

Ingegneria naturalistica: riferimenti normativi e applicazione sul territorio piemontese

Luca De Antonis
Vincenzo Maria Molinari

Regione Piemonte

Introduzione: funzioni e finalità

Il degrado territoriale e il dissesto idrogeologico che caratterizzano molteplici ambiti della nostra regione e del restante territorio nazionale richiedono sempre di più l'attenzione di coloro che a vario titolo (amministratori, dirigenti, funzionari, professionisti tecnici, imprese e operai) lavorano nell'ambito professionale della sistemazione e recupero del territorio, affinché vengano fatte scelte consapevoli e il più possibile eco-compatibili.

Chi ha vissuto nell'ultimo ventennio i vari fenomeni alluvionali e di dissesto che si sono succeduti non può che condividere le principali azioni che devono essere intraprese per la salvaguardia del territorio:

- ridurre il più possibile l'impermeabilizzazione dei suoli creando e mantenendo spazi verdi e diffondendo l'impiego della vegetazione autoctona negli interventi di sistemazione;
- assecondare il più possibile la divagazione delle acque in quelle aree di espansione naturale che i fiumi evidenziano in concomitanza dei loro periodici eventi di piena;
- aumentare il grado di naturalità dell'ecosistema fluviale, salvaguardando le aree golenali che troppo

frequentemente sono state sacrificate all'espansione umana;

- mantenere "giovane e flessibile" la vegetazione spondale con periodici tagli di selezione ed eliminare la vegetazione in alveo che impedisce il regolare deflusso delle acque (Fig. 1);
- effettuare una periodica e corretta manutenzione delle aree boscate e delle aree marginali costituite spesso da coltivi ormai abbandonati e invasi dalla vegetazione pioniera;
- rilevare sul territorio e intercettare i fenomeni di ruscellamento incontrollato che si verificano sui versanti per mancata gestione della rete di smaltimento secondaria delle acque;
- gestire e regimare in modo corretto le acque che si avvallano soprattutto su strade, piste e sentieri.

Tutte queste sono solo alcune delle misure che possono ridurre le cause di innesco dei molteplici dissesti puntuali e diffusi, da cui spesso si originano situazioni di massima pericolosità dovute alla crisi del sistema suolo-soprassuolo.

Nel panorama di attività di prevenzione del dissesto e di misure per la sistemazione e il recupero del territorio, l'impiego delle tecniche di **Ingegneria Natura-**



Fig. 1.



Fig. 2

listica ha raggiunto ormai una diffusione notevole e tali interventi, se correttamente progettati e realizzati, sono concettualmente il frutto della sommatoria delle *buone pratiche* precedentemente elencate (Fig. 2).

L'Ingegneria Naturalistica è una disciplina che prevede l'utilizzo del materiale vegetale vivo autoctono come materiale da costruzione, spesso in abbinamento con materiali inerti come pietrame e massi, terra, legname, ferro e acciaio, fibre vegetali e sintetiche, e permette di risolvere un'ampia gamma di problematiche di rivegetazione, consolidamento e drenaggio di versanti, scarpate e sponde (Figg. 3-4).

L'eventuale impiego del cemento deve essere limitato allo stretto indispensabile e comunque in modo tale da non impedire lo sviluppo del materiale vegetale: infatti fondamentale è favorire e permettere la diffusione dell'apparato radicale al fine di consolidare e rinforzare il terreno con l'intreccio delle radici, ottenendo anche un'azione di drenaggio attivo.

A seconda degli ambiti operativi, è necessario che

la progettazione venga effettuata da più figure professionali, in un'ottica di multidisciplinarietà e di professionalità, avendo presente, nella previsione di interventi con impiego di materiale vegetale vivo ai fini della rinaturalizzazione e del consolidamento, l'imprescindibilità del concorso di professionisti abilitati esperti nelle problematiche connesse alla ricostruzione della compagine vegetale naturale (forestali, naturalisti, biologi, agronomi).

È bene sottolineare che l'Ingegneria Naturalistica ha certamente dei limiti; tuttavia rimane un importante strumento da considerare e utilizzare in modo esclusivo o integrato con altre tecniche tradizionali, sottolineando che le opere di Ingegneria Naturalistica spesso rappresentano la soluzione ottimale in molti interventi di consolidamento superficiale e rivegetazione, con sicuri benefici sotto più profili, in quanto non solo viene limitata l'azione dell'erosione, ma viene effettuato un miglioramento delle caratteristiche geotecniche dei terreni.

