasche di decantazione o impianti di chiarificazione. Le acque in uscita dalle vasche o impianti e avviate allo scarico in acqua superficiale devono essere monitorate periodicamente per definirne il contenuto in solidi sospesi e l'eventuale presenza di idrocarburi o altri inquinanti (flocculanti). I risultati delle analisi chimico-fisiche delle acque scaricate devono essere autorizzati e risultare conformi ai requisiti normativi vigenti.

Nei siti dove sono presenti impianti di lavorazione dei materiali sarà da preferire il ricircolo delle acque utilizzate. Dovrebbero essere previsti anche sistemi di recupero delle acque meteoriche. Le acque provenienti dagli impianti di lavorazione, ad esempio di lavaggio, non possono essere immesse direttamente nei corpi idrici superficiali ma dovranno essere preventivamente trattate attraverso vasche di decantazione che ne permettano l'opportuna chiarificazione.

Nel caso di utilizzo di acque sotterranee, devono essere installati contatori volumetrici per la stima dei dati di emungimento mensili.

## **MONITORAGGIO**

Il Piano di monitoraggio deve contenere indicazioni sugli elementi ambientali e/o antropici da porre sotto controllo durante lo svolgimento dell'attività estrattiva ed eventualmente anche sulle modalità in fase di post-esercizio.

Le attività di monitoraggio prevedono il controllo sugli impatti significativi sull'ambiente derivanti dall'esercizio dell'attività estrattiva nonché la verifica del raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità prefissati, al fine di individuare tempestivamente gli impatti negativi imprevisti e di adottare le opportune misure correttive. Il raggiungimento di obiettivi può avvenire attraverso l'individuazione di criteri di compatibilità ambientale, di indicatori ambientali di riferimento, di procedure e modalità per il monitoraggio.

In questa sede affronteremo gli aspetti riguardanti le acque, sotterranee e superficiali e, brevemente, il ripristino vegetazionale.

### ***Acque sotterranee***

La scelta dei punti di monitoraggio deve avvenire basandosi sulla conoscenza precisa del modello concettuale idrogeologico locale dell'area estrattiva. I punti di monitoraggio devono collocarsi a monte e a valle dell'area tenendo conto della direzione di deflusso delle acque sotterranee. Le indicazioni per il monitoraggio sono le seguenti:

- per il controllo della falda devono essere previste misure delle quote piezometriche e di alcuni parametri chimico-fisici, quali potenziale redox, ossigeno disciolto, pH, conducibilità elettrica, temperatura dell'acqua, da effettuarsi in situ; si devono prevedere anche analisi chimiche per la caratterizzazione delle acque, quali calcio, magnesio, sodio, potassio, cloruri, solfati, alcalinità totale, a cui potranno aggiungersi altri parametri come idrocarburi (totali e/o  $C < 12$ ,  $C > 12$ ), nitrati, metalli, ecc. in dipendenza delle caratteristiche del giacimento e delle aree contigue;
- il numero dei piezometri da disporre e la frequenza dei controlli dei parametri chimici e chimico-fisici sarà legato alle caratteristiche idrogeologiche e giacimentologiche dell'area in coltivazione e delle aree limitrofe; si suggeriscono almeno due campagne di campionamento, una in periodo di morbida e l'altra in periodo di magra;
- una campagna di analisi deve essere effettuata prima dell'inizio dell'attività estrattiva;

- al termine di coltivazione della cava dovrà essere previsto un periodo di tempo per il proseguimento dei campionamenti.

La misura dei livelli piezometrici solitamente viene effettuata con l'utilizzo di sonda piezometrica (costituita da cavo elettrico centimetrato) che permette di misurare la soggiacenza (distanza verticale tra la superficie topografica e la zona satura soggiacente). Le portate di sorgenti ed emergenze idriche dal sottosuolo si realizzano con misurazione presso canalette, tubazioni, stramazzi o sezioni obbligate della quantità di flusso idrico nel tempo. Le serie di dati ottenute possono essere valutate analizzandone la variazione nel tempo per stessi punti o punti diversi in relazione alla reciproca posizione sul territorio e a quella dell'area estrattiva. I dati relativi al monitoraggio possono inoltre essere confrontati con i dati di pioggia disponibili riferiti alla più vicina stazione pluviometrica alla cava o comunque rappresentativa della zona. Le variazioni piezometriche dovranno essere confrontate con l'andamento delle piogge verificando l'influenza degli afflussi meteorici sulla ricarica della falda e valutando l'evenienza di eventuali potenziali impatti quantitativi per sottrazione della risorsa.

Il monitoraggio qualitativo viene affrontato in situ con l'uso di sonde multiparametriche rilevando i principali parametri chimico-fisici (temperatura, pH, conducibilità, ossigeno disciolto, solidi sospesi) o con prelievo di campioni (con campionatore bailer o con pompaggio a bassa portata) e analisi di laboratorio chimico-fisiche e biologiche. E' necessario che preventivamente al campionamento venga effettuata un'operazione di spurgo del pozzo/piezometro.

## **Coltivazione in falda**

In questo caso dovranno essere eseguiti campionamenti e monitoraggi su piezometri esterni all'area di coltivazione, disposti a monte ed a valle rispetto al moto di falda. La profondità dei piezometri deve essere definita caso per caso in relazione alle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dell'area interessata dall'attività di escavazione, ma comunque tale da non mettere in connessione livelli acquiferi diversi. Tutti i piezometri devono essere condizionati e attrezzati in maniera idonea per le misure del livello piezometrico e per i campionamenti periodici delle acque.

Si dovranno eseguire campioni anche sulle acque del bacino di cava lungo la colonna di massima profondità, intervallando i prelievi da zero metri fino a raggiungere la quota di fondo lago, con lo scopo di ricostruire l'andamento dei parametri analizzati lungo la verticale del bacino.

## **Coltivazione in prossimità di corsi d'acqua**

Per le cave ubicate in prossimità delle fasce fluviali devono essere monitorate le interazioni fiume-falda con le attività di coltivazione, considerando le dinamiche d'alveo.

L'analisi idrogeologica deve valutare gli effetti dell'attività estrattiva in relazione al drenaggio del corso d'acqua in periodi di magra e le eventuali conseguenze sul deflusso minimo vitale, nonché gli effetti dell'attività di cava sui livelli della superficie piezometrica con particolare attenzione per gli ambienti ad elevato pregio ambientale come le zone umide, nei quali si potrebbero verificare fenomeni di prosciugamento.

Devono essere valutate le possibili interazioni dell'attività estrattiva con l'assetto geomorfologico del corso d'acqua, verificando che non ci siano possibilità di alterazioni delle condizioni di rischio geomorfologico. L'analisi deve essere finalizzata all'individuazione di forme d'instabilità riattivabili e alla determinazione della tendenza evolutiva dell'alveo per un tratto sufficientemente significativo.

## ***Acque superficiali***

Il monitoraggio delle acque superficiali è di tipo quantitativo e qualitativo.

Il monitoraggio quantitativo viene realizzato con misure di portata dei flussi a pelo libero. La misura della portata in sezioni dei corsi d'acqua vicini alla cava deve essere condotta in posizione di monte e di valle rispetto all'ubicazione dell'area estrattiva. La finalità è il confronto tra i valori monitorati nelle due stazioni al fine di verificare una perdita di portata per effetto del drenaggio del cavo estrattivo sull'alimentazione di subalveo.

La misura può essere effettuata con un recipiente a volume noto misurando con un cronometro il tempo impiegato per riempirsi. Tale misura viene condotta per valori bassi di portata e preferibilmente in corrispondenza di uno stramazzo; se lo stramazzo è a sezione nota, effettuando la misura del livello del pelo libero, in base alla geometria dello stesso si utilizzano formule per il calcolo della portata (stramazzo a sezione quadra, trapezia o triangolare). Ulteriore metodo è quello correntometrico basato sull'utilizzo di un mulinello idraulico che permette di misurare la velocità della corrente ricavandola dal conteggio dei giri dell'elica nel tempo. Prima dell'inizio del monitoraggio è necessario misurare la sezione del corso d'acqua e graficarla, suddividendo poi la sezione in sezioni parziali ed effettuando per ciascuna di esse una serie di misure sulla verticale. L'elaborazione successiva dei dati consiste nel disegnare le isotache (curve di ugual velocità) delle sezione e calcolare la portata istantanea.

Il monitoraggio qualitativo delle acque superficiali consiste nel prelievo di campioni di acque e analisi di tipo fisico-chimico e biologico sui parametri più indicativi per la determinazione di eventuali modifiche nelle caratteristiche del corso d'acqua.

Il campionamento delle acque di corsi d'acqua adiacenti alla cava deve avvenire in punti a monte del sito estrattivo e a valle dello stesso e anche in corrispondenza dell'eventuale punto di scarico della rete di raccolta superficiale che interessa l'area di cava.

Le analisi biologiche possono essere eseguite con campionamento dei popolamenti fitoplanctonici, zooplanctonici e zoobentonici.

### ***Ripristino vegetazionale***

Deve essere previsto un piano di controllo per consentire di seguire l'evoluzione temporale del sistema recuperato. Deve essere condotta un'analisi floristica con elenco dei taxa presenti, elencati per strato (arboreo, arbustivo, erbaceo), con valutazione del grado di attecchimento delle essenze piantumate durante la fase di sistemazione finale. Dovranno essere prese misure idonee per il risarcimento di eventuali fallanze, segnalando inoltre lo stato di salute delle piante preesistenti preservate dalla coltivazione, nonché lo stato della vegetazione delle aree contigue. I campionamenti devono essere eseguiti preferibilmente in primavera alla ripresa dell'attività vegetativa. Oltre che in fase di conduzione dell'attività estrattiva e in fase post-estrattiva, i campionamenti dovranno essere eseguiti anche prima dell'inizio della coltivazione per valutarne gli effetti.

## **ALTRI ASPETTI**

Nel caso di presenza di recettori sensibili in prossimità dell'area estrattiva potranno essere messe in opera barriere artificiali (pannelli in legno, alluminio o plastica) o schermi naturali (terrapieni inerbiti o filari di alberi) con funzione antirumore e/o antipolvere. Di seguito si riportano brevi cenni sulle problematiche esistenti al riguardo.

### ***Polveri***<sup>4</sup>

Durante tutta l'attività di cava (preparazione, coltivazione, ripristino morfologico) si ha produzione di polveri diffuse e convogliate.

Quelle diffuse sono generate dall'attività di perforazione e dal brillamento delle mine - quando utilizzate - dal taglio dei blocchi, dall'escavazione con mezzi meccanici per le cave in terreni alluvionali e dalla movimentazione del materiale estratto. Nell'attività estrattiva rispetto al trasporto su camion nelle strade interne è preferibile l'utilizzo di nastri trasportatori, così come quello di mezzi meccanici provvisti di depolverizzatori, collettori e filtri.

Dove possibile durante le operazioni di perforazione, escavazione e trasporto sarà da prevedere la bagnatura.

Le polveri convogliate sono originate dagli impianti di lavorazione e dai macchinari utilizzati in cava, quali dumper, escavatori, pale gommate e/o cingolate. Gli impianti di lavorazione (frantumazione, vagliatura, segazione ecc.) dovranno essere dotati di sistemi di abbattimento delle polveri secondo le migliori tecnologie disponibili e dovranno essere conformi alle prescrizioni di legge per la sicurezza e le emissioni in atmosfera.

Gli automezzi e le macchine operatrici devono essere sottoposti a periodiche verifiche dei dispositivi di scarico e ne dovrà essere limitata la velocità di movimento.

Saranno da adottare interventi per la creazione di barriere schermanti nei siti estrattivi.

