

 ENGINEERING AND CONSTRUCTION				Relazione							
				Document / Documento n. PBSMA20860				Sheet Pagina 1 of di 64			
PROJECT Progetto				MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE						Security Index Indice Sicurezza	
										Internal Use / P	
TITLE Titolo				LOTTO A – INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA Linee guida di ingegneria naturalistica per i progettisti							
CLIENT Cliente				ENEL GLOBAL GENERATION – GENERATION ITALY CCGT/OIL & GAS - PRESIDIO EX AREA MINERARIA - SANTA BARBARA							
JOB no.				Document no.							
CLIENT SUBMITTAL Inoltro al Cliente		<input type="checkbox"/> FOR APPROVAL Per Approvazione		<input type="checkbox"/> FOR INFORMATION ONLY Per Informazione		<input type="checkbox"/> NOT REQUESTED Non Richiesto					
SYSTEM Sistema	...	APPL. TO SECT. Valido per le sez.	...	DOC. TYPE Tipo Doc.	TL	DISCIPLINE Disciplina	C	FILE File	PBSMA2086004		
REV	DESCRIPTION OF REVISIONS / Descrizione delle revisioni										
00	Prima emissione										
01	Prima revisione										
02	Seconda revisione										
03	Terza revisione										
04	Quarta revisione										
PROGETTAZIONE GENERALE Dott. Ing. Marco Bologna Il presente documento è sottoscritto con firma digitale ai sensi dell'art. 21 del D.Lgs. 82/2005 PROGETTAZIONE SPECIALISTICA Dott. Ing. Massimo Sartorelli Il presente documento è sottoscritto con firma digitale ai sensi dell'art. 21 del D.Lgs. 82/2005											
04	30.09. 19	FC	M.Sa	F.Ga					M.Bo	M.Bo	
			GRAIA	CIV					DPL	PE	
REV	Date Data	Scope Scopo	Prepared by Preparato	Co-operations Collaborazioni				Approved by Approvato	Issued by Emesso		

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 ENGINEERING AND CONSTRUCTION	MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA20860
	LOTTO A - Linee guida di ingegneria naturalistica per i progettisti	REV. 04 30.09.19 Sheet 4 64 <i>Pagina</i> <i>f</i> <i>di</i>

3.5.2	MA-08 Cave Vecchie - Stabilizzazione frana mediante riprofilatura versanti (scavi sommitali con riporti al piede) e trincee drenanti	62
3.5.2.1	Linee guida	63
3.5.3	IA-04 Borro Lanzi esistente – Riprofilatura/Tombamento dell'alveo esistente	63
3.5.3.1	Linea guida	63
3.5.4	Interventi diffusi	63
4.	Riferimenti bibliografici	64

	MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA20860
	LOTTO A - Linee guida di ingegneria naturalistica per i progettisti	REV. 04 30.09.19 Sheet 0 <i>Pagina</i> 7 f 64 di

2.1 RN01 - RIQUALIFICAZIONE AREE UMIDE

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

La riqualificazione di aree umide può essere attuata attraverso la realizzazione di fasce piantumate lungo le sponde di corsi d'acqua e di piccoli specchi d'acqua. Inoltre, in corrispondenza di versanti poco acclivi è possibile realizzare fasce di divagazione laterali del corso d'acqua, funzionali e strategiche alla realizzazione di importanti habitat idonei per la vegetazione acquatica e igrofila, oltre che per la fauna acquatica.

Gli interventi previsti per la riqualificazione delle aree umide sono rappresentati dalle seguenti operazioni:

- pulizia delle aree mediante taglio della vegetazione, evitando di eliminare le specie autoctone;
- rimodellamento delle rive creando in alveo una fascia di divagazione laterale mediante la posa di soglie e deflettori consolidata con alcuni interventi di ingegneria naturalistica (ad es. rulli spondali) e poi piantumata con elofite e idrofite locali;
- le sponde interessate dai lavori sono consolidate con biostuoia in cocco (almeno 500 gr/m²) e piantumate con specie arbustive autoctone, si possono prevedere lantana (*Viburnum lantana*) e biancospino (*Crataegus monogyna*), ligustro (*Ligustrum vulgare*), corniolo (*Cornus mas*) e specie arboree quali ontano nero (*Alnus glutinosa*) e Salice bianco (*Salix alba*) nelle zone più umide, e altre specie mesofile quali frassino (*Fraxinus oxycarpa*), ciliegio (*Prunus anium*), ciliegio canino (*Prunus mahaleb*).

INTERVENTI REALIZZATI



Intervento di riqualificazione intra-alveo
(Roggia Vernavola, Pavia)

2.2 RN02 – SENTIERISTICA

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Le funzioni fondamentali svolte da una struttura viaria, carrabile o pedonale, sono le seguenti:

- garantire una superficie regolare;
- conferire al corpo stradale una resistenza nel tempo all'usura;
- distribuire i carichi su un'area più grande rispetto alle impronte delle ruote dei veicoli o

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 ENGINEERING AND CONSTRUCTION	MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA20860
	LOTTO A - Linee guida di ingegneria naturalistica per i progettisti	REV. 04 30.09.19 Sheet o <i>Pagina</i> 8 f 64 di

di calpestio dei pedoni, così da consentire ai terreni *in situ* di sopportare le sollecitazioni di compressione, a cui vengono sottoposti.

La struttura viaria è composta da una parte più superficiale, sovrastruttura, a sua volta composta da uno strato di base e dalla pavimentazione vera e propria, che poggia o direttamente sul terreno, il sottofondo, o su uno strato di fondazione, quando è necessario migliorare le caratteristiche di uniformità e capacità portante della struttura.

La realizzazione di una struttura stradale *ex-novo* comporta sempre le seguenti fasi:

- scotico del terreno vegetale per almeno 25-30 cm;
- verifica dello stato del sottofondo e i conseguenti interventi di addensamento o bonifica;
- realizzazione dello strato di base (o fondazione se necessario);
- realizzazione della pavimentazione vera e propria;
- costruzione delle opere di drenaggio per la raccolta e l'allontanamento delle acque.

L'asportazione della vegetazione e delle radici eventualmente presenti lungo il tracciato e i relativi bordi per una profondità variabile a seconda del percorso deve avvenire in modo tale da non compromettere l'ambiente attraversato, in particolare si deve evitare il taglio di esemplari arborei significativi.

Il **sottofondo** è costituito dal terreno naturale presente *in situ* e costituisce lo strato portante. Le sue caratteristiche possono variare lungo il percorso e dipendono dai seguenti parametri: topografia, natura dei suoli e drenaggio.

Nel caso dei percorsi progettati per la mobilità lenta e dolce la topografia non rappresenta un problema, qualora il relativo tracciato venga individuato in presenza di pendenze moderate; si consiglia una massima pendenza longitudinale pari al 5% e un valore massimo per quella trasversale pari al 4%. Qualora la topografia non consenta i suddetti valori di pendenza, questi possono essere adeguati in base allo scopo che l'infrastruttura dovrà soddisfare e all'importanza della stessa nel contesto progettuale: infatti se il percorso rappresenta un elemento fondante del progetto e l'orografia del terreno non permette di mantenere pendenze lievi (se non a seguito di complessità progettuali e realizzative significativamente maggiori), è giustificabile realizzare il tracciato con pendenze anche maggiori di quelle sopra consigliate per brevi tratti.

Per quanto riguarda la natura dei suoli si deve considerare la tessitura, la suscettibilità al congelamento, la permeabilità, ossia la capacità drenante del terreno, e la capacità portante.

La capacità di drenaggio è un tema fondamentale per la buona riuscita della struttura. È importante non alterare con il percorso il sistema delle acque superficiali e sotterranee.

L'allontanamento delle acque nel caso di percorsi verdi può avvenire attraverso l'*open drainage*, nel quale l'acqua scorre sulla superficie e negli strati sottostanti verso una canaletta di drenaggio a lato del percorso, per poi essere dispersa nel terreno, oppure dopo essere convogliata nella canaletta l'acqua viene allontanata con apposito collettore verso un ricettore, (corso d'acqua, lago...).

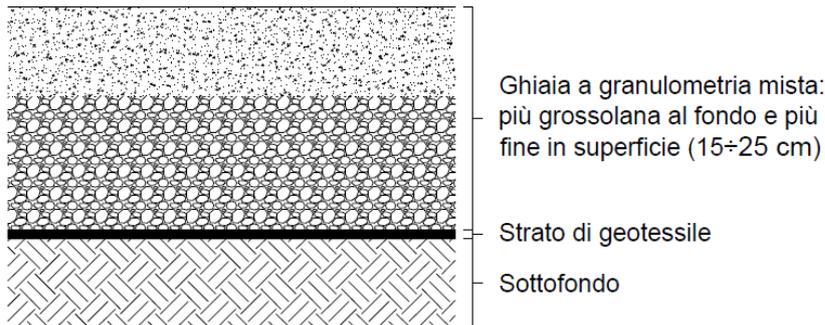
Nel caso di zone umide il percorso deve essere realizzato con strutture sopraelevate.

