

2.1 LINEE GUIDA AGLI INTERVENTI ATTI A SUPERARE L'EFFETTO DEI FATTORI AMBIENTALI LIMITANTI

Nel Cap. 1 è stata effettuata una rassegna dei principali fattori ambientali limitanti lo sviluppo della vegetazione e dell'intero ecosistema nelle aree soggette ad attività estrattiva. Come esposto, la loro azione è in genere tale da contrastare fortemente l'affermarsi della vegetazione e il suo successivo evolversi. Pertanto, senza adeguati interventi, la ripresa naturale della vegetazione è assai lenta, se non addirittura impossibile o limitata alle sole fasi pioniere (a meno che non si considerino tempi estremamente lunghi). Il quadro poi può essere ulteriormente peggiorato nel caso si sovrappongano anche fenomeni erosivi e comunque di dissesto idro-geologico.

Tuttavia, grazie all'utilizzo di opportune tecniche agronomiche ed ingegneristiche, è possibile effettuare interventi migliorativi che blocchino o quanto meno diminuiscano l'azione negativa dei diversi fattori limitanti.

Almeno sul piano teorico, è quindi possibile utilizzare queste diverse tecniche, anche se vanno modulate in funzione delle condizioni in cui si opera ed in relazione alle risorse economiche disponibili. Molteplici quindi possono essere le soluzioni adottabili, così come gli approcci metodologici utilizzabili, pur mantenendo invariata l'esigenza di un rapido raggiungimento degli obiettivi proposti: un ripristino ambientale e paesaggistico efficace e duraturo dell'area soggetta ad attività estrattiva.

Tali interventi migliorativi possono essere suddivisi in varie categorie: di tipo diretto o indiretto, nonché di durata temporanea o permanente. Si può parlare, inoltre, di intervento mirato, generico, nonché strutturale o funzionale, dove per intervento strutturale qui si intende un'azione di grande rilevanza, tale da coinvolgere l'organizzazione dell'intero progetto di recupero ambientale. Per intervento funzionale, invece, si intende un'azione atta ad affrontare un problema specifico, che comunque si integra bene nel progetto generale.

Di seguito verranno presi schematicamente in esame i diversi fattori ambientali limitanti, delineando i possibili interventi necessari per contrastarli. La loro trattazione a livello più operativo verrà svolta nel Cap. 4, dove si illustreranno, nel dettaglio, le molteplici tecniche di recupero.

2.1.1 TEMPERATURA

Eccessi di riscaldamento

Un eccessivo riscaldamento può essere contrastato mediante numerosi interventi:

- *modificazione della morfologia locale*: in ambiente collinare e montano, variando sia l'esposizione che la pendenza dei versanti, è possibile limitare l'entità dell'irraggiamento solare e quindi la temperatura al suolo e la conseguente traspirazione a cui sono sottoposte le piante. Questo rappresenta un approccio diretto, strutturale e permanente.
- *Mantenimento od incremento della pietrosità*: la presenza di pietre in superficie attenua il surriscaldamento del suolo e rallenta o impedisce l'evaporazione dell'acqua. Un'elevata presenza di pietre e massi a livello del substrato quindi comporta una forte variabilità del microclima, creando ambiti ombreggiati, se non freschi, tali da favorire l'insediamento e lo sviluppo della copertura vegetale. Questo è un approccio diretto, strutturale e permanente.
- *Pacciamatura superficiale*: realizzando uno strato superficiale di materiali organici (ad es. con paglia o scorza d'albero sminuzzata) di adeguato spessore, che funga da iso-

lante termico, è possibile limitare gli eccessi termici a livello del substrato, riducendo le perdite di acqua per evaporazione e quindi anche la traspirazione per le piante. A seconda dei materiali impiegati si potranno avere effetti di durata variabile, ma sempre strutturali e diretti.

- *Irrigazione*: se si mantiene elevata la presenza di acqua negli strati superficiali del suolo questa, evaporando, raffredda la stazione ed inoltre fornisce alle piante l'acqua necessaria per la traspirazione. Tale intervento, sempre di carattere funzionale, normalmente potrà essere solo temporaneo.
- *Controllo del drenaggio*: attraverso la regolazione del deflusso si cercherà di limitare i deflussi idrici superficiali nei periodi caldi, per aumentare la quantità d'acqua disponibile per la stazione. Tipo di intervento: diretto, temporaneo e funzionale.
- *Ombreggiamento*: la stessa vegetazione, una volta insediatasi con successo, crea di persè condizioni di ombreggiamento del suolo grazie alle sue parti epigee (foglie, fusti, ecc.) e anche un "effetto pacciamante", dovuto alle parti morte delle piante che cadono al suolo. Un rapido insediamento della vegetazione, quindi, soprattutto se arbustiva ed arborea, crea ambiti più ombreggiati e, di conseguenza, favorevoli all'insediamento (artificiale o spontaneo) di specie meno termofile e più sciafile (cioè più amanti dell'ombra). Questo può essere considerato anche un esempio di intervento indiretto, duraturo e strutturale.

Carenze di riscaldamento

Un deficit di riscaldamento può essere contrastato mediante molteplici tipi di intervento, in parte opposti a quelli sopra indicati:

- *modificazione della morfologia locale*: in ambiente collinare e montano, variando sia l'esposizione che la pendenza dei versanti, è possibile aumentare l'entità dell'irraggiamento solare e quindi la temperatura, creando localmente condizioni più favorevoli per le piante, in un ambito generale macro- o meso-climatico sfavorevole. Questo rappresenta un approccio diretto, strutturale e permanente.
- *Pacciamatura superficiale*: si utilizzerà uno strato superficiale di film plastici di colore scuro (nero o grigio), i quali trattengono l'irraggiamento solare a lunghezza d'onda elevata e quindi favoriscono il riscaldamento superficiale del suolo. E' un approccio diretto, limitato nel tempo, per favorire la crescita delle piante nei primi stadi di sviluppo.
- *Regimazione idraulica*: drenaggio accurato e rapido delle acque in eccesso, attraverso una adeguata e capillare rete scolante. Questo rappresenta un intervento di tipo diretto, strutturale e permanente .
- *Lavorazioni profonde del terreno*: per aumentare la porosità e la permeabilità degli strati superficiali e profondi e quindi favorire un rapido sgrondo in profondità delle acque in eccesso. Questo rappresenta un intervento di tipo diretto, strutturale e temporaneo.
- *Lavorazioni superficiali del terreno*: queste aumentano la porosità superficiale e rompono la continuità capillare, permettendo il riscaldamento di una porzione superficiale di terreno. In casi specifici, ciò può favorire la germinazione di certi semi o la rapida crescita di numerose specie. Questo rappresenta un intervento diretto, strutturale e temporaneo.

2.1.2 ACQUA

Precipitazioni

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. Sia l'azione battente della pioggia che il deflusso superficiale dell'acqua svolgono

un'importante azione erosiva. A questi due fenomeni è poi da aggiungere il locale ristagno dell'acqua, che causa, tra l'altro, condizioni di anossia. I possibili interventi da effettuare sono i seguenti:

a) *controllo dell'azione battente dell'acqua meteorica:*

- *pacciamatura:* realizzazione di uno "strato tampone" superficiale che intercetti e dissipi l'energia delle gocce d'acqua cadenti, favorendo nel contempo una rapida infiltrazione nel terreno sottostante. A seconda dei materiali utilizzati può avere un'azione temporanea (con materiale bio-degradabile) o permanente (materiale inerte, es. pvc), sempre diretta e di tipo strutturale.
 - *Interventi per migliorare la struttura del terreno:* l'aggregazione stabile tra le diverse particelle minerali permette la creazione di strutture di dimensioni maggiori, più stabili e più permeabili, che resistono maggiormente all'azione battente e migliorano la velocità di infiltrazione dell'acqua. Questi interventi, in particolare, consistono in:
 - *lavorazioni sia profonde che superficiali,* con azione temporanea diretta e solo funzionale;
 - *apporto di ammendanti organici,* con azione diretta prolungata ed anche strutturale;
 - *calcitazioni,* cioè un apporto di composti ricchi in Ca^{++} , con azione diretta, prolungata e strutturale.
 - *Miglioramento delle condizioni stazionali al fine di favorire l'attività biologica del terreno:* attraverso il miglioramento delle condizioni chimico-fisiche del substrato si favoriscono tutte le attività biochimiche che permettono la formazione di aggregati colloidali stabili. Questo miglioramento può essere raggiunto attraverso azioni diverse, quali la regimazione e il drenaggio idrico, sia superficiale che profondo; correzione del pH; controllo delle sostanze fitotossiche, ecc. Questo rappresenta un intervento diretto, strutturale e permanente.
 - *Rapida creazione di una stabile copertura erbacea:* questa "pellicola naturale" può integrare e sostituire l'azione della pacciamatura nel controllo dell'intercettazione e del deflusso idrico. È importante riuscire a creare una copertura vegetale erbacea continua in superficie e a carattere permanente (cioè composta da specie perenni, non a ciclo annuale). È un intervento di tipo diretto, permanente e strutturale.
- b) *Controllo del deflusso superficiale.* Può essere favorito attraverso i seguenti interventi:
- *sistemazione morfologica:* attraverso il modellamento dei versanti si riuscirà a limitare le pendenze, in modo da diminuire il potere erosivo dell'acqua: intervento diretto, strutturale e permanente.
 - *Regimazione idraulica superficiale,* per favorire l'allontanamento controllato delle acque meteoriche in eccesso. Questo è un intervento di tipo diretto, strutturale e permanente, salvo periodici interventi di manutenzione.
 - *Rapida creazione di una stabile e continua copertura erbacea,* che eserciti un'azione di ostacolo e filtro al deflusso superficiale, favorendo anche una maggiore percolazione nel suolo.

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:* con il modellamento delle superfici si possono creare rilevati, nonché piani a facile e/o rapido sgrondo, tali da evitare o limitare gli effetti degli eccessi idrici. È una tipologia di intervento strutturale, diretta e permanente.
- *Riparto di terreno:* è anche possibile prevedere riporti di terra, generalizzati o localizzati, tali da realizzare "franchi di vegetazione" (cioè strati di terreno adatti per la crescita delle piante, nel caso specifico liberi dall'acqua), necessari per lo sviluppo radicale delle piante. È un intervento strutturale, diretto, permanente.

- *Regimazione idraulica superficiale*: per favorire un rapido allontanamento di tutti gli apporti idrici in eccesso, anche quelli freatici. E' un intervento strutturale, permanente, indiretto, di efficacia variabile, in funzione delle condizioni orografiche.
- *Drenaggio profondo*: per mantenere entro livelli predefiniti la risalita dell'acqua freatica, tale da formare un franco idoneo allo sviluppo radicale. E' un intervento strutturale, diretto ma che presenta durata variabile a seconda delle situazioni.

2.1.3 VENTO

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

- *realizzazione di barriere frangivento*: attraverso appositi ostacoli si può favorire un innalzamento di quota del flusso d'aria. Ciò può essere ottenuto attraverso:
 - *barriere "passive" o "morte"*: rappresentate da muretti, stuoie di diversa natura o graticci in cannuccia di palude o geotessuti, da posizionare in prossimità degli elementi vegetali da difendere. Essi hanno un'azione diretta, strutturale, anche se alle volte solo temporanea.
 - *Barriere "attive" o "vive"*: realizzate sia con piante erbacee perenni di grande taglia (come *Arundo donax*) sia con arbusti ed alberi. Sono elementi ad azione diretta, permanenti e strutturali.

Foto 2.1. Le siepi realizzate con arbusti sono delle ottime barriere frangivento. Per ottenere una siepe pienamente efficiente sono necessari 5-7 anni.

Foto 2.2. Siepe di cui alla foto 1, ma vista in periodo estivo, quando la sua efficienza come barriera frangivento è particolarmente elevata.



