



COMUNE DI CESENA
SETTORE TUTELA DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO
SERVIZIO ATTIVITÀ ESTRATTIVE, VALUTAZIONI AMBIENTALI, BONIFICHE AMIANTO

***VARIANTE AL P.A.E. COMUNALE - PIANO DELLE ATTIVITA' ESTRATTIVE -IN
ADEGUAMENTO ALLA VARIANTE DEL PIANO INFRAREGIONALE DELLE
ATTIVITA' ESTRATTIVE - P.I.A.E. -***

**ALLEGATO C: INDIRIZZI PER IL RECUPERO E LA RIQUALIFICAZIONE
AMBIENTALE DELLE CAVE
*Estratto dal Manuale Teorico Pratico della Regione Emilia Romagna***



Adozione: **Deliberazione del Consiglio Comunale n. 20 del 17 marzo 2016**
Approvazione: **Deliberazione del Consiglio Comunale n. 54 del 27 luglio 2017**

Staff Progettuale

Dott. Geol. Claudio Turci
Geom. Milena Maraldi
Geom. Mattia Brighi

Il Sindaco

Paolo Lucchi
L'Assessore
Francesca Lucchi
Il Dirigente
Gianni Gregorio
Paolo Carini

INDICE

1. DEFINIZIONI.....	3
2. ASPETTI TEORICI DEL RECUPERO.....	5
2.1. FATTORI CLIMATICI.....	5
2.2. LUCE.....	5
2.3. TEMPERATURA.....	5
2.4. FATTORE ACQUA E PRECIPITAZIONI.....	6
2.5. VENTO.....	7
2.6. FATTORI OROGRAFICI E DISSESTO IDROGEOLOGICO.....	7
2.7. FATTORI EDAFICI.....	8
2.8. FATTORI FISICI.....	8
2.9. FATTORI CHIMICI.....	11
3. MORFOLOGIA.....	13
3.1. CONTROLLO DELLA STABILITÀ MECCANICA DELLE SCARPATE A FINE SCAVO.....	13
3.1.2. Terre grossolane (sabbie e ghiaie) e terre fini (limi ed argille).....	13
3.1.3. Materiali di risulta terrosi o lapidei.....	13
3.1.4. Rocce (Rocce tenere; rocce massive, stratificate, fessurate; formazioni strutturalmente complesse o alterate di tipi litologici differenti).....	14
3.1.5. Recupero con rimodellamento morfologico delle superfici.....	14
3.2. PENDENZE ECCESSIVE.....	15
3.3. ASSOCIAZIONI VEGETALI.....	15
4. LE RETI ECOLOGICHE.....	16
5. LE LINEE PROGETTUALI.....	17
5.1. INQUADRAMENTO CLIMATICO.....	17
5.2. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO.....	17
5.3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	18
5.4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO.....	18
5.5. INQUADRAMENTO PEDOLOGICO.....	19
5.6. INQUADRAMENTO FLORISTICO E VEGETAZIONALE.....	19
5.7. CENSIMENTO FLORISTICO.....	19
5.8. STUDIO DELLA VEGETAZIONE.....	19
5.9. INQUADRAMENTO PAESAGGISTICO.....	20
5.10. USO REALE DEL SUOLO.....	20

6. PROGETTO	20
6.1. ELEMENTI DEL PROGETTO	21
6.2. PROGETTAZIONE DEI PROFILI DI ABBANDONO	22
6.3. PROFILI DI ABBANDONO IN TERRA	22
6.4. CONSIDERAZIONI PROGETTUALI	23
7. RIMODELLAMENTO DELLE ACQUE E GESTIONE DELLE ACQUE	25
7.1. REGIMAZIONE IDRAULICA SUPERFICIALE	25
7.2. RETE SUPERFICIALE	26
7.3. RETE PROFONDA	26
8. ACCESSIBILITA' E VIABILITA'	27
9. SICUREZZA	27
9.1. RECINZIONE E SEGNALETICA	27
9.2. ISOLAMENTO IDRAULICO	28
10. RIPRISTINO	28
10.1. METODO RICOSTRUTTIVO	28
10.1.1. Presenza di materiale pedogenizzato	28
10.1.2. Predisposizione dello "scotico" e del prelievo del materiale	29
10.1.3. Asportazione del suolo	29
10.1.4. Conservazione differenziata	29
10.1.5. Acquisizione di materiale pedogenizzato alloctono	30
10.1.6. Ricostruzione della sequenza verticale dei suoli e creazione di eventuali strati tampone	30
10.1.7. Assenza di materiale pedogenizzato	31
11. BACINI CON FUNZIONE RICREATIVA	31
11.1. LIMITAZIONI DELLE PERDITE	31
11.2. GESTIONE DELLA MASSA IDRICA	32
12. BACINI CON FUNZIONE NATURALISTICA	32
12.1. BILANCIO IDROLOGICO E FONTI DI APPROVVIGIONAMENTO	32
12.2. DIMENSIONI E FORME DELL'INVASO	33

1. DEFINIZIONI

Recupero ambientale: si intende l'insieme di interventi che favoriscono la ripresa della vegetazione caratteristica dell'ambito territoriale dove è inserito il sito (autoctona) e, più in generale, degli equilibri naturali, in precedenza alterati. Il recupero ambientale si ottiene mediante interventi più o meno intensi: si va dal semplice rimodellamento morfologico delle superfici, fino alla lavorazione del substrato, alla sua regimazione idraulica e concimazione. Anche per quanto riguarda la vegetazione gli interventi possono essere modulati: si possono semplicemente lasciar sviluppare le consociazioni pioniere di specie spontanee, confidando nell'instaurarsi di dinamiche successionali evolutive, oppure cercare di forzare i tempi della ripresa della vegetazione spontanea, saltando gli stadi iniziali. In questo secondo caso saranno maggiori gli input esterni per favorire la vegetazione, come appunto lavorazioni, concimazioni, piantagioni, interventi manutentivi, ecc.

Alla fine dell'intervento, auspicabilmente rapido, si ottiene una risistemazione dell'area dell'ex cava ed il suo opportuno reinserimento nel paesaggio circostante. E' in questo contesto che si possono individuare due casi particolari di recupero: il ripristino ed il restauro.

Ripristino: si parla di ripristino quando si vuole ottenere una situazione identica a quella presente prima della realizzazione dell'attività estrattiva. E' senza dubbio il termine più utilizzato, anche se si tratta, nella grande maggioranza dei casi, dell'intervento più difficile da realizzare, se non impossibile.

Restauro: si può parlare di restauro solo quando le alterazioni ambientali apportate ad un certo territorio sono localizzate o comunque poco estese. E' necessario che non ci sia un danno diffuso, in modo tale da rendere possibili l'inserimento di specie vegetali, a livello di singole unità o di piccoli gruppi. Nel caso delle cave, questa situazione, praticamente, non si realizza quasi mai.

In generale, quindi, è più opportuno parlare di "recupero ambientale" delle aree di cava in quanto, valorizzando le potenzialità del sistema naturale (opportunamente guidato e favorito con interventi esterni, anche di notevole intensità) si ottengono fitocenosi affini a quelle potenzialmente presenti nell'area di intervento.

Riqualificazione ambientale: si intendono quegli interventi effettuati prevalentemente in ambiti urbani, periurbani o comunque fortemente antropizzati. Di frequente, si viene a modificare la destinazione d'uso di un'area, sostituendo le funzioni prevalentemente produttive con funzioni insediative,

ricreative o agricole. Il riutilizzo di una cava avviene spesso nei bacini dove si intende realizzare non tanto un recupero naturalistico, bensì un recupero a fini ricreativi (sport, pesca, aree a verde attrezzato, ecc.). Anche in questo caso va favorita la sistemazione idrogeologica dell'area, nonché la sua sistemazione "a verde", almeno per facilitare il collegamento con il paesaggio circostante.

Durante l'attività estrattiva si possono verificare situazioni di disturbo nei confronti delle aree contermini per inquinamento acustico (dovuto all'uso di mezzi meccanici impianti ecc.), deposizione di polveri, inquinamento chimico (es. dispersione di sostanze pericolose), erosione del suolo, ecc.

Per quanto riguarda la fauna il disturbo dell'attività estrattiva, in particolare, può provenire da alcune modalità di estrazione e preparazione dei materiali. I danni provocati ai popolamenti animali, in massima parte, però sono temporanei: ad esempio l'allontanamento tramite lavaggio dei limi, frequente soprattutto per le ghiaie, può danneggiare le biocenosi acquatiche con l'immissione di materiali fini nell'acqua dei laghi di cava; l'eventuale frantumazione meccanica dei materiali estratti causano un rilevante disturbo da rumore, uniti alla ricaduta di polveri nell'ambiente circostante.