Lo **strato di base**, posto tra il sottofondo e la pavimentazione vera e propria, ha il compito di trasferire e distribuire i carichi dalla superficie al terreno. Lo strato di base svolge anche una

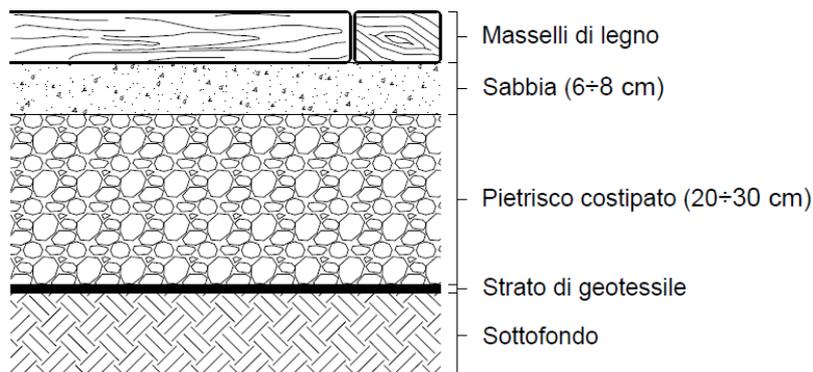
 ENGINEERING AND CONSTRUCTION	MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA20860
	LOTTO A - Linee guida di ingegneria naturalistica per i progettisti	REV. 04 30.09.19 Sheet 0 <i>Pagina</i> 10 f 64 di

SCHEMI TIPOLOGICI

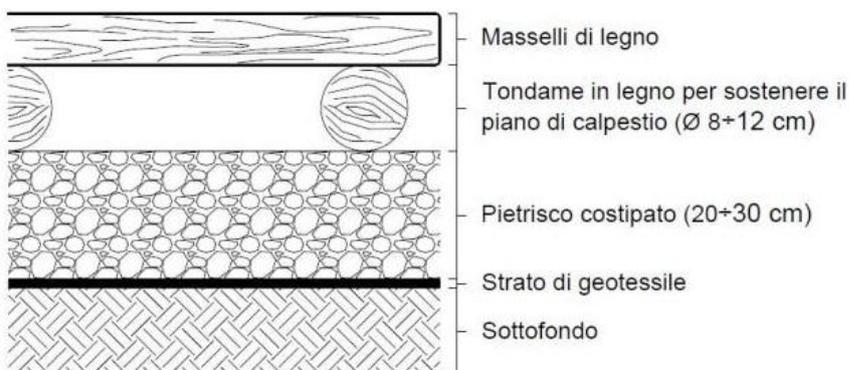
SEZIONE SENTIERO - TIPOLOGICO A



SEZIONE SENTIERO - TIPOLOGICO B



SEZIONE SENTIERO - TIPOLOGICO C



This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 ENGINEERING AND CONSTRUCTION	MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA20860
	LOTTO A - Linee guida di ingegneria naturalistica per i progettisti	REV. 04 30.09.19 Sheet 0 <i>Pagina</i> 11 f 64 di

INTERVENTI REALIZZATI



Sentiero in terra naturale
(Comune di Cagno,
Provincia di Como)



Esempio realizzativo di
passerella rialzata in
legname.

2.3 RN03 - PUNTI DI OSSERVAZIONE

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Lungo i percorsi per la fruizione di aree naturali possono essere posizionate delle strutture in legno funzionali alla creazione di punti dai quali osservare la fauna selvatica senza arrecare disturbo agli animali, in particolare per praticare il *birdwatching*.

Tali strutture possono consistere in pareti realizzate con masselli di legno fissati con chiodatura a pali in legno infissi nel terreno, lungo le quali si devono creare delle piccole aperture a diverse altezze, oppure in capanni, anche rialzati dal terreno, costituiti da strutture prefabbricate in legno, dotati anch'essi di aperture poste a diverse altezze. I capanni possono essere concepiti in modo tale da consentire la visita ad un ampio spettro di visitatori, ossia senza barriere architettoniche.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

	MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA20860
	LOTTO A - Linee guida di ingegneria naturalistica per i progettisti	REV. 04 30.09.19 Sheet 0 <i>Pagina</i> 13 f 64 di

2.4 FA01 E FA02 - FILARE ARBOREO E ARBOREO/ARBUSTIVO

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

La realizzazione di nuovi percorsi di carattere ciclopedonale può essere accompagnata dalla creazione di quinte arboree che vengono a costituire un nuovo elemento paesaggistico e permettono di ottenere tracciati ombreggiati a vantaggio dei fruitori, in particolare nel corso della stagione estiva.

La piantumazione di un filare arboreo/arbustivo deve avvenire secondo uno schema di sesto d'impianto che tenga conto innanzitutto dello spazio minimale per consentire il regolare sviluppo delle piante e dello spazio necessario a consentire l'accesso a personale e mezzi per le eventuali attività di manutenzione.

Gli arbusti hanno in genere un maggiore sviluppo in larghezza, di almeno 1 metro intorno al proprio asse centrale (fusto), mentre le piante arboree necessitano comunque di spazi superiori che cambiano in base alla grandezza potenziale delle specie (piante di I, II, III e IV grandezza). I sestetti d'impianto di seguito proposti tengono dunque in considerazione il potenziale di accrescimento delle piante utilizzate.

La possibilità di consentire un buon sviluppo della parte epigea delle piante si riflette anche sull'apparato radicale che potrà svilupparsi proporzionalmente in modo più corretto se si manterrà una distanza idonea tra individui.

La realizzazione dell'intervento avviene attraverso la messa a dimora di piantine forestali, in buche di idonea dimensione, compresa la ricolmatura con compressione del terreno, la formazione di una conca intorno al fusto per facilitare l'approvvigionamento idrico, posizionate tramite segnapianta in bambù e protette da uno shelter. Può essere valutata l'opzione di impiegare piante a pronto effetto con l'effetto positivo di dare da subito un assetto strutturato all'intervento di piantumazione. Le piante a pronto effetto sono già ben conformate, con altezze di circa 3-4 m, il cui fusto già ben sviluppato consente di avere delle chiome già confinate nella parte superiore della pianta, tali da non interferire con il passaggio lungo le eventuali piste esistenti o di nuova realizzazione.

Il materiale vegetale deve provenire da vivaio, avere un'origine certificata ed essere trasportato in vaso o con pane di terra. I parametri di riferimento sono: altezza minima compresa tra 0,30 e 1,2 m per gli arbusti e 0,50 ÷ 1,50 m per gli alberi, età 2 ÷ 5 anni.

La posa della piantina deve essere effettuata previa verifica delle buone condizioni fitosanitarie, della sua buona conformazione, del giusto rapporto tra apparato radicale e chioma, eventualmente potando opportunamente la parte ipogea o epigea per equilibrarne la struttura.

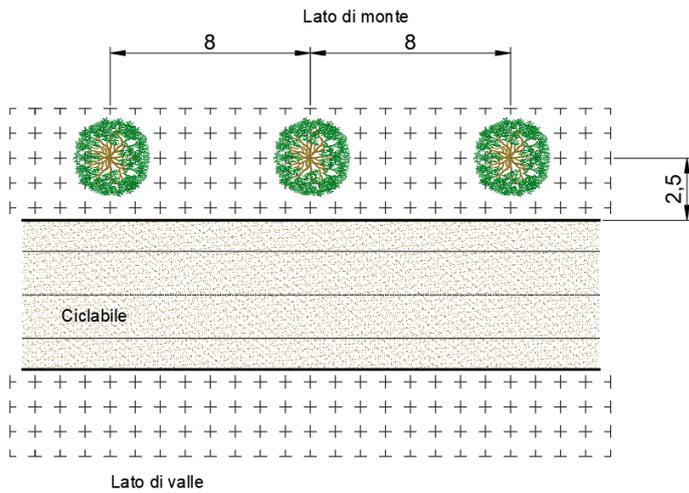
Per quanto riguarda gli esemplari a pronto effetto è opportuno prevedere la concimazione e la posa di 2 pali tutori trattati in autoclave, con opportune legature fotodegradabili.

Si potrà rifinire il lavoro con la posa di pacciamanti (dischi pacciamanti in fibra naturale, feltri, paglia, corteccia di resinose, pietrame) e di ritentori idrici in caso di siccità prolungata durante l'estate.