- *Pacciamatura*: permette di realizzare uno strato protettivo alla base delle piante, a diretto contatto con il terreno, che aumenta la rugosità superficiale, riducendo così localmente la velocità e l'azione dissecante del vento. A seconda dei materiali usati (inerti, materiale vegetale come scorza d'albero o paglia, ecc.) si possono avere tipologie e durate diverse di intervento.
- *Miglioramento della struttura del terreno*: favorendo l'aggregazione dei componenti minerali ed organici presenti nel terreno si creano strutture a dimensioni maggiori, più stabili e resistenti all'azione di disidratazione del vento. Questo obiettivo può essere raggiunto attraverso:
 - *distribuzione di ammendanti organici*;
 - *calcitazioni*, cioè apporto di composti ricchi di calcio che hanno sia un'azione chimica (modificazione del pH) che fisica (creazione di legami stabili);
 - *miglioramento delle condizioni ecologiche generali del substrato*, per favorire l'attività microbica.
- *Rapida creazione di una copertura vegetale erbacea*: questa, integrando e sostituendosi alla pacciamatura, realizza una difesa diretta del suolo dall'azione erosiva eolica. A seconda del tipo e della composizione della copertura vegetale erbacea, questo effetto potrà essere, o meno, strutturale e permanente.
- *Lavorazioni superficiali* del terreno per limitare l'evaporazione dell'acqua dovuta al vento: creazione di uno strato superficiale molto poroso che blocca la risalita capillare dell'acqua. Ha un'azione indiretta, temporanea.

2.1.4 MORFOLOGIA (C. Elmi, A. Simoni e M. Berti)

Il superamento dei fattori limitanti di natura morfologica, che rallentano o bloccano l'evoluzione naturale dei siti da recuperare dal punto di vista ambientale, può essere ottenuto mediante opportuni interventi di modellamento delle superfici.

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.

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

Recupero con copertura vegetale

- *Realizzazione di scarpate finali con pendenze mai superiori a quelle naturali* pre-lavori e, comunque, verificate dall'analisi di stabilità con l'adozione dei 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 facilitarne 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.

Recupero con rimodellamento morfologico delle superfici (solo nel caso di materiali ghiaiosi)

- *Preparazione ed eventuale gradonatura delle superfici* con sagome, forme e pendenze in serie e armonizzate nel contesto paesaggistico (forme irregolari).
- *Controllo e regimazione delle acque superficiali*, diffuse e incanalate su gradoni e scarpate. Controllo di eventuali emergenze di acque sotterranee.

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).

Rocce (Rocce tenere; rocce massicce, stratificate, fessurate; formazioni strutturalmente complesse o alternanze 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 drenanti 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 risistemare).
- *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.

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*, diffuse e incanalate su gradoni e scarpate. Controllo di eventuali emergenze di acque sotterranee.

Pendenze eccessive

Il controllo della stabilità di un versante (sia costituito da materiale in posto che di riporto) può portare a pendenze di per sé 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.

Foto 2.3. Le pendenze di abbandono dei versanti risultano spesso eccessive e possono portare all'innesco di fenomeni di erosione.



- *Rinfilanco 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).

Esposizione

Per limitare gli effetti microambientali negativi dovuti all'esposizione (es. versante per gran parte esposto a sud) è possibile:

- *rimodellare il fronte*, favorendo la creazione di ambiti differenziati, con esposizioni diverse.
- *Variare le pendenze presenti*, per modulare indirettamente anche l'intensità delle radiazioni incidenti.

2.1.5 FATTORI EDAFICI LIMITANTI

2.1.5.1 FATTORI FISICI

Profondità limitata

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

- *riporto di altro suolo, più o meno pedogenizzato*: si crea uno strato adeguato, accumulando materiale di natura diversa (terreno organico, minerale, detrito più o meno fine), variabile in funzione delle esigenze della vegetazione che si vuole far crescere in quel sito. Questo è un intervento diretto, permanente e strutturale.
- *Lavorazioni profonde*: attraverso interventi quali rippature, scassi e arature è possibile rompere la compattezza delle rocce poco coerenti (es. argille), ricreando un substrato colonizzabile dalla vegetazione. L'effetto delle lavorazioni ha comunque una durata limitata nel tempo e può avere conseguenze sulla stabilità dei versanti. Questo è un intervento diretto, temporaneo e strutturale.
- *Regimazione idraulica profonda*: spesso il substrato non è utilizzabile per l'impianto di vegetazione, a causa della presenza in superficie di ristagni idrici (affioramento di falde, accumulo di acque meteoriche in conche, ecc.): questo aspetto negativo può essere superato attraverso un controllo diretto, permanente e strutturale dell'altezza della falda stessa, attraverso drenaggi superficiali quali profonde affossature o la realizzazione di reti drenanti sotterranee.

Scheletro e/o pietrosità in eccesso

Il superamento di questa limitazione può essere raggiunta attraverso:

- *riporto di materiale a tessitura fine*, più o meno pedogenizzato, per ricreare uno strato superficiale più adatto alle esigenze della vegetazione da impiantare. Questo è un intervento diretto permanente e strutturale.
- *Riporto di materiale fine da mescolare con lo strato pietroso superficiale già esistente*: questo intervento si effettuerà dove non si vogliono perdere i caratteri legati alla presenza di una pietrosità o scheletro elevati; in tal caso si può integrare il substrato presente in superficie con una componente fine che migliori le condizioni di insediamento della vegetazione. Questo è un intervento diretto, permanente e strutturale, ma sempre funzione delle condizioni di erodibilità presenti.
- *Lavorazioni profonde*: esistono situazioni in cui il semplice rimescolamento del substrato presente in loco consente la creazione di condizioni migliori per l'insediamento della vegetazione. In questi casi una lavorazione profonda con rivolgimento e mescolamento degli strati (aratura, scasso) è sufficiente per creare condizioni adeguate. Questo è un intervento diretto, temporaneo, strutturale.
- *Spietratura e/o macinazione di parte dello scheletro superficiale*: utilizzando apposite

macchine si può ridurre l'entità della pietrosità, dello scheletro e le dimensioni dei clasti, attraverso la raccolta o la macinazione: intervento diretto, permanente e strutturale.

Tessitura anomala

Una tessitura anomala può essere corretta attraverso:

- *creazione di uno strato superficiale*: attraverso l'apporto esterno di materiale pedogenizzato o agrario è possibile creare uno strato superficiale di terreno, caratterizzato da condizioni ecologiche più consone allo sviluppo vegetale; lo spessore di questo strato sarà in funzione delle esigenze del riuso dell'area. Intervento diretto permanente e strutturale.
- *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 tessiturali del substrato e favorire così un più rapido insediamento della vegetazione. Ad esempio, nei terreni molto argillosi, purchè di limitata estensione, può essere utile apportare sabbia o terra da coltivo piuttosto sciolta. Intervento diretto, permanente e strutturale.
- *Lavorazioni superficiali e profonde*: in certi casi, attraverso lavorazioni adeguate (per profondità e frequenza) degli strati superficiali del suolo è possibile rimescolare strati a granulometria differente, creando condizioni di insediamento più adeguate alla vegetazione. Intervento diretto, temporaneo e strutturale.
- *Miglioramento della struttura del suolo*: gli effetti di una tessitura anomala possono essere mitigati favorendo la creazione di legami chimico-fisici tra i diversi componenti del suolo (colloidi, elementi tessiturali, ecc.) tali da creare una aggregazione dinamica tra di essi; ciò migliora profondamente i caratteri del suolo, modificando i rapporti tra micro e macro pori presenti. Intervento di tipo generale, strutturale ma dinamico, modificandosi in funzione delle condizioni presenti nel sito.

Struttura anomala

L'aggregazione dinamica dei diversi componenti di un suolo porta alla formazione di aggregati, i quali migliorano decisamente i parametri fisico-chimici del terreno. Il miglioramento dei caratteri della struttura di un suolo può essere raggiunto attraverso:

- *apporto di ammendanti organici*: una buona disponibilità di materiale organico nel terreno consente un adeguato supporto chimico ed energetico per l'attività di tutta la flora e la fauna, con ripercussioni dirette sul ciclo di mineralizzazione - umificazione e sulla formazione di colloidi organici stabili. La disponibilità di questi ultimi è uno dei presupposti della creazione di una struttura stabile e resistente all'azione dell'acqua. Intervento diretto, funzionale e temporaneo.
- *Miglioramento delle condizioni stazionali per favorire l'attività biologica del suolo*: attraverso il controllo delle condizioni chimico-fisiche del substrato si favoriscono tutte le attività biochimiche telluriche, che permettono anche la formazione di aggregati colloidali stabili. Questi miglioramenti possono essere raggiunti attraverso:
 - *regimazione e drenaggio*, sia superficiale che profondo: per aumentare l'aerazione e la temperatura degli strati superficiali;
 - *correzione del pH*: per controllare le condizioni chimiche della soluzione circolante e i processi che avvengono nel suolo;
 - *controllo delle sostanze fitotossiche*.

Intervento diretto, funzionale, temporaneo.

- *Apporto di top-soil evoluto*: tutto il ciclo della sostanza organica è legato, oltre che alla disponibilità di energia, materia e condizioni ecologiche adeguate, alla presenza di tutta una serie di micro e macro organismi che, interagendo tra loro, condizionano ed alterano la sostanza organica. La distribuzione e/o l'interramento di un substrato pedologico evoluto apporta un ricco popolamento di fauna e flora tel-

lurica, già organizzato e strutturato, permettendo quindi una più rapida riorganizzazione dei cicli trofici. E' un intervento diretto, strutturale, con effetti permanenti, soprattutto se non si alterano eccessivamente le condizioni ecologiche del riporto.

- *Calcitazione*: il controllo della reazione della soluzione circolante e della disponibilità di adeguate quantità di ione Ca^{++} permettono sia un miglioramento di tutta l'attività chimica e biochimica tellurica che la formazione di legami stabili tra i colloidali. Intervento indiretto, temporaneo e strutturale.
- *Lavorazione del substrato*: attraverso opportune lavorazioni è possibile modificare la porosità del terreno, anche se in modo temporaneo. Ciò può essere molto utile in fasi delicate, quali la semina o l'impianto della vegetazione. Intervento diretto, funzionale e temporaneo.
- *Regimazione idraulica*: una rete di scolo dell'acqua in eccesso evita condizioni di ristagno e di sommersione, condizioni che favoriscono l'alterazione diretta della struttura e bloccano tutta l'attività biologica tellurica. Intervento indiretto, permanente e strutturale.
- *Distribuzione di concimi adeguati*: per favorire una buona struttura è necessario utilizzare sostanze chimiche concimanti in cui non siano presenti sostanze defloculanti (come il Na^+) e che non alterino le condizioni chimiche della soluzione circolante (variazioni anomale di pH, sostanza fitotossiche, ecc.). Intervento indiretto, temporaneo funzionale.
- *Pacciamatura*: la struttura viene fortemente alterata in presenza di intense precipitazioni. Ciò può essere controllato predisponendo una pacciamatura che intercetti e dissipi l'azione battente dell'acqua; ciò consente di preservare la struttura superficiale e quindi favorire l'infiltrazione, specie nella fase di insediamento di una copertura vegetale. Inoltre l'uso di materiale organico pacciamante è anche fonte di sostanza organica. E' un intervento diretto, temporaneo e funzionale.
- *Condizionamento dei colloidali minerali*: è possibile distribuire sul substrato sostanze chimiche, sia minerali che organiche, utili per modificare le caratteristiche fisico-chimiche del terreno, favorendo una strutturazione permanente o temporanea dei colloidali minerali presenti, con conseguente aumento nella porosità totale del substrato. E' un intervento diretto, strutturale, di durata variabile in funzione del tipo di sostanza utilizzata.

2.1.5.2 FATTORI CHIMICI

Carenza di sostanza organica

La carenza di sostanza organica che caratterizza sia i substrati minerali (come quelli di cava), sia a volte i terreni di origine agricola, rappresenta un fattore limitante molto importante; infatti la sostanza organica è una delle componenti fondamentali della fertilità di un suolo, in quanto ha influenza sulle sue diverse caratteristiche (fisiche, chimiche, biologiche). E' perciò indispensabile contrastare questa carenza attraverso:

- *riporto di materiale pedogenizzato evoluto e ben conservato*: suoli naturali sono sempre caratterizzati, almeno negli orizzonti superficiali, di percentuali molto elevate di sostanza organica. Questo intervento è di tipo diretto, strutturale e permanente e va considerato come il più importante nel controllo della sostanza organica.
- *Ammendamento con prodotti di origine organica*: l'apporto di grandi quantità di materia organica è una pratica indispensabile. E' necessario predisporre un piano che utilizzi materiali con caratteristiche chimico-fisiche diverse, tali da consentire un apporto elevato e duraturo nel tempo di sostanza organica. Intervento diretto, strutturale/funzionale e temporaneo.
- *Miglioramento generale delle condizioni stazionali per favorire l'attività biologica nel suolo*: attraverso il controllo delle condizioni chimico-fisiche del substrato si favoriscono

tutte le attività biochimiche telluriche che permettono, a loro volta, la formazione di aggregati colloidali stabili. Questi miglioramenti possono essere raggiunti attraverso:

- *regimazione idraulica*, sia superficiale che profonda, per aumentare l'areazione e la temperatura degli strati superficiali;
- *correzione del pH*: per controllare le condizioni chimiche della soluzione circolante;
- *controllo delle sostanze fitotossiche*.