---

<sup>4</sup> Per una trattazione più specifica si rimanda a A. Barbaro, F. Giovannini, S. Maltagliati, *Linee guida per intervenire sulle attività che producono polveri*. ARPAT, Firenze 2009

La viabilità di accesso alle aree di cava e le strade interne di arroccamento e di servizio dovranno essere adeguatamente compattate e periodicamente mantenute e, se non asfaltate, durante i periodi siccitosi dovranno essere bagnate con acqua, possibilmente piovana raccolta in cisterne, serbatoi o altra tipologia di deposito. Particolare attenzione deve essere posta alle strade di accesso in vicinanza di aggregati urbani o case isolate. In maniera analoga dovrà essere limitato lo spolveramento di tutte le superfici di scavo e di lavorazione con l'uso di bagnature. Si procederà alla asfaltatura o pavimentazione dei tratti di pista adiacenti ad abitazioni o altri recettori sensibili. Si dovrà inoltre favorire l'impiego della viabilità esistente riducendo la realizzazioni di nuovi accessi.

All'uscita dalle aree di cava sono da prevedere zone di lavaggio delle ruote dei mezzi in uscita, per evitare ulteriore dispersione e sollevamento del materiale polverulento. Le acque di lavaggio ruote dovranno essere raccolte e convogliate ad apposito impianto di trattamento acque per l'eliminazione di eventuali sostanze contaminanti.

Fattori che influenzano la dispersione delle polveri:

- topografia del sito
- caratteristiche climatiche e meteorologiche del sito
- tipologia di vegetazione presente nell'intorno del sito estrattivo
- tipologia e quantitativo di materiale estratto
- metodi di coltivazione
- misure di contenimento adottate per le polveri.

## ***Rumore e vibrazioni***

Tutte le attività di lavorazione sono fonte di emissione sonora, dalla preparazione del sito di cava alle fasi di estrazione vera e propria.

I fattori che possono influenzare la propagazione acustica sono diversi; tra questi le condizioni meteorologiche, la conformazione del terreno, la presenza di vegetazione, l'interposizione di schermi naturali o artificiali.

Le attività estrattive devono rispettare la disciplina vigente in materia di tutela dall'inquinamento acustico al momento di esercizio della cava, con particolare riguardo ai Piani di Classificazione Acustica Comunali adottati.

I mezzi meccanici utilizzati per le lavorazioni in cava (tagliablocchi, compressori, pale caricatrici, benne, draghe ecc.) dovranno essere dotati di apposito silenziatore e gli impianti di lavorazione dovranno rispettare i limiti di rumorosità vigenti, anche attraverso l'uso di strutture fonoassorbenti. Per scivoli, ribaltabili, nastri

trasportatori si potranno utilizzare rivestimenti di gomma. Per il controllo e la minimizzazione delle emissioni acustiche si potrà procedere all'ottimizzazione del percorso del traffico interno, limitando la necessità di retromarcia e aumentando la distanza dai recettori sensibili.

Le vibrazioni sono prodotte dall'uso di esplosivi, dall'utilizzo di martelli pneumatici e di mezzi cingolati. La loro propagazione è legata alla topografia del terreno, alla presenza di vegetazione e alle condizioni atmosferiche (eventuali inversioni termiche). Sarà da prevedere l'ottimizzazione delle volate con utilizzo di detonatori con microritardi.

Per gli esplosivi è presente una disciplina apposita (D.P.R. 128/59) che ne regola l'utilizzo.

### ***Trasporto e traffico mezzi***

Per il traffico dei mezzi in entrata e uscita dall'area estrattiva devono essere previsti orari di uso delle strade di transito, in particolare di quelle a maggiore traffico, considerando anche le altre attività antropiche presenti. Saranno da preferirsi percorsi alternativi che evitino l'attraversamento di centri abitati.

Potrà essere ridotta la velocità di transito degli autocarri da trasporto, meglio se con cassoni telonati. Si potrà inoltre effettuare la manutenzione in buono stato del manto stradale.

### ***Rifiuti***

Tutti i materiali non più utili e utilizzabili per l'attività di cava, quali ad esempio oli e filtri di aria/olio usati, o batterie esauste, o macchinari, pneumatici e fusti non più utilizzabili, o imballaggi sono da considerarsi rifiuto ai sensi del D.Lgs. 152/06 e quindi andranno allontanati dalla cava e dovrà essere assicurato il loro corretto smaltimento.

In particolare le zone di rifornimento carburanti, depositi di oli e altre sostanze pericolose dovranno essere individuate su aree impermeabilizzate dotate di sistemi di raccolta di eventuali sversamenti accidentali, o comunque delle acque dilavanti tali zone, per evitare la dispersione di possibili inquinanti nelle acque e nel suolo.

## **ATTIVITÀ ESTRATTIVE IN SITI PARTICOLARI**

Si affrontano due tematiche specifiche riguardanti le attività estrattive: cave in aree protette e cave in siti caratterizzati da rocce potenzialmente contenenti fibre di amianto.

### ***Aree protette***

Normativa specifica, non esaustiva, di tipo ambientale connessa ad attività estrattive:

- DIR. 79/409/CEE 2 aprile 1979 (DIR. UCCELLI), Relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche (e s.m.i.)
- DIR. 92/43/CEE 21 maggio 1992 (DIR. HABITAT), Relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche (e s.m.i.)
- DIR. 2009/147/CEE 30 novembre 2009, Concernente la conservazione degli uccelli selvatici
- L. 8 agosto 1985 n. 431, (Legge Galasso) Conversione in legge del decreto-legge 22 giugno 1985 recante disposizioni urgenti per la tutela di zone di particolare interesse ambientale
- L. 6 dicembre 1991 n. 394, Legge quadro sulle aree protette
- D.M. 3 aprile 2000, Elenco dei siti di importanza comunitaria e delle zone di protezione speciali, individuati ai sensi delle direttive 92/43/CEE e 79/409/CEE
- D.M. 3 settembre 2002, Linee guida per la gestione dei siti Natura 2000
- D.P.R. 12 marzo 2003 n.120, Regolamento recante modifiche ed integrazioni al decreto del Presidente della Repubblica 8 settembre 1997, n. 357, concernente attuazione della direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche
- L.R. 11 aprile 1995 n. 49, Norme sui parchi, le riserve naturali e le aree naturali protette di interesse locale
- L.R. 6 aprile 2000 n. 56, Norme per la conservazione e la tutela degli habitat naturali e seminaturali, della flora e della fauna selvatiche - Modifiche alla legge regionale 23 gennaio 1998, n. 7 - Modifiche alla legge regionale 11 aprile 1995, n. 49

- Del. G.R.T. 5 luglio 2004 n. 644, Approvazione norme tecniche relative alle forme e alle modalità di tutela e conservazione dei SIR
- Del. G.R.T. 11 dicembre 2006 n. 923, Approvazione di misure di conservazione per la tutela delle ZPS, ai sensi delle Direttive 79/409/CE, 92/43/CE e del DPR 357/1997 modificato dal DPR 120/2003
- Del. G.R.T. 16 giugno 2008 n. 454, D.M. 17.10.2007 del Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio e del Mare – Criteri minimi uniformi per la definizione di misure di conservazione relative a zone speciali di conservazione (ZSC) e zone di protezione speciale (ZPS) – Attuazione.

Circa il 10% del territorio regionale in Toscana, per una superficie totale di circa 230mila ettari, è coperto da parchi e aree protette. Ci sono 3 parchi nazionali (Arcipelago Toscano, Appennino Tosco-emiliano e Foreste Casentinesi), 3 parchi regionali (Maremma, Migliarino-San Rossore-Massaciuccoli e Alpi Apuane), 3 parchi provinciali (Montioni, che interessa le province di Grosseto e Livorno, e Monti Livornesi), 28 riserve naturali statali, 45 riserve naturali provinciali e 59 aree naturali protette di interesse locale.

Nella pianificazione e programmazione territoriale si deve tenere conto della valenza naturalistico - ambientale dei proposti siti di importanza comunitaria, dei siti di importanza comunitaria e delle zone speciali di conservazione.

Nel D.P.R. 120/2003 *...i proponenti di interventi non direttamente connessi e necessari al mantenimento in uno stato di conservazione soddisfacente delle specie e degli habitat presenti nel sito, ma che possono avere incidenze significative sul sito stesso, singolarmente o congiuntamente ad altri interventi, presentano, ai fini della valutazione di incidenza, uno studio atto ad individuare e valutare, secondo gli indirizzi contenuti nell'allegato G, i principali effetti che detti interventi possono avere sul proposto sito di importanza comunitaria* (art. 6, comma 1).

Secondo la L.R. 49/95 e s.m.i. nelle riserve naturali è vietata l'apertura di cave e comunque l'esecuzione di opere di trasformazione del territorio e cambiamenti di destinazione d'uso in contrasto con le finalità della riserva.

In maniera analoga nella Del. G.R.T. n. 923/2006 al punto 11 dell'allegato 1, si riporta che in tutte le ZPS (Zone di Protezione Speciale) è fatto divieto di realizzare nuove cave o ampliare quelle esistenti ad eccezione di quelle previste negli strumenti di pianificazione generale e di settore vigenti alla data di approvazione del presente atto, a condizione che sia conseguita la positiva valutazione di incidenza degli interventi previsti, prevedendo che il recupero finale delle aree interessate dall'attività estrattiva sia realizzato a fini naturalistici.

Per le aree contigue ai parchi e alle riserve provinciali la Provincia, sentiti gli organismi di gestione e gli enti locali interessati, stabilisce piani e programmi e le misure di disciplina delle attività estrattive.

La pianificazione territoriale si dovrà integrare con gli istituti specifici propri della Direttiva Habitat; è quindi indispensabile che Misure di Conservazione ed eventuali Piani di Gestione vengano recepiti e trovino rispondenza nell'elaborazione di Piani Territoriali di Coordinamento Provinciale, Piani Strutturali Comunali, Piani Territoriali dei Parchi regionali, Norme di Gestione delle Riserve naturali, Piani di Assestamento forestale e della pianificazione specifica di settore, quali le Attività Estrattive.

## **Progetto**

Le possibili interferenze che derivano dalla eventuale sovrapposizione totale o parziale tra le localizzazioni estrattive e gli ambiti di rilevanza ambientale sottoposti a specifiche salvaguardie o tutele per la conservazione delle specie, sia animali che vegetali, saranno verificate e valutate durante la fase di elaborazione del progetto.

Per le attività estrattive poste in aree contigue a parchi, regionali e provinciali, sarà il piano del parco, con valenza di strumento urbanistico generale, a definire le norme di tutela e salvaguardia delle emergenze ambientali presenti sul territorio, mentre per le riserve sarà il regolamento a dettare le disposizioni di disciplina delle attività consentite. Per le aree protette di interesse locale è il Comune che provvede a uniformare i propri strumenti urbanistici alle indicazioni e alle previsioni del programma regionale per le aree protette.

La normativa vigente definisce in maniera chiara e inequivocabile, sia a livello pianificatorio sia a livello di progettazione dei singoli interventi di trasformazione dell'uso del suolo, tra cui anche l'attività estrattiva, come le autorità competenti debbano verificare attentamente che le azioni previste non siano impattanti in modo negativo sulle specie animali e vegetali, nonché sugli habitat di pregio individuati in queste aree così delicate. Dovranno pertanto essere individuate misure di salvaguardia, o di abbattimento degli impatti, secondo le prescrizioni derivate dalle norme di pianificazione nei casi che interessano aree di pregio ambientale (Siti di Importanza Comunitaria, Siti di Importanza Regionale, ZPS ecc.).