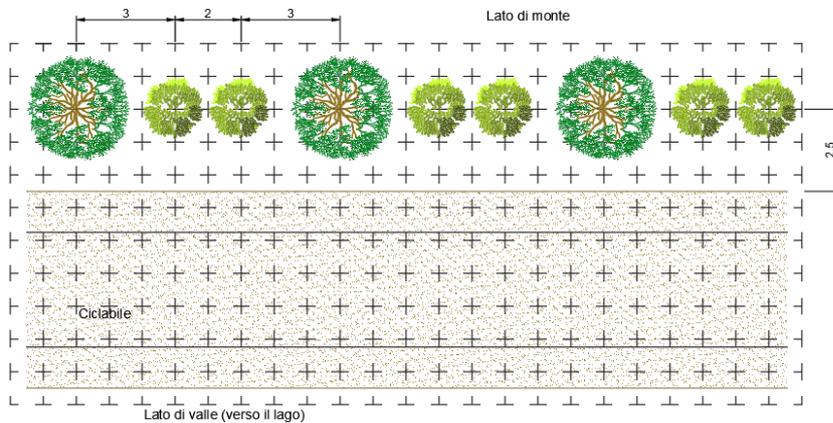
Il trapianto delle piante in zolla o contenitore deve essere fatto evitando i periodi aridi estivi o di gelo invernale. In generale si ritiene idoneo eseguire gli interventi fra novembre e marzo-aprile.

 ENGINEERING AND CONSTRUCTION	MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA20860
	LOTTO A - Linee guida di ingegneria naturalistica per i progettisti	REV. 04 30.09.19 Sheet 14 ^o <i>Pagina</i> f 64 di

SCHEMI TIPOLOGICI



Schema d'impianto FA01
Filare arboreo a cipressi



Schema d'impianto FA02
Filare arboreo-arbustivo



Particolare della messa a dimora delle piantine

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 ENGINEERING AND CONSTRUCTION	MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA20860
	LOTTO A - Linee guida di ingegneria naturalistica per i progettisti	REV. 04 30.09.19 Sheet 0 <i>Pagina</i> 18 f 64 di

attraverso la messa a dimora di piantine forestali, in buche di idonea dimensione, compresa la ricolmatura con compressione del terreno, la formazione di una conca intorno al fusto per facilitare l'approvvigionamento idrico, posizionate tramite segnapianta in bambù e protette da uno shelter.

Il materiale vegetale deve provenire da vivaio, avere un'origine certificata ed essere trasportato in vaso o con pane di terra. I parametri di riferimento sono: altezza minima compresa tra 0,30 e 1,2 m per gli arbusti e 0,50 ÷ 1,50 m per gli alberi, età 2 ÷ 5 anni.

La posa della piantina deve essere effettuata previa verifica delle buone condizioni fitosanitarie, della sua buona conformazione, del giusto rapporto tra apparato radicale e chioma, eventualmente potando opportunamente la parte ipogea o epigea per equilibrarne la struttura.

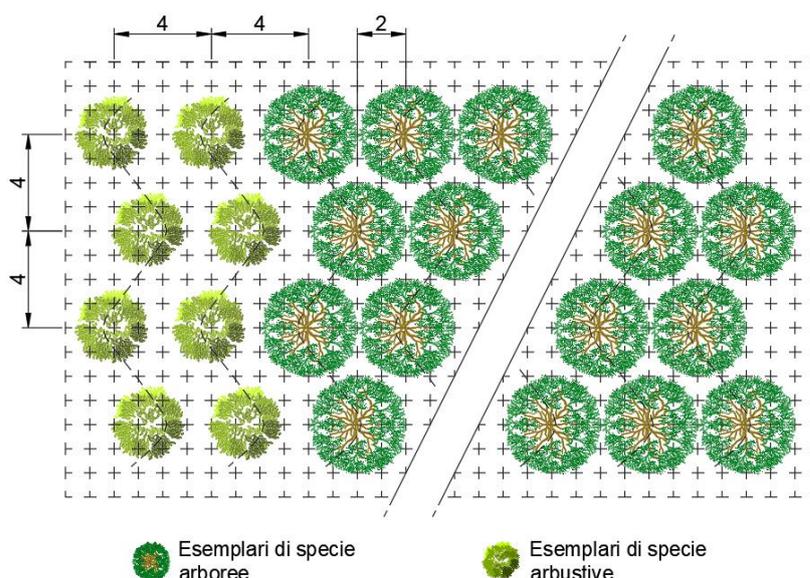
Si potrà rifinire il lavoro con la posa di pacciamanti (dischi pacciamanti in fibra naturale, feltri, paglia, corteccia di resinose, pietrame) e di ritentori idrici in caso di siccità prolungata durante l'estate.

Il trapianto delle piante in zolla o contenitore deve essere fatto evitando i periodi aridi estivi o di gelo invernale. In generale si ritiene idoneo eseguire gli interventi fra novembre e marzo-aprile.

*All. A (Elenco degli alberi e arbusti costituenti la vegetazione forestale della Toscana art. 3) della LR 39/2000

**All. A (Elenco degli alberi e arbusti costituenti la vegetazione forestale della Toscana art. 3) e D (Specie soggette alla disciplina del materiale forestale di propagazione, art. 77) della LR 39/2000

SCHEMI TIPOLOGICI



Schema d'impianto
Bosco meso-termofilo

 ENGINEERING AND CONSTRUCTION	MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA20860
	LOTTO A - Linee guida di ingegneria naturalistica per i progettisti	REV. 04 30.09.19 Sheet 19 64 <i>Pagina</i> <i>f</i> <i>di</i>

INTERVENTI REALIZZATI



Impianto forestale in prossimità del canale Fosson Morto (Comune di Morimondo, città metropolitana di Milano)

2.7 PA01 - LAMINETO

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

In ambiti lacustri, un particolare intervento di rinaturalizzazione riguarda la messa a dimora di piante acquatiche radicate sommerse. L'intervento è da realizzarsi a diverse profondità (in genere comprese nei primi 6-8 metri dal pelo libero e dipendente dai gradi di trasparenza delle acque) e su idonei substrati secondo le esigenze ecologiche delle specie. L'idoneità dei siti d'impianto e le operazioni di posa dovranno essere valutate e realizzate, in genere, da attività subacquee, che andrà in primo luogo a identificare le specie idonee da impiegare per l'intervento e soprattutto le aree ed i *range* batimetrici ottimali per la piantumazione. Tuttavia nel caso in esame, dato l'attuale livello lacustre (circa 139 m s.l.m.) di gran lunga inferiore a quello di progetto (146 m s.l.m.), l'attività potrà essere svolta da terra in concomitanza del riempimento del lago di Castelnuovo.

Data la mancanza di consolidate esperienze in ambito lacustre, viene di seguito descritto un intervento sperimentale di rinaturalizzazione di un tratto di fondale lacustre effettuato nel Golfo di Lugano. Le specie impiegate sono state prelevate in altre zone del medesimo bacino e posate nelle aree individuate. L'attività è stata condotta nel modo seguente:

- gli operatori subacquei hanno prelevato piantine adulte di *Vallisneria spiralis* e di *Myriophyllum spicatum* in aree con coperture dense, ponendo particolare attenzione a non danneggiare gli apparati radicali e selezionando i soggetti meglio strutturati;
- le piantine prelevate sono state trasportate in secchi d'acqua su imbarcazioni nei siti d'impianto;
- durante il trasporto le piantine sono state selezionate e raccolte in gruppi monospecifici e polispecifici costituendo dei piccoli mazzetti legati insieme con spago;

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 ENGINEERING AND CONSTRUCTION	MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA20860
	LOTTO A - Linee guida di ingegneria naturalistica per i progettisti	REV. 04 30.09.19 Sheet o <i>Pagina</i> 21 f 64 di

2.8 PA02 - CANNETO PALUSTRE

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

La presenza di un fondale lacustre vegetato dà vita a preziosi habitat per pesci e per gli invertebrati presenti; gli avannotti e i pesci di taglia minore trovano validi rifugi dai predatori, nascondendosi tra le erbe acquatiche più folte, mentre le specie predatrici approfittano della copertura vegetale per tendere i loro agguati. Gli invertebrati acquatici colonizzano il fusto e le foglie delle piante, la cui presenza incrementa notevolmente la diversità delle comunità macrobentoniche litorali. La vegetazione rappresenta poi una fonte alimentare, diretta per gli organismi fitofagi, indiretta per quelli detritivori, che si cibano dei resti in decomposizione. In particolare la presenza di ampie fasce a canneto garantisce il sostentamento per popolazioni ornitiche e anfibe.