Intervento diretto, strutturale, temporaneo.

- *Uso di concimi e correttivi mirati*: molta attenzione deve poi essere posta nel distribuire concimi chimici adeguati alle esigenze dell'attività microbica presente, favorendo sempre una buona distribuzione, oltre che dei macroelementi (N, P), anche di buone quantità di Ca^{++} . Sono interventi diretti, funzionali e temporanei.

Foto 2.4. I substrati minerali di cava sono caratterizzati da assenza o carenza di sostanza organica, spesso accompagnata da pH elevati, come avviene nelle argille nella zona di Carpineti (Reggio Emilia).



- *Limitazione dell'erosione superficiale*: sia l'azione battente delle precipitazioni che lo scorrimento superficiale concorrono alla disgregazione ed alla asportazione dei primi strati superficiali, strati particolarmente ricchi in sostanza organica. Tutti gli interventi che limitano l'erosione concorrono perciò direttamente a mantenere elevato il tenore in sostanza organica. Questi interventi possono essere:
 - *adeguata sistemazione morfologica*: che limiti le pendenze definitive, diminuendo l'energia potenziale e le velocità dell'acqua;
 - *regimazione idraulica superficiale*: che intercetti subito lo scorrimento superficiale, prima che questi assuma velocità critiche e favorendo l'infiltrazione;
 - *pacciamatura*: che limita l'azione battente e aumenta la scabrezza, riducendo l'erosione superficiale.

Intervento diretto, strutturale, permanente.

pH anomalo per eccesso di acidità

Per controllare o migliorare valori di acidità del substrato elevati è possibile adottare:

- *riporto di materiale*, per formare uno strato superficiale di suolo con spessore sufficiente per permettere la formazione di uno "franco di vegetazione", non influenzato dagli effetti dello strato di suolo anomalo sottostante. Questo riporto, nella migliore delle ipotesi, dovrà essere costituito da materiale pedogenizzato, o comunque da materiale minerale caratterizzato da una granulometria adeguata su cui intervenire per favorire l'insediamento della copertura vegetale. Intervento di tipo diretto, permanente e strutturale.
- *Inserimento di uno o più strati cuscinetto sottosuperficiali*: in presenza di materiale difficilmente isolabile con il solo riporto di suolo esterno può essere necessario inserire uno o più "strati cuscinetto" per creare una barriera impermeabile (strato di argil-

la compattata) o uno strato tampone di potenza elevata, tale da evitare sia la risalita capillare della falda sia l'approfondimento delle radici verso lo strato anomalo. Intervento diretto permanente e strutturale.

- *Correzione con sostanze alcaline*: in presenza di effetti fitotossici ed ambientali di portata limitata è possibile correggere il pH anomalo attraverso:
 - *correzione chimica*, utilizzando sostanze chimiche a reazione basica, come Ca e Mg;
 - *concimazione mirata*, utilizzando esclusivamente concimi chimicamente neutri o alcalini;
 - *lavorazione profonda*, con rivoltamento degli strati: per favorire il recupero di cationi lisciviati in profondità nel processo pedogenetico;
 - *irrigazione con acque dure*, favorendo l'apporto di sali di Ca e Mg.

Intervento diretto, strutturale, temporaneo.

pH anomalo per eccesso di salinità

L'eccesso di sali presenti nel substrato crea condizioni limitanti per l'attività biologica. Per superare tale situazione è possibile operare con:

- *riporto di materiale*: si forma uno strato superficiale di spessore sufficiente per permettere la formazione di un "franco di vegetazione", non influenzato dallo strato anomalo sottostante, oppure tale da limitarne gli effetti fitotossici. Questo riporto potrà essere, nella migliore delle ipotesi, costituito da materiale pedogenizzato o di materiale minerale, caratterizzato da una granulometria adeguata, su cui intervenire per favorire l'insediamento di una copertura vegetale. Intervento di tipo diretto, permanente e strutturale.
- *Lisciviazione dei sali*: è necessario favorire il rapido allontanamento di parte dei sali presenti negli orizzonti superficiali del terreno. Questo obiettivo può essere raggiunto attraverso:
 - *miglioramento della permeabilità degli orizzonti del suolo*, operando:
 - *apporto di materiali minerali ammendanti*, tali da correggere eccessi in limo ed argilla;
 - *miglioramento della struttura del terreno*, almeno negli strati superficiali, attraverso:
 - *apporto di sostanza organica*;
 - *controllo dei processi di umificazione* del materiale organico nel suolo; lavorazioni.
 - *pacciamatura*: per evitare i danni dovuti all'azione battente della pioggia, per favorire l'infiltrazione delle acque meteoriche e per evitare fenomeni di evaporazione, che riporterebbero in superficie parte dei sali lisciviati;
 - *realizzazione di una rete idraulica superficiale e profonda*, al fine di facilitare l'allontanamento dei sali disciolti con le acque di deflusso.

Intervento indiretto, funzionale, temporaneo.

- *Irrigazione*: per aumentare l'entità del dilavamento dei sali: a seconda dei volumi impiegati si potrà favorire la lisciviazione di spessori diversi con effetti temporanei (es. solo per la semina) o permanenti (investendo profondità superiori).
- *Concimazione mirata*: distribuendo concimi fisiologicamente acidi tali da non peggiorare il livello di salinità presente.

Intervento indiretto, funzionale, temporaneo.

pH anomalo per eccesso di sodio

Quando il fattore limitante è rappresentato dal sodio è necessario intervenire con diverse opzioni tecniche:

- *riporto di materiale* a formare uno strato superficiale di spessore sufficiente per permettere la formazione di un "franco di vegetazione", non influenzato dallo strato anomalo sottostante, oppure tale da limitare gli effetti del sodio. Questo riporto potrà essere di materiale pedogenizzato, o di materiale minerale caratterizzato da una granulometria adeguata, su cui intervenire per favorire l'insediamento di una copertura vegetale. Intervento di tipo diretto, permanente e strutturale.

- *Inserimento di uno strato cuscinetto sottosuperficiale*: per bloccare totalmente l'effetto del Na^+ può essere necessario inserire tra il minerale e l'orizzonte superficiale uno o più strati cuscinetto assolutamente impermeabile (strato di argilla compattata) o uno strato tampone di spessore elevato, tale da evitare sia la risalita capillare della falda sia la penetrazione delle radici verso lo strato anomalo. Intervento diretto, permanente e strutturale.
- *Distribuzione di composti chimici acidificanti*: la distribuzione di correttivi acidificanti consente la formazione di composti chimici solubili che fissano il Na, consentendone un rapido allontanamento per lisciviazione. E' un metodo diretto, strutturale, ma con effetti temporanei.
- *Lisciviazione del sodio*: il sodio presente nella soluzione deve essere allontanato attraverso una veloce lisciviazione. Questa può essere favorita dal:
 - *miglioramento della permeabilità degli orizzonti superficiali* del suolo attraverso:
 - *apporto di materiali minerali ammendanti*, tali da correggere eccessi in limo ed argilla;
 - *miglioramento della struttura degli strati superficiali*: per potenziare stabilmente la macroporosità, favorendo una maggiore areazione e permeabilità;
 - *pacciamatura*: per evitare i danni dovuti all'azione battente, per favorire l'infiltrazione dell'acqua meteorica e per evitare fenomeni di evaporazione, che riporterebbero in superficie parte dei sali lisciviati;
 - *lavorazione superficiale*: per mantenere elevata la velocità di infiltrazione dell'acqua negli strati superiori.

Intervento diretto, strutturale, temporaneo, ad eccezione dell'ammendamento minerale

- *Creazione di una rete di scolo efficiente*: tale da intercettare ed allontanare l'acqua infiltrata ricca in sali solubili. Intervento indiretto, permanente e strutturale.
- *Irrigazione*: apportando artificialmente grandi quantità di acqua si facilita un più rapido allontanamento dei sali in soluzione; diretto, funzionale, temporaneo.
- *Concimazione mirata*: è possibile favorire la lisciviazione del sodio anche distribuendo concimi fisiologicamente acidi, che dissociandosi formano sali di sodio solubili e lisciviabili; intervento indiretto, funzionale, temporaneo.

Carenza di elementi nutritivi

- *Ripporto di materiale pedogenizzato*: la distribuzione di materiale proveniente dagli orizzonti organici di un suolo ben sviluppato, (da collocarsi sia in superficie che in profondità) permette l'apporto di grandi quantitativi di sostanze trofiche indispensabili all'attività biologica chelate nei colloidali organico-minerali e quindi difficilmente lisciviabili. L'ossidazione progressiva della sostanza organica ne permette la liberazione e il riutilizzo da parte dell'attività biologica. E' un intervento permanente strutturale.
- *Concimazione*: per integrare la disponibilità di macro e meso elementi nutritivi si distribuiscono miscele di sostanze chimiche di origine minerale od organica. Le quantità ed il tipo di queste sostanze sono funzione dei caratteri del substrato e delle esigenze della copertura vegetale insediata. Sono interventi diretti, temporanei e funzionali.
- *Ammendamento organico*: la distribuzione di materiali organici consente, oltre alle altre funzioni, l'apporto di grosse quantità di sostanze nutritive che liberate dall'attività microbica vengono riutilizzate dalla vegetazione. A differenza delle concimazioni chimiche la disponibilità di questi elementi è funzione dei processi microbici tellurici e quindi tende a concentrarsi in certi momenti dell'anno, quando le condizioni stazionali non deprimono l'attività biochimica. E' un tipo di intervento indiretto, temporaneo e strutturale.
- *Ammendamento minerale*: il riporto di sostanze colloidali minerali (argille) può aumentare la capacità del suolo di trattenere ioni, sia cationi che anioni, utilizzati

poi dalle piante, attraverso processi biochimici. E' un intervento indiretto, permanente e strutturale.

- *Controllo del pH della soluzione circolante*: la disponibilità di molti elementi minerali è funzione del valore del pH della soluzione circolante: attraverso il controllo del pH è possibile favorire la solubilizzazione di molti elementi minerali (macro e micro elementi). Questo controllo viene raggiunto attraverso:

- *correzione chimica*;
- *apporto di concimi chimici fisiologicamente corretti*.

Intervento diretto, strutturale, permanente

- *Uso di specie miglioratrici*: per fissare nel suolo elementi necessari all'attività biologica. Azione diretta, funzionale, temporanea-permanente.

- *Controllo dell'rH* (indice dello stato di aereazione del terreno): condizioni riducenti od ossidanti modificano i caratteri chimici di molte sostanze minerali e quindi la loro disponibilità nei confronti dell'attività biologica. Un controllo adeguato dell'aereazione ha perciò una ricaduta diretta anche sulle disponibilità minerali specie dei microelementi. Il controllo dell'rH si ottiene attraverso:

- *regimazione idraulica superficiale e profonda*;
- *miglioramento della struttura del substrato*;
- *lavorazioni profonde*.

Intervento indiretto, strutturale, temporaneo.

Eccesso di microelementi tossici

- *Riporto di materiale* per formare uno strato superficiale di spessore sufficiente da permettere la formazione di un "franco di vegetazione", non influenzato dallo strato anomalo sottostante o per limitarne gli effetti. Questo riporto potrà essere di materiale pedogenizzato, o di materiale minerale caratterizzato da una granulometria adeguata, su cui intervenire per favorire l'insediamento di una copertura vegetale. Intervento di tipo diretto, permanente e strutturale.