Non va poi sottovalutato l'impatto ambientale provocato dal trasporto dei materiali estratti dalle zone di cava: in particolare nuovi percorsi viari possono separare ambienti frequentati da varie specie terrestri e ridurre anche pesantemente le loro popolazioni.

Al termine dell'attività estrattiva, invece, i danni o comunque le alterazioni che si possono riscontrare, sono, di norma ben più gravi:

- effetti devastanti sul paesaggio (interruzione della continuità vegetazionale, formazione di zone degradate), smantellamento di colline o versanti;
- creazione di bacini d'acqua;
- compromissione della copertura vegetale originaria;
- asportazione del suolo;
- interferenza con le condizioni naturali di drenaggio;
- infiltrazione e scorrimento di acque superficiali non incanalate;
- frequenti depositi di ingenti residui rocciosi, derivanti dall'attività estrattiva;

- abbandono, in condizioni di instabilità, delle superfici di coltivazione del materiale, con presenza di pareti verticali o quasi (indipendentemente dall'angolo naturale di stabilità del materiale), che normalmente crollano o sono comunque soggette ad azione erosiva;
- processi di erosione generalizzata;

2. ASPETTI TEORICI DEL RECUPERO

2.1. FATTORI CLIMATICI

I dati climatici possono essere utili durante la fase preliminare di redazione di progetti di restauro ambientale di cave, al fine di stabilire le specie localmente idonee da utilizzare. Particolare attenzione va rivolta, oltre che alle caratteristiche medie del clima, agli estremi, che spesso costituiscono fattori fortemente limitanti per lo sviluppo delle piante. Indicazioni sul meso e microclima potranno poi essere desunte dall'analisi di dati climatici ad hoc, almeno in parte reperibili dalla stazione meteorologica più prossima al sito di intervento. Indagini più specifiche potranno essere svolte sul sito stesso.

2.2. LUCE

Gli ambienti di cava in genere sono molto luminosi, in quanto dati da spazi ampi ed aperti, ed è quindi elevata la radiazione che giunge al suolo. Inoltre le condizioni di luminosità locale dipendono, come detto, dalla morfologia del rilievo e dalla natura del materiale. Le specie vegetali, a seconda delle loro esigenze rispetto alla quantità di luce necessaria per vivere, si dividono in sciafile (o di ombra) ed eliofile (o di sole).

2.3. TEMPERATURA

Il fattore temperatura può divenire limitante per le piante soprattutto in presenza di forte escursione termica, di gelate ricorrenti precoci e tardive, in dipendenza di diversi fattori locali, quali l'esposizione, la natura del substrato ed il suo contenuto idrico.

Quindi per la scelta delle specie da utilizzare negli interventi di recupero sarà necessario valutare in particolare:

- numero di giorni all'anno senza gelo;
- cicli di gelo-disgelo;
- ricorrenza di fenomeni estremi di temperatura (gelate occasionali);
- durata della stagione vegetativa;

- durata della copertura nevosa;
- condizioni locali di temperatura, in base all'andamento del rilievo, la natura del substrato e la vicinanza di un corso d'acqua.

Quindi a seconda delle condizioni climatiche locali e, nel caso specifico, del fattore temperatura, verranno scelte le specie più adatte.

Eccessi o carenze di riscaldamento possono essere contrastati mediante numerosi interventi quali:

- la modifica della morfologia locale;
- mantenimento od incremento della pietrosità;
- pacciamatura superficiale;
- irrigazione e/o regimazione idraulica;
- lavorazioni profonde e/o superficiali del terreno.

2.4. FATTORE ACQUA E PRECIPITAZIONI

Le piante, a seconda delle esigenze di acqua nell'ambiente, si distinguono in: idrofite, igrofite, mesofite, xerofite.

L'acqua disponibile per le piante dipende essenzialmente dall'approvvigionamento derivato dalle precipitazioni. Inoltre, le situazioni critiche a livello di bilancio idrico dipendono anche dal regime termico a cui è sottoposta l'area, nonché dai fattori orografici già menzionati precedentemente. Anche la natura fisica del suolo influisce molto sulle condizioni di disponibilità idrica per le piante.

Nel caso in cui le precipitazioni nell'area di ripristino siano normalmente abbondanti e soprattutto di natura temporalesca, i problemi da affrontare sono di due tipi: l'azione battente della pioggia e l'effetto del deflusso superficiale dell'acqua in eccesso, ambedue svolgono un'importante azione erosiva.

I possibili interventi da effettuare sono i seguenti:

a) controllo dell'azione battente dell'acqua meteorica

- pacciamatura;
- interventi per migliorare la struttura del terreno;
- miglioramento delle condizioni chimico fisiche del substrato al fine di favorire tutte le attività biochimiche che permettono la formazione di aggregati colloidali stabili;
- rapida creazione di una copertura stabile erbacea.

b) controllo del deflusso superficiale

- sistemazione morfologica;

- regimazione idraulica superficiale;
- rapida creazione di una stabile e continua copertura erbacea.

Controllo del deflusso delle acque superficiali e della falda freatica

Fenomeni permanenti o temporanei di ristagno locale delle acque meteoriche, possono essere controllati attraverso:

- sistemazione morfologica del terreno;
- regimazione idraulica superficiale;
- drenaggio profondo.

2.5. VENTO

L'effetto del vento sulle piante può manifestarsi sia in modo diretto che indiretto.

L'azione diretta è dovuta al potere erosivo del vento, soprattutto quando esso è in grado di trasportare particelle solide con capacità abrasiva, come granuli di sabbia o cristalli di ghiaccio o di sali. Se i venti sono forti e costanti e ad alto potere erosivo, possono creare danni evidenti e permanenti alle piante, soprattutto a quelle di taglia elevata. Un'azione indiretta del vento, di notevole importanza a livello biologico, è invece il forte incremento dell'evaporazione del suolo e della traspirazione delle piante. In caso di eccesso di traspirazione e di insufficiente apporto idrico le piante in breve si trovano in deficit idrico e quindi appassiscono, in modo più o meno permanente, sino a giungere, nei casi estremi, alla morte per appassimento irreversibile.

I possibili interventi mitigatori contro l'azione sia diretta che indiretta del vento sono:

- realizzazione di barriere frangivento;
- pacciamatura;
- miglioramento della struttura del terreno;
- rapida creazione di una copertura vegetale erbacea e arbustiva;
- lavorazioni superficiali del terreno.

2.6. FATTORI OROGRAFICI E DISSESTO IDROGEOLOGICO

Le aree di cava sono zone ad elevato rischio di dissesto idrogeologico, per erosione superficiale e profonda, nonché per fenomeni gravitativi. Ciò è particolarmente accentuato su substrati incoerenti, con forte inclinazione, su pendii lunghi e in climi molto piovosi e ventosi. Infatti, nelle cave la vegetazione spontanea ed il suolo

sono stati asportati già all'inizio dell'escavazione e, pertanto, ambedue non garantiscono più una protezione nei confronti delle normali cause di dissesto.

Sempre in ambiente di montagna, può presentarsi anche il problema dei depositi di materiale vario che, localmente, possono costituire accumuli detritici a forte pendenza. Tali ambienti di neoformazione, oltre a presentare problemi di instabilità, sono anche assai difficili da colonizzare da parte della vegetazione. Durante lo scavo dei bacini per l'estrazione di ghiaia e sabbia, le sponde presentano inclinazioni molto accentuate, per cui possono essere instabili. La diversa esposizione dei versanti si traduce in differenze di temperature sia dell'area che del suolo, con un versante esposto a sud più caldo rispetto a quello rivolto a nord. Infine, va ricordato che l'energia dei processi di erosione idrica sui versanti e dei fenomeni gravitativi dipende strettamente dall'angolo del pendio.

2.7. FATTORI EDAFICI

In seguito alle attività di sfruttamento della cava, il suolo originario viene completamente asportato e la formazione di un nuovo suolo sul quale sia possibile un riempimento della vegetazione è un processo sempre molto lento e difficoltoso, sia nel caso di cave abbandonate in cui non è stato effettuato alcun intervento di recupero, sia in quello di cave che sono state sottoposte ad un recupero guidato.

Molto spesso il punto di partenza di questa nuova pedogenesi è rappresentato da un substrato che ha caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche del tutto diverse da quelle del substrato originario. In un caso e nell'altro la creazione di un ambiente adatto al ritorno della vita vegetale, dopo l'abbandono della cava, viene resa difficoltosa da una serie di fattori limitanti tra cui si possono citare; le condizioni di aridità, le forti pendenze, l'instabilità del substrato pedogenetico, l'eccessiva permeabilità del substrato (soprattutto nel caso di detriti), l'assenza di una attività biologica nonché di una copertura vegetale. Per di più, anche nel nuovo suolo che ha appena iniziato a formarsi possono esserci dei fattori intrinseci di ordine fisico, chimico o biologico che sono limitanti per la ripresa del processo evolutivo.