La creazione di fasce a canneto permette quindi di incrementare il valore ecosistemico di un bacino lacustre, seppur di origine artificiale. L'intervento prevede, quindi, la messa a dimora di piantine di *Phragmites australis* (cannuccia di palude) lungo le sponde del lago di Castelnuovo.

Ai fini del corretto ancoraggio al fondale dei soggetti, è consigliabile l'impiego di piantine già adulte e ben strutturate, che quindi siano dotate di un apparato radicale consistente, tale da ridurre il rischio di sradicamenti soprattutto nelle prime fasi successive l'impianto; unitamente a questo è necessario comunque operare un affrancamento artificiale, indispensabile fino a quando le piantine non abbiano sviluppato un nuovo apparato nel substrato d'impianto.

In merito alle modalità di esecuzione, a seconda del gradiente idrico presente nelle aree d'impianto, si distinguono specifiche tipologie d'intervento. La realizzazione di rive vegetate a canneto può avvenire mediante diverse modalità, che variano a seconda delle condizioni delle rive (acclività, substrato) e delle sue finalità (ad esempio in presenza di lievi dissesti si adottano delle tipologie con effetto anche di consolidamento). In assenza di problemi di stabilità delle sponde, con le rive che si presentino poco o non acclivi e vi sia un buon substrato d'impianto, è possibile posare direttamente le zolle di canneto lungo la sponda. Diversamente, si impiegano altre tipologie, come dettagliato di seguito.

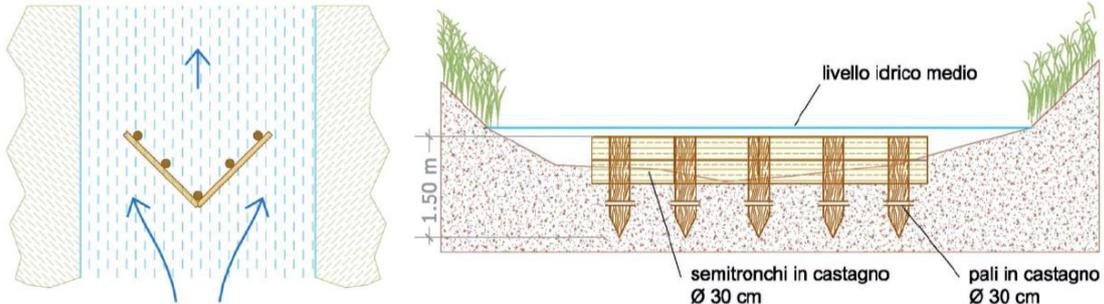
In seguito all'affermazione dei canneti, nota la dinamica di diffusione della vegetazione mediante stoloni, le piante tenderanno a colonizzare le prime fasce sub-litorali, fino a battenti idrici anche prossimi ad un metro, creando habitat acquatici graditi all'ittiofauna.

Le modalità d'impianto sono le seguenti:

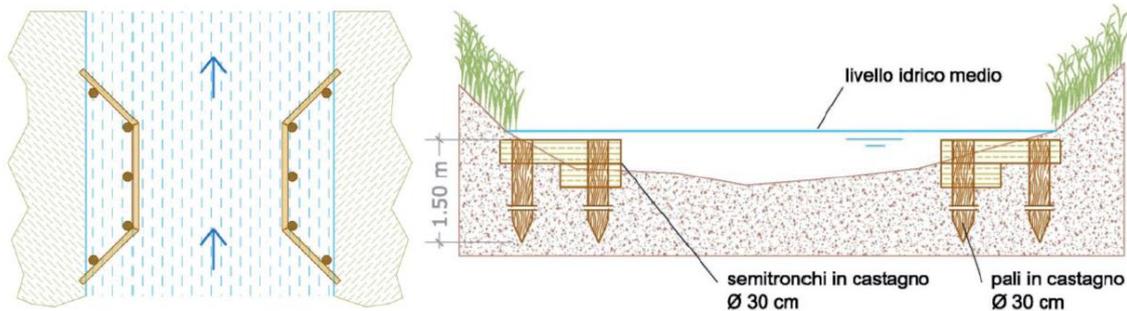
- le zolle di canneto devono essere posate fittamente, partendo dal bordo inferiore della scarpata e procedendo verso l'alto;
- qualora vengano impiegate piante adulte, nel periodo di riposo vegetativo o a inizio primavera dovranno essere tagliate le piante a circa 10-15 cm dal terreno e poi posate nel breve periodo o eventualmente conservate in aree o bacini con terreno sempre umido;
- nel primo mese dall'impianto, le zolle, se non già presenti in terreno umido per la prossimità ai livelli idrici, dovranno essere mantenute umide;
- in presenza di buone condizioni soprattutto di approvvigionamento idrico, le specie del canneto tendono in breve tempo ad affermarsi ed accrescersi.

La realizzazione di rive vegetate a canneto può avvenire anche mediante l'impiego di biostuoie vegetate a cannuccia di palude. La stuoia funziona da supporto vegetativo ed è

Deflettore a V



Costrittore



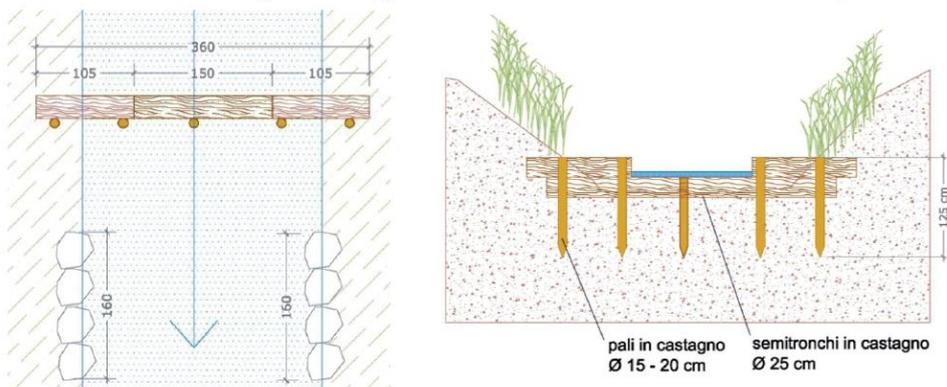
INTERVENTI REALIZZATI



Intervento di diversificazione dell'alveo di un canale di connessione tra il fiume Oglio e un lanca laterale (Parco Regionale dell'Oglio nord, Comune di Pumenengo, Provincia di Bergamo)

SCHEMI TIPOLOGICI

Soglia in legname



INTERVENTI REALIZZATI



Intervento di diversificazione dell'habitat fluviale lungo la roggia Molgoretta (Comune di Missaglia, Provincia di Lecco)

 ENGINEERING AND CONSTRUCTION	MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA20860
	LOTTO A - Linee guida di ingegneria naturalistica per i progettisti	REV. 04 30.09.19 Sheet 0 <i>Pagina</i> 32 f 64 di

INTERVENTI REALIZZATI



Palificata doppia, sponda del lago d'Iseo (particolare in fase realizzativa e ripresa aerea dopo il completamento dell'opera)



2.13 DS02 - SCOGLIERA IN MASSI RINVERDITA

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Questo tipo di opera di difesa spondale consiste nel posizionare una schiera di massi ciclopici lungo le rive, conferendo alla sponda una superficie inclinata. Negli spazi tra i massi vengono inseriti astoni di salice o di altre specie con analoghe capacità biotecniche che, radicando, contribuiscono alla stabilizzazione dell'opera. Trattasi di un intervento che, se mal realizzato, può avere effetti negativi sia sull'assetto idraulico del corso d'acqua, sia sull'habitat fluviale. Per evitare che la forza della corrente in prossimità del piede possa dar luogo a fenomeni erosivi e quindi scalzare alla base la scogliera, è necessario che esse siano dotate di fondazioni profonde e di soglie trasversali inserite nel fondo dell'alveo; sia la fondazione che le soglie devono essere realizzate con massi ciclopici. Durante la progettazione di questi interventi è necessario studiare bene sia la dimensione dei massi da utilizzare, sia la profondità di fondazioni e soglie, in modo che l'intervento possa essere duraturo e resistere alle piene.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 ENGINEERING AND CONSTRUCTION	MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA20860
	LOTTO A - Linee guida di ingegneria naturalistica per i progettisti	REV. 04 30.09.19 Sheet o <i>Pagina</i> f di 64 35

L'intervento prevede l'impiego di fascine di legna (in genere di latifoglie, evitando il castagno, ricco di tannino, e le piante che, come il tiglio, hanno poca resistenza all'azione disgregatrice dell'acqua), che vengono tra loro assemblate a formare file sovrapposte, generando una struttura articolata e ramificata, idonea a costituire aree di rifugio per pesci, grazie alla diversa disposizione delle fascine.