- *Inserimento di uno strato cuscinetto sottosuperficiale*: per bloccare totalmente l'effetto delle sostanze fitotossiche può essere utile inserire tra il minerale e l'orizzonte superficiale uno o più strati cuscinetto assolutamente impermeabile (strato di argilla compattata) o uno strato tampone di spessore elevato, tale da evitare sia la risalita capillare della falda sia la penetrazione delle radici verso lo strato anomalo. Intervento diretto, permanente e strutturale.

- *Controllo del pH della soluzione circolante*: la disponibilità di molti elementi minerali è funzione del valore del pH della soluzione circolante: attraverso il controllo del pH è possibile favorire o limitare la solubilizzazione di molti elementi minerali (macro e micro elementi, anche di quelli tossici). Questo controllo viene raggiunto attraverso:

- *correzione chimica*: mantenendo il substrato in condizioni di basicità ed eccesso di Ca^{++} ;
- *distribuzione di concimi chimici fisiologicamente corretti*;
- *irrigazione*: per apportare sali di Ca e Mg e/o lisciviare sali in soluzione in eccesso.

Intervento, diretto, strutturale, temporaneo.

- *Controllo del rH del substrato*: condizioni riducenti od ossidanti modificano i caratteri chimici di molte sostanze minerali e quindi la loro disponibilità nei confronti dell'attività biologica delle piante. Un controllo adeguato dell'aereazione ha perciò una ricaduta diretta anche sulle disponibilità di minerali, anche di quelli fitotossici. Il controllo dell'rH si ottiene attraverso:

- *modellamento delle superfici*: per favorire un rapido sgrondo delle acque in eccesso, limitando i ristagni;
- *regimazione idraulica superficiale e profonda*: per favorire l'allontanamento controllato delle acque in eccesso;

- *miglioramento della struttura del substrato*: per aumentare la porosità, l'aereazione e la permeabilità dei substrati.

Intervento diretto, strutturale, temporaneo.

- *Ammendamento organico*: l'apporto di grandi quantità di sostanza organica ed una loro umificazione aumenta decisamente la CSC del substrato, bloccando, attraverso i colloidi, le sostanze fitotossiche in composti a lentissima degradazione, limitandone sia la lisciviazione che l'assimilazione da parte degli organismi superiori. E' un intervento diretto, temporaneo e funzionale.
- *Controllo dell'erosione*: i fenomeni erosivi potrebbero asportare gli strati superficiali, resi liberi da eccessi di microelementi tossici, mettendo così nuovamente a nudo i terreni sottostanti, ricchi di elementi tossici. E' pertanto necessario predisporre un controllo puntuale dei processi erosivi, sia superficiali che profondi. Il controllo dell'erosione si può ottenere attraverso:
 - *modellamento delle superfici*: per limitare le pendenze;
 - *regimazione idraulica superficiale e profonda*: per intercettare ed allontanare in modo controllato le acque in eccesso;
 - *pacciamatura*: la creazione di uno strato superficiale di suolo permette l'intercettazione e la dissipazione dell'energia posseduta dalle acque meteoriche, evitandone gli effetti erosivi;
 - *rapido insediamento della copertura vegetale*.

Intervento indiretto, strutturale, permanente.

2.2 LA SCELTA DELLE LINEE PROGETTUALI: PRINCIPI E FINALITÀ

Gli interventi descritti nei paragrafi precedenti possono contribuire a migliorare notevolmente la situazione di partenza del substrato, prima di effettuare l'impianto della vegetazione. Tuttavia, l'efficacia di tali interventi può essere limitata sia nello spazio (es. in profondità) che nel tempo (durata). Questo può derivare, oltre che da possibili errori in fase di progettazione ed esecuzione, anche dall'entità del fenomeno da contrastare, di scala ben maggiore rispetto ai mezzi utilizzabili per limitarlo. Per ovviare a ciò, in ambito agricolo, si opera la reiterazione dell'intervento, ma nel recupero ambientale questo non è quasi mai possibile, sia per problemi tecnici (ad es. sviluppo di una copertura vegetale che ovviamente non può essere eliminata) che economici. Si può invece adottare tutta una serie di tecniche accessorie, come sopra già descritto, da associare all'intervento iniziale, ma queste tecniche in genere sono di efficacia più limitata e comportano comunque maggiori esborsi. Ad esempio l'arricchimento di sostanza organica di un substrato può avvenire direttamente solo prima dell'impianto: dopo l'affermazione di una copertura vegetale è possibile intervenire solo con distribuzioni in copertura di liquami, compost o altri fertilizzanti, però di efficacia meno pronunciata.

E' perciò necessario affrontare il problema della durata dell'effetto degli interventi ad un livello più generale: si deve progettare il recupero in funzione dei diversi fattori limitanti. E' cioè necessario tener conto del loro effetto in tutti i diversi livelli decisionali e progettuali, nella consapevolezza che gli input migliorativi possono avere un'efficacia limitata rispetto ai tempi di insediamento ed evoluzione della vegetazione e dell'intera componente biologica.

2.2.1 L'OBBIETTIVO DA RAGGIUNGERE CON IL RECUPERO AMBIENTALE

Per ottenere una buona riuscita del recupero di un'area di cava (sia durante che dopo l'abbandono dell'attività estrattiva) è opportuno calibrare attentamente l'obiettivo da raggiungere, sulla base delle reali condizioni di partenza. In tal modo sarà più facile contenere l'effetto dei diversi fattori ambientali limitanti. In genere, le scelte dipendo-

no molto dalle aspettative del gestore, piuttosto che da analisi tecniche adeguate. Questo può portare a scelte di difficile attuazione, con conseguente probabile fallimento dell'obiettivo prefissato; in altri casi, per perseguire obiettivi troppo ambiziosi, si è costretti ad effettuare interventi intensi, prolungati ed onerosi che, pur tecnicamente plausibili, sono troppo impegnativi rispetto alle aspettative di spesa previste. La scelta dell'obiettivo dovrà quindi basarsi innanzitutto sull'analisi delle reali condizioni stazionali di partenza, sugli effetti previsti dall'intervento bio-ingegneristico nel medio e lungo periodo, sulla disponibilità di risorse economiche di partenza, nonché, infine, sulle aspettative del gestore del sito.

2.2.2 SCELTA DEL LIVELLO DI COMPLESSITÀ

Oltre che alla chiara definizione dell'obiettivo da perseguire è molto importante definire anche il livello a cui lo si vuole portare. A seconda delle diverse destinazioni d'uso finali desiderate si dovrà sempre definire con attenzione il livello previsto di complessità ecologica o di "intensità energetica" che si è disposti a utilizzare. Solo nelle condizioni ambientali di partenza migliori sarà possibile "intensivizzare" l'obiettivo. Anche in questo caso una valutazione errata porta o al fallimento dell'intervento o alla necessità di integrazioni, sia energetiche che materiali, che alterano completamente il quadro di riferimento finanziario iniziale.

Soluzioni complesse richiedono sempre input forti, non solo dal punto di vista tecnico, ma anche ecologico: una buona gestione dei substrati pedologici, ad esempio, può mettere a disposizione delle condizioni stazionali adatte a soluzioni ecologiche complesse.

2.2.3 SCELTA DELLE UNITÀ DI PAESAGGIO

Date le premesse sopra esposte, appare molto importante definire con attenzione le unità di paesaggio da realizzare, le destinazioni d'uso finali previste e il tipo di interventi necessari per ognuna di queste. La presenza di condizioni ecologiche limitanti deve portare sempre ad una grande elasticità nelle scelte, sia di livello che del tipo di intervento da effettuare. Non è pensabile lavorare "a corpo" uniformando metodi e tecniche: si deve sempre cercare di adattare le esigenze nate dalle finalità progettuali alle condizioni locali, identificando con attenzione le diverse unità di paesaggio. La presenza di fattori limitanti può rappresentare uno stimolo per arricchire gli obiettivi, il livello di complessità biologica e le tecniche da applicare per ottenerle. Ad esempio, l'obiettivo di eliminare affioramenti di falda difficilmente controllabili nel lungo periodo, può o portare all'applicazione di tecniche idrauliche complesse e costose o alla definizione di nuove unità di paesaggio che invece considerino questa "limitazione" piuttosto come un fattore ecologico di arricchimento dell'habitat creato. In tal modo si deciderà di realizzare un bacino permanente d'acqua od una zona umida, piuttosto che tentare la sua eliminazione.

2.2.4 SCELTA DEGLI INTERVENTI TECNICI E LORO ATTUAZIONE

Anche le scelte di tipo tecnico hanno delle ripercussioni sulla possibilità di agire o meno incisivamente sui fattori ecologici limitanti:

- *Una corretta scelta degli interventi da effettuare ha conseguenze molto significative sulla possibilità di raggiungimento dell'obiettivo previsto:* l'eccessiva semplificazione o sottovalutazione dei problemi comporta sempre delle conseguenze ecologiche molto importanti, tali da poter essere anche in contrasto con gli obiettivi previsti. Questo spesso deriva sia dalla tendenza a ridurre le spese per la risistemazione (specie in assenza di

aspettative economiche), sia dalla mancanza di controlli in corso d'opera, che vincolino il soggetto economico coinvolto: superata in qualche modo la fase del collaudo non esistono più vincoli né per l'operatore che per il proprietario dell'area. Questo favorisce una generalizzata indifferenza circa la qualità degli interventi da eseguire. Sarebbe meglio operare un controllo finale (collaudo) basato non solo sul progetto ideato, ma soprattutto sulla sostenibilità nel tempo del risultato ottenuto.

- *Una corretta esecuzione delle tecniche può avere delle conseguenze sul raggiungimento delle finalità previste:* gli interventi possono avere efficacia e durata diversi in relazione alle modalità di applicazione; la durata e l'efficacia di un drenaggio sotterraneo, ad esempio, sono funzione di una corretta ed attenta realizzazione. Diviene perciò importante valutare non solo la tipologia dell'intervento ma anche tutte le variabili quantitative e qualitative che lo caratterizzano in fase di esecuzione. Questo è importante specie per i lavori fatti in economia, in assenza di controlli tecnici e per tutte le situazioni in cui la gestione e la proprietà dell'area cambiano al termine dei lavori di scavo e di sistemazione. La necessità di limitare i tempi e/o le spese per il recupero può comportare forti semplificazioni in fase esecutiva, con conseguenze molto pesanti sui risultati ottenuti.

2.2.5 SCELTA DELLE SPECIE VEGETALI DA IMPIEGARE (G. Rossi)

Il superamento dei fattori ambientali limitanti è possibile, oltre che con interventi ingegneristici, idraulici ed agronomici, anche grazie alla scelta delle specie vegetali da utilizzare nella fase di recupero. La selezione va effettuata avendo presenti gli scopi del progetto, sia nel breve che nel medio e lungo periodo. Infatti se lo scopo, normalmente, è quello di ottenere in tempi brevi una copertura almeno erbacea continua (a prescindere dalle condizioni edafiche e microclimatiche di partenza), nel lungo periodo, invece, si vogliono ottenere unità di paesaggio complesse, stabili e in equilibrio ecologico ed estetico con il territorio circostante (almeno nel recupero "più ambizioso", cioè quello naturalistico). Pertanto, in questo contesto dinamico e di lungo periodo, anche la scelta delle specie da impiegare risulta fondamentale e spesso è causa di numerosi insuccessi. Tra queste cause si possono citare:

- uso di specie, anche pioniere, ma intolleranti ai fattori ambientali limitanti locali (es. uso di specie acidofile su suoli decisamente basici);
- uso di specie adatte dal punto di vista fito-climatico, appartenenti cioè agli stadi più evoluti delle serie dinamiche (per lo più alberi), ma incapaci di sopravvivere nelle difficili condizioni di partenza (es. latifoglie molto esigenti, come acero di monte, carpino bianco o faggio);

Foto 2.5. Nella scelta delle specie da impiegare per realizzare interventi di recupero che abbiano successo, bisogna tener conto sia della localizzazione dell'area da recuperare (fascia fitoclimatica) sia delle condizioni locali (microclima, suolo, ecc.).