Tutto ciò deve essere verificato attraverso specifiche Valutazioni di Incidenza che indicheranno la compatibilità o meno dell'attività in oggetto e le eventuali precauzioni da attivare per ridurre ulteriormente l'impatto sull'ambiente circostante, fornendo prescrizioni nel modo e nel tempo di coltivazione della cava, sia nel successivo intervento di recupero ambientale.

La Valutazione di Incidenza si applica sia agli interventi che ricadono all'interno delle aree Natura 2000 (o in siti proposti per diventarlo) sia a quelli che, pur

sviluppanosi all'esterno, possono comportare ripercussioni sullo stato di conservazione dei valori naturali tutelati nel sito.

La Valutazione di Incidenza prevede i seguenti passaggi:

- 1) *Screening*: valutazione delle possibili incidenze su un sito Natura 2000 di un piano o un progetto e che porta alla valutazione di incidenza qualora tali incidenze risultino significative in relazione agli obiettivi di conservazione.
- 2) *Valutazione di Incidenza*: analisi dell'incidenza sull'integrità del sito Natura 2000, secondo obiettivi di conservazione e individuazione di misure di mitigazione.
- 3) *Individuazione di soluzioni alternative*: analisi di soluzioni alternative, evitando incidenze significative sul sito Natura 2000.
- 4) *Definizione di misure di compensazione*: analisi delle azioni da mettere in campo per bilanciare le incidenze negative previste, qualora il progetto o il piano sia comunque da realizzare.

Gli elementi da considerare nella Relazione di Incidenza devono essere, almeno, i seguenti:

1. dimensioni volumetriche e areali della superficie occupata
2. settore del piano
3. cambiamenti fisici che deriveranno dal progetto/piano
4. fabbisogno in termini di risorse (estrazione di materiali, eventuali usi di acqua, ecc.)
5. emissioni e rifiuti (smaltimento in terra, acqua aria)
6. tempi e modalità di trasporto dei materiali scavati
7. durata della fasi di coltivazione e recupero ambientale, comprese le fasi di dismissione del sito
8. periodo di attuazione del piano.

Occorre considerare anche le trasformazioni esterne ai SIR tali da poter eventualmente procurare incidenza su habitat specie animali/vegetali di interesse comunitario e/o regionale o sull'integrità del sito stesso.

La probabilità di incidenze significative può quindi derivare non soltanto da piani, progetti e interventi situati all'interno di un Sito, ma anche da piani, progetti e interventi esterni al Sito ma con probabilità di incidenza sulle emergenze ambientali naturali che l'istituzione del Sito intende proteggere e tutelare.

## Attività di scavo

Le potenziali interferenze del progetto devono essere analizzate, almeno, con riferimento ad alcuni criteri di seguito elencati:

perdita - danneggiamento - frammentazione - integrità *delle popolazioni*  
perdita - danneggiamento - frammentazione - integrità *degli habitat.*

L'attività estrattiva nel suo complesso prevede trasformazioni degli ecosistemi, con progressivo aumento della frammentazione dell'habitat per le specie più sensibili legate a questi ambienti.

Se l'intervento estrattivo prevedesse l'interesse anche marginale di aree boscate, soprattutto se contigue ad aree protette, esso rappresenterebbe un forte impatto sia sugli habitat potenziali, che verrebbero a mancare, sia sulla vegetazione già affermata. La distruzione del bosco rappresenta sempre una perdita importante e irreversibile, almeno nel breve-medio periodo, sia come componente biotica vegetale che animale. Si raccomanda quindi la realizzazione di opere di mitigazione e compensazione per la riduzione degli impatti sugli habitat e le specie, quali predisposizione di siepi e alberature con specie autoctone con funzione fonoassorbente per i rumori, da barriera per le polveri, da mitigatore dell'impatto visivo e da ricovero per la fauna stanziale, oppure attraversamenti appositi sotto strada per anfibi, rettili e micromammiferi, nel caso di realizzazione ex novo di strade o, comunque, per quelle esistenti.

L'attività di coltivazione dovrà essere tenuta sotto controllo :

- Sui fronti di scavo
  - evitando l'utilizzo di metodiche di coltivazione troppo impattanti, quali esplosivi
  - con il controllo costante della regimazione delle acque interne al sito.
- Sui materiali estratti e i piazzali di lavorazione
  - limitando la produzione di polveri e rumore
  - assicurando uno stoccaggio provvisorio sicuro per i rifiuti non pericolosi e allontanando immediatamente a smaltimento i rifiuti pericolosi.

Si dovrà evitare la presenza di impianti di lavorazione nel sito di cava e i macchinari/ mezzi di trasporto dovranno essere controllati con frequenza per la verifica delle idonee caratteristiche di sonorità.

Le possibili ripercussioni derivanti dalle più generali attività di cantiere (per esempio: diffusione di polveri, rumore), tali comunque da assumere carattere di reversibilità temporale, così come, per altri aspetti, gli stoccaggi provvisori di rifiuti di vario genere e sversamenti accidentali di oli esausti dalle macchine operatrici, pongono un'ulteriore potenziale incidenza sugli habitat e sui corpi idrici. Nell'esercizio di cantiere dovrà essere garantito stoccaggio provvisorio sicuro, tale da non arrecare inquinamento, per tutti i rifiuti non pericolosi, per i quali è da prevedere in ogni caso il trasporto periodico a idoneo sito. Per tutti i rifiuti considerati pericolosi dovrà essere previsto l'immediato trasferimento a un sito autorizzato allo smaltimento.

Particolare attenzione dovrà essere rivolta alla gestione delle acque dilavanti i fronti di scavo, i piazzali, le strade di servizio, le aree di lavorazione del materiale (se presenti). Il sistema di drenaggio delle acque dilavanti prevede la messa in opera di canalette di guardia e di scolo (interne), vasche di decantazione per la raccolta delle acque interne all'area estrattiva con trattamento delle stesse, prima della loro restituzione al reticolo idrico naturale.

### **Attività di recupero ambientale**

Dovrà essere limitata al massimo la possibilità di incidenze significative sui siti di cava raccomandando, per gli interventi di riqualificazione ambientale previsti, l'impiego di materiale vegetale costituito da specie autoctone e dotato di provenienza di origine documentata, secondo la normativa vigente, e rilevando l'opportunità di utilizzare tecniche di ingegneria naturalistica,

L'attività estrattiva, per la sua caratteristica di trasformare il territorio in maniera considerevole, va pianificata in modo molto preciso e accurato, al fine di ridurre al massimo il suo impatto su specie e habitat di pregio; d'altro canto, le aree estrattive, qualora interessate da un attento intervento di riqualificazione ambientale, possono costituire, nel tempo, un importante nodo della rete ecologica. Tutti gli interventi di trasformazione del territorio ricadenti in queste aree devono essere sempre ispirati a precisi principi tesi alla salvaguardia delle emergenze naturalistiche presenti e, nel contempo, al recupero degli habitat naturali secondo una logica che ha come punti di riferimento tre principali aspetti: la realizzazione di interventi sostenibili, l'attuazione di azioni di recupero ambientale e la conservazione della biodiversità, costituendo un patrimonio di fondamentale importanza.

In aree protette la scelta della tipologia di copertura vegetale da ottenere dopo gli interventi deve essere valutata con estrema attenzione, anche sulla base delle caratteristiche del paesaggio nelle aree circostanti.

## ***Aree di cava con rocce ofiolitiche contenenti amianto (Pietre verdi)***

Normativa specifica, non esaustiva, di tipo ambientale connessa ad attività estrattive:

- D.M. 16 ottobre 1986, Integrazione delle norma del D.P.R. 9 aprile 1959, n. 128, in materia di controllo dell'aria ambiente nelle attività estrattive dell'amianto
- D.P.R. 8 agosto 1994, Atto di indirizzo e coordinamento alle Regioni ed alle Province Autonome di Trento e di Bolzano per l'adozione di piani di protezione, di decontaminazione, di smaltimento e di bonifica dell'ambiente, ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto
- D.M. 14 maggio 1996, (in particolare Allegato 4) Normative e metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art. 5, comma 1, lettera f), della Legge 27 marzo 1992, n. 257, recante: <Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto>
- D.M. 18 marzo 2003 n. 101, Regolamento per la realizzazione di una mappatura delle zone del territorio nazionale interessate dalla presenza di amianto, ai sensi dell'articolo 20 della Legge 23 marzo 2001, n. 93
- Del. C.R.T. 8 aprile 1997 n. 102, Piano di protezione dell'ambiente, di decontaminazione, di smaltimento e di bonifica ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto. Art. 10 legge 27 marzo 1992, n. 257 e D.P.R. 8 agosto 1994

Le ofioliti sono associazioni di rocce magmatiche e metamorfiche basiche e ultrabasiche, più o meno alterate e fratturate, quali peridotiti, serpentiniti, gabbri, basalti, composte prevalentemente da minerali scuri, come olivine, pirosseni e anfiboli, che conferiscono la tipica colorazione bruno-verdastra alle rocce. Tali tipi di rocce sono utilizzate sia come pietra ornamentale sia come inerti a elevata resistenza per massicciate, ballast e altro.

Sono costituite da fillosilicati che possono presentarsi in forma lamellare o fibrosa (amianto), quali la lizardite, il crisotilo, la tremolite, l'antigorite, e vanno a costituire il riempimento principale delle zone di frattura o microfrattura.

La presenza di amianto è estremamente variabile, anche all'interno di uno stesso affioramento, e dovrà essere definita sito per sito nonché con l'avanzamento di scavo, facendo particolare attenzione agli ammassi rocciosi fortemente fratturati.

Tali tipi di rocce sono utilizzate sia come pietra ornamentale che come inerti.

## Progetto

E' necessaria una *relazione geologica* con descrizione geomorfologica, geologica, idrogeologica dell'area interessata dal giacimento e zone limitrofe, con cartografia di dettaglio degli affioramenti e sezioni geologiche perpendicolari all'avanzamento del fronte di cava e *rilevamento petrografico* di dettaglio per una stima del contenuto di amianto.

Dovrà essere effettuata una valutazione quantitativa sulla presenza di amianto e, su apposita cartografia, dovranno essere indicate le direzioni di immersione di filoni o strati che contengono amianto. Dovrà essere predisposto un *Piano di monitoraggio e controllo* da attuare durante le fasi di avanzamento dei fronti di scavo e sul materiale estratto (in breccia, in lastre o in blocchi) con individuazione di un responsabile per il PMC da comunicare alle Autorità competenti per il rilascio di atti autorizzativi e per il controllo. Tale Piano stabilirà la frequenza dei campionamenti in funzione della volumetria del materiale estratto e della velocità di avanzamento del fronte di cava, nonché le modalità di azione nel caso di individuazione di filoni ricchi in amianto (es. incapsulamento, modifica nella modalità di estrazione). Si dovranno prevedere anche campionamenti alle acque superficiali (analisi chimiche e sulla fauna) e/o sotterranee (analisi chimiche), alla flora, all'aria (caratteristiche del particolato aerodisperso).

## Attività di scavo

L'attività di coltivazione dovrà essere tenuta sotto controllo :

- Sui fronti di scavo
  - *Descrizione petrografica* dei litotipi incontrati durante l'avanzamento del fronte di taglio, attraverso rilevamento diretto e *analisi di tipo mineralogico-petrografica*.
  - Prima di proseguire l'attività estrattiva, ogni variazione nella presenza di amianto, con individuazione di filoni ricchi in amianto, dovrà essere immediatamente segnalata alle Autorità competenti per il rilascio di atti autorizzativi e per il controllo.
- Sui materiali estratti
  - Descrizione caratteristiche petrografiche e determinazione della usabilità del materiale con metodi che effettuano la misura media del contenuto di fibre liberabili
    - *in breccia*: campionamento ogni 1000 m<sup>3</sup> (se presenti filoni contenenti amianto campionamento ogni 100 m<sup>3</sup>); determinazione

con indice di rilascio = % amianto liberato / % densità relativa del materiale solido

- *in lastre*: campionamento ogni 50 m<sup>3</sup> di materiale lavorato e ad almeno 5 cm dalla superficie della lastra (se presenti filoni contenenti amianto campionamento ogni 10 m<sup>3</sup>); determinazione con indice di rilascio = % amianto liberato / % densità relativa del materiale solido
- *in blocchi*: valutazione mineralogica della superficie visibile quantificando, in modo orientativo, la quantità di amianto rispetto alla superficie del blocco.