Ciascuna fascina risulta formata da raggruppamenti di ramaglia con diametro massimo di 4-5 cm, di lunghezza minima di 2 m e diametro complessivo minimo di 0,60 m. Gli elementi dovranno presentare la parte più ramificata e sottile in un unico verso.

In merito alle modalità realizzative, la costruzione e la posa di legnaie prevede quanto segue:

- per l'appesantimento delle fascine devono essere utilizzate bacchette di ferro (del tipo per armature di cemento armato) di diametro minimo 20 mm in lunghezza di 2 m ed in numero minimo di 3 per fascina. Il numero delle bacchette di ferro è in funzione delle dimensioni del diametro delle ramaglie utilizzate e della freschezza del legname; si inseriscono all'interno delle fascine e vengono legate a loro volta al fil di ferro di chiusura, per evitare che nella movimentazione degli elementi si possano sfilare;
- le bacchette possono eventualmente essere sostituite da corpi morti in calcestruzzo. In questo caso, per il collegamento tra i corpi morti e gli elementi vegetali, andranno impiegati spezzoni di catene in acciaio zincato a caldo del tipo genovese con diametro dell'anello minimo di 6 mm, collegate ed ancorate mediante tirafondi a vite, false maglie, grilli, ecc. e correttamente fissate agli elementi, per evitarne lo sgancio accidentale e la disgregazione del materiale vegetale.
- le fascine andranno posate per strati sovrapposti, con disposizione ortogonale tra ogni singolo strato, fino ad ottenere la struttura e le dimensioni desiderate. Per la realizzazione di ogni strato verranno predisposte file parallele di fascine distanti l'una dall'altra di almeno un diametro delle fascine stesse;
- dato che l'impiego delle legnaie è particolarmente idoneo alla creazione di zone di deposizione delle uova e di riproduzione, la posa deve avvenire alle profondità note per il sito d'intervento in cui le specie depongono. Il rispetto dei parametri di profondità risulta vincolante per la riuscita dell'intervento con riferimento alla sua finalità ecologica. Qualora le pendenze delle aree di posa fossero accentuate, le fascine dovranno essere picchettate nella misura sufficiente a garantirne l'immobilità nel fondale.

 ENGINEERING AND CONSTRUCTION	MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA20860
	LOTTO A - Linee guida di ingegneria naturalistica per i progettisti	REV. 04 30.09.19 Sheet 0 <i>Pagina</i> 36 f 64 di

INTERVENTI REALIZZATI



Operazioni di posa di legnaie in ambiente lacustre (lago d'Iseo)



Operazioni di posa di legnaie in ambiente lacustre (lago d'Iseo)

2.15 HI02 - ALBERI FRONDOSI/CEPPAIE

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'impiego di piante intere, meglio con la ceppaia, è una tipologia molto vantaggiosa per interventi di riqualificazione in ambito lacustre, poiché può prevedere sia materiale eventualmente reperibile in loco sia quello risultante da tagli di alberi, inoltre non necessita di alcun tipo di lavorazione, se non la perforazione del tronco per l'ancoraggio a un corpo morto.

La posa di piante sul fondale permette la creazione di un substrato per gli organismi acquatici e degli ottimi rifugi per i pesci. Possono essere impiegate sia conifere che latifoglie con dimensioni in lunghezza minime di 5-6 m e diametro della chioma minimo di 2-3 m. Per entrambe non si prevede alcun intervento di sfoltimento della chioma, se non potature

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 ENGINEERING AND CONSTRUCTION	MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA20860
	LOTTO A - Linee guida di ingegneria naturalistica per i progettisti	REV. 04 30.09.19 Sheet o <i>Pagina</i> 40 f 64 di

INTERVENTI REALIZZATI



Operazioni di posa in ambiente lacustre di alberi frondosi e ceppaie (lago d'Iseo)



Operazioni di posa in ambiente lacustre di alberi frondosi e ceppaie (lago d'Iseo)

2.16 HI03 - SPIAGGE IN GHIAIA PER LA RIPRODUZIONE ITTICA

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Un altro intervento che si rivela da alcuni anni molto utile a supporto delle specie ittiche lacustri è la posa dei letti di frega. Ci si riferisce in particolare al caso delle specie a deposizione litorale litofila, come alborelle, agoni e lavarelli.

L'allestimento dei letti di frega è un'operazione che deve essere compiuta in periodo immediatamente pre-riproduttivo. Tale intervento consiste nella sistemazione di uno strato in ghiaia pulita lungo le rive lacustri, realizzando un importante habitat, idoneo come substrato per la deposizione delle uova. Concretamente, in acque basse litorali viene posato uno strato di circa 30 cm di ghiaia, avente granulometria 2-5 cm, steso omogeneamente con semplici rastrelli.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 ENGINEERING AND CONSTRUCTION	MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA20860
	LOTTO A - Linee guida di ingegneria naturalistica per i progettisti	REV. 04 30.09.19 Sheet 0 <i>Pagina</i> 44 f 64 di

2.19 HT01 - CUMULI DI PIETRE

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'obiettivo dell'intervento è quello di creare rifugi per piccoli animali come serpenti, anfibi e insetti.

I cumuli di pietre sono realizzati mediante la posa di pietre preferibilmente grandi, previa formazione di uno scavo, in mucchi o in argini dell'altezza di vari metri. Internamente all'accumulo è possibile collocare ceppaie e ramaglie. L'intervento può essere realizzato in ogni stagione.

INTERVENTI REALIZZATI



Cumuli di pietre lungo le sponde del lago d'Iseo

2.20 HT02 - ACCUMULI DI FIENO

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'obiettivo dell'intervento è la creazione di habitat per serpenti ed anfibi soprattutto in zone protette o vicino alle sponde.

L'intervento viene realizzato attraverso l'impiego di erba e cannuce tagliate, che vengono fatte seccare e successivamente ammassate in mucchi sciolti alti alcuni metri. Il taglio estivo deve essere rovesciato più volte, il taglio invernale può essere subito ammucchiato al di sopra della zona individuata per la posa del cumulo.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 ENGINEERING AND CONSTRUCTION	MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA20860
	LOTTO A - Linee guida di ingegneria naturalistica per i progettisti	REV. 04 30.09.19 Sheet o <i>Pagina</i> f 64 di

2.21.1 IN01 - Interventi antierosivi di rivestimento

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'intervento di copertura e completamento consiste nel rivestimento di versanti mediante reti, feltri, stuoie, griglie, tessuti, ecc. che possono essere di materiale naturale, sintetico e misto. L'intervento rende possibile e velocizza l'inerbimento anche di superfici "difficili".

La semina con supporti antierosivi è consigliabile ai fini del rivestimento vegetale in caso di pericolo di erosione diffusa. Nel consolidamento di fenomeni franosi queste opere di protezione superficiale contribuiscono alla riduzione delle pressioni neutre all'interno del corpo di frana, non solo contenendo l'azione erosiva superficiale esercitata dalle acque meteoriche ma soprattutto limitando l'infiltrazione delle stesse all'interno del corpo di frana.

I supporti a base naturale sono biodegradabili e la loro durata è conseguente alla natura del materiale che li costituisce. Quelli sintetici sono più duraturi ma non biodegradabili.

Tra i supporti a base naturale si distinguono:

- biostuoie, materassini costituiti da paglia, cocco o trucioli di legno, contenuti in retine di plastica fotodegradabile oppure di iuta; hanno in genere una buona capacità di assorbimento dell'acqua e resistenze a trazione generalmente non superiori;
- biotessili tessuti, veri e propri tessuti, con trama e ordito, di fibre naturali come juta, cocco e agave, le resistenze a trazione sono molto elevate, la capacità di assorbimento dell'acqua è discreta;
- biofeltri, biotessili non tessuti costituiti da fibre naturali tenute insieme tramite agugliatura; assorbimento dell'acqua da medio a alto;
- bioreti, simili a tessuti a maglia larga, ma le corde vengono intrecciate ad annodate e quindi non si possono allargare; biodegradabili in tempi lunghi.

Prima della posa la scarpata viene modellata e preparata per regolarizzare le asperità naturali del terreno. Viene poi eseguito lo scavo di un solco di 20-30 cm di profondità in sommità e al piede della scarpata. Si esegue la semina delle specie scelte. Viene posato il supporto antierosivo ancorandolo in corrispondenza del solco di monte e fissandolo lungo la scarpata con picchetti di legno o in ferro acciaioso (nel caso di strato roccioso affiorante). Si può procedere, infine, con una semina sopra il supporto antierosivo.