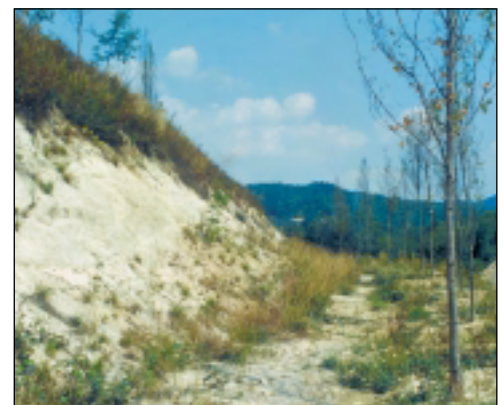


Foto 2.6. Inserire specie esigenti e di taglia notevole (es. carpino bianco) in situazioni stagionali avverse porta ad insuccessi. Nell'immagine viene presentato un caso con gradoni su roccia arenacea, con scarsa quantità di substrato utile, in parete esposta a sud, quindi con forte aridità locale. Il carpino bianco è una specie esigente, amante di buone condizioni edafiche, sia per nutrienti che per disponibilità idrica.

- uso di specie annuali, o al più bienni (erbacee), che, dopo un primo attecchimento (spesso anche rapido) non riescono però a riprodursi autonomamente per seme e quindi a mantenere il cotico erboso prodotto il primo anno (es. *Alopecurus myosuroides*, *Lolium italicum*, *Poa annua*, *Hedysarum coronarium* o sulla, alcune specie di *Vicia*, ecc.);



Foto 2.7. A volte gli insuccessi nelle piantagioni derivano da cause esterne, non previste, come la variazione dei livelli idrici in un bacino lacustre chiuso: le specie mesofile o anche igrofile inserite in ambiti che poi si allagano in modo permanente non hanno possibilità di sopravvivenza.

- uso di specie erbacee molto efficienti nella fase di attecchimento, perenni o comunque in grado di auto-conservarsi nel tempo, ma a crescita esuberante, tale da impedire lo sviluppo della maggior parte delle altre specie inserite contestualmente, quindi limitanti la diversificazione specifica (es. *Festuca arundinacea*, *Agropyron repens* e, per certi versi, anche la sulla).

A volte gli insuccessi derivano anche da cause esterne, non previste, come la variazione dei livelli idrici in un bacino lacustre chiuso: le specie mesofile o anche igrofile inserite in ambiti che poi si allagano perennemente, non hanno possibilità di sopravvivenza. Inoltre, come già accennato, anche la consociazione delle diverse specie è importante, in quanto in natura esse non crescono isolate o, normalmente, in popolamenti puri, bensì entro comunità vegetali diversificate, con presenza di numerose altre specie. Pertanto, nel caso in cui si vogliano ricostruire unità di paesaggio con vegetazione semi-naturale non solo è necessario utilizzare le specie di riferimento dal punto di vista ecologico, fitogeografico e fito-climatico, ma queste vanno inserite nel sito da recuperare con altre specie tipiche delle consociazioni naturali di riferimento, nonché con rapporti quantitativi ben definiti tra le medesime. Ad esempio, nel ricostruire un tratto di bosco da riferirsi, almeno fisionomicamente, al tipo *Ostryo-Aceretum opulifolii* Ubaldi et al. 1987 (cfr. Ubaldi et al., 1996, Tab. 1), cioè boschi collinari e sub-montani tendenzialmente xerofili a latifoglie miste, sarebbe necessario inserire, quanto a specie legnose:

<i>Ostrya carpiniifolia</i>	* <i>Crataegus oxyacantha</i>	<i>Corylus avellana</i>
<i>Fraxinus ornus</i>	* <i>Crataegus monogyna</i>	<i>Juniperus communis</i>
<i>Quercus pubescens</i>	<i>Coronilla emerus</i>	<i>Prunus avium</i>
<i>Acer opulifolium</i>	<i>Viburnum lantana</i>	<i>Rosa arvensis</i>
<i>Acer campestre</i>	<i>Sorbus torminalis</i>	<i>Rosa canina</i>
<i>Laburnum anagyroides</i>	<i>Cornus mas</i>	
<i>Euonymus latifolius</i>	<i>Cornus sanguinea</i>	

* Nota. Fino al 31 dicembre 2004 è vietato piantare biancospini, in tutto il territorio regionale.

Mentre le prime tre specie dovrebbero essere inserite con un elevato numero di individui (dominanti), la presenza delle altre dovrebbe essere decisamente minore. Per una valutazione dei rapporti quantitativi da tenere tra le specie, si possono consultare tabelle fitosociologiche di rilievi appartenenti ai tipi di riferimento. Infatti il rilievo fitosociologico esprime l'abbondanza delle singole specie individuate, mediante valori di copertura (Ubaldi, 1997).

Infine va ricordato come la vegetazione non sia statica nel tempo, ma subisca cambiamenti in funzione del variare delle condizioni ambientali. Queste condizioni, in generale, tendono a migliorare, grazie anche all'insediamento della vegetazione stessa. Ad esempio, nel suolo, col tempo, gli ioni liberi (es. sodio, ma anche calcio) tenderanno a diminuire per effetto del dilavamento, ad opera degli agenti meteorici. Nel contempo, dovrebbe aumentare la quantità di sostanza organica presente, grazie all'apporto di materiale morto, proveniente dalle stesse piante che qui crescono.

Pertanto, se l'intervento di recupero ambientale sarà abbandonato appena dopo la sua realizzazione (senza ulteriori azioni), sarà necessario inserire tra le specie non solo quelle pioniere (di solito specializzate nel sopportare i vari fattori limitanti), bensì anche specie più esigenti, caratteristiche degli stadi intermedi o addirittura più avanzati delle serie di vegetazione che si vogliono ricostruire (Blasi e Paoletta, 1992; Schiechl, 1991; Regione Toscana, 2000). Ad es. nella serie dinamica che può portare alla formazione di un tratto di bosco, come il già citato *Ostryo-Aceretum opulifolii* Ubaldi et al., 1987 (cfr. Ubaldi et al., 1996, Tab. 1), si hanno normalmente prima stadi arbustivi con, al più, presenza al loro interno di specie arboree, però di bassa taglia. Queste entità arbustive, inoltre, sono presenti in quantità maggiore negli stadi iniziali e minore in quelli finali, maturi. Pertanto, per assicurarsi un maggior margine di successo, sarà necessario inserire tutte le specie di cui all'elenco sopra riportato, ma aumentando

Fig.2.1. Serie della vegetazione acquatica e palustre che si sviluppa in zone umide (lanche, stagni, zone di cava abbandonate), per progressivo interrimento, dovuto sia all'arrivo di sedimenti sia al deposito sul fondo di parti morte delle piante. Si passa da situazioni dove dominano gli specchi d'acqua aperti e le idrofite, via via a situazioni sempre più chiuse, dove domina la vegetazione ad igrofile, perilacustre (canne, tife, carici). Infine, la vegetazione diventa addirittura arborea, con specie igrofile, come salici, ontani, pioppi o, sulla costa, frassino minore (da Pirola, 1968).

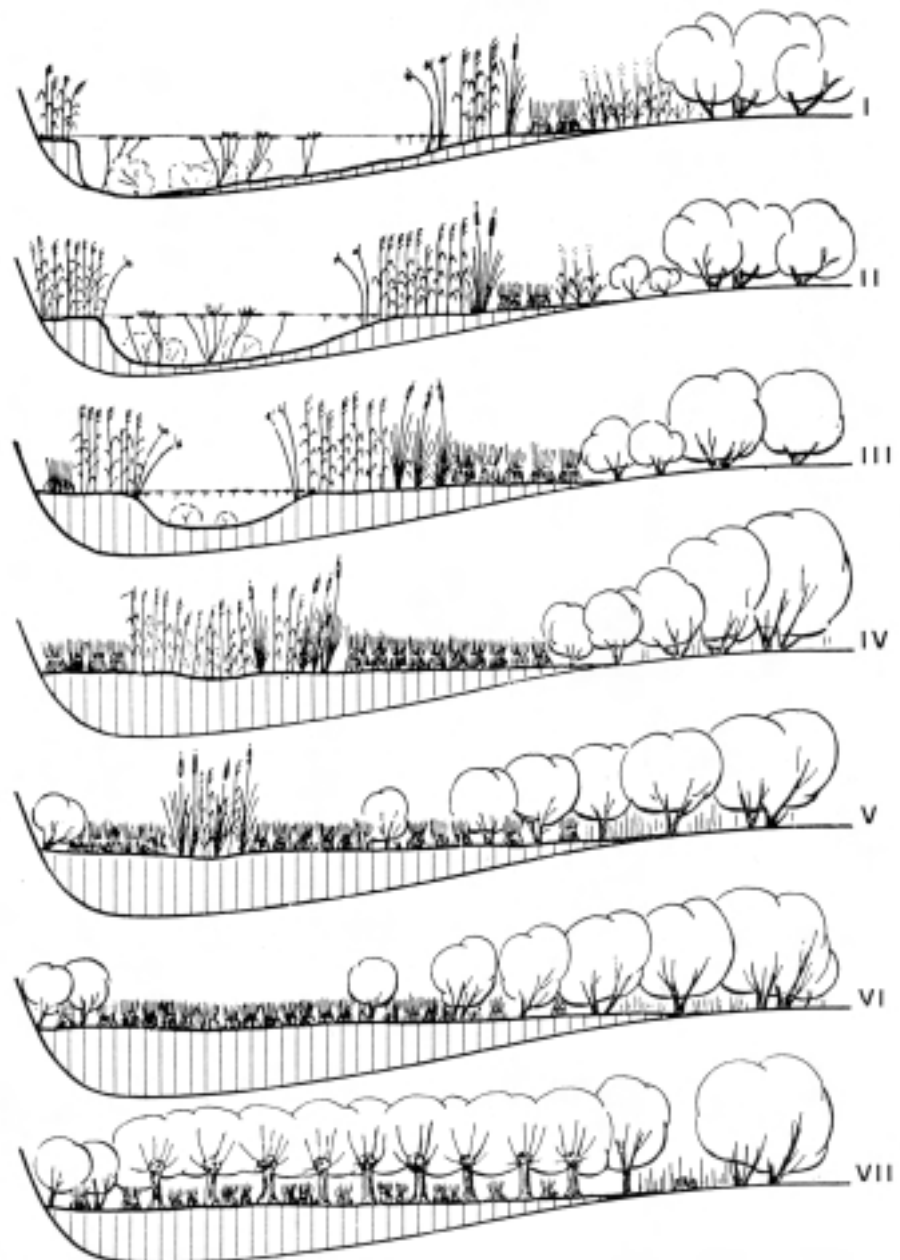


Fig.2.3. Serie di vegetazione tipica del cerro (*Quercus cerris*) come si sviluppa sui substrati marnoso-arenacei delle colline in Umbria. La serie è costituita dai seguenti elementi:
 1. pascolo pioniero, su substrati erosi, ad *Astragalus monspessulanus* e *Coronilla minima* (*Coronillo-Astragalium*);
 2. prato-pascolo a *Bromus erectus* (*Centaureo bracteatae-brometum erecti*);
 3. prato-pascolo a *Bromus erectus* (*Centaureo bracteatae-brometum erecti*), invaso da arbusti di ginepro comune (*Juniperus communis*);
 4. mantello di vegetazione a *Pyracantha coccinea* (*Juniperu communis-Pyracanthetum coccineae*);
 5. bosco di *Quercus cerris* (*Aceri obtusati-Quercetum cerris*) (da Biondi, 1989, modificato).

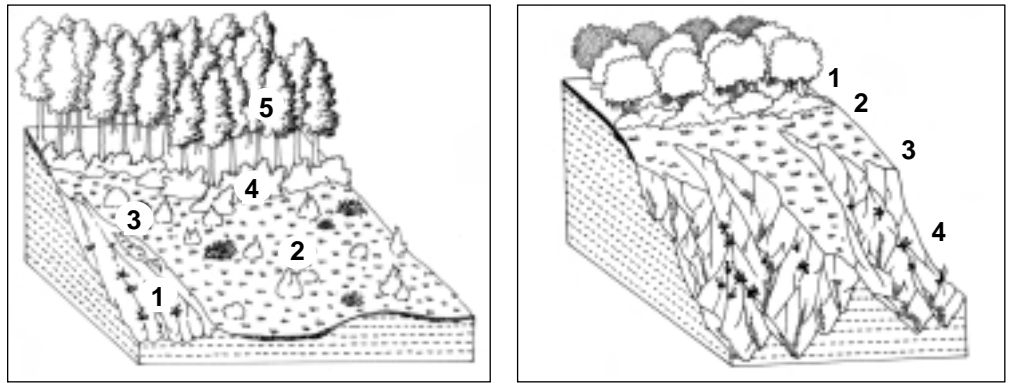


Fig.2.4. Serie della vegetazione del cerro (*Quercus cerris*) sulle formazioni flyshioidi della Val Marecchia (Rimini):
 1. formazione di testa, cioè più evoluta, della serie denominata *Centaureo montanae-Carpinetum*, dove è presente e abbondante anche il cerro;
 2. mantello (fascia esterna al bosco, dominato da arbusti) a *Prunus spinosa* (*Prunelalia spinosae*);
 3. pascolo mesofilo a *Bromus erectus* (*Ononido masquielleri-Brometum*);
 4. pascolo pioniero a *Plantago maritima* (*Podospermo canae-Plantaginatum maritimae*). (da Biondi, 1989, modificato).