Particolare attenzione dovrà essere rivolta alla gestione delle acque dilavanti i fronti di scavo, i piazzali, le strade di servizio, le aree di lavorazione del materiale (se presenti) e allo spolveramento dei materiali fini. Il sistema di drenaggio delle acque dilavanti prevede la messa in opera di canalette di guardia e di scolo (interne), vasche di decantazione per la raccolta delle acque interne all'area estrattiva con trattamento delle stesse, prima della loro restituzione al reticolo idrico naturale.

Interventi possibili prevedono inoltre l'utilizzo della bagnatura durante le operazioni di estrazione del materiale e la riduzione delle operazioni di movimentazione, in modo da limitare la possibilità di dispersione delle fibre di amianto. All'uscita dalle aree di cava devono essere realizzate zone di lavaggio delle ruote dei mezzi, per evitare ulteriore dispersione e risollevarimento del materiale polverulento. Tali acque di lavaggio dovranno essere raccolte e convogliate ad apposito impianto di trattamento acque per l'eliminazione delle sostanze inquinanti e, eventualmente, riutilizzate.

### **Attività di recupero ambientale**

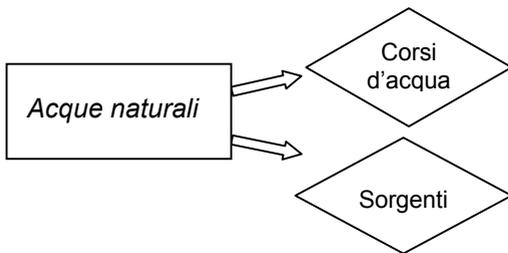
L'attività di recupero ambientale dovrà prevedere controlli (Piano di Monitoraggio) sulle modalità di ripristino con previsione di campionamenti sulle seguenti matrici ambientali: acque (superficiali/sotterranee), flora, fauna, aria.

Gli Organi di controllo dovranno provvedere ad effettuare controlli su aria (campioni di particolato aerodisperso) e su roccia (campioni di massa) nonché su acqua (superficiali, sotterranee), flora, fauna.

***Schemi di sintesi degli aspetti ambientali e  
di conduzione da valutare  
nello svolgimento dell'attività estrattiva***

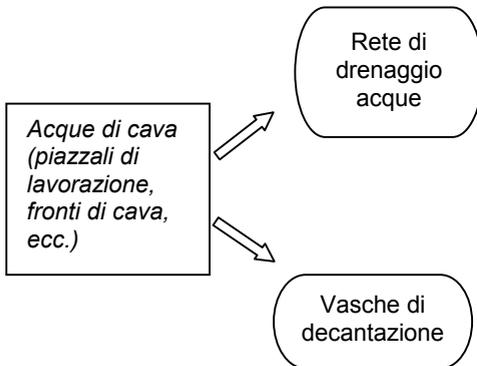


## ACQUE



Controllo visivo della pressione ambientale della cava (valutazione della presenza di sedimenti e/o detriti nell'alveo a valle dell'area di cava rispetto a monte).

Controllo su sorgenti permanenti o effimere presenti nell'area (segnalate o meno nel progetto di coltivazione). Verifica se l'acqua sorgiva è condottata fuori dall'area di cava senza interessare le zone di coltivazione).



Controllo sulla funzionalità ed efficienza di canalette e pozzetti d'ispezione.

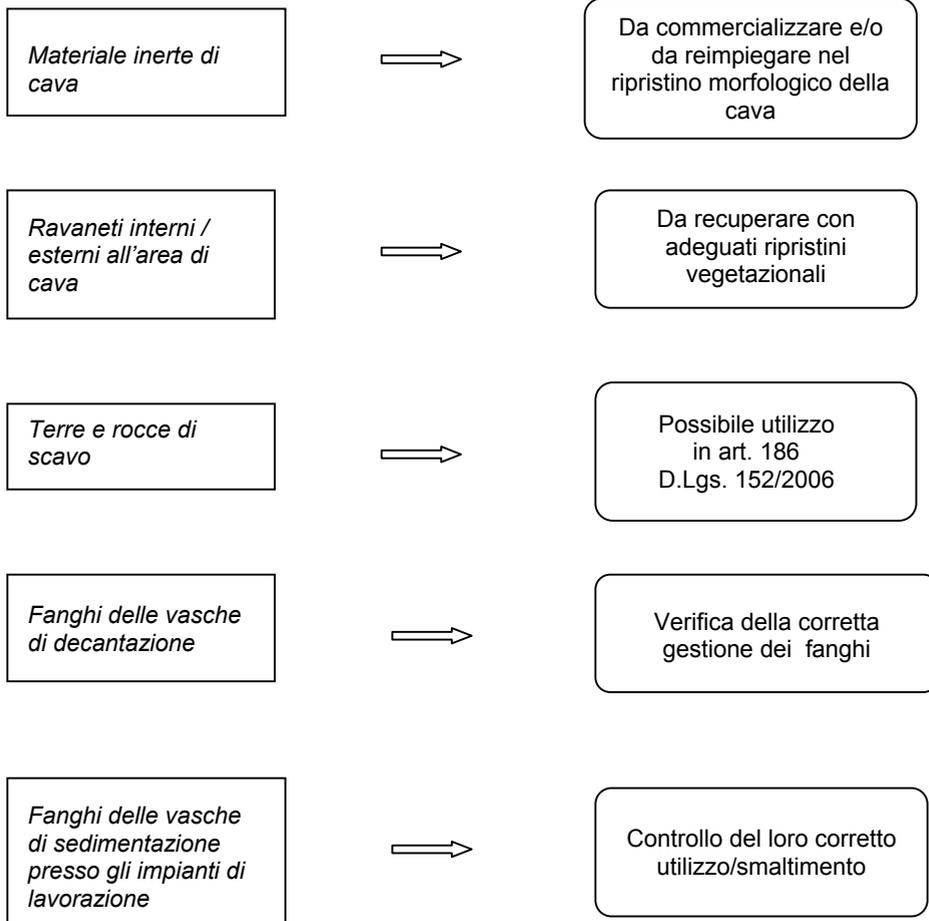
Verifica su:

- acque di coronamento;
- acque delle aree già ripristinate (non devono entrare sul fronte di cava o sui piazzali di lavorazione);
- acque di scorrimento sul fronte di cava, sui piazzali e strade di servizio (devono essere convogliate nelle vasche di decantazione).

Verifica del corretto dimensionamento della rete di drenaggio.

Controllo funzionalità ed efficienza. Verifica del corretto dimensionamento secondo quanto riportato sul progetto.

**RIFIUTI**  
Ai sensi del  
D. Lgs. 117/2008



**RIFIUTI**  
Ai sensi del  
D. Lgs. 152/2006

*Oli e filtri di aria/olio*  
*Batterie*



Controllo sul corretto stoccaggio del materiale su superfici impermeabili.  
Verifica della annotazione del materiale sul registro di carico/scarico.

*Oli per compressori*



Controllo sul corretto stoccaggio del materiale su superfici impermeabili.  
Controllo sul corretto collettamento delle condense dei compressori in idoneo recipiente.  
Verifica della annotazione del materiale sul registro di carico/scarico.

*Macchinari, pneumatici e fusti abbandonati in cava*



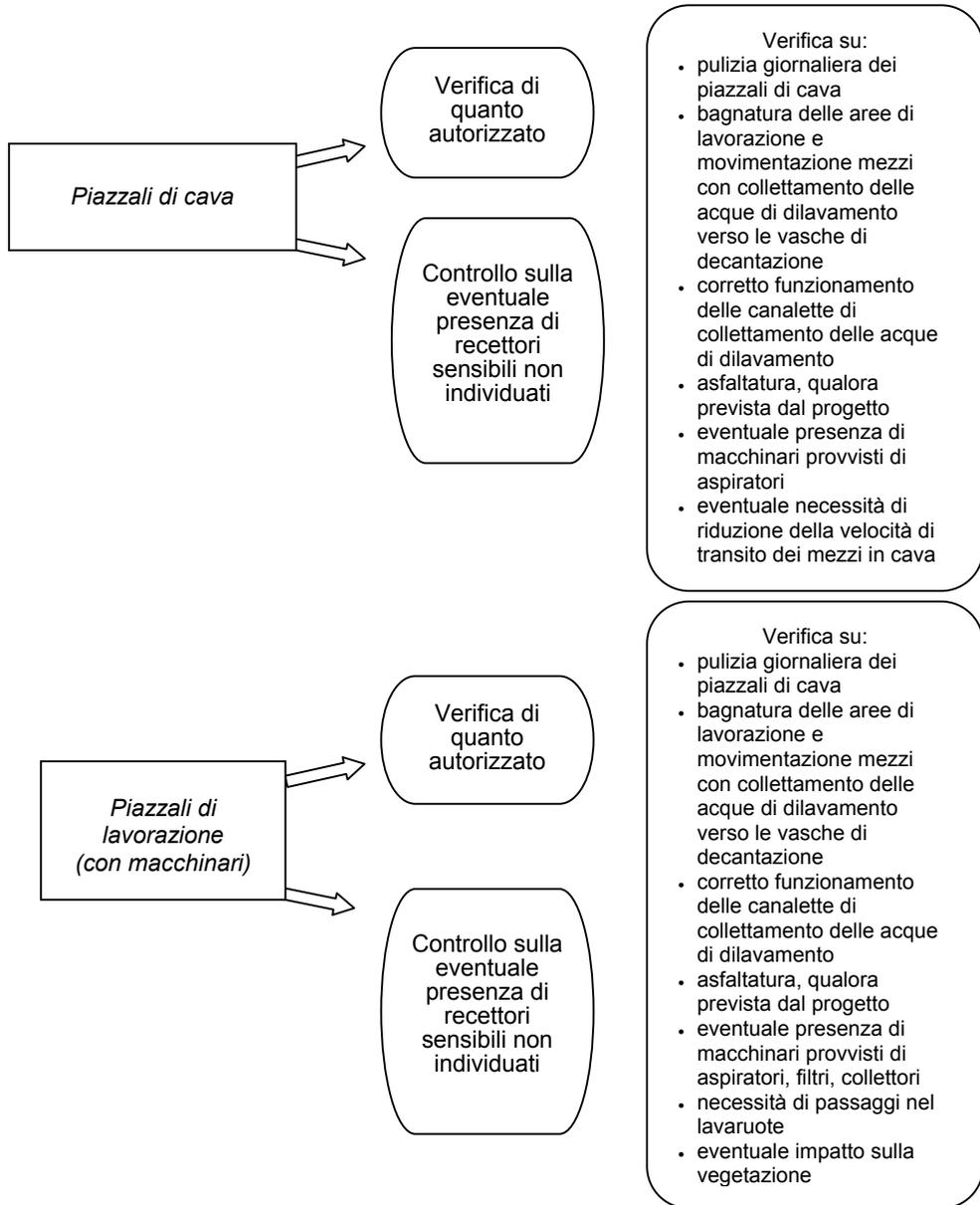
Controllo sull'eventuale presenza per assicurarne il corretto smaltimento.