Il ricorso a interventi classificati nell'ambito dell'Ingegneria Naturalistica si verifica quando si voglia conseguire:

- la creazione o ricostituzione di un ambiente de-



Fig. 3.



Fig. 4.

- gradato per cause naturali o antropiche attraverso l'impiego della vegetazione autoctona;
- la sistemazione idrogeologica e il consolidamento di versanti e sponde;
- il recupero ambientale e il reinserimento paesaggistico di luoghi e infrastrutture.

Questi obiettivi sono quindi raggiungibili attraverso la previsione di interventi di rinaturalizzazione e sistemazione riferibili alle seguenti tre categorie di opere:

- **Recupero ambientale** di siti alterati dalla natura o dall'uomo con interventi che nascono e si prefiggono unicamente di risolvere situazioni di degrado; gli interventi di recupero spesso scaturiscono dalla necessità di sistemare e rinaturalizzare superfici alterate dalla cantieristica di opere pubbliche che infrastrutturano il territorio. Tali interventi risultano funzionali anche al reinserimento paesaggistico.
- **Mitigazione ambientale:** interventi che si sviluppano in un intorno territoriale immediatamente rilevante rispetto all'opera principale e che risultano opportuni laddove sia logico risolvere anche problematiche di sistemazione e dissesto poste al contorno dell'opera.
- **Compensazione ambientale:** interventi di sistemazione anche lontani dall'opera ma che, se eseguiti in accompagnamento all'opera principale e in essa previsti in termini economici in una logica di internalizzazione dei costi ambientali, supportano, unitamente ai recuperi e alle mitigazioni, la compatibilità ambientale dell'opera stessa andando a bilanciare, per quanto possibile, l'inevitabile impatto territoriale dovuto alla infrastrutturazione del territorio.

Strumenti normativi e applicazione sul territorio piemontese

Sotto il profilo giuridico, le attività di sistemazione e recupero ambientale, nonché di inserimento paesaggistico, trovano le loro radici storiche nelle norme quadro relative all'istituzione del vincolo idrogeologico e del vincolo paesaggistico, risalenti al periodo intercorrente tra le due guerre mondiali, che prevedono l'imposizione in fase autorizzativa di particolari modalità per l'esecuzione delle opere ricadenti nelle aree vincolate, onde assicurarne la compatibilità con i valori tutelati.

Da queste norme ha tratto origine il filone delle attività di recupero ambientale e inserimento paesaggistico che individua, quale soggetto giuridicamente rilevante e obbligato al ripristino dei luoghi, quello responsabile del degrado di origine antropica connesso alla realizzazione

di interventi di infrastrutturazione o sfruttamento del territorio. Ci si riferisce classicamente agli interventi di sistemazione conseguenti alla coltivazione di una cava o di una discarica, alle opere necessarie per l'inserimento territoriale di infrastrutture lineari (strade e ferrovie), nonché a tutti gli interventi di varia natura realizzati in zone sottoposte ai citati vincoli idrogeologico e paesaggistico. Pare opportuno sottolineare che nella maggior parte dei casi tali interventi sono ormai regolati, anche in Piemonte, da fonti normative derivate di livello regionale che vedono il coinvolgimento dei vari livelli amministrativi territoriali.

Nel contesto piemontese, il processo di diffusione delle tecniche di Ingegneria Naturalistica è ascrivibile a più fattori, tra i quali il più importante è certamente il loro anticipato recepimento nel panorama degli atti amministrativi regionali.