Fig.2.5. Il mantello di vegetazione che circonda esternamente il bosco, costituito da arbusti spinosi, pionieri, tende ad espandersi verso le zone aperte e libere circostanti. In questo modo la vegetazione legnosa progredisce, occupando pascoli e prati. Questo meccanismo da un lato può aiutare la vegetazione delle cave ad arricchirsi di nuove presenze (se nei dintorni c'è un bosco), oppure può essere anche imitato negli stessi impianti che si andranno a realizzare (da Biondi, 1989, modificato).

rale 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 (Poldini et al., 2001).

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 nei pressi delle zone a forte antropizzazione, quali strutture viarie, ferroviarie, abitative. L'inquinamento floristico, quindi, è condizionato dalla struttura del territorio ovvero dalla vicinanza di fonti di disturbo, corridoi preferenziali per le specie neofite e le apofite (Poldini, 1991). Tra queste specie si possono citare: ailanto, robinia, fitolacca americana, acero negundo, ambrosia, *Amorpha fruticosa*, *Solidago gigantea*, ecc. 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 insedino stabilmente nell'area. Tra le tecniche da utilizzare a tal fine si può pensare al taglio selettivo, all'espianto, al diserbo, al trattamento con sostanze ad esse nocive, come già sperimentato per l'ailanto (Foggi et al., 2001).

La scelta delle 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. La scelta migliore in tal senso è la realizzazione di vivai volanti, che ospitano, per 1-2 anni, individui recuperati in natura nei dintorni (giovani piante sradicate, talee, ecc.), da inserire poi nella zona di intervento, come già sperimentato, ad es. ad Alfonsine, in provincia di Ravenna (Rossi, 1996).

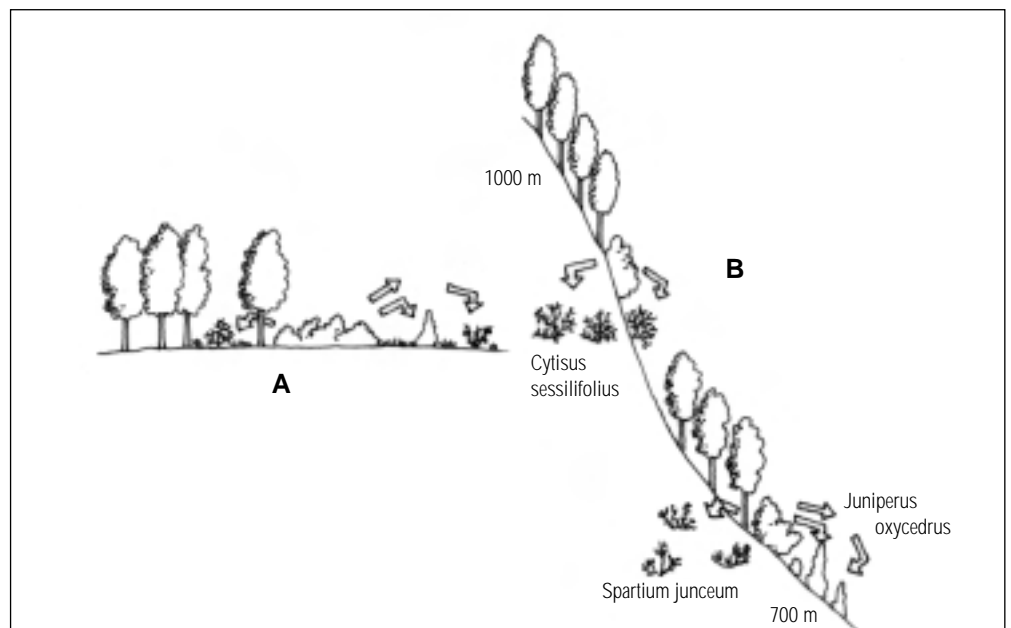




Foto 2.8. Nel caso di recuperi di cave in ambiti territoriali protetti (aree di parco) è bene curare con particolare attenzione la provenienza del materiale di impianto (certificazione della provenienza). Va recuperato materiale proveniente dalle più vicine località al sito di intervento. Dove ciò non sia possibile (o insufficiente per qualità e quantità) può valer la pena di impiantare piccoli vivai volanti, dove, per 1-2 anni, si allevano piante recuperate in zona (selvaggioni, talee, piante erbacee asportate con apparato radicale e aereo).

Bisogna anche tener presente che le zone di ex-cava, soprattutto in pianura, possono rappresentare importanti ambiti da rinaturalizzare, trasformandole in zone umide, ambienti sempre più rari e in grandissima parte distrutti in pianura Padana nei secoli passati (Gerdol, 1999). In particolare, nel loro ambito possono essere inserite numerose specie igrofile ed idrofite, anche comuni e pioniere, come salici, tife e cannuccia di palude, molto utili per diversificare l'ambiente; si realizzeranno così nicchie trofiche e luoghi di riproduzione molto importanti per la fauna (come pesci, anfibi, rettili e uccelli). In generale in questi interventi si cercherà di favorire il più possibile la biodiversità a livello di specie e habitat (Regione Toscana, 2000).

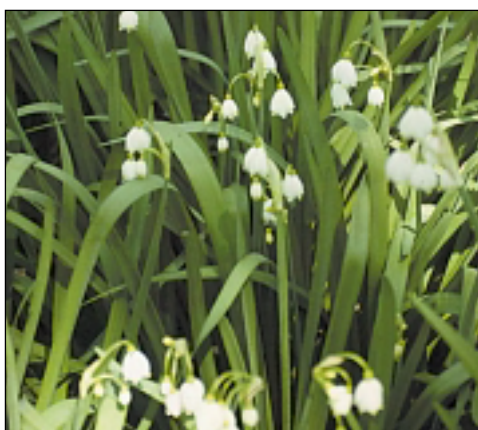


Foto 2.9. Negli ambienti di cava, una volta recuperati e inseriti in aree protette, è possibile impiantare anche piante divenute rare nelle zone circostanti. Questo è il caso delle zone umide di pianura. Ciò può consentire, per specie rare e minacciate di scomparsa, di incrementare il numero di stazioni di crescita (introduzioni). Per non danneggiare le popolazioni naturali sarà opportuno utilizzare semi o parti vegetative, come pezzi di rizomi, senza danneggiare le "piante madri". Ninfea bianca, inserita in cava di pianura.

Infine, questi ambienti umidi di pianura ricostruiti a partire da bacini di cava, possono anche essere luogo di introduzione di specie rare o minacciate negli ambienti naturali, come, ad es. la ninfea bianca (*Nymphaea alba*) o il campanellino estivo (*Leucojum aestivum*). Diversi sono gli esempi già disponibili in tal senso in ambito regionale o italiano (Accogli et al., 1999; Bonafede et al., 1999; Falk et al., 1996; Leonardi e Rossi, 2001; Leonardi et al., 1999; Rossi, 1996; Tosca et al., 1999).

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 serie 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;

Foto 2.10. Un'altra specie che può essere inserita in cave di pianura, rinaturalizzate, è il *Leucojum aestivum* (Amarillidaceae): essa è riproducibile con facilità per seme oppure per moltiplicazione vegetativa, tramite i bulbi sotterranei.

- 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.

2.2.6 LINEE GUIDA PER L'UTILIZZO DELLE MICORRIZE (S. Tosi)

E' ormai ampiamente accettato che le simbiosi micorriziche giocano un ruolo fondamentale nella nutrizione delle piante (Smith e Read, 1997) e diventano componente chiave di sistemi sostenibili quando vengono usate come strumento naturale in quei processi di recupero ambientale o di gestione del territorio (Rattan, 1991; Cairns, 1995). Nell'ottica del recupero ambientale delle cave possono risultare utili le esperienze effettuate in aree desertificate e in quelle caratterizzate da detriti minerali. Uno dei sistemi più studiati, infatti, è quello derivante dal processo di desertificazione. L'introduzione di specie native o di specie esotiche deve essere accompagnato dall'introduzione di simbionti appropriati, compresi i funghi micorrizogeni, al fine di recuperare la fertilità del suolo. L'uso di fertilizzanti per accelerare tale processo potrebbe risultare una strategia non completamente utile, nel momento in cui l'applicazione dei fertilizzanti può incoraggiare la crescita di specie ruderali e la comunità vegetale che ne risulta potrebbe non sopravvivere senza continue aggiunte di fertilizzanti. Invece, dovrebbe essere incoraggiata la crescita di specie pioniere altamente micotrofiche (Jefries e Barea, 2001). In questo senso possono essere indicative le osservazioni effettuate in parcelle riforestate con diverse specie tipicamente a micorrize vescicolari-arbuscolari (*Prunus avium*, *Fraxinus ornus*, *Pyrus piraster*, *Ceratonia siliqua*) che hanno permesso un'abbondante percentuale di infezione. In particolare alcune specie (orniello e ciliegio) sono sembrate particolarmente idonee a favorire lo sviluppo della densità radicale nel terreno e l'intensità di infezione micorrizica (Puppi e Vinay, 1999).

In strategie di recupero di zone in ecosistemi aridi o semiaridi è stato proposto l'utilizzo di *Anthyllis cytisoides*, una specie xerotollerante, altamente suscettibile all'infezione micorrizica (Requena et al., 1996). Un altro arbusto promettente per processi di recupero ambientale, in combinazione con inoculi micorrizici appropriati è il *Rosmarinus officinalis* (Estaùn et al., 1997). L'inoculo con micorrize vescicolari arbuscolari associato ad inoculo con *Rhizobium* in specie arboree di leguminose, è un passaggio che viene oggi compreso nelle pratiche agroforestali e selvicolturali degli ecosistemi tropicali (Haselwandter e Bowen, 1996). Leguminose arboree appartenenti ai generi *Acacia*, *Gliricidia*, *Leucaena*, *Paraserianthes*, *Prosopis* e *Robinia* vengono utilizzate in associazione con *Rhizobium* e endomicorrize VA. Molti esperimenti sono stati effettuati anche su specie arbustive di legumi, inoculate con micorrize vescicolari-arbuscolari, per verificare l'insediamento ed il successivo sviluppo nell'ottica di utilizzare queste specie come stadio intermedio tra la vegetazione erbacea e l'insediamento di specie arboree in strategie di recupero ambientale. Herrera et al. (1993) hanno riportato i risultati di un esperimento in campo condotto per 4 anni in una regione semiarida della Spagna. I risultati hanno mostrato che le specie native di legumi arbustivi sono riusciti ad insediarsi nelle condizioni ambientali locali e che l'inoculo con micorrize vescicolari-arbuscolari e rizobi ha portato ad una maggiore sopravvivenza delle specie utilizzate e ad un incremento di biomassa. L'inoculo multifunzionale, che vede l'utilizzo di micorrize VA, *Rhizobium* e PGPR (*plant growth-promoting rhizobacteria*), è stato saggiato con successo anche in *Anthyllis cytisoides*, riguardo a metodiche per la riforestazione (Requena et al., 1997). *Anthyllis cytisoides* viene assunto come modello per pratiche di riforestazione ma anche per il recupero di aree contaminate da metalli pesanti. Infatti l'inoculo di questa specie con micorrize VA ha mostrato che gli effetti della tossicità causati da Pb e Zn vengono significativamente ridotti (Diaz et al., 1996).