*Imballaggi*



Controllo sull'eventuale presenza per assicurarne il corretto smaltimento.

## POLVERI



# RUMORE

*Macchinari e mezzi di trasporto*



Verifica di quanto autorizzato.  
Controllo sulle caratteristiche di sonorità dei macchinari.  
Controllo sulla eventuale presenza di recettori sensibili non individuati.  
Utilizzo di barriere naturali (vegetazione) e/o artificiali (pannelli fonoassorbenti).

*Impianti di lavoro (frantoi, segazione ecc.)*



Verifica di quanto autorizzato.  
Controllo sulle caratteristiche di sonorità degli impianti.  
Controllo sulla eventuale presenza di recettori sensibili non individuati.  
Utilizzo di barriere naturali (vegetazione) e/o artificiali (pannelli fonoassorbenti).

*Esplosivi*



Verifica di quanto autorizzato.  
Controllo sul corretto uso in fasce orarie predeterminate.  
Controllo sulla eventuale presenza di recettori sensibili non individuati.  
Utilizzo di barriere naturali (vegetazione) e/o artificiali (pannelli fonoassorbenti).

## VIABILITÀ

*Mezzi in entrata e in uscita dalla cava*



Controllo del rispetto di quanto autorizzato sul numero di mezzi in entrata e in uscita.

Controllo dello stato di pulizia della viabilità esterna a seguito del passaggio di mezzi provenienti dalla cava.

Limitazione della velocità dei mezzi.

*Impianto lavaruote*



Controllo sulla funzionalità ed efficienza dell'impianto lavaruote.

Controllo sul corretto smaltimento di fanghi e di acque dell'impianto, con eventuale autorizzazione allo scarico.

Verifica del corretto dimensionamento della rete di raccolta acque-fanghi.

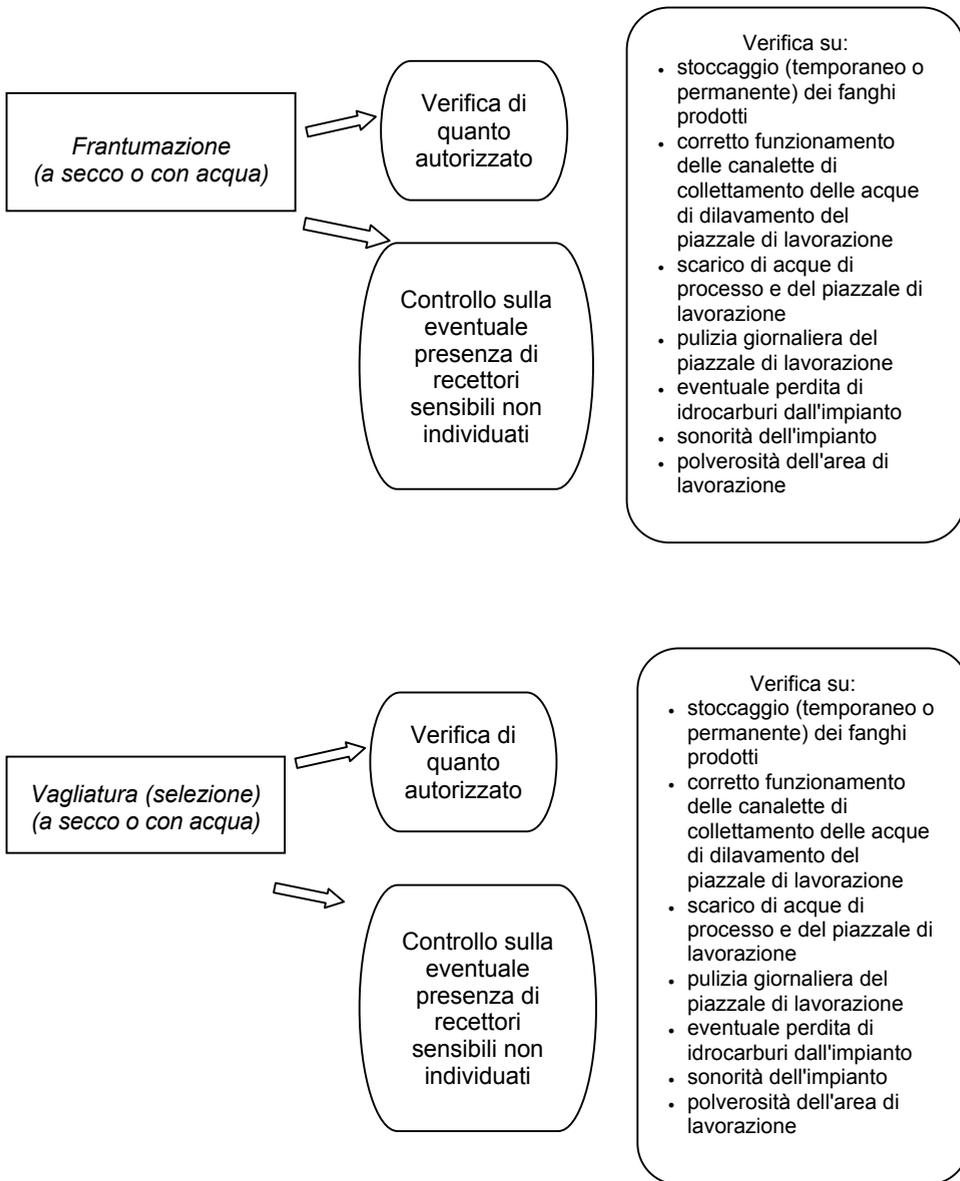
*Area di stazionamento mezzi*

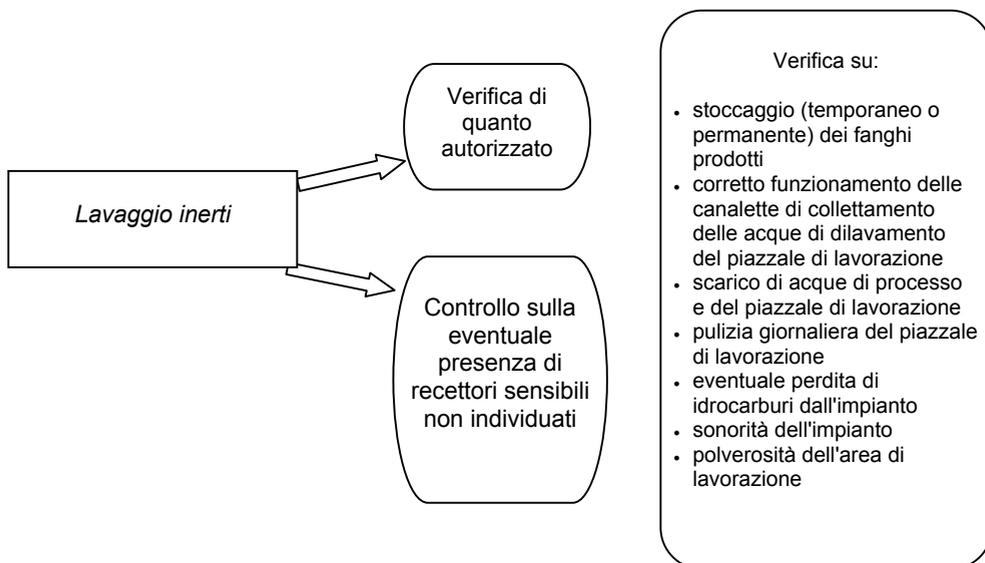
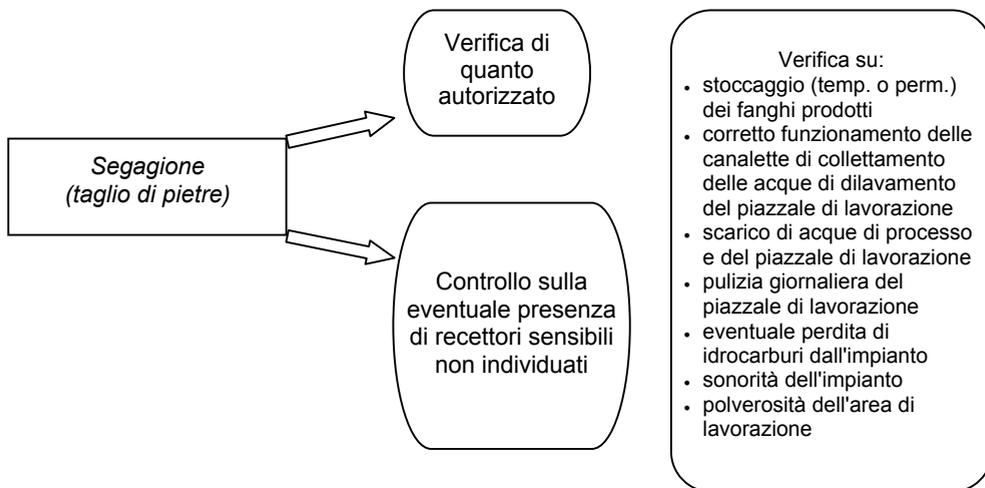


Controllo funzionalità ed efficienza.

Verifica del corretto dimensionamento secondo quanto riportato sul progetto.

## IMPIANTI DI LAVORAZIONE





## GLOSSARIO

- **Acquifero:** roccia o terra che contiene acqua per mezzo degli spazi creati dalla porosità e dalle discontinuità.
- **Affioramento roccioso:** parte di una formazione rocciosa che affiora sulla superficie terrestre.
- **Alzata:** tratto in elevazione di un singolo gradone e altezza del tratto stesso.
- **Ammasso roccioso:** complesso costituito da roccia in posto e dalle discontinuità che la interessano.
- **Banco:** strato roccioso di spessore metrico.
- **Caratteristiche climatiche di un'area geografica:** insieme di condizioni atmosferiche medie (temperatura, intensità e durata della radiazione solare, umidità, pressione, precipitazioni, direzione e velocità dei venti, copertura nuvolosa) che caratterizzano una determinata area.
- **Contro:** modalità di coltivazione che prevede la realizzazione di tagli perpendicolari ai piani di stratificazione.
- **Decorticamento o scotico:** fase di asportazione dello strato di terreno agrario o vegetale preliminare alle fasi preparatorie dell'attività di escavazione.
- **Fosso di guardia:** canale di raccolta delle acque di deflusso superficiale.
- **Geologia:** modello geologico concettuale locale; condizioni stratigrafiche e geostrutturali dell'ammasso roccioso, scelta del metodo estrattivo, dei volumi estraibili e progettazione delle tecniche di abbattimento.
- **Geomorfologia:** gli aspetti di interesse per l'attività estrattiva riguardano le alterazioni indotte dall'attività a carico dei versanti e della regimazione idrica locale, l'erosione e la stabilità di versanti naturali, dei fronti di scavo e dei riporti.
- **Geotecnica/geomeccanica:** gli aspetti di interesse per l'attività estrattiva riguardano le caratteristiche meccaniche di terreni e rocce, la valutazione delle condizioni di stabilità a breve, medio e lungo termine finalizzata al mantenimento degli equilibri geomorfologici e alle condizioni di sicurezza in fase di gestione e recupero.
- **Giacimento:** materiale economicamente utile incassato e isolato dal materiale sterile.
- **Gradone:** ampio ripiano orizzontale ricavato scavando il terreno sul pendio del fronte cava.
- **Idrogeologia:** gli aspetti di interesse per l'attività estrattiva riguardano il modello concettuale idrogeologico locale; condizioni di interferenza dell'attività estrattiva col flusso idrico sotterraneo, lo stato qualitativo della risorsa e alterazione o contaminazione potenziale indotta, la vulnerabilità idrogeologica sitespecifica in relazione a possibili contaminanti idrovesicolati.