È preferibile eseguire l'intervento durante il periodo di ripresa della vegetazione, ossia nel periodo idoneo per le semine. Per la manutenzione, si deve concimare e irrigare soprattutto durante la prima estate dopo la semina.

 ENGINEERING AND CONSTRUCTION	MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA20860
	LOTTO A - Linee guida di ingegneria naturalistica per i progettisti	REV. 04 30.09.19 Sheet 0 <i>Pagina</i> 47 f 64 di

INTERVENTI REALIZZATI



Posa di rivestimento antierosivo in juta (Roggia Vernavola, Pavia)



2.21.2 IN02 - Interventi stabilizzanti

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Gradonata viva con latifoglie radicate e talee e cordonata viva

La gradonata viva e la cordonata viva sono interventi di stabilizzazione e copertura su versante o su sponda. Si tratta di tecniche efficaci per il consolidamento di pendii in erosione, movimenti franosi con piano di scivolamento poco profondo, sponde di corsi d'acqua, superfici con scivolamenti superficiali o poco profondi.

Tali interventi consistono nello scavo di gradoni trasversali alla linea di massima pendenza, alla cui base si posano talee e ramaglia viva o latifoglie radicate o entrambe. La combinazione di talee e piante radicate crea in un unico intervento una vegetazione pioniera e contemporaneamente l'associazione di latifoglie successiva. Calcoli di stabilità mostrano che già dopo l'inserimento di talee e piante radicate la stabilità del pendio aumenta di un terzo e migliora ancora dopo la cacciata.

La gradonata viva mista dà buoni risultati per la sistemazione di piccole frane superficiali. La cordonata migliora la struttura del suolo ed aumenta la sostanza organica nel terreno e in terreni umidi migliora il drenaggio.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

	MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA20860
	LOTTO A - Linee guida di ingegneria naturalistica per i progettisti	REV. 04 30.09.19 Sheet o <i>Pagina</i> f 64 di

Nella realizzazione della gradonata viva mista si posano da 1 a 2 verghe ramificate di salice e/o da 1 a 2 piante radicate di latifolia con capacità di ricaccio per metro lineare.

Nella realizzazione della cordonata viva si pone del tondame dal diametro di 10-12 cm e della ramaglia per formare un letto continuo sul fondo del gradone; le talee di specie con capacità vegetativa (10-25 talee al metro lineare lunghe almeno 60 cm o 2-4 piantine radicate al metro lineare).

Su scarpate si procede alla realizzazione di gradoni di profondità 50-150 cm in contropendenza di 10° circa procedendo dal basso verso l'alto su settori del pendio da sistemare. Successivamente si posano l'uno accanto all'altro, incrociandole, ramaglia di salice o talee interrando per 3/4 della lunghezza e latifoglie radicate di 2-3 anni. Al termine dell'operazione si ricopre con il terreno derivato dallo scavo del gradone superiore.

Si realizzano file parallele di gradoni distanti tra loro 1-1,5 m per pendii con inclinazione 25°-30° e 2-3 m per pendii con inclinazione < 20°, evitando intervalli minori che favorirebbero fenomeni di instabilità.

L'andamento dei gradoni è generalmente disposto lungo le curve di livello, ma possono essere effettuati gradoni leggermente inclinati per favorire la regimazione idrica.

L'intervento deve essere realizzato durante il riposo vegetativo. Con riferimento alla manutenzione si effettua il controllo durante il primo anno per interventi sulle fallanze e taglio se necessario; sulle piantine si effettua il controllo dell'interramento.

Grata viva

La grata viva è un intervento di consolidamento e copertura da realizzare lungo versanti o sulle sponde di corsi d'acqua, comportando la stabilizzazione di pendii acclivi fino a 50°-60°, scarpate stradali, sponde subverticali, nei casi in cui siano impossibili interventi di rimodellamento.

La grata viva è costituita da una struttura reticolare in legno, appoggiata al pendio e destinata a essere stabilizzata definitivamente da piante. Il manufatto può essere realizzato interamente in stangame di salice vivo oppure con elementi morti disposti a formare un reticolo semplice o doppio, nel quale verranno messe a dimora le piante.

La struttura reticolare tridimensionale sostiene validamente pendii di grandi dimensioni, le piante radicano attraverso il materiale di riempimento, lo ancorano al substrato e drenano il terreno. L'opera può essere utilizzata anche per il miglioramento della stabilità dei rilevati.

Per la costruzione dell'intelaiatura a maglie si utilizza il tondame vivo o morto oppure legname squadrato di diametro di 12-40 cm e della maggior lunghezza reperibile. Per il collegamento degli elementi longitudinali e trasversali si impiegano tondini in ferro ad aderenza migliorata di diametro di 10-14 mm. I tondini vengono utilizzati anche per collegare la struttura alla palificata di sostegno. Per l'ancoraggio della grata al versante si utilizzano picchetti in legname di diametro di medio di 6-8 cm e di lunghezza variabile (almeno 1 m); in alternativa picchetti in ferro costituiti da tondini ad aderenza migliorata con diametro di 14-16 mm.

La realizzazione avviene preparando la fondazione del sostegno e la costruzione del sostegno alla base che può consistere in una palificata doppia o semplice di altezza variabile, oppure in un palo singolo ancorato al terreno, in relazione alle spinte calcolate e alle esigenze di progetto.



ENGINEERING AND
CONSTRUCTION

**MINIERA SANTA BARBARA
PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE**

Document
Documento n.

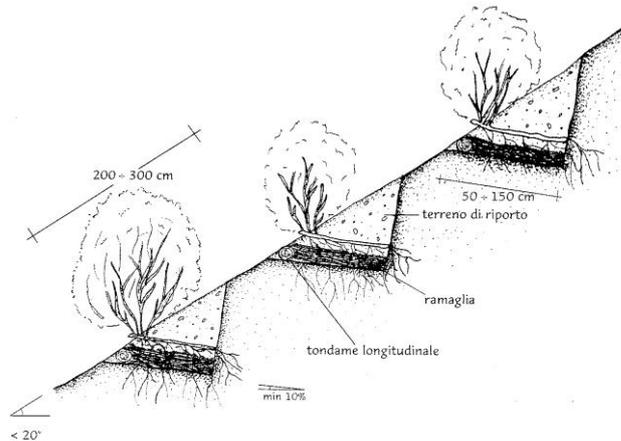
PBSMA20860

**LOTTO A - Linee guida di ingegneria
naturalistica per i progettisti**

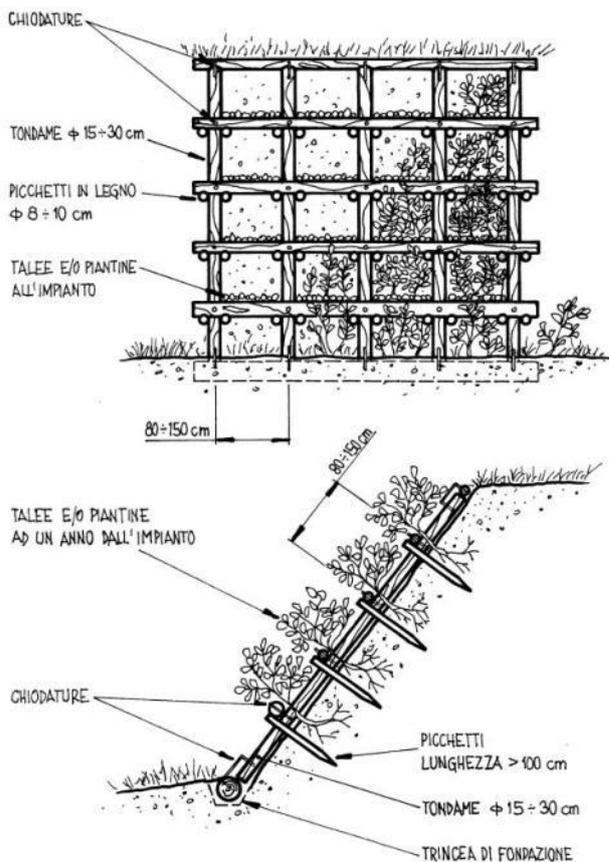
REV. 04 30.09.19

Sheet
Pagina **50** ^o
f **64**
di

Cordonata



Grata viva



This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 ENGINEERING AND CONSTRUCTION	MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA20860
	LOTTO A - Linee guida di ingegneria naturalistica per i progettisti	REV. 04 30.09.19 Sheet 0 <i>Pagina</i> 51 f 64 di

INTERVENTI REALIZZATI



Cordonata



Grata viva (Comune di Missaglia, Provincia di Lecco)

2.21.3 IN03 - Interventi combinati di consolidamento

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Il modellamento morfologico della frana con la formazione di gradoni sostenuti da palificate doppie al piede può essere integrato con la formazione di un sistema combinato di canalette di drenaggio e gradonate vive.