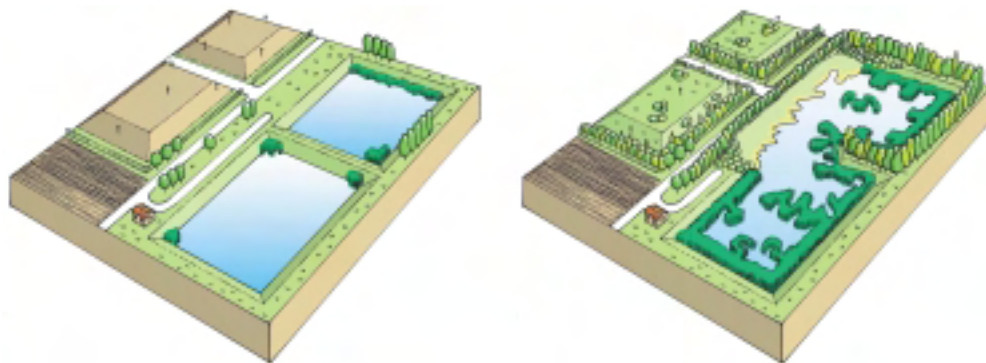
Gli studi sulle relazioni micorriziche su detriti e scarti minerari possono essere d'aiuto per l'utilizzo di tali sistemi anche in pratiche di recupero delle cave. I risultati di tali ricerche vengono ampiamente trattati da Danielson (1985). Il ruolo essenziale delle micorrize per il successo nella colonizzazione vegetale su alcune detriti minerari erano già state messe in luce da Schramm (1966). Egli ha evidenziato come le prime piante che colonizzano gli scarti minerari di antracite in USA sono alberi con ectomicorrize di *Pinus rigida*, *P. virginiana*, *Betula lutea*, *B. populifolia*, *Quercus rubra*, *Q. velutina*. Da allora, le ricerche in tal senso si sono espanse soprattutto sul ruolo delle VA e delle micorrize ericoidi e sulle tecniche di inoculo di ospiti vegetali particolarmente adatti agli scarti minerari. Da quanto esposto nei capitoli precedenti si evidenzia quanto il recupero vegetazionale di siti minerari sia ostacolato, dalle condizioni fisico-chimiche e biologiche molto limitanti che si vengono a creare (mancanza di materiale organico, valori estremi di temperatura e pH, povertà di sostanze minerali utili). Ricerche recenti suggeriscono che i funghi ectomicorrizici, oltre che facilitare l'assunzione ed il trasporto dei nutrienti in soluzione, sono capaci di mobilitare nutrienti essenziali direttamente dai minerali insolubili mediante l'escrezione di particolari acidi organici (Landeweert et al., 2001). Importanti per gli obiettivi di questo manuale sono le esperienze provenienti dagli studi sugli effetti dello stress idrico e dell'associazione micorrizica sulla crescita di specie vegetali arboree in una condizione simulata di suolo eroso. I risultati hanno messo in evidenza che l'associazione micorrizica risulta benefica in condizioni di suolo molto eroso dove il "topsoil" manca completamente (Fagbola et al., 2001).

Le tecniche utilizzate per l'impianto di vegetali micorrizzati in campo agronomico e forestale possono rappresentare un riferimento per gli obiettivi di questo manuale. Per quanto riguarda l'utilizzo di ectomicorrize vi è un'ampia disponibilità dovuta al fatto che i funghi coinvolti possono essere coltivati industrialmente in fermentatori. Il fungo prodotto viene poi utilizzato per inoculare piantine da utilizzarsi direttamente in campo. Per quanto riguarda, invece l'utilizzo di endomicorrize, il più grande ostacolo alla loro utilizzazione in agricoltura è costituito dal fatto che i funghi coinvolti non sono coltivabili. Comunque diverse tecniche di inoculo sono possibili utilizzando terreno e radici provenienti da colture in vaso o da parcelle dove crescono piante fortemente micorrizzate ed incorporandolo nel terreno da recuperare. A tutt'oggi esperienze di recupero di cave mediante l'utilizzo di piante micorrizzate non sono disponibili in Italia anche se si stanno completando pratiche simili per esempio nel recupero di discariche. Diverse sono le ditte, anche italiane, che mettono sul mercato preparati sia di ecto che di endomicorrize che trovano un buon mercato principalmente in agronomia e che possono essere punti di riferimento importanti per pratiche di questo tipo. E' intuibile che il recupero di tale aree richiede tecniche innovative che riducano i costi ed aumentino la possibilità di un successo nello stabilirsi di una comunità vegetale in linea con principi di sostenibilità. Molti sono gli ostacoli che potrebbero essere superati con l'utilizzo di piante micorrizzate. Comunque, prima di qualsiasi pratica di inoculo, i detriti minerari e qualsiasi materiale ammendante dovrebbero essere valutati, così come le condizioni che influenzano la crescita delle piante ed i potenziali benefici che si possono ottenere dall'intraprendere pratiche di inoculo con funghi micorrizogeni.

2.2.7 IL RECUPERO AMBIENTALE E LE RETI ECOLOGICHE (G. Rossi)

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

Fig.2.7. Esempi di recupero ambientale di aree dismesse, come le cave o le discariche, con la creazione di nuovi nodi della rete ecologica territoriale (tratto da: *Conoscere e realizzare le reti ecologiche*. 2001. I.B.C. Regione Emilia-Romagna).



naturali (o seminaturali) e degli elementi del territorio che ne assicurano una connessione, consentendo così la diffusione delle specie selvatiche (Dimaggio e Ghiringhelli, 1999; Dinetti, 2000; Franco, 2000; Malcevschi, 1999; Malcevschi et al., 1996; Mori, 2000; Morisi, 2001; Romano, 2000; Ottolini e Rossi, 2002). Infatti gli animali e le piante tendono generalmente ad insediarsi e 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 e filari, mentre sono ostacolate dalla presenza di barriere come infrastrutture viarie, centri abitati e aree di agricoltura intensiva. Spesso ciò che rimane a piante e animali selvatici sono solo piccoli frammenti di habitat naturali (es. zone umide) immersi in un "mare" di ambienti artificiali, barriere per essi spesso insormontabili. 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. In quest'ottica il recupero ambientale delle aree di cava può fornire un contributo molto importante. Modellando in modo opportuno le cave di ghiaia e di argilla, si creano zone umide con caratteristiche simili 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 degradati dolcemente, isolotti, sponde erbose e sponde boscate, ecc., come verrà illustrato nei Cap. 3 e 4.

La Rete Natura 2000

La *Direttiva 79/409/CEE "Uccelli"*, relativa alla "Conservazione degli uccelli selvatici", ha previsto una serie di azioni mirate alla salvaguardia delle specie di uccelli più rare in Europa e, quindi, meritevoli di maggior tutela; con questa direttiva viene introdotto il concetto di tutela non limitandolo alle singole specie, ma estendendolo agli habitat nei quali le specie vivono, si alimentano e si riproducono.

La *Direttiva 92/43/CEE "Habitat"* relativa alla "Conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche", estende l'attenzione e la salvaguardia sia al mondo animale, nelle sue forme più composite, dai mammiferi agli insetti, dai rettili ai pesci, sia a quello vegetale, fino a specifici habitat divenuti ormai rari a livello europeo, quali torbiere, formazioni ripariali, dune costiere, ecc.

Il concetto di rete di siti di elevato pregio ambientale viene codificato proprio nella Rete Natura 2000 che è costituita dall'insieme delle aree che sono state individuate in tutta Europa in applicazione delle due direttive sopra citate e che, in particolare, sono le Zone di Protezione Speciale (ZPS), individuate ai sensi della direttiva Uccelli, ed i Siti di Importanza Comunitaria proposti (pSIC), derivanti dal recepimento della direttiva Habitat e che costituiscono il perno della conservazione della biodiversità nei diversi paesi europei, principio sancito anche dalla Convenzione di Rio del 1993.

Fig.2.7. La rete ecologica territoriale (tratto da: *Conoscere e realizzare le reti ecologiche*. 2001. I.B.C. Regione Emilia-Romagna).



Le reti ecologiche sono strutture complesse, costituite da diversi elementi, che possono essere attribuiti alle seguenti categorie:



Nodi

Aree dove sono concentrate il maggior numero di specie o comunque quelle più rare o minacciate. Può trattarsi di aree protette, di ambienti naturali o seminaturali, anche artificiali. Ad esempio un bosco o uno stagno, se ben conservati, possono essere considerati dei nodi.



specie tra i nodi. E il caso degli ambienti fluviali, quando le aree verdi sono sufficientemente larghe ed ecologicamente integre.



Aree di appoggio

Aree naturali di varia dimensione che, pur non essendo abbastanza grandi da poter ospitare popolazioni, sono in grado di offrire rifugio e i trasferimenti di organismi dalle zone umide o dei boschi.



Fasce che circondano i nodi e li proteggono da impatti negativi. Di particolare importanza, anche perché molte specie tendono a concentrarsi proprio lungo il perimetro dell'area naturale, sconfinando nel territorio circostante alla ricerca di risorse e di spazi liberi.

Corridoi ecologici primari

Elementi naturali del paesaggio che favoriscono gli spostamenti delle

Va tenuto presente che l'Italia, a causa soprattutto della sua conformazione morfologica e della notevole varietà climatica che la contraddistingue, presenta un elevato grado di biodiversità:

- presenza di 57.000 specie animali di cui 1.176 vertebrati;
- 1/3 delle specie animali presenti in Europa vive in Italia;
- il 50% della flora europea è presente in Italia;
- il 13% delle 5.600 specie vegetali censite in Italia è un endemismo e, cioè, non si trova in nessuna altra parte del mondo.

Questi dati evidenziano, in maniera inequivocabile, la notevole ricchezza in termini ambientali ancora presente in Italia e, di conseguenza, dobbiamo sentire il dovere di conservare per il futuro tale patrimonio.

Il quadro normativo si è nel frattempo arricchito con l'emanazione del DPR 357 del 8.9.97, che recepisce a livello italiano le due direttive comunitarie sopra richiamate, e del DM del 3.4.00, che ha approvato l'elenco di tutte le aree pSIC e ZPS presenti in Italia.

La Rete Natura 2000 in Emilia-Romagna

Anche in Regione Emilia-Romagna ci si è adoperati per individuare le aree che a livello ambientale costituivano i nodi più significativi della rete ecologica regionale e sono state così individuate 115 aree di notevole importanza (SIC e ZPS), in quanto in esse vivono specie animali e vegetali di estremo interesse per il mantenimento degli equilibri naturali e sono presenti habitat di particolare pregio.

I principali provvedimenti amministrativi regionali inerenti ai pSIC e/o alle ZPS sono state le delibere di Giunta n. 1017/99, n. 2042/00, n. 1242/02 e n. 1333/02, con le quali sono state proposte ufficialmente le 115 aree candidate a far parte della futura Rete Natura 2000.

Le aree ZPS ed i pSIC, in parte sovrapposti tra loro, occupano una superficie di oltre 210.000 ettari, pari al 10% dell'intero territorio regionale, e sono ubicati, per circa la metà, in aree protette quali parchi nazionali, regionali o riserve naturali.

La gestione della Rete Natura 2000

Il titolo stesso della Direttiva Habitat chiarisce che oggetto di tutela non sono solo gli spazi incontaminati, ormai molto ridotti nei territori antropizzati in cui viviamo, ma anche i territori gestiti attraverso pratiche colturali compatibili con la presenza di specie animali e vegetali selvatiche, in quanto, a volte, sono proprio i modi con cui l'uomo gestisce certe aree che determinano delle condizioni di sopravvivenza ottimali per talune specie, per cui gli spazi seminaturali, soprattutto quelli soggetti ad attività di tipo agro-silvo-pastorale sono anch'essi oggetto di interesse e di attenzione da parte di questi strumenti normativi in quanto, in definitiva, favoriscono l'aumento della biodiversità di un certo territorio.

Questa premessa spiega il fatto per cui il 25% delle aree pSIC e ZPS regionali sia soggetto ad attività agricola, mentre il 50% sia costituito da boschi ed il restante 25% è da classificare come aree incolte, corsi d'acqua, zone umide, aree peri-urbane, ed anche aree un tempo interessate dall'attività estrattiva ed ora pienamente recuperate a fini naturalistici.

La normativa vigente definisce in maniera chiara ed inequivocabile che, sia a livello pianificatorio, sia a livello di progettazione dei singoli interventi di trasformazione dell'uso del suolo, tra cui ovviamente va inserita anche l'attività estrattiva, è necessario che le autorità competenti verifichino 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.