- **Idrologia:** gli aspetti di interesse per l'attività estrattiva riguardano il reticolo idrografico locale, le interferenze dell'attività estrattiva con lo stesso, la rete di regimazione acque superficiali dell'area di cava, il raccordo della rete di scolo con quella naturale, i sistemi di raccolta sedimenti e contenimento del trasporto solido.
- **Indice di funzionalità fluviale (IFF):** metodologia che fornisce valutazioni sintetiche sulla funzionalità fluviale, attraverso la descrizione di parametri morfologici, strutturali e biotici dell'ecosistema, interpretati alla luce dei principi dell'ecologia fluviale; vengono rilevati la funzione a essi associata, nonché l'eventuale grado di allontanamento dalla condizione di massima funzionalità. La lettura critica e integrata delle caratteristiche ambientali consente di definire un Indice globale di funzionalità.
- **Indice di qualità morfologica (IQM):** metodo di valutazione della qualità di un corso d'acqua basato sull'integrazione di rilievi/interpretazioni sul terreno e telerilevamento/analisi GIS. Si articola nelle fasi di inquadramento e classificazione iniziale, valutazione dello stato attuale e monitoraggio. Per ciascun aspetto morfologico e tipologia di monitoraggio prevista dalla Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE, sono descritte le tecniche e le frequenze di monitoraggio e fornite le schede di rilievo su campo.
- **Ingegneria naturalistica:** disciplina tecnica che utilizza le piante vive con funzione antierosiva nonché di consolidamento e protezione dei terreni, in genere in abbinamento con altri materiali (legno, pietrame, geotessuti, biostuoie, georeti ecc.), per rimodellare aree interessate da opere e interventi che hanno modificato il paesaggio e la struttura ecologica preesistente.
- **Litologia:** gli aspetti di interesse per l'attività estrattiva riguardano il tipo di roccia o sequenza stratigrafica di litotipi e sue caratteristiche litotecniche, implicazioni sul metodo estrattivo scelto e incidenza su rumore, vibrazioni, polveri e proiezione di frammenti rocciosi (esplosivi, macchine operatrici di scavo, demolizione, perforazione, frantumazione, prospezione e taglio, mezzi di trasporto).
- **Livello sterile:** parte di un ammasso roccioso coltivato ritenuta priva di interesse economico-estrattivo.
- **Modello concettuale geologico:** modello di sintesi delle conoscenze di sottosuolo che definisce le caratteristiche di distribuzione geometrico stratigrafiche e strutturali in tre dimensioni delle unità geologiche, e assegna alle varie unità stesse dei parametri fisico-tecnici. Il modello idrogeologico è un ulteriore affinamento che introduce per ciascuna unità idrogeologica una parametrizzazione idrodinamica (conducibilità idraulica, trasmissività, coefficiente di immagazzinamento ecc.).
- **Pedata:** tratto suborizzontale di un singolo gradone e profondità dello stesso.

- **Pedologia:** gli aspetti di interesse per l'attività estrattiva riguardano i caratteri fisici del suolo, le variazioni quantitative e qualitative e il depauperamento indotto dall'attività.
- **Piazzale di cava:** spazio sub-pianeggiante che unisce il versante o l'area esterna di cava con il fronte di scavo. In esso si realizzano le attività di cava, di raccolta, di accumulo dei materiali, di stazionamento mezzi e di manutenzione, le aree di selezione e trattamento, e le aree e i locali di servizio.
- **Pietrisco:** materiale formato da frammenti di roccia a forma poliedrica con spigoli vivi e dimensioni centimetriche ottenuto per frantumazione artificiale.
- **Pista:** strada in terra il cui percorso si sviluppa all'interno dell'area di cava a servizio delle attività di coltivazione. Le piste si connettono al piazzale di cave e/o ai singoli gradoni e alla viabilità ordinaria.
- **Rampa:** pista che si sviluppa in pendenza per consentire l'arroccamento ai gradoni più elevati in cave di monte.
- **Recupero ambientale:** serie di interventi atti a migliorare e mitigare le condizioni ambientali (paesaggistiche, fisiche, vegetazionali) di un sito degradato dall'attività produttiva, quale lo sfruttamento estrattivo.
- **Relazione giacimentologica:** descrive la risorsa interessata dall'attività estrattiva nella composizione, forma, genesi, distribuzione geologica e geografica, definendo la qualità dei materiali (nella composizione litologica e mineralogica, nelle caratteristiche di resistenza, nel coefficiente di imbibizione), la quantità di resa e di materiale di scarto, indicando le migliori tecniche per la coltivazione. La caratterizzazione giacimentologica si ottiene, da indagini in situ e in laboratorio, dallo studio di sezioni geologiche di dettaglio e dai logs stratigrafici e litologici.
- **Ripristino ambientale:** riproduzione delle condizioni preesistenti all'attività produttiva.
- **Roccia:** materiale dotato di elevata coesione anche dopo prolungato contatto con acqua.
- **Sbancamento:** scavo praticato al di sopra del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno.
- **Scavo a sezione obbligata:** scavo praticato al di sotto del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno o dello sbancamento o dello splateamento.
- **Scotico e Scoticismo:** termine usato per indicare lo strato superficiale di suolo più ricco in sostanza organica e umica. In una cava l'asportazione dello scotico, per uno spessore medio di cm 30, viene eseguito generalmente con mezzi meccanici per raggiungere gli strati produttivi da coltivare.
- **Sistemazione finale:** insieme di opere e interventi necessari per il reinserimento dell'area nel contesto territoriale circostante al termine dell'attività estrattiva.

- **Sky-line:** si definisce il profilo delineato contro il cielo dal panorama, in particolare dalle parti più elevate.
- **Splateamento:** scavo praticato al di sotto del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno, sempre che il fondo dello scavo sia accessibile ai mezzi di trasporto e il sollevamento non sia eseguito mediante tiro in alto.
- **Substrato:** basamento roccioso su cui poggiano dei terreni o una formazione geologica.
- **Superficie piezometrica:** superficie generata dai punti di livellamento della pressione dell'acqua in un acquifero libero o confinato.
- **Terra:** materiale dotato di scarsa o nulla coesione dopo prolungato contatto con acqua.
- **Terreno fertile:** formato da particelle minerali e particelle organiche unite dall'azione dei microrganismi.
- **Terreno sterile:** la parte di roccia o terreno che non costituisce il giacimento di cava da sfruttare.
- **Valutazione d'incidenza:** procedimento di carattere preventivo al quale è necessario sottoporre qualsiasi piano, programma o progetto che possa avere incidenze significative su un sito o proposto sito della rete Natura 2000, singolarmente o congiuntamente ad altri piani e progetti, e tenuto conto degli obiettivi di conservazione del sito stesso.
- **Verso:** “taglio al verso” si definisce la modalità di coltivazione che prevede la realizzazione di piani di taglio perpendicolari alla stratificazione.
- **Vulnerabilità:** suscettività specifica dei sistemi acquiferi a ricevere e diffondere un inquinante fluido o idroveicolato tale da produrre un impatto sulla qualità delle acque sotterranee.
- **Zona satura:** al di sotto della superficie piezometrica dell'acquifero nel quale i pori intercomunicanti sono saturi d'acqua.
- **Zona insatura:** zona di areazione compresa tra la superficie topografica e la zona satura dell'acquifero.

## BIBLIOGRAFIA

AA.VV., *Concluso il progetto di mappatura dell'amianto in Toscana*, ARPAT News, n. 004, p. 1-3., Firenze 2008.

AA.VV., *Il progetto regionale pietre verdi, Le ofioliti, la loro estrazione e il problema amianto*, Regione Emilia-Romagna, 2004.

AA.VV., *Le cave: materiali, ricerca, progettazione e recupero*, Ordine dei Geologi della Toscana - S. Miniato Alto (PI), 22-26 gennaio 2001.

ABBATE E., BORTOLOTTI V., PRINCIPI G., *Apennine ophiolite: a peculiar oceanic crust*, Ofioliti, Sp. Issue *Tethyan Ophiolites*: 1, Western Area, p. 59-96, 1980.

APAT, *Fenomeni di dissesto geologico-idraulico sui versanti, classificazione e simbologia*, Manuali e linee guida 39, 2006.

ARINGOLI D., PAMBIANCHI G., VECCHIONI G., ANIBALDI A., *Geologia e cave. Problematiche geologiche e attività estrattive: un esempio nell'Appennino umbro-marchigiano*, Quarry & Construction n. 12, Ed. Pei, Roma 2007.

AVANZINI M., BERETTA G.P., *Verifica degli effetti dell'estrazione di inerti nelle cave in falda in acquiferi sensibili*, Atti del 3° Convegno Nazionale sulla Protezione e Gestione delle acque sotterranee per il III millennio, Parma 13 ottobre 1999, Quaderni di Geologia Applicata, Pitagora ed., Parma 1999.

BALLESTRAZZI P., FERRANTI N., LATINO C., *La pianificazione delle attività estrattive in Italia*, Atti del convegno "L'attività estrattiva in Italia: un'agenda per la sua valorizzazione", Assomineraria, Roma 3 dicembre 2001.

BALLESTRAZZI P., BERRY P., FABBRI S., *Pianificazione, progettazione e gestione delle attività estrattive*, in *Guida all'industria estrattiva ed al riciclaggio*, Ed. Pei, Roma 1999.

BALLETTO G., CRABU F., *Parco delle cave, riqualificazione e valorizzazione di un sito dismesso minerario d'argilla*, Quarry and Construction, n. 1, Ed. Pei, p. 35-36, Roma 2006.

BARBARO A., GIOVANNINI F., MALTAGLIATI S., *Linee guida per intervenire sulle attività che producono polveri*, ARPAT, Provincia di Firenze, ARPAT, Firenze 2009.

BELL F.G., *Geologia Ambientale*, Zanichelli, Bologna 2001.

BERETTA G.P., *Idrogeologia per il disinquinamento delle acque sotterranee. Tecniche per lo studio e la progettazione degli interventi di prevenzioni, controllo, bonifica e recupero*, Pitagora Ed., pp. 840, 1992.

BERRY P., *Aspetti tecnico economici dell'impatto ambientale da attività minerarie*, Quarry & Construction n.11, Ed. Pei, p. 17-28, Roma 1990.

BIANCO G., GASCA R., *Contributo idraulico per la pianificazione compatibile delle attività estrattive nelle fasce fluviali*, in "Idra2006: atti del XXX Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche", La Sapienza, Roma 10 - 15 settembre 2006.

BIGNAMI M., FACCIOTTO P.M., MANCINI A., *Cave e territorio*, L'arciere ed., pp. 88, Cuneo 1986.

BLOIS L., *Ricerca e sviluppo di un sistema gerarchizzato di indicatori di sostenibilità ambientale applicabile alla valutazione di politiche, programmi e piani per lo sviluppo sostenibile delle attività di cava*, Tesi di dottorato, Università di Bologna A.A. 2000-2003.

BOCCALARO F., *Difesa del territorio e ingegneria naturalistica. Manuale degli interventi di recupero ambientale*, Dario Flaccovio ed., pp. 576, 2006

CAPUZZI Q., *Modern technology and machinery for marble quarrying*, Benetti Macchine, pp. 96, Carrara 1990.

CARRÀ N., *Cave e ambiente. La Pianificazione delle attività estrattive*, Biblioteca Del Cenide ed., pp. 96, 2001

CASTAGNA S.E.D., DE LUCA D.A., *Problematiche idrogeologiche legate all'apertura e all'ampliamento di attività estrattive sottofalda in aree di pianura*, Giornale di Geologia Applicata 2008, 8 (1).