Il primo recepimento normativo a livello regionale di questa disciplina è iniziato nel 1991 con l'elaborazione da parte dell'allora Servizio Tutela Ambientale dell'Assessorato Ambiente dei "Criteri tecnici per l'individuazione ed il recupero delle aree degradate e per la sistemazione e la rinaturalizzazione di sponde ed alvei fluviali e lacustri. Procedura amministrativa per la concessione di contributi regionali (L.R. 02.11.1982 n. 32, artt. 2 e 12)" approvati con la D.C.R. 31.07.1991 n. 250-11937: queste specifiche linee di indirizzo, funzionali all'effettuazione degli interventi di recupero ambientale in applicazione dell'art. 12 della L.R. 32/1982 ("Norme per la conservazione del patrimonio naturale e dell'assetto ambientale"), stabiliscono gli ambiti e la filosofia d'intervento, individuando nelle tecniche di Ingegneria Naturalistica lo strumento per l'esecuzione di operazioni di consolidamento statico nell'ambito delle attività di ripristino e fornendo una suddivisione ecologica e bio-geografica della componente arborea della vegetazione piemontese, base per la scelta delle specie da utilizzarsi nelle diverse fasce ecologico-vegetazionali del territorio regionale, ai fini della ricostruzione della vegetazione naturale potenziale e del paesaggio.

Nell'aprile del 1997 con la D.C.R. n. 377-4975 del 02.04.1997 tali criteri sono stati aggiornati alla luce del nuovo quadro normativo, dell'evoluzione tecnica della materia, nonché dell'esperienza maturata, procedendo così ad una miglior specificazione ed elencazione delle tipologie proprie dell'Ingegneria Naturalistica, fissando quelli che devono essere i contenuti del progetto di recupero e sottolineando il taglio multidisciplinare della progettazione degli interventi stessi, nonché la necessità del coinvolgimento costante di professionisti esperti nelle problematiche connesse alla ricostituzione della compagine vegetale.

Nell'esigenza, inoltre, di disporre di uno strumento per la verifica istruttoria della congruità dei prezzi

previsti nei progetti, anche ai fini della quantificazione dei contributi regionali, e nell'intento di fornire un elaborato utile per la progettazione, nonché al fine della massima diffusione di queste tecniche eco-compatibili, l'Assessorato Ambiente della Regione Piemonte ha predisposto, in prima edizione nell'aprile 1995, uno specifico elenco prezzi per gli interventi di recupero ambientale e di ingegneria naturalistica: questo elaborato, dalla duplice valenza tecnica e divulgativa, ha soddisfatto un'esigenza fortemente sentita a livello istituzionale e privato ed ha avuto una diffusione, sia locale sia nazionale, che ha raggiunto livelli massimi nel momento in cui è divenuto la sezione 21 "Recupero Ambientale – Ingegneria Naturalistica" dell'Elenco Prezzi di riferimento per opere e lavori pubblici nella Regione Piemonte.

In applicazione dell'art. 12 della L.R. 32/1982, il Settore Politiche di Prevenzione, Tutela e Risanamento Ambientale della Regione Piemonte ha operato e opera nel campo del recupero ambientale andando a porre mano a quelle situazioni di degrado che, anche se originate non per cause naturali ma a causa dell'uomo, non sarebbero risolte perché ereditate dal passato e comunque non più imputabili ad un soggetto giuridicamente responsabile.

Come già accennato, siamo stati antesignani sul territorio piemontese nell'adottare le tecniche di Ingegneria Naturalistica e le Comunità Montane e i Comuni che si sono fatti promotori di progetti considerati suscettibili di contributo hanno beneficiato dal 1991 al 2007 di una **somma complessiva pari a _____** per la realizzazione di **213** interventi di recupero ambientale.

Sul piano divulgativo e tecnico ricordiamo inoltre che la Regione Piemonte ha realizzato, a cura degli autori del presente articolo e sulla scorta dell'attività svolta, la pubblicazione "Interventi di sistemazione del territorio con tecniche di Ingegneria Naturalistica". Questo volume, distribuito ormai in quasi 5000 copie, a livello regionale e nazionale, affronta approfonditamente l'applicazione della materia da un punto di vista tecnico e amministrativo, oltre a rappresentare un report di un'ampia casistica di interventi realizzati sul territorio piemontese dal 1991 al 2003.

Come era negli obiettivi e nei compiti dell'Assessorato Ambiente, le attività svolte e la loro divulgazione hanno quindi positivamente influenzato vari soggetti pubblici e privati. È ormai consueto il ricorso alle tecniche di Ingegneria Naturalistica nelle prescrizioni che accompagnano i provvedimenti regionali che autorizzano opere ed attività comportanti un qualche impatto ambientale, imponendo l'attuazione di azioni progettuali volte a mitigare il degrado durante lo svolgimento dei lavori oggetto di autorizzazione e ad attuare il recupero finale delle superfici interessate.