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 ripristino.

In conclusione, si può affermare che l'attività estrattiva assume una duplice veste, in quanto da un lato, per la sua caratteristica di trasformare il territorio in maniera considerevole, va pianificata in modo molto preciso ed accurata, al fine di ridurre al massimo il suo impatto su specie ed habitat di pregio, mentre dall'altro, le ex-cave, qualora interessate da un oculato intervento di riqualificazione ambientale, possono costituire nel tempo un interessante nodo della rete ecologica.

Infatti, attraverso specifiche azioni di monitoraggio, si è potuto verificare che, soprattutto nelle ex-cave situate in pianura, una volta recuperate in maniera corretta a fini ambientali, si sono venuti a creare ambienti ad elevata biodiversità e di elevato pregio sia naturalistico che paesaggistico.

La Rete Natura 2000 costituisce, quindi, un patrimonio di fondamentale importanza anche per la nostra regione e 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 ripristino degli habitat naturali un tempo molto diffusi nel territorio regionale ed ora divenuti rari, secondo una logica che ha come punti di riferimento tre principali aspetti: la realizzazione di interventi sostenibili, le realizzazioni di azioni di recupero ambientale e la conservazione della biodiversità.

2.3 BIBLIOGRAFIA

- Accogli R., Scandura S. e Marchiori S., 1999. *Moltiplicazione di specie di interesse fitogeografico nell'Orto Botanico di Lecce*. Atti del 94° Congresso della Società Botanica Italiana, Ferrara 22-25 Settembre 1999: 153. Abstract.
- Barnhisel R.I., Darmody R.G. e W Daniels W.L. (eds.), 2000. *Reclamation of disturbed lands*. American Society of Agronomy and Academic Press, Madison (WI).
- Blasi C. e Paoletta A., 1992. *Progettazione ambientale*. Cave, fiumi, strade, parchi, insediamenti. NIS., Firenze.
- Bonafede F., Dallai D., Maffettone L. e Del Prete C., 1999. *Marsilea quadrifolia L. in Emilia-Romagna: distribuzione, ecologia e problematiche di conservazione integrata in situ/ex situ*. Atti del 94° Congresso della Società Botanica Italiana, Ferrara 22-25 Settembre 1999: 20. Abstract.
- Bradshaw A.D. e Chadwick M.J., 1980. *The restoration of land*. University California Press, Los Angeles.
- Buckley G.P. (ed.), 1995. *Biologica habitat reconstruction*. J. Wiley and Son, Chichester (UK).
- Cairns J. Jr (ed.), 1995. *Rehabilitating damaged ecosystems*. Lewis Publishers, Boca Raton (FL).
- Casalicchio G., 1978. *Chimica agraria. Il terreno*. CLUEB, Bologna.
- Casalicchio G. e Graziano P.L., 1980. *Chimica agraria. I fertilizzanti*. CLUEB, Bologna.
- Casalicchio G. e Vianello G., 1979. *Elementi di pedologia*. CLUEB, Bologna.
- Danielson R.M., 1985. *Mycorrhizae and reclamation of stressed terrestrial environments*. In: Tate R., Klein DL (eds.) *Soil reclamation processes*. Marcel Dekker, New York.
- Diaz G., Azcón-Aguilar C. e Honrubia M., 1996. *Influence of arbuscular mycorrhizae on heavy metal (Zn and Pb) uptake and growth of Lygeum spartium and Anthyllis cytisoides*. Plant Soil 180: 241-249.
- Dimaggio C. e Ghiringhelli R. (eds.), 1999. *Reti ecologiche in aree urbanizzate, atti del seminario*. Milano 5.2.1999. Angeli ed. Milano.
- Dinetti M., 2000. *Infrastrutture ecologiche*. Il Verde Editoriale, Milano.
- Estaun V., Savé R. e Biel C., 1997. *AM inoculation as a biological tool to improve plant revegetation of a disturbed soil with Rosmarinus officinalis under semiarid conditions*. Appl. Soil Ecol. 6: 223-229.
- Fagbola O., Osonubi O., Mulongoy K. e Odufa S.A., 2001. *Effects of drought stress and arbuscular mycorrhiza on the growth of Gliricidia sepium (Jacq.) Walp. and Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit*.
- Falk D.A., Millar C.I. e Olwell M., 1996. *Restoring diversity. Strategies for reintroduction of endangered plants*. Island Press, Whashington.
- Foggi B., Sposimo P., Grigioni A. e Sanesi G., 2001. *Interventi per la conservazione della biodiversità: Capraia e piccole isole dell'Arcipelago toscano*. Inf. Bot. Ital. 33 (1): 152-155.
- Franco D., 2000. *Paesaggio, reti ecologiche ed agroforestazione*. Il Verde Editoriale, Milano.
- Gerdol R., 1999. *Il significato naturalistico dei bacini di cava nel territorio pianiziale padano*. In (Biancardi D., a cura di) *Uomo e ambiente*: 23-26. SEI (Società Escavazione Inerti), Cento.
- Giardini L., 1977. *Agronomia generale*. Patron, Bologna.
- Haigh M.J. (ed.), 2000. *Reclaimed land. Erosion control, soils and ecology*. A.A.Balkema, Rotterdam.
- Herrera MA, Salamanca CP. e Barea JM. 1993. *Inoculation of woody legumes with selected arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia to recover desertified mediterranean ecosystems*. Appl. Environ. Microbiol 59: 129-133.
- Haselwandter K. e Bowen G.B., 1996. *Mycorrhizal relations in trees for agroforestry and land rehabilitation*. For. Ecol. Manage 81: 1-17.

- Jefries P. e Barea JM, 2001. *Arbuscular mycorrhiza - a key component of sustainable plant-soil ecosystems*. In "The Mycota IX. Fungal associations", Hock (Ed.). Springer-Verlag, Berlin Heidelberg: 95-113.
- Jordan W.R. III, Gilpin M.E. e Aber J.D, 1987. *Restoration ecology, A synthetic approach to ecological research*. Cambridge Univ. Press.
- Lal R. (eds.), 1999. *Soil quality and soil erosion*. CRC Press, Boca Raton (FL).
- Landeweert R., Hoffland E., Finlay R.D., Kuyper T.W. e Breemen N. van, 2001. *Linking plants to rocks: ectomycorrhizal fungi mobilize nutrients from minerals*. Trends in Ecology & Evolution 16 (5): 248-254.
- Landi R., 1999. *Agronomia ed ambiente*, Edagricole. Bologna.
- Leonardi A., Balduzzi P., Dellavedova R., Garbellini B., Greco G. e Rossi G., *Studi bio-ecologici a fini conservazionistici su alcune specie rare e/o minacciate in Italia settentrionale*. Atti del 94° Congresso della Società Botanica Italiana, Ferrara 22-25 Settembre 1999: 96. Abstract.
- Leonardi A. e Rossi G., 2001. *La gestione delle piante rare in pianura Padana: Leucojum aestivum L. in prati e boschi umidi*. Inform. Bot. Ital. 33(1): 244-247.
- Malcevschi S., 1999. *la rete ecologica della Provincia di Milano*. Quaderni del piano per l'area metropolitana milanese. Angeli ed., Milano.
- Malcevschi S., Bisogni L.G. e Gariboldi A., 1996. *Reti ecologiche e interventi di miglioramento ambientale*. Il Verde Editoriale, Milano.
- Mori C., 2000. *Le aree di riequilibrio ecologico*. Regione Emilia-Romagna, Bologna.
- Morisi A. (ed.), 2001. *Recupero e gestione ambientale della pianura. La rete ecologica nel Persicetano*. Cento Agricoltura Ambientale, Crevalcore (Bologna).
- Ottolini E. e Rossi P., 2002. *Conoscere e realizzare le reti ecologiche*. Istituto per i beni artistici, culturali e naturali della Regione Emilia-Romagna, Bologna.
- Panero M., 1987. *La salinità del terreno, dei fertilizzanti e delle acque di irrigazione*. REDA, Roma.
- Poldini L., 1991. *Atlante corologico delle piante vascolari nel Friuli Venezia-Giulia. Inventario floristico regionale. Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia - Direzione Regionale Foreste e Parchi, Università degli studi di Trieste. Dipartimento di Biologia. Udine*.
- Poldini L., Oriolo G., Vidali M., Raggi L. e Magliola C., 2001. *Dinamismo evolutivo della vegetazione quale presupposto per i ripristini ambientali. Primi risultati dal carso triestino goriziano*. Inform. Bot. Ital. 33(1): 231-233.
- Puppi G. e Vinay M., 1999. *Valutazione dei rimboschimenti: l'importanza della componente sotterranea*. 94° Congresso della Società Botanica Italiana. Ferrara, 22-25 Settembre 1999. Abstract: 72.
- Rattan L., 1991. *Soil quality and soil erosion*. CRC Press
- Regione Toscana, 2000. *Principi e linee guida per l'ingegneria naturalistica*. Regione Toscana, Firenze.
- Requena N., Jeffries P. e Barea JM, 1996. *Assessment of natural mycorrhizal potential in a desertified semiarid ecosystem*. Appl. Environ. Microbiol. 62: 842-847.
- Requena N., Jimenez I., Toro M. e Barea JM., 1997. *Interactions between plant-growing-promoting rhizobacteria (PGPR), arbuscular mycorrhizal fungi and Rhizobium spp. in the rhizosphere of Anthyllis cytisoides, a model legume for revegetation in mediterranean semiarid ecosystems*. New Phytol 136: 667-677.
- Rogo R., 1995. *La concimazione organica e le tecniche di compostaggio*. Demetra, Verona.
- Romano B., 2000. *Continuità ambientale*. Andromeda ed., Teramo.
- Roose E., 1994. *Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES)*. Ed. FAO, Roma.
- Rossi G. (ed.), 1996. *Riserva naturale di Alfonsine*. Regione Emilia-Romagna, Bologna.
- Russell E.W., 1982. *Il terreno e la pianta. Fondamenti di agronomia*. Edagricole, Bologna.
- Santoni I., 1981. *Conoscere il terreno*. REDA, Roma.

- Schiechl H. M., 1991. *Bioingegneria forestale. Biotecnica naturalistica*. Ed. Castaldi, Feltre (BL).
- Schwab G.O., Fangmeier D.D., Elliot W.J. e Frevert R.K., 1992. *Soil and water conservation engineering*. John Wiley & Sons, New York.
- Sequi P. (ed.), 1989. *Chimica del suolo*. Patron Editore, Bologna.
- Smith SE. e Read DJ., 1997. *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press, London.
- Schramm JR. 1966. *Plant colonization studies on black wastes from anthracite mining in Pennsylvania*. Trans. Am. Phil. Soc. 56: 1-194.
- Tate R.L. III e Klein D.A., 1985. *Soil reclamation processes. Microbiological analyses and applications*. Marcel Dekker Inc., New York.
- Tosca A., Cerabolini B., De Andreis R. e Ceriani E. R. M., 1999. *Culture in vitro per la conservazione di alcune specie delle praterie prealpine ad elevata biodiversità*. Atti del 94° Congresso della Società Botanica Italiana, Ferrara 22-25 Settembre 1999: 92. Abstract.
- Tueller P.T. (eds.), 1988. *Vegetation science applications for rangeland analysis and management*. Kluwer Acc.Press, Dordrecht, (NL).
- Ubaldi D., 1997. *Geobotanica e Fitosociologia*. Clueb, Bologna.
- Ubaldi D., Zanotti A.L., Puppi G., Speranza M. e Corbetta F., 1987. *Sintassonomia dei boschi caducifogli mesofili dell'Italia peninsulare*. Not. Fitosoc. 23: 31-62.
- Ubaldi D., Puppi G. e Zanotti A.L., 1996. *Cartografia fitoclimatica dell'Emilia-Romagna. Carta Scala 1: 500.000*. Regione Emilia-Romagna, Bologna.
- Vismara R, 1988. *Ecologia applicata*. Hoepli, Milano.
- Williamson N.A., Johnson M.S. e Bradshaw A.D., 1982. *Mine waste reclamation. The establishment of vegetation on metal mine wastes*. Mining Journal Books, Londra.
- Zucconi F., 1996. *Declino del suolo e stanchezza del terreno*. Spazio Verde, Padova.