CAVANNA F., PASQUINI C., VERCESI P.L., GUADO P., *Gli impatti sulle risorse idriche connessi con la presenza di cave e discariche nella pianura dell'Oltrepò pavese*, in Geologia dell'Ambiente n. 4, Sigea, Roma 1997.

CELICO P., *Prospezioni idrogeologiche*, vol. I e II, Liguori edizioni, 1986.

CIVITA M., *Idrogeologia applicata e ambientale*, Ed. Ambrosiana, 2005.

COLI M., LIVI E., RAFFINI B., *Bacino estrattivo della pietra di Firenzuola. Assetto geominerario e problematiche estrattive*, in Quarry & Construction n. 11, Ed. Pei, Roma 2007.

COMUNE DI FIRENZUOLA, *Rapporto cave anno 2009*, a cura di Folini M. e Puccetti A., pp.16, 2010.

COMUNE DI SASSUOLO, PROVINCIA DI MODENA, *Piano delle Attività Estrattive*, approvato con delibera di Consiglio Provinciale n°44 del 16/03/2009.

CONCETTI C., CENCI M., FREDDUZZI A., MARCHESINI I., MONSIGNORI A., SACCONI P., *Cave dismesse della regione Umbria: metodo per l'individuazione di aree da destinare ad interventi di riattivazione, ricomposizione e recupero ambientale*, *Giornale di geologia applicata* 4, 2006.

CONTI C., PEZZATINI E., *Linee guida per il monitoraggio delle acque sotterranee*, ARPAT, pp. 37, Firenze 2005.

CRISTOFOLINI A., *Estrazione di prodotti di cava: aspetti sanitari*, Provincia Autonoma di Trento, Ufficio VIA, 1991.

DELSOLDATO G., GARDONI G., *Ambiente: guida pratica per la gestione e l'amministrazione delle risorse ambientali : acqua, aria, rifiuti, suolo, miniere e cave, vegetazione, vincoli ambientali, rumore, valutazione impatto ambientale*, Pirola ed., pp. 345, Milano 1991.

DINO G.A., FORNARO M., *L'utilizzo integrale delle risorse lapidee negli aspetti estrattivi, di lavorazione e di recupero ambientale dei siti*, *Giornale Geologia Applicata* 2, p. 320-327, 2005.

DRAGOGNA G., *L'attività estrattiva e la difesa dell'ambiente*, in *Quarry & Construction* n. 1, Ed. Pei, Roma 1982.

FETTER, C.W., *Applied hydrogeology*, Prentice Hall, 2001.

FILIPELLO A., FORNARO M., GIULIANI A., *Nuova metodologia di analisi per la valutazione speditiva della qualità dei giacimenti di pietra ornamentale e dei blocchi estraibili*, *Giornale Geologia Applicata* n. 8 (1), p. 67-74, 2008.

FORNARO M., LOVERA E., SACERDOTE I., *La coltivazione delle cave e il recupero ambientale*, 2 vol., Politeko ed., pp. 387 e pp. 263, Torino 2002.

FRARE G.P., *Cave. Tecniche di coltivazione e recupero ambientale*, Zoppelli ed., Treviso 1996.

GERBELLA L., *Arte mineraria*, Hoepli ed., Milano 1960.

GISOTTI G., *Le cave - Recupero e pianificazione ambientale*, Dario Flaccovio ed., pp. 428, 2008.

GRECO V., REINA A., SELICATO F., *Principi metodologici per azioni di recupero delle cave abbandonate*, *Giornale Geologia Applicata* 4, p. 246-252, 2006.

HAMILL L., BELL F.G., *Acque sotterranee. Ricerca e sfruttamento*, Dario Flaccovio ed., pp. 400, 1992.

MARFORIO E., FOLCO ZAMBELLI L., *Cave: piano e progetto*, Unicopli, pp. 222, Milano 1986.

MINISTERO DELL'AMBIENTE, *Indicazioni preliminari per il recupero delle cave a cielo aperto e delle discariche di inerti di risulta collegate ad attività di escavazione*, Servizio per la valutazione dell'impatto ambientale, l'informazione ai cittadini sullo stato dell'ambiente - Commissione per le valutazioni dell'impatto ambientale, 1992.

NIS - NETWORK ITALIANO SILICE (2008), *Misure di prevenzione e protezione per ridurre l'esposizione a polveri contenenti silice libera cristallina Comparto lapideo - Relazione conclusiva*, Coordinamento Regioni-ISPEL-ISS-INAIL, pp. 231, Sondrio 2008.

PELIZZA S., FORNAIO M., PEILA D., BEN G., *Linee guida per la progettazione di cave di monte*, GEAM, 1998.

PILATI L., *Attività estrattiva: aspetti ambientali ed economici*, Dipartimento territorio, ambiente e foreste - Servizio protezione ambiente Ufficio per la valutazione di impatto ambientale della Provincia autonoma di Trento, pp. 19, 1991.

PINZARI M., *Tipologie e metodi di coltivazione delle cave*, Quarry & Construction, Ed. Pei, Roma 2006.

POLITECNICO DI MILANO, *Problemi geologico-ambientali e di sicurezza nella gestione delle attività estrattive*, Documentazione del corso di formazione presso DIAR - Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Ambientale, Infrastrutture viarie, Rilevamento, Milano 12-15 ottobre 2009.

PRINCIPI G., CORTESOGNO L., CELLAI D., GAGGERO L., GARUTI G., GAZZOTTI M., PASSERINI P., TREVES B., *Le ofioliti dell'Appennino settentrionale*, Convegno SIMP, p.1-75, 1992.

PRINCIPI G., TREVES B., *Oceanisation processes and sedimentary evolution of the Northern Apennine ophiolite suite and discussion*, Mem. Soc. Geol. It 48, p. 117-136, 1994.

PROVINCIA DI GROSSETO, P.A.E.R.P. - *Piano delle attività estrattive di recupero delle aree escavate e riutilizzo dei residui recuperabili della provincia*, adottato con Del. C.P. n. 13 del 19/03/2009.

PROVINCIA DI PIACENZA, PIAE - *Norme tecniche di attuazione*, approvato con atto di Giunta Regione Emilia-Romagna n° 1125 del 23/06/2003.

REGIONE EMILIA-ROMAGNA, *Il recupero e la riqualificazione ambientale delle cave in Emilia-Romagna*, Compositori Industrie Grafiche, pp. 492, 2003.

REGIONE EMILIA-ROMAGNA, *Il progetto regionale pietre verdi - Le ofioliti, la loro estrazione e il problema dell'amianto*, Siaca Arti Grafiche, pp.142, 2004.

REGIONE EMILIA-ROMAGNA, *Linee guida per il recupero ambientale dei siti interessati dalle attività estrattive in ambiente golenale di Po nel tratto che interessa le Province di Piacenza, Parma e Reggio Emilia*, pp.119, 2009.

REGIONE LAZIO, *Manuale di ingegneria naturalistica - strade, cave, discariche e coste sabbiose*, pp. 592, 2003.

REGIONE PIEMONTE, *Linee guida attività estrattive rivolte ai Servizi di Igiene e sanità Pubblica*, a cura di SESIA V., SISP ASL NO, pp. 36, 2010.

REGIONE TOSCANA, *Piano regionale attività estrattive di recupero delle aree escavate e di riutilizzo dei residui recuperabili (P.R.A.E.R.)*, Allegato B, BURT n.16 del 28/3/2007.

ROVERSI MONACO F., CAIA G., *La disciplina delle attività estrattive e le problematiche ambientali*, in *Scritti in onore di Massimo Severo Giannini*, V. II, p. 615-636, 1988.

UNI, *Linee guida per la redazione degli studi di impatto ambientale relativi ai progetti di attività di cava*, UNI 10975, marzo 2002.

VALLARIO A., *Attività estrattive cave e recupero ambientale*, Liguori ed, 2002.

VISMARA R., *Protezione ambientale. Criteri e tecniche per la pianificazione territoriale*, Sistemi Editoriali ed., pp. 352, 2002.

WEIGHT W., *Hydrogeology field manual*, Mc Graw Hill Professional ed., 2008



# ***Allegati***

- 1. Riferimenti normativi***
- 2. Monitoraggio acque sotterranee nelle aree estrattive***
- 3. Documentazione fotografica***



## **1. Riferimenti normativi**

Si riporta una raccolta, non esaustiva, della normativa riguardante le attività estrattive.

### **Normativa comunitaria**

- Direttiva 2006/21/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 15 marzo 2006, relativa alla gestione dei rifiuti delle industrie estrattive e che modifica la direttiva 2004/35/CE.

### **Normativa nazionale**

- R.D. 29 luglio 1927 n. 1443, Norme di carattere legislativo per disciplinare la ricerca e la coltivazione delle miniere [nel Regno].
- D.P.R. 9 aprile 1959 n. 128, Norme di polizia delle miniere e delle cave.
- L. 62/1953, artt. 117 e 118 ; D.P.R. n. 2/197, art. 1 ; D.P.R. n. 616/77, art. 62 (Delega alle Regioni delle funzioni amministrative di cave e torbiere).
- L. 4 marzo 1958 n. 198, Delega al Potere esecutivo ad emanare norme in materia di polizia delle miniere e delle cave e per la riforma del Consiglio superiore delle miniere.
- D.P.R. 24 luglio 1977 n. 616, art. 62, Trasferimento delle competenze dallo Stato alle Regioni.
- L. 30 luglio 1990 n. 221, Nuove norme per l'attuazione della politica mineraria.
- Decreto Legislativo 31 marzo 1998 n. 112, Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59.
- Decreto 8 giugno 2001, Modalità e criteri di accesso alle agevolazioni per la ristrutturazione e la modifica strutturale degli ambienti di lavoro nelle cave localizzate in giacimenti di calcare metamorfico con sviluppo a quote di oltre 300 metri di cui all'art. 114, comma 4, della legge 23 dicembre 2000, n. 388.
- Decreto 7 agosto 2003, Ministero delle Attività Produttive. Integrazione all'elenco delle aree indiziate per la ricerca mineraria operativa ai sensi degli articoli 5 e 6 della legge 6 ottobre 1982, n. 752.
- Decreto 21 gennaio 2004, Ministero delle Attività Produttive. Approvazione dell'elenco dei prodotti esplosivi riconosciuti idonei all'impiego nelle attività estrattive.

- Decreto 16 novembre 2004, Ministero delle Attività Produttive. Modifiche all'elenco dei prodotti esplosivi riconosciuti idonei all'impiego nelle attività estrattive.
- Decreto 10 giugno 2005, Ministero delle Attività Produttive. Modifiche all'elenco dei prodotti esplosivi riconosciuti idonei all'impiego nelle attività estrattive.
- Decreto 13 luglio 2005, Ministero delle Attività Produttive. Integrazione all'elenco delle aree indiziate per la ricerca mineraria operativa, ai sensi degli articoli 5 e 6 della legge 6 ottobre 1982, n. 752.
- Decreto 3 novembre 2005, Ministero delle Attività Produttive. Criteri per la determinazione di un adeguato corrispettivo per la remunerazione dei beni destinati ad un concessionario per lo stoccaggio di gas naturale, ai sensi dell'articolo 13, comma 9, del decreto legislativo 23 maggio 2000, n. 164.
- Decreto 16 febbraio 2006, Ministero delle Attività Produttive. Rinnovo della commissione interdisciplinare consultiva per la ricerca mineraria di base.
- Decreto 2 maggio 2006, Criteri, procedure e modalità per il campionamento e l'analisi delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 186, comma 3, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.
- D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152, Norme in materia ambientale.
- D.Lgs. 16 gennaio 2008 n. 4, Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale.
- Decreto Legislativo 30 maggio 2008 n. 117, Attuazione Direttiva 2006/21/CE relativa gestione rifiuti di industrie e che modifica la Direttiva 2004/35/CE.
- L. 27 febbraio 2009 n. 13, Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 30 dicembre 2008, n. 208, recante misure straordinarie in materia di risorse idriche e di protezione dell'ambiente.
- D.Lgs. 16 marzo 2009 n. 30, Attuazione della direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento
- Decreto 30 giugno 2009, Ministero dello Sviluppo Economico. Disciplina e modalità di attribuzione di giacimenti concessionari di coltivazioni di idrocarburi marginali.