2.8. FATTORI FISICI

Profondità del suolo

Lo spessore della coltre pedologica fino al limite con la roccia madre o con un orizzonte cementato è uno dei parametri che più influisce sulla potenzialità produttiva dei suoli: infatti quanto più grande è il volume di suolo che può essere

esplorato dalle radici, tanto maggiore è la disponibilità di acqua e di nutrienti che esso offre alle piante.

Tabella 1.1. Valutazione dei suoli in base alla profondità (Fierotti 1997).

<u>Suolo</u>	<u>Profondità cm</u>
Superficiale	< 15
Poco profondo	15 – 25
Mediamente profondo	28 – 80
Profondo	80 – 120
Molto profondo	> 120

Per aumentare lo spessore di un suolo a disposizione della vegetazione è possibile intervenire attraverso:

- riporto di altro suolo, più o meno pedogenizzato.
- lavorazioni profonde.
- regimazione idraulica profonda

Scheletro

Un terreno ai primi stadi di sviluppo è comunemente contraddistinto da alte percentuali di frammenti rocciosi, prodotti dalla disgregazione fisica del substrato pedogenetico. Nelle cave, in particolare, i suoli iniziali sono in genere molto ricchi di scheletro, tanto più se si formano a spese dei materiali detritici utilizzati per il riempimento della zona di scavo. Un contenuto eccessivo di clasti nel terreno costituisce indubbiamente un fattore limitante, in quanto riduce proporzionalmente il volume di acqua disponibile per le piante, nonché il contenuto di nutrienti. Un suolo ricco di scheletro, dunque, ha una scarsa capacità di ritenzione idrica e tende a disseccarsi rapidamente.

Tabella 1.2. Stima della quantità, dimensioni e forma dello scheletro (FAO, 1990).

<u>DIMENSIONI</u>	<u>(cm)</u>	<u>QUANTITÀ</u>	<u>(%)</u>	<u>FORMA</u>
Ghiaia fine	0,2 – 0,6	Molto scarso	0 – 2	piatto
Ghiaia media	0,6 – 2	Scarso	2 – 5	angolare
Ghiaia grossa	2 - 6	Comune	5 – 15	subarrotondato
Pietre	6 - 20	Molto	15 – 40	arrotondato
Massi	20 - 60	Abbondante	40 - 80	
Massi grossi	> 60	Molto abbondante	> 80	

La presenza di scheletro e/o pietrosità in eccesso può essere mitigata attraverso:

- riporto di materiale a tessitura fine

- riporto di materiale fine da mescolare con lo strato pietroso superficiale già esistente.
- lavorazioni profonde.
- spietatura e/o macinazione di parte dello scheletro superficiale.

Tessitura

La % relativa delle particelle minerali elementari (sabbia, limo, argilla) è una delle caratteristiche che maggiormente condiziona la fertilità dei suoli, in quanto ne influenza le proprietà fisiche e idrologiche.

I suoli più favorevoli per le piante sono quelli che hanno una tessitura equilibrata o “franca”, data dalle seguenti proporzioni (Belsito et al., 1998):

sabbia 30 – 50%

limo 30 – 50%

argilla < 20%

In essi vi è un buon equilibrio tra micro e macropori, quindi un rapporto ottimale tra aria, acqua e particelle solide.

Tabella 1.3. Classificazione delle particelle minerali in base al diametro

	ISSS	USDA	BSI	
mm 2				2 mm
1	SABBIA GROSSA	SABBIA MOLTO GROSSA	SABBIA GROSSA	
0,50		SABBIA GROSSA		0,60
0,25		SABBIA MEDIA	SABBIA MEDIA	
0,20	SABBIA FINE	SABBIA FINE	SABBIA FINE	0,20
0,10		SABBIA MOLTO FINE		0,06
0,05			LIMO GROSSO	
0,02	LIMO	LIMO	LIMO MEDIO	0,02
			LIMO FINE	0,006
0,002			ARGILLA GROSSA	0,002
	ARGILLA	ARGILLA	ARGILLA MEDIA	0,0006
			ARGILLA FINE	0,0002

Una tessitura anomala può essere corretta attraverso:

- creazione di uno strato superficiale attraverso l'apporto di materiale pedogenizzato o agrario.
- apporto di ammendanti inorganici, si può prevedere l'aggiunta e la miscelazione di quantità mirate di materiale inerte, a granulometria definita, tale da consentire un miglioramento nelle caratteristiche tessiture del substrato e favorire così un più rapido insediamento della vegetazione.
- lavorazioni superficiali e profonde.
- miglioramento della struttura del suolo.

Struttura

Oltre alla tessitura, anche l'aggregazione tra le particelle primarie del suolo favorisce gli scambi idrici e gassosi necessari alla crescita delle piante, in quanto consente la formazione di una rete fittissima di pori e di canali. In un terreno ben strutturato le radici penetrano facilmente, l'aria e l'acqua circolano liberamente e la nutrizione idrica e minerale delle piante è dunque favorita. Nel corso della pedogenesi, in genere si assiste ad una progressiva scomparsa della struttura "litologica" (ereditata dalla roccia madre) per azione dell'alterazione geochimica, dell'attività biologica, dei cicli di inumidimento/disseccamento, mentre va man mano formandosi una struttura "pedologica", in quanto i costituenti del suolo acquisiscono una nuova organizzazione che è in grado di soddisfare meglio le esigenze delle piante per quanto riguarda lo sviluppo radicale, disponibilità di acqua, aria e nutrienti.

2.9. FATTORI CHIMICI

Sostanza organica

La presenza della componente organica in un terreno ha degli effetti positivi sulle proprietà fisiche, chimiche e biologiche di questo. Essa infatti è fonte di elementi nutritivi per le piante (N, P, S, basi, ecc.), stimola l'attività della microflora e della microfauna edafica ed inoltre favorisce la formazione di aggregati stabili, aumentando la capacità di ritenzione idrica e la disponibilità di aria del terreno. La quantità di materia organica varia in funzione delle condizioni climatiche e morfologiche, del tipo e grado di copertura vegetale, dell'uso del suolo, ecc.

Tabella 1.4. Classificazione dei terreni agrari in relazione al contenuto di sostanza organica (Landi, 1999).

<u>Suoli</u>	<u>Sostanza Organica%</u>
Molto poveri	< 1
Poveri	1 – 2
Mediamente dotati	2 – 3
Ricchi	3 – 10
Umiferi	10 – 20
Torbosi	20 – 50
Torbe	> 50

pH

La reazione del terreno costituisce un parametro estremamente selettivo nei confronti sia delle specie vegetali che dei microrganismi edafici. Il pH infatti gioca un ruolo importante nel chimismo del suolo, in quanto regola la solubilità dei diversi elementi, rendendoli più o meno assimilabili da parte delle piante. Il pH ottimale, che garantisce una disponibilità equilibrata di tutti gli elementi della fertilità, si può considerare compreso nel range 5,5 – 7,0.

Carbonato di calcio

Il carbonato di calcio è una componente del suolo di origine pedogenetica che, se in modeste quantità, ha effetti positivi sul terreno in quanto favorisce la formazione di aggregati stabili, aumentando la permeabilità e l'aerazione degli orizzonti e garantendo una maggiore resistenza contro l'erosione. Tuttavia quando è in quantità eccessive, questo composto può costituire un fattore limitante per lo sviluppo di molte specie.

Tabella 1.5. Contenuto in calcare totale dei suoli e loro classificazione (Filippi e Sbarbati, 1994).

<u>CaCO₃ TOTALE%</u>	<u>CLASSI FONDAMENTALI</u>	<u>CLASSI GENERALI</u>
<0,5	non calcareo	non calcareo
0,5 – 1	molto scarsamente calcareo	
1 – 5	scarsamente calcareo	
5 – 10	moderatamente calcareo	calcareo
10 – 25	molto calcareo	
25 – 40	fortemente calcareo	
> 40	estremamente calcareo	estremamente calcareo

3. MORFOLOGIA

3.1. CONTROLLO DELLA STABILITÀ MECCANICA DELLE SCARPATE A FINE SCAVO

I profili di abbandono dei fronti di scavo o degli accumuli dei materiali di riporto devono essere innanzitutto stabili nel tempo. Questa condizione può essere raggiunta utilizzando diverse tecniche, in funzione del tipo di materiale presente.