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 ENGINEERING AND CONSTRUCTION	MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA20860
	LOTTO A - Linee guida di ingegneria naturalistica per i progettisti	REV. 04 30.09.19 Sheet o <i>Pagina</i> f 64 di

3. LINEE GUIDA DI INGEGNERIA NATURALISTICA

3.1 MACROAREA 1 - AREA SPONDALE DESTRA E SINISTRA DELL'EMISSARIO DI CASTELNUOVO

3.1.1 Sistemazione delle sponde e del fondo dell'alveo dell'emissario

Il progetto esecutivo che riguarda lo scavo dell'emissario del Lago di Castelnuovo, comprende anche la definizione di interventi di carattere ambientale descritti nella Relazione opere a verde e aspetti faunistici (elaborato PBSMA20287; ex PR020RE18SAM0).

È infatti previsto l'impianto di essenze arboree autoctone della zona, quali il pioppo bianco, il salice bianco, il frassino, la farnia, l'olmo e l'ontano e di essenze arbustive quali nocciolo, sambuco, ecc., al fine di garantire sia la continuità della fascia arborea circumlacuale sia il completamento della funzione di separazione e schermatura (CESI - Progetto per il recupero ambientale della miniera di S. Barbara nei comuni di Cavriglia (AR) e Figline Valdarno (FI). Relazione paesaggistica - Dicembre 2006). Inoltre, nella progettazione è stata posta particolare attenzione alla continuità con le opere a verde previste dall'intervento PR010 "Collina schermo" che riguardano l'area immediatamente a sud del tracciato dell'emissario.

In particolare sono previsti (si faccia riferimento agli elaborati PBSMA20314 e PBSMA20302):

- posa di biostuoia lungo le sponde dell'emissario Castelnuovo;
- inerbimento mediante idrosemina delle sponde dell'emissario (scarpate e banche laterali) nonché le aree 2, 3 e 4 (prato consolidante su piano campagna e su versanti di scavo);
- realizzazione di scogliera lungo l'emissario Castelnuovo con inserimento di talee di salice nella metà superiore della sponda;
- risagomatura fondo alveo con materiale proveniente dagli scavi;
- inserimento di traverse sul fondo canale ogni 30 m in massi ciclopici di I categoria;
- piantumazione di essenze arboree e arbustive sia a Nord sia a Sud del tracciato a partire da 5 m dalla sommità dei versanti di scavo.

Le tipologie realizzative sono rappresentate da: bosco, filare arbustivo, filare arboreo, macchia-radura, prato consolidante su piano campagna e su versanti di scavo. Il progetto comprende criteri per la preparazione dei fronti di scavo e per la scelta delle specie oltre a un abaco degli impianti.

Con riferimento a queste scelte progettuali si confermano le soluzioni adottate di sistemazione a verde e di seguito si illustrano, al contempo, specifiche linee guida per la sistemazione finale di sponde e fondo alveo.

Il progetto di creazione del nuovo emissario del lago prevede la formazione di un canale trapezoidale con le sponde sistemate a gradoni.

3.1.1.1 LINEA GUIDA

Si propone:

- di prevedere lungo le scarpate a quote maggiori l'inserimento di talee di essenze arbustive;

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

	MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA20860
	LOTTO A - Linee guida di ingegneria naturalistica per i progettisti	REV. 04 30.09.19 Sheet o <i>Pagina</i> 56 f 64 di

- ove possibile la diversificazione dell'alveo di magra, in cui si prevede di far transitare una portata minima perenne di 12 l/s. La diversificazione può essere attuata attraverso la posa di costrittori e deflettori, conferendo sinuosità al fondo dell'alveo e creando zone a differente profondità (DA01 e DA02). Vista la portata esigua di alimentazione, per evitare le perdite per infiltrazione, è consigliabile (qualora non si garantisca un battente idrico sufficiente e costante durante l'anno) la posa sul fondo di un telo bentonitico posto tra il piede in massi delle due sponde o uno strato di terreno argilloso.

Al fine di gestire al meglio la fase di realizzazione dei lavori di piantumazione a canneto delle fasce riparie lacustri che necessitano di un ambiente umido in concomitanza dell'esecuzione degli impianti, si richiede di prevedere in corrispondenza dell'incile la possibilità di collocare una tubazione che permetta di mantenere il livello dell'acqua a quota circa 145 m s.l.m. (il progetto prevede già una tubazione per il rilascio del DMV che, se lasciata completamente aperta, in condizioni normali permette di mantenere la quota lago a +145,10 m s.l.m.), in modo tale da gestire correttamente la fase di piantumazione e la fase di sviluppo del canneto.

3.1.2 MA-01 Lago di Castelnuovo Sponda Nord - Sistemazione sponda con pendenza 1/5 (20%) mediante realizzazione rilevato

Con l'innalzamento del livello del lago come da progetto sarà inondata un'area attualmente occupata da bosco ripariale (salici e pioppi). Sarà necessaria la rimozione delle piante, in particolare di quelle ad alto fusto.

L'intervento di riprofilatura della sponda è funzionale alla realizzazione della collina TAV e del tracciato della pista ciclopedonale che costeggia il nuovo perimetro del lago (146 m s.l.m.).

In tale ambito si è prevista una sponda rettilinea con una pendenza omogenea 1/5.

3.1.2.1 LINEA GUIDA

Si propone di eseguire specifici interventi di rimozione e stoccaggio degli individui in modo tale da impiegarli negli interventi di piantumazione in corrispondenza di altre aree spondali.

Si propone la creazione di una sponda con andamento sinuoso, con la funzione di rendere naturaliforme il tratto spondale con l'integrazione dei seguenti interventi:

- creazione di due nuclei di bosco igrofilo (PR01). Si veda la relazione illustrativa - intervento AA-01;
- formazione di un'area a canneto (PA02) e a lamineto (PA01). Si veda la relazione illustrativa - intervento AA-01.

La pendenza della sponda dovrà essere tale da permettere la realizzazione dell'intervento AA-01, ossia di ottenere una profondità dell'acqua compresa tra 0-2 m.

3.2 MACROAREA 2 - AREA SPONDALE EST NEI PRESSI DI "CASA BASI"

3.2.1 MA-04 Lago di Castelnuovo Sponda Est - Completamento sponda con pendenza 1/10 (10%) mediante riprofilatura versanti

Spianamento-riprofilatura morfologica sponde

	MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA20860
	LOTTO A - Linee guida di ingegneria naturalistica per i progettisti	REV. 04 30.09.19 Sheet 0 <i>Pagina</i> 57 f 64 di

3.2.1.1 LINEA GUIDA

Le opere di riprofilatura delle sponde devono essere eseguite in maniera funzionale alla possibilità di effettuare gli interventi AA-04 e AA-06, riguardanti rispettivamente la piantumazione spondale PR01 e PV01 (si veda la relazione illustrativa).

3.2.2 MA-09 Piagge - Stabilizzazione frana mediante riprofilatura versanti (scavi sommitali con riporti al piede) e trincee drenanti

La stabilizzazione della frana delle Piagge verrà effettuata mediante la riprofilatura del versante interessato dalla frana in questione (scavo di alleggerimento della parte sommitale e realizzazione di un rilevato di stabilizzazione lungo il piede del versante stesso) e la realizzazione di alcune trincee drenanti (profonde circa 3 m). Il rilevato di base dovrà essere realizzato con le terre scavate all'interno della stessa area di frana. La profondità massima degli scavi, che verrà effettuata nella parte alta del versante, è contenuta entro i 10 m di profondità. L'area in frana da stabilizzare ha una superficie in pianta di circa 180.000 mq.

3.2.2.1 LINEE GUIDA

In affiancamento agli interventi di riprofilatura morfologica del versante e di creazione di drenaggi sotterranei occorre realizzare interventi di ingegneria naturalistica finalizzati alla regimazione delle acque di dilavamento e al consolidamento dello strato superficiale con operazioni di piantumazione di essenze vegetali: interventi combinati di consolidamento. Per i dettagli si faccia riferimento all'elaborato PBSMA20953.

3.3 MACROAREA 3 - AREA SPONDALE SUD E BORRO VALLI

3.3.1 MA-06 Casa Vanni - Riprofilatura versanti per migliorare la capacità scolante dei terreni

Il versante presso Casa Vanni verrà riprofilato per consentire il naturale deflusso delle acque superficiali verso la rete scolante secondaria. L'intervento non prevede opere di ingegneria naturalistica, tuttavia si indica una leggera piantumazione ad arbusti a macchie seriali al fine di adeguare la fascia riprofilata al contesto naturale retrostante, attualmente caratterizzato da una fitta vegetazione. L'intervento migliorerà altresì la stabilizzazione del versante. Per i dettagli si faccia riferimento all'elaborato PBSMA20954.