## **Normativa regionale**

- Del. C.R.T. 7 marzo 1995 n. 200, Piano Regionale delle Attività Estrattive.
- L.R. 3 novembre 1998 n. 78, Testo Unico in materia di cave, torbiere, miniere, recupero di aree escavate e riutilizzo di residui recuperabili.
- Del. G.R.T 15 novembre 1999 n. 1269, Linee guida per il coordinamento delle funzioni di vigilanza e controllo nelle attività estrattive - art. 30 L.R. 3.11.1998, n. 78.

- Del. G.R.T. 11 febbraio 2002, n.138, Istruzioni tecniche per la formulazione delle domande di autorizzazione all'esercizio dell'attività estrattiva e per la redazione degli elaborati di corredo (ai sensi dell'art. 12, comma 4 della L.R. 78/1998) e per la comunicazione del trasferimento dell'autorizzazione (ai sensi dell'art. 14, comma 3 della L.R. 78/1998).
- L.R. 27 gennaio 2004 n. 4, Modifiche all'articolo 15 della legge regionale 3 novembre 1998, n. 78 (Testo unico in materia di cave, torbiere, miniere, recupero di aree escavate e riutilizzo di residui recuperabili).
- L.R. 31 maggio 2006 n. 20, Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento.
- Decr. Pres. G.R.T. 23 febbraio 2007 n. 10/R, Regolamento recante istruzioni tecniche per la redazione degli strumenti della pianificazione provinciale e comunale in materia di cave e torbiere, di recupero di cave dismesse o in abbandono e di riutilizzo dei materiali assimilabili così come previsto in attuazione dell'articolo 6 della legge regionale 3 novembre 1998, n. 78.
- Del. C.R.T. 27 febbraio 2007 n. 27, Approvazione del piano regionale delle attività estrattive, di recupero delle aree escavate e di riutilizzo dei residui recuperabili (PRAER) ai sensi della legge regionale 3 novembre 1998, n. 78 (Testo unico in materia di cave, torbiere, miniere, recupero di aree escavate e riutilizzo di residui recuperabili).
- Decr. Pres. G.R.T. 08 settembre 2008 n. 46/R, Regolamento di attuazione della legge regionale 31 maggio 2006, n. 20 "Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento".
- L.R. 22 giugno 2009 n. 30, Nuova disciplina dell'Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana (ARPAT).
- L.R. 12 febbraio 2010 n. 10, Norme in materia di Valutazione Ambientale Strategica (VAS), di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) e di Valutazione di Incidenza.



## **2. Monitoraggio acque sotterranee nelle aree estrattive**

Nelle aree di cava il campionamento e la misura dei livelli freaticometrici/piezometrici o di portata delle sorgenti costituisce punto focale del monitoraggio e controllo delle acque sotterranee.

Per il monitoraggio quantitativo sarà necessario conoscere :

- la morfologia della superficie piezometrica e le variazioni delle direzioni di flusso;
- le escursioni piezometriche o le variazioni di portata delle sorgenti.

Per il monitoraggio qualitativo sarà necessario eseguire :

- prelievi di campioni d'acqua per eseguire analisi chimiche di laboratorio, con parametri che permettano la caratterizzazione idrochimica dell'acquifero.

### **Piezometri**

*Requisiti necessari per i piezometri di monitoraggio*

- la captazione deve interessare un unico acquifero;
- avere conoscenza delle caratteristiche litologiche e idrogeologiche dei sedimenti/rocce attraversati;
- essere chiaramente identificabili, tramite georeferenziazione con sistema GPS;
- avere un diametro di almeno 4";
- essere quotati (in m s.l.m.) e posizionati topograficamente con lo stesso procedimento della determinazione dei punti fissi traggurati;
- essere chiusi con lucchetto e con targhetta quotata (m s.l.m.);
- essere interamente fenestrati dalla quota di minima soggiacenza registrata a fondo foro;
- in caso di attraversamento di lenti impermeabili limoso-argillose dovrà essere effettuato il "tamponamento" isolante del livello.

Dovranno essere fornite informazioni riguardanti

- ubicazione piezometri (su cartografia a scala 1:10.000 e di dettaglio);
- profondità piezometri;
- stratigrafia dei sedimenti/rocce attraversati/e durante la perforazione e di un contorno significativo;

- caratteristiche tecnico-costruttive:
  - metodo trivellazione;
  - diametro di perforazione;
  - tubazioni definitive (tipologia del condizionamento);
- profondità dei filtri (colonna cieca - colonna filtrante);
- caratteristiche del dreno;
- prove idrauliche eventualmente effettuate;
- data di realizzazione.

#### *Ubicazione dei piezometri*

- fuori dall'area di scavo, a piano campagna, in zone non interessate da riempimenti, almeno uno a monte e uno a valle rispetto alla direzione di falda.

#### *Profondità dei piezometri*

- tale da interessare la sola falda eventualmente intercettata dalla coltivazione di cava;
- valutare piezometri di monitoraggio di falde più profonde;
- dipendente dalle condizioni idrogeologiche della falda.

## **Sorgenti**

#### *Requisiti necessari per la scelta delle sorgenti utilizzabili per il monitoraggio*

- la captazione deve interessare un unico acquifero;
- avere conoscenza delle caratteristiche litologiche e idrogeologiche dei sedimenti/rocce attraversati;
- essere raggiungibili in sicurezza;
- essere chiaramente identificabili, tramite georeferenziazione con sistema GPS;
- essere quotati (in m s.l.m.) e posizionati topograficamente con lo stesso procedimento della determinazione dei punti fissi traguardati.

Dovranno essere fornite informazioni riguardanti

- ubicazione sorgenti (su cartografia a scala 1:10.000 e di dettaglio);
- tipo di emergenza (per contatto stratigrafico, per fratturazione, ...);
- eventuale totale o parziale captazione dell'emergenza;
- stratigrafia dei sedimenti/rocce attraversati/e e di un contorno significativo;
- tipo di acquifero alimentante;
- prove idrauliche eventualmente effettuate;
- eventuale presenza di altre tipologie di impatto sull'area di ricarica.

### *Ubicazione delle sorgenti*

- fuori dall'area di scavo, se possibile, in zone non interessate da riempimenti, almeno uno a monte e uno a valle rispetto alla direzione di falda.

*Fase ante operam:* questa fase è importante per la scelta dei punti e delle modalità di monitoraggio. Da tale scelta deriverà l'efficacia del monitoraggio e la qualità dell'archivio di dati che saranno la base di confronto con i dati di monitoraggio in corso d'opera. Il monitoraggio deve includere un sufficiente numero di punti d'acqua quali sorgenti e pozzi, possono inoltre essere previsti dei piezometri, appositamente realizzati, interni e/o esterni dall'area di cava che rappresentino le condizioni di monte e di valle in senso idrogeologico rispetto alla posizione dell'area estrattiva. Pozzi e piezometri devono essere rappresentativi delle condizioni idrogeologiche locali interessando distintamente ogni singolo acquifero presente nel sottosuolo. Ciò è importante sia per evitare la messa in comunicazione di acquiferi distinti, sia per monitorare separatamente i diversi acquiferi.

La misura delle portate delle sorgenti e dei livelli piezometrici di pozzi e piezometri (monitoraggio quantitativo) e il campionamento e l'analisi chimico-fisica/biologica in sito e di laboratorio (monitoraggio qualitativo), devono essere condotti il più a lungo possibile (minimo un anno).

*Monitoraggio durante la conduzione dell'attività estrattiva:* lo scopo è quello di monitorare la fase estrattiva in modo da mitigare eventuali interferenze che possono manifestarsi durante la coltivazione. Le modalità e i parametri di monitoraggio devono essere uguali a quelle attuate nel monitoraggio ante opera, per permettere un valido confronto dei dati.

*Monitoraggio post operam:* il monitoraggio è importante in questa fase per condurre eventuali valutazioni su interventi di mitigazione o risanamento messi in atto e verificarne l'efficacia nel tempo.



### **3. Documentazione fotografica**



Foto 1 - Fronte di cava dismessa in calcari massicci



Foto 2 - Esempio escavazione in materiali alluvionali



Foto 3 - Fronte di cava con emergenze idriche



Foto 4 - Cava di argilla con sistemi di drenaggio delle acque superficiali



Foto 5 - Impianti di lavorazione (frantumazione, selezione) in cava di materiali litoidi



Foto 6 - Cava di calcari con sviluppo di vari piazzali, gradoni e rampe



Foto 7 - Cava dismessa di pietra ornamentale



Foto 8 - Esempio di taglio di pietra ornamentale



Foto 9 - Cava a fronte unico per l'estrazione di pietra arenacea



Foto 10 - Cava dismessa a gradoni in calcari marmosi con evidenti fenomeni di dissesto geomorfologico attivi



Foto 11 - Cava a gradoni con esempio di recupero vegetazionale



Foto 12 - Cava a gradoni in fase di riprofilatura e recupero



Foto 13 - Esempio di cava di versante a gradoni



Foto 14 - Fase di recupero di cava con riporto di terreno sulla sommità dei gradoni



Foto 15 - Fase di ripristino vegetazionale dei gradoni



Foto 16 - Piazzale di cava con impianto di lavorazione inerti

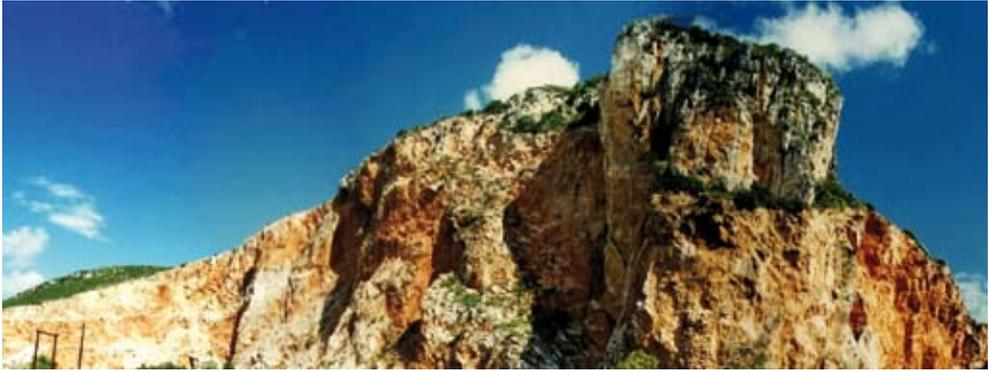


Foto 17 - Cava a fronte unico dismessa in calcari massicci



Foto 18 - Esempio di cava di marmi in sotterraneo



Foto 19 - Coltivazione a blocchi in cava di marmi



Foto 20 - Cava di marmi a gradoni



Foto 21 - Esempio di dissesti geomorfologici su di un versante di cava soda di affioramento di formazioni argillitiche



Foto 22 - Cava con estrazione di banchi arenacei



Foto 23 - Fenomeni di dissesto in aree di cava: erosione in terreni detritici (sopra) e crolli in versanti rocciosi



**ARPAT**

Agenzia regionale  
per la protezione ambientale  
della Toscana

Via Nicola Porpora, 22 - 50144 Firenze - tel. 055.32061  
[www.arpat.toscana.it](http://www.arpat.toscana.it)