3.1.2. Terre grossolane (sabbie e ghiaie) e terre fini (limi ed argille)

Recupero con copertura vegetale

- Realizzazione di scarpate finali con pendenza mai superiori a quelle naturali pre-lavori e, comunque, verifiche dall'analisi di stabilità con l'adozione di parametri geomeccanici dei tipi litologici e/o pedologici aventi le caratteristiche meno favorevoli.
- Rinfianco della scarpata con materiale di riporto adeguato ben compattato in spessori sottili: questa tecnica è meno raccomandabile per la maggiore instabilità dei riporti; è da utilizzare solo in condizioni limite, altrimenti non risolvibili (ad es. vecchi scavi da risistemare).
- Realizzazione di opere di sostegno: nell'impossibilità di arretrare i fronti e di raggiungere le pendenze ottimali di stabilità possono essere realizzate delle opere di sostegno (al piede, nel corpo del materiale).
- Riduzione dell'altezza delle scarpate, attraverso: ritombamenti e/o rinfianchi parziali, gradonature.
- Isolamento idraulico delle scarpate dal reticolo idrologico circostante per evitare arrivi esterni.
- Controllo delle acque superficiali sulle scarpate, per facilitare il rapido allontanamento in sicurezza ed in tempi rapidi, evitando fenomeni erosivi sia diffusi che incanalati.
- Controllo degli arrivi di acque sotterranee, attraverso la loro captazione e allontanamento, per limitare effetti meccanici quali l'aumento del peso, delle pressioni interstiziali, del rammollimento degli strati, ecc.

3.1.3. Materiali di risulta terrosi o lapidei

- Preparazione e gradonatura delle superfici di appoggio.
- Messa in opera di drenaggi di fondo (strati drenanti e trincee) nel caso di terreni di risulta di tipo argilloso.
- Compattazione adeguata del riporto e raggiungimento del profilo stabile.

- Eventuali opere di sostegno, o di difesa da acque incanalate, nel corpo o al piede dei riporti (gabbionate, setti drenanti o simili).
- Controllo e regimazione delle acque superficiali, diffuse e incanalate; controllo dell'erosione.
- Controllo delle acque sotterranee provenienti dal substrato (captazione e drenaggio).

3.1.4. Rocce (Rocce tenere; rocce massive, stratificate, fessurate; formazioni strutturalmente complesse o alterate di tipi litologici differenti).

Recupero con copertura vegetale

- Progettazione e gradonatura delle superfici di appoggio del materiale pedogenizzato con idonea stabilità di fondo.
- Messa in opera di strati drenati o drenaggi di fondo.
- Controllo e regimazione delle acque superficiali, diffuse e incanalate (fossi di guardia, fossi diagonali; controllo dell'erosione.
- Controllo delle acque sotterranee provenienti dal substrato.
- Rinfianco della scarpata con materiale adeguato, ben compattato in spessori sottili e con un controllo adeguato dei tempi di consolidamento: questa tecnica è meno raccomandabile per le difficoltà nella stabilizzazione del materiale e per la maggiore instabilità dei rilevati; tecnica da utilizzare solo in condizioni limite, altrimenti non risolvibili (ad es. vecchi scavi da sistemare).
- Realizzazione di opere di sostegno: nell'impossibilità di arretrare adeguatamente i fronti e di raggiungere le pendenze ottimali di stabilità possono essere realizzate delle opere di sostegno (al piede nel corpo del materiale).
- Realizzazione nei rinfianchi di opere drenanti o drenaggi di fondo, per controllare sia l'infiltrazione che eventuali acque sotterranee.
- Isolamento idraulico delle scarpate dal reticolo idrologico circostante, per evitare arrivi esterni.

3.1.5. Recupero con rimodellamento morfologico delle superfici

- Preparazione ed eventuale gradonatura delle superfici con sagome, forme e pendenze inserite e armonizzate nel contesto paesaggistico (forme irregolari).
- Controllo e regimazione delle acque superficiali.

3.2. PENDENZE ECCESSIVE

Il controllo della stabilità di un versante (sia costituito da materiale in posto che di riporto) può portare a pendenze di per se stabili, dal punto di vista del solo substrato presente. In realtà tali pendenze risultano spesso eccessive, a causa del possibile innesco di fenomeni di distacco della copertura pedogenizzata e di fenomeni di erosione, prima diffusa e poi incanalata, tali da mettere a repentaglio sia la stabilità della pendice sia l'evoluzione biologica del sito. Interventi mitigatori sono rappresentati da:

- Riduzione delle pendenze finali, al di là delle esigenze geotecniche, per favorire condizioni più facili per lo sviluppo della vegetazione.
- Rinfianco della scarpata con materiale di riporto adeguato, ben compattato in spessori sottili: tecnica meno raccomandabile per la maggiore instabilità dei rilevati; da utilizzare solo in condizioni limite, altrimenti non risolvibili (ad es. vecchi scavi da risistemare).

3.3. ASSOCIAZIONI VEGETALI

Va evidenziato come le associazioni vegetali, definite su base fitosociologica, siano, in realtà, solo modelli a cui ci si può ispirare per il recupero ambientale. Infatti è impossibile ricostruire nella sua completezza una vegetazione naturale, che presenta complessi rapporti con l'ambiente e tra specie stesse, raggiunti in tempi molto lunghi. In realtà si cercherà di riavviare un processo di ricolonizzazione da parte della vegetazione che, ci si augura, col tempo, proceda autonomamente. In tal senso è importantissimo avere nei dintorni del sito da recuperare tratti di vegetazione naturale che fungano da naturale serbatoio di diffusione delle specie, soprattutto di quelle erbacee, perché non reperibili sul mercato. Si può quindi parlare di "dinamismo evolutivo della vegetazione" quale presupposto per realizzare validi recuperi ambientali.

Un altro problema da valutare è il possibile "inquinamento floristico" che si può creare a seguito degli interventi di recupero ambientale. Si intende con ciò l'arrivo di specie esotiche infestanti, sempre molto diffuse. Soprattutto nel caso di recupero di aree di cava localizzate in ambiti protetti, sarà necessario elaborare strategie di contenimento o eliminazione di tali specie prima che si insediano stabilmente nell'area.

La scelta di specie da utilizzare, inoltre, dovrebbe tener conto anche della provenienza del materiale da impiantare, soprattutto nel caso in cui si intervenga

entro aree protette. In tal caso sarà necessario esaminare i vincoli derivanti dalla normativa specifica. In linea generale, è meglio sempre preferire materiale di provenienza locale al fine di diminuire i rischi di inquinamento genetico. In conclusione, si possono ricordare le principali linee guida generali da seguire nel caso di ripristini ambientali, relativamente alle specie vegetali (Poldini et al. 2001):

- Individuazione della vegetazione potenziale, delle principali tipologie vegetazionali e delle specie dinamiche;
- Studio della vegetazione delle aree contigue al sito;
- Individuazione delle specie erbacee e legnose più adatte al ripristino;
- Individuazione delle strategie per il controllo della diffusione delle specie infestanti;
- Individuazione dei miscugli da utilizzare per la semina e la loro modalità;
- Definizione dei rapporti quantitativi delle specie legnose da mettere a dimora, scelta delle modalità e del sesto d'impianto.

4. LE RETI ECOLOGICHE

Nell'ambito delle connessioni che si possono realizzare tra piano di recupero di una cava ed il territorio circostante vanno senz'altro considerate anche le reti ecologiche. Queste infatti rivestono un grande interesse naturalistico, in particolare per la fauna selvatica, in difficoltà nelle aree fortemente popolate e sfruttate dall'uomo, come, ad esempio, la pianura Padana. Per reti ecologiche si intende quell'insieme di spazi naturali (o seminaturali) e degli elementi del territorio che ne assicurano una connessione, consentendo così la diffusione delle specie selvatiche.

Infatti gli animali e le piante tendono generalmente ad insediarsi ed a formare popolazioni stabili negli habitat più adatti e da lì si diffondono nel territorio circostante, per occupare nuove aree, per cercare risorse utili alla sopravvivenza, per riprodursi o per sfuggire a situazioni divenute ostili. Del resto il continuo scambio genetico tra popolazioni di aree diverse ne aumenta la variabilità e riduce la probabilità di estinzione locale. Nelle zone di pianura le vie principali di diffusione delle specie selvatiche sono costituite da elementi di connessione come corsi d'acqua, siepi, filari, mentre sono ostacolate dalla presenza di barriere come infrastrutture viarie, centri abitati e aree di agricoltura intensiva. E' quindi essenziale che i frammenti rimasti vengano potenziati e messi in collegamento tra

loro, con la creazione di passaggi e vie di connessione studiati e realizzati con l'obiettivo di formare una rete estesa.

Modellando in modo opportuno le cave di ghiaia, si creano zone umide con caratteristiche simile a quelle naturali. Partendo dalla forma regolare che spesso le cave assumono durante lo scavo, si dovranno diversificare gli habitat, creando zone di acqua bassa e zone di acqua più profonda, rive ripide e rive degradanti dolcemente, isolotti, sponde erbose e sponde boscate, ecc.

5. LE LINEE PROGETTUALI

5.1. INQUADRAMENTO CLIMATICO

Lo studio del clima richiede la raccolta di dati di lungo periodo, relativi a parametri quali la temperatura, le precipitazioni, la ventosità, l'innevamento, ecc.