Da segnalare inoltre che, nel fermento delle atti-

vità di progettazione ed esecuzione di lavori che sono seguite agli eventi alluvionali del 1994 e del 2000, l'applicazione dell'Ingegneria Naturalistica in taluni casi si è tradotta in fenomeni di autentica improvvisazione sia da parte di professionisti sia da parte delle imprese: spesso i materiali impiegati si sono rivelati non idonei sin dall'inizio e le modalità costruttive sono state assolutamente errate, nonché – cosa estremamente comune – il materiale vegetale vivo non è stato correttamente considerato come materiale da costruzione ma solo come elemento accessorio, con risultati deludenti sul piano della efficacia e buona funzionalità delle opere.

Malgrado i notevoli passi avanti e le iniziative formative messe in atto da alcuni ordini e collegi professionali, l'intero comparto di professionisti e imprese deve ancora crescere su un piano qualitativo, e nell'ottica di contribuire ed indirizzare questo sviluppo, la Regione Piemonte sta procedendo, ai fini della formazione del proprio personale, alla periodica organizzazione di iniziative, finanziate dall'Unione Europea nell'ambito del Piano di Sviluppo rurale 2000-2006 e del futuro piano 2007-2013, destinate sia ai Direttori Lavori, sia alle maestranze. In particolare, sono stati formati degli specifici Istruttori di Ingegneria Naturalistica, nonché degli operai specializzati in questa materia, attraverso iniziative che hanno coinvolto a vario titolo quasi 200 addetti (Fig. 5). In questo contesto è stato redatto (a cura degli autori del presente articolo) una manualistica operativa dal titolo "Ingegneria Naturalistica: nozioni e tecniche di base", incentrata sulle problematiche di corretta esecuzione in sicurezza delle varie tipologie costruttive, che sarà di prossima divulgazione.

Nel panorama nazionale è opportuno sottolineare che, sul fronte degli interventi miranti alla soluzione di fenomeni di degrado di origine naturale, quali sono



Fig. 5.

tipicamente quelli originati dai fenomeni meteorici e alluvionali che periodicamente interessano il territorio nazionale, le sistemazioni territoriali realizzate dovrebbero (il condizionale è d'obbligo) essere sempre più improntate, laddove possibile, ai concetti propri della rinaturalizzazione e dell'Ingegneria Naturalistica e quindi implicitamente alla salvaguardia ambientale e paesaggistica del territorio.

È bene infatti ricordare che la terza modifica operata nel 1998 alla Legge 11 febbraio 1994 n. 109, nota come "Legge Merloni", rappresenta un fondamentale momento di riconoscimento dell'identità e del ruolo della materia.

Nella citata legislazione nazionale in materia di opere pubbliche, che introduce i concetti di progettazione "completa" dell'opera – attraverso vari livelli progressivi di approfondimento e nel senso di contenuti multidisciplinari – e di programmazione dei lavori, viene infatti sancita la rilevanza dei lavori di sistemazione del territorio, inserendo i lavori di Ingegneria Naturalistica e di difesa ambientale fra i lavori pubblici di cui all'art. 2 comma 1.

Con l'emanazione dei provvedimenti attuativi e in particolare del D.P.R. n. 554/1999 "Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni", e del D.P.R. n. 34 del 25.01.2000 "Regolamento recante istituzione del sistema di qualificazione per gli esecutori di lavori pubblici, ai sensi dell'articolo 8 della legge 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni", viene espressa una filosofia di progettazione e realizzazione delle opere ispirata alla necessità di effettuare con garanzia di risultato il recupero ambientale e l'inserimento paesaggistico delle opere pubbliche.

Basti citare che, nell'ambito della descrizione regolamentare dei contenuti della progettazione, viene riconosciuta l'importanza, sin dalla fase preliminare, della ricerca qualitativa, attraverso lo studio di prefattibilità ambientale, della miglior soluzione progettuale, anche sotto il profilo localizzativo e tipologico, e dell'identificazione di idonee misure di compensazione ambientale e degli interventi di ripristino, riqualificazione e miglioramento ambientale e paesaggistico. Si ricorda inoltre che, nell'ambito delle categorie per la qualificazione delle imprese, è stata inserita la OG 13 "Lavori di Ingegneria Naturalistica".