3.3.2 MA-07 Buche di Calonica - Riempimento di alcune aree depresse in cui si crea il ristagno dell'acqua - Riprofilatura versanti per consentire il naturale deflusso delle acque di superficie verso le opere idrauliche eseguite

Non sono applicabili all'intervento linee guida di ingegneria naturalistica.

3.3.3 IA-01 Borro Valli - Scavo per la realizzazione della sede del nuovo alveo da rivestire con pietrame di idonea pezzatura

Come indicato nell'elaborato PBSMA20431, il Borro Valli negli anni di attività della cava è stato deviato a monte della SP 14 delle Miniere mediante la tamponatura del ponte in muratura sotto la strada e la realizzazione di un nuovo canale e un tombamento sotto l'abitato

This document is property of Enel Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, wholly or partially, and to provide any related information to others without previous written consent.

Questo documento è proprietà di Enel Spa. E' severamente proibito riprodurre anche in parte il documento o divulgare ad altri le informazioni contenute senza la preventiva autorizzazione scritta.

 ENGINEERING AND CONSTRUCTION	MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA20860
	LOTTO A - Linee guida di ingegneria naturalistica per i progettisti	REV. 04 30.09.19 Sheet o <i>Pagina</i> f 64 di

relazione illustrativa), attraverso l'allargamento dell'alveo alla foce, la realizzazione di sponde con inclinazione 1/1,5 e la posa di un deflettore realizzato con pali di legno del diametro di 25-30 cm, con un'altezza rispetto al fondo dell'alveo di 30 cm (si veda la scheda tipologica).

Si propone di creare scogliere rinverdate lungo il corso del borro nei tratti in cui si prevede da progetto il rivestimento in massi naturali mediante la posa di talee di salice (IN02) e di piantumare le sponde a quote superiori con la creazione di fasce boscate PR01.

3.5 MACROAREA 5 - AREA SPONDALE OVEST, SPIAGGIA FRUIBILE E AREA PROSSIMA A ZONA BOMBA

3.5.1 MA-03 Lago di Castelnuovo Spiaggia (Sponda Ovest)

L'intervento prevede la realizzazione di un nuovo tratto di spiaggia fruibile, ben distante dall'immissione a lago del Borro Pianale, a cui è potenzialmente associato lo scarico di acque di scarsa qualità e ricche di detriti. Il tratto di spiaggia sarà lungo circa 300 metri, largo 40 m (di cui 25 m sotto la quota di invaso e 15 m sopra la quota di invaso), con pendenza 1/10 (10%). L'utilizzo di materiale ghiaioso selezionato costituirà al contempo un letto di frega, ossia un habitat riproduttivo per la fauna ittica a riproduzione litofila quali alborella (*Alburnus alburnus alborella*) e rovello (*Rutilus rubilio*).

A protezione della spiaggia sarà necessario realizzare un dente di rinforzo mediante la posa di massi, in modo da preservare lo strato di ghiaia dal moto ondoso.

3.5.1.1 LINEA GUIDA

Si propone di eseguire la sistemazione del tratto fruitivo dedicando due porzioni di sponda alla posa di ghiaia, fino alla profondità di circa 1-2 m al di sotto della quota d'invaso +146 m s.l.m. In questo modo le spiagge assumeranno valenza anche come habitat riproduttivo per la fauna ittica a riproduzione litofila quali alborella (*Alburnus alburnus alborella*) e rovello (*Rutilus rubilio*).

Si propone, inoltre, di eseguire una riqualificazione naturalistica con piantumazione di specie appartenenti alla tipologia del bosco igrofilo in prossimità dell'intervento AA-14 (percorso naturalistico).

3.5.2 MA-08 Cave Vecchie - Stabilizzazione frana mediante riprofilatura versanti (scavi sommitali con riporti al piede) e trincee drenanti

La stabilizzazione della frana di Cave Vecchie verrà effettuata mediante la riprofilatura del versante interessato dalla frana in questione (scavo di alleggerimento della parte sommitale e realizzazione di un rilevato di stabilizzazione lungo il piede del versante stesso) e la realizzazione di alcune trincee drenanti (profonde circa 3 m). Il rilevato di base dovrà essere realizzato con le terre scavate all'interno della stessa area di frana. La profondità massima degli scavi, che verrà effettuata nella parte alta del versante, è contenuta entro i 10 m di profondità. L'area in frana da stabilizzare ha una superficie in pianta di circa 120.000 mq.

 ENGINEERING AND CONSTRUCTION	MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA20860
	LOTTO A - Linee guida di ingegneria naturalistica per i progettisti	REV. 04 30.09.19 Sheet 0 <i>Pagina</i> 63 f 64 di

3.5.2.1 LINEE GUIDA

In affiancamento agli interventi di riprofilatura morfologica del versante e di creazione di drenaggi sotterranei occorre realizzare interventi di ingegneria naturalistica finalizzati alla regimazione delle acque di dilavamento e al consolidamento dello strato superficiale con operazioni di piantumazione di essenze vegetali: interventi combinati di consolidamento. Per i dettagli si faccia riferimento all'elaborato PBSMA20953.

3.5.3 IA-04 Borro Lanzi esistente – Riprofilatura/Tombamento dell'alveo esistente

L'intervento di progetto verrà realizzato nel tratto d'alveo compreso tra lo sbocco del tombino di attraversamento della S.P. 14 e il futuro punto di collegamento del nuovo canale emissario previsto tra il lago di Castelnuovo e il Borro Lanzi.

Il progetto di sistemazione del Borro Lanzi è schematizzabile in due tratti:

- il primo, di lunghezza circa 1370 m, ubicato tra lo sbocco del tombino sotto la S.P. 14 ed il nuovo tratto di deviazione del borro verso il lago di Castelnuovo; in questo primo tratto il progetto prevede la riprofilatura e risagomatura del canale esistente e la realizzazione di un tratto di deviazione verso il lago di Castelnuovo di lunghezza 310 m;
- il secondo, di lunghezza circa 950 m, dalla deviazione del Borro Lanzi nel lago di Castelnuovo fino al punto di immissione del nuovo Canale Emissario nel Borro Lanzi esistente. In questo secondo tratto è stato previsto il riempimento dell'alveo esistente (tombamento) con terreno proveniente dagli scavi.

3.5.3.1 LINEA GUIDA

In corrispondenza del tratto finale del borro, si propone di creare scogliere rinverdite nei tratti in cui si prevede da progetto il rivestimento in massi naturali mediante la posa di talee di salice (IN02) e di piantumare le sponde a quote superiori con la creazione di fasce boscate PR01.

3.5.4 Interventi diffusi

Si suggerisce di attuare l'intervento GS01 diradamento selettivo in maniera diffusa sull'intero macrolotto.

	MINIERA SANTA BARBARA PIANO DI RECUPERO AMBIENTALE	Document <i>Documento n.</i> PBSMA20860
	LOTTO A - Linee guida di ingegneria naturalistica per i progettisti	REV. 04 30.09.19 Sheet 0 <i>Pagina</i> 64 f 64 di

4. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Di seguito vengono riportati i riferimenti bibliografici citati in questo documento.

- Allegato 8 allo SIA "Aspetti vegetazionali ed agronomici - Analisi e linee progettuali, 2002"
- CESI - Progetto per il recupero ambientale della miniera di S. Barbara nei comuni di Cavriglia (AR) e Figline Valdarno (FI). Relazione paesaggistica - Dicembre 2006 - A6034828
- Elaborato PBSMA20431 - Borro Valli - Relazione tecnico illustrativa
- Elaborato PBSMA20465 - Borro Percussente - Relazione tecnico illustrativa
- Elaborato PBSMA20873 - Relazione illustrativa
- Elaborato PBSMA20874 - Relazione opere a verde ed aspetti faunistici
- Elaborato PBSMA20882 - Planimetrie e profili dei borri
- Elaborato PBSMA20952 - Interventi borri
- Elaborato PBSMA20953 - Rinverdimento frane Piagge, Ronco, Cave Vecchie, Poggi Vecchi
- Elaborato PBSMA20954 - Rinverdimento frana Casa Vanni
- Elaborato PBSMA20287 - Relazione opere a verde ed aspetti faunistici
- Elaborato PBSMA20314 - Emissario di Castelnuovo - Planimetria opere a verde
- Elaborato PBSMA20302 - Emissario di Castelnuovo - Rivegetazione fronti di scavo - Particolari