Oltre a dati complessivi, medie annue o mensili, è importante anche disporre dei dati relativi ai massimi ed ai minimi, sia medi che assoluti, che caratterizzano gli eventi estremi. Questi, infatti, mettono in evidenza quali saranno i fattori limitanti (eccesso o difetto di acqua, estremi di temperatura, ecc.) dei quali si dovrà tenere conto durante la fase di progettazione del recupero.

Avendo a disposizione questi dati è possibile classificare il sito secondo indici climatici generali, quali ad esempio la suddivisione climatica generale dovuta al metodo di Thorntwaite e le sue specificazioni per umidità e temperatura oppure quello di Rivas-Martinez (Ubaldi, 1997; Venanzoni e Pedrotti, 1995).

Rispetto alle condizioni climatiche generali tipiche dell'area esiste sempre, come già ricordato nel Cap. 2, una certa variabilità locale (o stagionale), legata alle particolari caratteristiche del sito. Fattori come orografia, morfologia, idrologia ed altri ancora possono influire e modificare sostanzialmente le condizioni climatiche della stazione.

5.2. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO

E' necessario disporre di una cartografia topografica dettagliata, a scale diverse, dalla quale sia possibile dedurre informazioni sulla morfologia del sito e del circondario, in genere si lavora a scale diverse:

- in fase di pianificazione: scala 1:25.000, 1: 10.000;
- in fase di progetto: scala 1:10.000 – 1:5.000, o superiori per sezioni e dettagli progettuali.

Particolarmente utili sono anche le carte geomorfologiche di dettaglio che, compatibilmente con la scala di riduzione, rappresentano tutte le forme geomorfologiche presenti nel territorio studiato, definendone diversi aspetti, quali le caratteristiche morfologiche e morfometriche (dimensioni, forma, inclinazione, ecc.), le forze ed i processi dinamici che le hanno modellate o che al presente le modellano, le relazioni reciproche e la distribuzione spaziale.

5.3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

E' necessario avere a disposizione un quadro esauriente di tutti i caratteri litogeologici che caratterizzano il sito ed il circondario, sia in superficie che in profondità, ed in particolare:

- *Elementi superficiali statici*: rappresentati da una “Carta geologica di superficie” (Cartografia Regionale) integrata con un rilievo in campo. Da questa carta si possono definire le coperture detritiche locali, le faglie, la giacitura degli strati, ecc.
- *Elementi superficiali dinamici*: definiti dalla “Carta morfomeccanica”, che consente l'individuazione di tutti i fenomeni geologici in atto, con particolare attenzione ai dissesti.
- *Elementi statici profondi (stratigrafia)*: fissati attraverso la “ Carta stratigrafica – litologica”, che individua la stratigrafia presente e la sua giacitura. Questo consente di definire le diverse tipologie di materiali interessati nel rimodellamento: per questi diversi materiali si dovranno conoscere le caratteristiche litologiche e meccaniche per ricavare tutte le informazioni necessarie per progettare sia l'attività di scavo che l'abbandono in condizioni di sicurezza meccanica.

Tutte queste informazioni sono già disponibili in quanto elementi conoscitivi fondamentali per la realizzazione del progetto di sfruttamento minerario del sito.

5.4. INQUADRAMENTO IDROLOGICO

Molto importante per la stabilità l'intervento di sistemazione è conoscere con esattezza la disposizione del reticolo idrologico superficiale dell'area e le sue caratteristiche idrauliche. E' necessario dunque studiare con attenzione le possibili interazioni tra rete idrologica e sito da sistemare per definire le connessioni idrauliche, i recipienti di scolo delle acque in eccesso, minimizzando, nel contempo, gli effetti delle possibili situazioni critiche (piene, esondazioni, erosioni localizzate, ecc.) sugli interventi.

5.5. INQUADRAMENTO PEDOLOGICO

L'insieme degli interventi che coinvolgono il substrato deve scaturire dalla conoscenza dei parametri pedologici del sito. E' innanzi tutto necessario partire da un'analisi complessiva dell'area (Analisi pedologica generale del sito) che deve definire il o i tipi di suolo presenti e caratterizzarli per i parametri descrittivi chimico-fisici più importanti. Una attenta analisi pedologica del sito deve consentire, inoltre, una corretta definizione delle sub-aree omogenee, caratterizzate da substrati e condizioni ecologiche uniforme.

5.6. INQUADRAMENTO FLORISTICO E VEGETAZIONALE

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. E' ovvio ricordare, ma spesso viene dimenticato dal committente, che tali studi si possono svolgere solo nel periodo vegetativo (primavera estate) e non in altre stagioni.

5.7. CENSIMENTO FLORISTICO

Nella situazione ideale, tale studio andrebbe condotto per almeno due anni, con raccolte di campo, passaggi ripetuti lungo gli stessi percorsi, ecc. Al termine viene prodotta una lista floristica, con denominazioni e ordine sistematico, basato sulle più recenti conoscenze relative alla flora d'Italia (attualmente Pignatti, 1982). Se condotto con criterio, il censimento floristico permette di "fotografare" gli aspetti di qualità ambientale di un sito: infatti molte specie possono essere considerate buoni indicatori ecologici.

5.8. STUDIO DELLA VEGETAZIONE

La vegetazione dell'area di intervento, se presente, e quella delle aree circostanti studiata mediante rilevamenti sul campo, da effettuarsi con metodologie idonee.

La conoscenza della vegetazione locale (reale e potenziale) e degli stadi delle locali serie di vegetazione, dalle rade formazioni pioniere alla vegetazione climatica "definitiva" (climax), permette di individuare le specie tipiche di quello stadio della serie che meglio si adattano alle condizioni ambientali (in particolare edafiche) del luogo. Inoltre lo studio vegetazionale permette di individuare i rapporti quantitativi tra le specie da utilizzare; il rilievo fitosociologico esprime anche la copertura delle singole specie presenti. Al fine di accelerare il processo evolutivo

sarà opportuno associare all'impianto, sia specie pioniere, poco esigenti, che specie caratteristiche degli stadi più avanzati della serie.

5.9. INQUADRAMENTO PAESAGGISTICO

Lo studio degli aspetti paesaggistici si fonda sostanzialmente su due distinti orientamenti: quello estetico e quello funzionale. Ad essi fanno riferimento altrettanti approcci, che di fatto stabiliscono anche delle correlazioni tra di loro, definiti come "soggettivo" ed "oggettivo" (Maniglio-Calcano, 1995).

L'approccio soggettivo allo studio del paesaggio si fonda sostanzialmente sul processo visivo, è mirato soprattutto ad individuare le "qualità sceniche", usa l'analisi visivo-percettiva.

L'analisi oggettiva, invece, prende in esame le caratteristiche biotiche e abiotiche che costituiscono la struttura del paesaggio; ciascun piano d'analisi fa riferimento a dottrine scientifiche distinte, quali geologia, pedologia, botanica, selvicoltura e così via.

Lo studio del paesaggio finalizzato alla valutazione di impatto non a caso attinge a piene mani dall'ecologia del paesaggio, introducendo anche concetti connessi al sistema antropico, quali la sicurezza ambientale, la salubrità e la tutela dei valori storici, culturali, rituali, ecc.

5.10. USO REALE DEL SUOLO

Importante è conoscere come l'area del sito ed il suo circondario sono ordinariamente utilizzati. Da questa informazione derivano indicazioni o vincoli molto forti, dovendo in fase di recupero, ripristinare e ricucire il sito al territorio circostante.

6. PROGETTO

Nella progettazione esecutiva vengono definiti tutti i dettagli tecnici, sia con disegni, particolari e sezioni (a scale piccole, 1:50, 1:200 ed anche maggiori), sia con la documentazione necessaria alla stipula del contratto, che deve regolare i rapporti tra committente, impresa esecutrice, ed il Comune.

Dal punto di vista della struttura il progetto operativo deve articolarsi in diversi momenti decisionali:

- definizione degli interventi sulla morfologia: per progettare la sistemazione delle forme del sito;

- definizione degli interventi pedologici: per stabilire la gestione del substrato superficiale;
- definizione degli interventi idraulici: per progettare la rete di scolo delle acque in eccesso;
- definizione degli interventi di stabilizzazione: per realizzare le opere di difesa dall'erosione e da movimenti di massa superficiali, ritenuti necessari per la stabilità del sito;
- definizione degli interventi di miglioramento del substrato: per stabilire gli interventi necessari per migliorare le condizioni chimico-fisiche del substrato;
- definizione degli interventi sulla vegetazione: per stabilire la vegetazione da insediare e progettare la sua messa a dimora;
- definizione degli interventi a favore della fauna selvatica;
- definizione degli interventi di manutenzione e gestione: per stabilire il controllo degli impianti e la gestione di medio periodo dell'intervento;
- definizione dei tempi degli interventi: per stabilire un piano temporale entro cui le diverse opzioni devono essere eseguite;
- dei costi: per determinare in modo analitico gli oneri nelle diverse fasi dell'intervento.

6.1. ELEMENTI DEL PROGETTO

Vincolo meccanico: l'area deve essere in primo luogo stabile da un punto di vista statico. In particolare, accanto ad una stabilità "generale", comunemente calcolata, che caratterizza il substrato minerale è necessario associare un'analisi della stabilità "superficiale", relativa allo strato di terreno riportato, dove si insedierà la vegetazione.

Nel progetto possono coesistere situazioni e condizioni diverse: in tutti i casi il progetto deve tendere a minimizzare l'energia potenziale presente sul fronte di cava e ridurre al minimo la necessità di interventi di manutenzione, per rendere il sito stabile nel lungo periodo.

vincolo ecologico: l'area deve essere caratterizzata dalla massima variabilità morfologica possibile: si devono creare delle condizioni locali omogenee, coordinate tra loro e rapportate con l'area circostante.

vincolo paesaggistico: ogni progetto deve trovare un riscontro più ampio, partendo da un'analisi paesaggistica territoriale. Le forme di abbandono devono coordinarsi

o, al contrario, contrapporsi all'ambito circostante, sulla base di un progetto che interpreti le complesse relazioni storiche e biologiche che caratterizzano il sito.

Vincolo idraulico: la risistemazione deve favorire un corretto regime idraulico permettendo la creazione di una rete di scolo delle acque, minimizzando nel contempo i possibili fenomeni di erosione associati.

Gli interventi necessari per la progettazione e realizzazione delle forme di abbandono coinvolgono diversi aspetti, che vanno opportunamente approfonditi.

In particolare si considerano:

- la progettazione geomeccanica dei profili di abbandono;
- la progettazione ecologico-paesaggistica;
- la progettazione idraulica;
- l'accessibilità;
- la sicurezza.

6.2. PROGETTAZIONE DEI PROFILI DI ABBANDONO

Il problema della valutazione della stabilità dei profili di abbandono è fortemente dipendente dai materiali coinvolti e dalla scala del problema. In primo luogo occorre considerare separatamente la stabilità del substrato (terre e rocce) e del terreno di copertura, nel breve e nel lungo periodo.

Segue la fase più propriamente analitica con approcci di tipo deterministico e/o di tipo probabilistico. Il primo metodo più propriamente ingegneristico, richiede la conoscenza esplicita delle caratteristiche meccaniche del materiale, delle condizioni idrauliche e della geometria del problema.

6.3. PROFILI DI ABBANDONO IN TERRA

In generale, i terreni naturali vengono distinti in terreni a prevalente frazione sabbioso-ghiaiosa (*terre granulari*) e terreni a prevalente frazione limoso-argillosa (*terre fini*). In difformità a questo schema, esistono altri casi: termini come "terreni strutturati", "pseudo-coerenti", o "parzialmente cementati" descrivono mezzi granulari caratterizzati da una certa componente coesiva e per contro, termini come "terreni argillosi fessurati" o "strutturalmente complessi" indicano terreni fini soggetti nel tempo ad una progressiva diminuzione fino alla scomparsa della componente coesiva.

Il fattore tempo gioca un ruolo determinante, comportando la progressiva diminuzione delle resistenze effettivamente disponibili alla scala di versante.

6.4. CONSIDERAZIONI PROGETTUALI

La stabilità meccanica rappresenta il primo e fondamentale aspetto da considerare nella risistemazione: rappresenta il presupposto di tutti i possibili riusi.

Diverse sono le opzioni a disposizione del progettista:

- a) abbandono delle pendici di scavo alla pendenza di fine lavoro o di fine rimodellamento, senza alcun tipo di intervento su di esse;
- b) intervento diretto sulle pendici di scavo o di rimodellamento per favorire la creazione di condizioni edafiche favorevoli, almeno minimali, all'insediamento e alla crescita di una copertura vegetale (rippature, arature);
- c) riporto sulle pendici rimodellate, di substrati più o meno pedogenizzati, sia autoctoni che alloctoni, per ricreare una condizione adeguata al successivo reimpianto della vegetazione.

Negli ultimi due casi (b - c) l' "*Analisi di stabilità strutturale del substrato minerale*" risulta essere inadeguata, viste le diverse caratteristiche fisico-meccaniche del riporto o del lavorato rispetto al materiale litologico utilizzato nel rimodellamento: in questi casi è perciò necessario associare una nuova analisi di stabilità meccanica che abbia come riferimento questi strati superficiali. Chiameremo questa: "*Analisi di stabilità della coltre di ripristino superficiale*". Attraverso questa ulteriore e più dettagliata analisi si potranno definire le condizioni di stabilità di lungo periodo relative a questi strati superficiali, strati che saranno influenzati da fattori esogeni quali il clima e le componenti biotiche, e su cui si insedierà l'attività dell'uomo.

a) Aree strutturalmente stabili e superficialmente stabili

Dove il riporto di terreno si trova sempre in condizioni di stabilità, anche in presenza di una saturazione completa (basse pendenze). Questa è la condizione di massima sicurezza che consente una grande libertà progettuale: tutte le diverse destinazioni d'uso sono possibili, così come tutte le tecniche di recupero ambientale.

b) Aree strutturalmente stabili e superficialmente metastabili o substabili

Dove il riporto superficiale di terreno fertile si trova normalmente in condizioni di stabilità, anche se condizioni estreme, come la saturazione completa dello strato riportato, rendono la porzione superficiale instabile. Attraverso interventi, quali la regimazione delle acque o particolari rimodellamenti della superficie di contatto tra roccia madre/substrato e riporto, si può però ripristinare una condizione di completa stabilità nel lungo periodo. Sarà

necessario predisporre degli interventi che impediscano al sistema di avvicinarsi a queste condizioni critiche. Questi potranno essere di due tipi:

- *passivi*, dove è la sistemazione del sito e delle sue componenti a evitare la criticità;
- *attivi*, dove sono infrastrutture o interventi mirati a limitare i possibili problemi.

b1) Interventi di tipo passivo

- *modellamento del contatto tra gli strati*;

è possibile predisporre una morfologia di abbandono del substrato minerale finalizzata all'aumento della stabilità superficiale. Invece di realizzare delle superficie piane ed uniformi si può modellare il materiale secondo delle gradonature, piccole o grandi, per creare dei piani di appoggio per il substrato pedogenizzato e per le eventuali radici.

- *compensazione degli strati, scabrosità superficiale*;

è sempre importante evitare la formazione di piani troppo omogenei e curati. E' preferibile invece mantenere un certo grado di irregolarità nel substrato minerale, per aumentare la rugosità e quindi l'attrito tra gli strati. Si può anche ricorrere a lavorazioni come le ripuntature per favorire una maggiore compensazione tra i materiali degli strati.

b2) Interventi di tipo attivo

- *controllo dell'acqua in superficie*;

è importante realizzare una rete di raccolta e scolo controllato delle acque di scorrimento superficiale.

- *controllo dell'acqua in profondità*;

può essere utile predisporre dei sistemi di drenaggio sotterraneo delle eventuali falde superficiali o di parte di esse per limitare le possibilità di scivolamento e di sovraccarico dello strato superficiale.

- *controllo del carico dovuto alla vegetazione*;

lo sviluppo di una copertura vegetale può portare ad un sovraccarico eccessivo della pendice.

- *realizzazione di sostegni inerti permanenti, parzialmente o totalmente interrati*;

possono realizzarsi delle opere di sostegno meccanico lungo il piano di contatto tra gli strati per aumentare la resistenza allo scivolamento. Strutture come gabbionate, muri di sostegno, materassi drenanti, steconate o pali in legno o ferro, opportunamente posizionati, possono aumentare la resistenza allo scivolamento della pendice.

c) Aree strutturalmente stabili, ma superficialmente instabili

Dove il riporto superficiale di substrato pedogenizzato non raggiunge mai condizioni di stabilità accettabili, anche in presenza di interventi stabilizzazione estensivi, viste le pendenze molto elevate.

7. RIMODELLAMENTO DELLE ACQUE E GESTIONE DELLE ACQUE

7.1. REGIMAZIONE IDRAULICA SUPERFICIALE

La risistemazione morfologica gioca un ruolo molto importante anche nella gestione dell'acqua e nel controllo dei suoi effetti, sia dal punto di vista ecologico (disponibilità idrica) che tecnico (erosione superficiale): la progettazione complessiva di tutta la rete idraulica del sito è pesantemente condizionata dalla ricostruzione topografica.

L'attenzione deve essere rivolta innanzitutto alla presenza di corsi d'acqua naturali.

La rete idraulica deve consentire l'allontanamento veloce ed in sicurezza delle acque in eccesso, sia superficiali che profonde. Questo obiettivo si realizza limitando l'effetto meccanico di scavo dovuto all'acqua superficiale (diminuendo la velocità e quindi l'erosione ed il trasporto solido), ed all'opposto, velocizzando il deflusso dell'acqua presente in profondità (limitando così l'azione gravitativa e la lubrificazione degli strati). Non tutta l'acqua dovrà comunque essere allontanata, in quanto essa è indispensabile al mantenimento di una copertura vegetale. Questa azione di controllo delle acque dovrà essere mantenuta nel breve e nel lungo periodo, al fine di rendere stabile l'area risistemata, non ostante le modificazioni a cui questa andrà incontro.

Queste finalità si raggiungono attraverso:

- 1) Un'adeguata progettazione e dimensionamento della rete di scolo;
- 2) Una corretta realizzazione della rete di scolo.

7.2. RETE SUPERFICIALE

E' innanzi tutto necessario definire l'evento critico che la rete deve sopportare:

- calcolando i casi critici, partendo da dati meteorologici storici o da una loro estrapolazione da una stazione di rilevamento vicina;
- scegliendo il caso critico di riferimento su cui dimensionare la rete;
- calcolando la portata massima che attraversa la sezione che sottende una certa area, con pendenza e conformazione definite;
- posizionando la rete: la rete deve essere capillarmente diffusa nell'area per intercettare sia l'acqua di scorrimento superficiale sia l'acqua ristagnante nelle aree pianeggianti, concentrandola e convogliandola verso il recipiente di scolo finale;
- calcolando le dimensioni della sezione e di tutti i parametri idraulici (pendenza del fondo, pendenza delle sponde, scabrezza);
- valutando le possibili modificazioni che i parametri idraulici subiranno nel tempo, come conseguenza dell'assestamento dell'area e dello sviluppo della vegetazione, definendo anche gli interventi necessari per mantenere tali parametri stabili nel lungo periodo.

7.3. RETE PROFONDA

L'attività di scavo e di rimodellamento può portare a giorno falde profonde che interagiscono con la risistemazione: è perciò necessario definirne le caratteristiche per dimensionarle ed eventualmente regimarle. Per ragioni pratiche questi arrivi ipogei vanno valutati ed intercettati con una rete di raccolta già al momento della risistemazione morfologica.

E' necessario raggiungere un compromesso tra necessità del soprassuolo e stabilità meccanica della pendice. La regimazione profonda deve perciò individuare:

- la presenza di fonti idriche ipogee: localizzazione e caratteri idraulici;
- l'entità dell'infiltrazione dovuta agli eventi meteorici in funzione del substrato e della copertura vegetale;
- l'altezza massima di acqua che può essere trattenuta in sicurezza dal sito e quindi i volumi da allontanare;
- la posizione e la dimensione della rete di raccolta profonda.

Nella progettazione della rete profonda è infine necessario considerare con molta attenzione il parametro "durata dell'opera".

Nel complesso la progettazione deve indirizzare l'evoluzione della rete idraulica nella trasformazione verso un sistema di scolo ad alta naturalità, ma sempre stabile ed efficace.

8. ACCESSIBILITA' E VIABILITA'

Un ulteriore elemento progettuale di grande importanza riguarda la predisposizione di vie di accesso alle diverse aree risistemate, in continuità con il reticolo viario territoriale. La problematica dell'accessibilità deve essere risolta in termini generali, predisponendo un accesso stabile, utilizzabile in tutte le stagioni, per consentire il passaggio di macchine ed attrezzature necessarie sia alla risistemazione, che alla gestione ed utilizzazione finale del sito.

9. SICUREZZA

La progettazione morfologica deve infine cercare di massimizzare il grado di sicurezza dell'area risistemata. Infatti, anche in presenza di una corretta progettazione ingegneristica e geotecnica ed una accurata esecuzione dei lavori di risistemazione morfologica, esistono sempre situazioni di rischio legate alla morfologia ricreata (salti, scarpate, laghi, ecc.) ed alla natura delle rocce presenti (distacchi, crolli, frane, ecc.). Il grado di rischio deve essere attenuato se non eliminato del tutto. Ove non sia possibile abbattere questi rischi direttamente attraverso la progettazione generale, si dovranno allora adottare tutta una serie di misure attive di protezione, in funzione delle particolari situazioni locali.

9.1. RECINZIONE E SEGNALETICA

Tutte le aree potenzialmente pericolose devono essere adeguatamente recintate e segnalate da appositi cartelli dissuasivi: in particolare tutte le aree scoscese, o a forte pendenza, devono avere la loro barriera di protezione, associata ad apposite segnalazioni di pericolo. Accanto a questi interventi, che comunque hanno una durata limitata nel tempo e richiedono controllo e manutenzione, può essere utile associare, ove possibile, una barriera naturale; questa può essere costituita da arbusti ed alberelli, possibilmente spinosi, messi a dimora con sesti molto ravvicinati, a formare un ostacolo permanente, invalicabile ed a crescita continua. Allo stesso modo delle scarpate, debbono essere segnalate e isolate tutte le altre presenze pericolose, come i bacini d'acqua o le zone paludose, questo sia per evitare intrusioni pericolose che per difendere l'habitat da azioni fraudolente (scarico materiali, caccia non autorizzata, ecc).

9.2. ISOLAMENTO IDRAULICO

Lungo tutto il perimetro dell'area, in posizione stabile e sicura, è necessario predisporre una profonda affossatura, per raccogliere l'eventuale acqua di scorrimento superficiale proveniente dalle aree limitrofe; questa affossatura deve poi essere raccordata al reticolo idraulico territoriale. Questo intervento ha lo scopo di isolare idraulicamente tutta l'area ed in particolare scarpate o pareti, evitando scorrimenti incontrollati che potrebbero favorire erosioni localizzate o cedimenti. Nel contempo questo limiterà la quantità di acque superficiali da gestire all'interno del sito.

10. RIPRISTINO

10.1. METODO RICOSTRUTTIVO

In tutti i casi dove le condizioni ecologiche e l'organizzazione del lavoro non consentono un agevole trapianto di tratti di vegetazione già esistenti si dovrà ricorrere al metodo ricostruttivo:

E' necessario, in primo luogo, confrontare le esigenze di materiali per il ripristino con le disponibilità. In particolare è necessario:

- definire i requisiti pedologici minimi, sia quantitativi che qualitativi, per le diverse sub-aree previste dal progetto;
- definire le quantità disponibili presenti;
- redigere un bilancio del materiale.

Si potranno avere perciò tre diverse possibilità:

- presenza adeguata di materiale pedogenizzato in sito;
- presenza non adeguata di materiale in sito, con possibilità di acquisizione parziale o totale del volume mancante dal circondario;
- assenza parziale o totale di materiale pedogenizzato sia autoctono che alloctono.

10.1.1. Presenza di materiale pedogenizzato

Definizione degli orizzonti del profilo da asportare

Sulla base delle informazioni raccolte in fase di analisi vanno definite:

- le profondità degli orizzonti da asportare e conservare;
- le condizioni di conservazione dei diversi materiali prelevati.

10.1.2. Predisposizione dello “scotico” e del prelievo del materiale

L’asportazione dei diversi orizzonti che costituiscono il profilo del suolo deve avvenire solo dopo aver provveduto alla:

- individuazione e preparazione delle diverse aree in cui accumulare il materiale pedogenizzato movimentato. Bisogna fare particolare attenzione alle condizioni di conservazione: i cumuli dovranno essere messi al riparo delle acque esterne (superficiali, sotterranee), da movimenti franosi, da erosione, da possibili inquinamenti esterni (gasolio, oli minerali, sali antigelo, ecc.). Queste aree devono avere una superficie adeguata alle esigenze della movimentazione, evitando il calpestio del materiale stesso da parte dei mezzi. I materiali più delicati, derivati dagli strati superficiali, dovranno essere posizionati in ambienti freschi, riparati (dal vento, dalle escursioni termiche) e comunque non potranno essere più spostati, se non in fase di risistemazione finale.
- definizione dei tempi, dei mezzi, e dei modi dell’asporto. Dovranno essere definiti i modi ed i tempi del prelievo in relazione al tipo di materiale: gli strati superficiali (“top soil”) dovranno essere manipolati con molta attenzione, privilegiando metodi non distruttivi. Per gli strati sottostanti “sub-soil”, (roccia alterata e roccia madre) si potranno utilizzare mezzi e tecniche più speditive ed invasive, man mano che cresce il tenore di minerale. Le condizioni climatiche in cui si opera dovranno essere sempre improntate alla salvaguardia dei caratteri del materiale, minimizzando le possibili alterazioni: si dovranno perciò evitare periodi e momenti eccessivamente umidi o aridi.

10.1.3. Asportazione del suolo

Questo dovrà essere eseguito con attenzione, evitando il rimescolamento tra i diversi orizzonti ed in particolare per quelli superficiali. Il prelievo di questi dovrà coincidere con il loro immediato carico e deposizione nel sito di conservazione o di riuso finale. Dovrà sempre essere evitato il calpestio del materiale rimosso da parte delle macchine operatrici pesanti o movimentazioni ripetute.

10.1.4. Conservazione differenziata

I diversi orizzonti prelevati devono avere una conservazione differenziata:

- a) lo strato più superficiale (0-20 cm), “top soil”, deve essere trattato con estrema cura: si dovrà evitare la creazione di cumuli troppo elevati (al massimo 1m di altezza); non si dovrà calpestare il materiale con macchine operatrici; si dovrà mantenere umida la massa attraverso irrigazioni, pacciamature, ecc.; si dovrà

mantenere la massa aerata attraverso periodiche lavorazioni, come anche evitare la crescita e moltiplicazione di specie vegetali stimolate dal disturbo, sfalciando il cotico periodicamente, sempre prima della disseminazione dei propaguli da parte delle infestanti; si dovrà seminare dei miscugli di leguminose per arricchire il substrato di elementi nutritivi organici.

- b) La porzione più fonda “sub-soil” (20-50/100 cm) deve essere ancora trattata con cura, realizzando cumuli non elevati (1-2 m di altezza); anche questi dovranno essere mantenuti freschi ed aerati, controllando la vegetazione ruderale e la sua disseminazione.
- c) Gli strati alterati profondi, possono invece essere trattati con minore attenzione, prevedendo cumuli di dimensioni maggiori ed evitando l’attivazione di particolari controlli sulla vegetazione ruderale.

La durata della conservazione dovrà essere comunque commisurata alle esigenze della sistemazione, privilegiando il riuso in tempi brevi. E’ preferibile un riuso entro l’anno: più la conservazione si prolunga maggiori sono le alterazioni che il materiale subisce, specie nella componente biologica.

10.1.5. Acquisizione di materiale pedogenizzato alloctono

In caso di carenza di materiale pedogenizzato in loco si può ricorrere all’acquisizione in zona di altro materiale idoneo. In merito alla conservazione differenziata dei materiali alloctoni valgono le stesse regole già elencate per il materiale pedogenizzato autoctono.

10.1.6. Ricostruzione della sequenza verticale dei suoli e creazione di eventuali strati tampone

Nella fase di recupero è necessario, partendo dal materiale raccolto, ed eventualmente accumulato e conservato, ricostruire la corretta sequenza degli strati. Si dovrà cioè:

- ricostruire con cura l’alternanza di strati osservati prima dell’intervento, ove le condizioni di stabilità morfologica e di equilibrio ambientale lo consentano, sia per gli interventi di “*transplanting*” che ricostruttivi;
- ricostruire, in alternativa, una nuova sequenza di strati di suolo, ritenuta più idonea (rispetto all’originale) per l’impianto e lo sviluppo della vegetazione che si vuol far crescere, ma anche per una sua rapida evoluzione. A tal fine è importante prevedere uno spessore dello strato superficiale organico adeguato alle finalità del progetto ed alle condizioni di stabilità dell’area: destinazioni di

tipo arboreo e/o forestale richiedono suoli di spessore sempre superiore al metro, mentre semplici inerbimenti richiedono almeno 30-50 cm di materiale pedogenizzato.

10.1.7. Assenza di materiale pedogenizzato

In tutte le situazioni in cui la disponibilità di materiale pedogenizzato autoctono od alloctono viene a mancare è necessario predisporre tutta una serie di interventi per ricreare comunque un minimo di condizioni tali da permettere l'insediamento e lo sviluppo della copertura vegetale.

Innanzitutto è necessario individuare le aree per cui non si dispone di materiale pedogenizzato e dove è possibile un riuso diretto del substrato, vista l'assenza di fattori anomali come la presenza di sostanze tossiche, sia per i vegetali che per gli animali.

Tra queste aree si dovrà fare una prima distinzione in relazione alla stabilità, specie quella superficiale tra:

- quelle che presentano condizioni di stabilità complessiva adeguata, dove potranno applicarsi diverse tecniche di miglioramento del substrato, in funzione delle necessità della vegetazione;
- quelle in cui non sono verificate condizioni di stabilità adeguate: in questo caso si potrà fare ricorso ad interventi di controllo dell'erosione superficiale o sottosuperficiale; viceversa si potrà mantenere l'area con la roccia madre affiorante, lasciandola ad una evoluzione totalmente naturale.

In tutte le situazioni morfologicamente adeguate, con pendenze contenute e con facile accessibilità, il progetto dovrà successivamente definire le tecniche agronomiche comunque necessarie per favorire il riavvio dell'attività biologica.

11. BACINI CON FUNZIONE RICREATIVA

11.1. LIMITAZIONI DELLE PERDITE

Le perdite di acqua sono legate all'evaporazione ed alla percolazione profonda. Le prime vanno valutate con una certa attenzione in quanto sarà necessario prevederne la compensazione attraverso la fonte di approvvigionamento. Variazioni nella quota del pelo libero sono da limitare, per evitare lo sviluppo di vegetazione infestante e all'opposto evitare esondazioni ed eutrofizzazione dell'acqua. La percolazione va controllata attraverso l'impermeabilizzazione solo dove si hanno limitazioni nella portata di approvvigionamento.

11.2. GESTIONE DELLA MASSA IDRICA

La massa d'acqua deve mantenere nel corso di tutto l'anno i caratteri di qualità previsti. E' assolutamente necessario gestire questa massa in modo tale da limitare le possibilità di eutrofizzazione dell'acqua: bisogna rimanere in condizioni di oligotrofia. In fase costruttiva vanno allontanate tutte le possibili fonti di sostanze fertilizzanti. Va controllato il livello del pelo libero dell'acqua, per evitare che nei periodi invernali si innalzi e lambisca le sponde con terreno, predisponendo opere idrauliche di sfioramento. Tutto il bacino deve essere realizzato con materiali minerali puliti. Il progetto deve prevedere fin da subito un piano di gestione che individui le condizioni ottimali e tutti gli strumenti da mettere in opera per mantenere queste condizioni.

12. BACINI CON FUNZIONE NATURALISTICA**12.1. BILANCIO IDROLOGICO E FONTI DI APPROVVIGIONAMENTO**

Come ogni bacino artificiale è necessario definire il bilancio idrologico e la caratterizzazione delle fonti di approvvigionamento. Questo consente di valutare le periodiche oscillazioni del livello di acqua nonché ipotizzare il tipo di avifauna ospitabile in tali condizioni. Non avendo dei vincoli legislativi particolarmente restrittivi è possibile ricorrere alle diverse fonti di approvvigionamento, evitando solo i corpi idrici particolarmente inquinati. Scoli di bonifica od acque di fiume in genere non creano troppi problemi se non per il loro carico trofico. Esiste forse un problema nel rapporto con eventuali falde sotterranee in quanto il sistema naturale andrà certamente incontro ad una progressiva eutrofizzazione, con possibilità di inquinamento della falda sottostante. Un problema può nascere da fonti troppo ricche di sedimenti e di nutrienti. A parte una maggior attenzione ai momenti di derivazione, è possibile realizzare, in associazione al bacino naturalistico, un bacino di sedimentazione e di fitodepurazione, dimensionato in funzione della portata derivata e dei tempi necessari alla sedimentazione ed alla depurazione. In ogni caso le variazioni del battente idraulico devono essere controllate, al fine di evitare modifiche agli ambiti ecologici di pertinenza delle singole specie; inoltre queste variazioni devono avvenire in modo graduale ed uniforme in tutta l'area, al fine di evitare moti turbolenti. E' sempre necessario predisporre un sistema di svuotamento dell'invaso.

12.2. DIMENSIONI E FORME DELL'INVASO

La profondità dell'acqua dovrà essere anch'essa varia, per ricreare ambienti diversi necessari alla alimentazione ed alla nidificazione delle diverse specie: in particolare si dovrà prevedere un'elevata porzione di superficie con una profondità contenuta. E' necessario perciò prevedere: zone ad acque alte, zone ad acque basse, zone a periodica sommersione. Le forme e le dimensioni di un bacino di questo tipo sono improntate alla massima variabilità. Molto importante poi è variare anche l'inclinazione delle rive: modificando infatti la pendenza si potranno favorire associazioni di flora e fauna specifiche. E' necessario ricreare ambiti naturali differenziati in modo tale da permettere la creazione di condizioni utili all'insediamento ed allo sviluppo della flora e fauna spontanee e nel contempo creare condizioni che limitino la propagazione di specie troppo invadenti, come canne e tife. Le forme saranno quindi molto mosse e diversificate, con formazione di penisole ed anfratti. E' necessario prevedere anche zone ad inondazione periodica stagionale, ad acqua bassa, utili in particolare agli anfibi.