Ancora in riferimento alla normativa comunitaria, nazionale e regionale, il recepimento delle procedure di VIA in applicazione delle Direttive 85/337/CEE e 97/11/CE costituisce un tassello importante, al fine di prevenire, risolvere e governare il degrado territoriale e ambientale inevitabilmente derivante dalla realizzazione di opere e dall'utilizzazione del territorio.

La VIA riguarda progetti pubblici e privati che possono avere un impatto ambientale rilevante per dimen-

sioni e ubicazione dell'opera da realizzare. Per le opere di competenza regionale, la Regione Piemonte, con l'emanazione della L.R. 40/1998, ha individuato i livelli di competenza degli Enti locali (Regione, Province, Comuni) in rapporto all'ubicazione ed alle caratteristiche degli interventi.

Proprio l'attività istruttoria e progettuale derivante dalle procedure di VIA ha consentito la previsione di molteplici attività di recupero, mitigazione e compensazione ambientale che, per quanto riguarda soprattutto l'applicazione delle tecniche di Ingegneria Naturalistica, devono fare riferimento ai criteri tecnici previsti per l'esecuzione degli interventi di cui alla citata L.R. 32/1982.

L'applicazione della procedura di VIA a singoli progetti e la sua conseguente valenza tattica, in termini di salvaguardia dell'ambiente, non consente però un approccio strategico e di sistema. Si è resa quindi necessaria a livello comunitario con la direttiva 2001/42/UE concernente la Valutazione Ambientale Strategica (VAS) la definizione di strumenti di valutazione preventiva che consentissero di stimare gli impatti indotti dalle grandi opzioni strategiche e dagli indirizzi di pianificazione territoriale e settoriale.

L'obiettivo principale è quello di integrare le considerazioni ambientali nelle procedure di preparazione e adozione dei piani e programmi che presumibilmente possono avere effetti importanti sull'ambiente e di effettuare quindi una valutazione ambientale.

Il principio di base è che la garanzia di un elevato livello di tutela ambientale può essere raggiunto solo inserendo, in una logica precauzionale, le considerazioni ambientali in tutti i livelli delle politiche di pianificazione e programmazione.

Il Piemonte, quale primo esempio in Italia, ha utilizzato il procedimento di Valutazione Ambientale Strategica, realizzando una VAS del Piano degli interventi approvata con D.G.R. del 9 aprile 2001, n. 45-2741, come strumento per la *governance* tecnica, amministrativa e ambientale dei Giochi Olimpici Invernali Torino 2006.

La realizzazione dei Giochi Olimpici Invernali Torino 2006 ha comportato un investimento sul territorio piemontese di più di 2000 milioni di Euro. Il governo di un così importante evento e della infrastrutturazione territoriale conseguente ha reso necessaria l'individuazione di indirizzi di sostenibilità ambientale intrinseca, nell'ambito dei quali spicca il ruolo che è stato dato alla necessità di prevedere e progettare, con il coinvolgimento di professionisti specificamente preparati, importanti opere di recupero, mitigazione e compensazione ambientale nel contesto delle quali l'Ingegneria Naturalistica ha svolto una parte determinante per l'ottenimento di accettabili condizioni ambientali complessive attraverso le opere di sistemazione del territorio

e di inserimento anche paesaggistico degli interventi. In una logica di internalizzazione dei costi ambientali e con una cifra che si aggira intorno ai 10 milioni di Euro, per la realizzazione di 64 interventi, decisamente ridotta rispetto al solo investimento nelle aree montane che ha comportato una spesa di circa 300 milioni di Euro per gli impianti di risalita, le piste da sci, i sistemi per l'innevamento artificiale e gli impianti del bob e del trampolino, si sono ottenuti importanti risultati. Abbiamo sperimentato la possibilità, non senza difficoltà procedurali e tecniche, di contenere con le opere di recupero ambientale e di Ingegneria Naturalistica gli inevitabili impatti territoriali e ambientali, tanto più da governare laddove le infrastrutture si sviluppano in contesti fragili sia dal punto di vista paesaggistico che idrogeologico, quali sono quelli montani, o se le opere sono realizzate in aree protette o in aree limitrofe a queste o nei siti che costituiscono la Rete natura 2000, quindi SIC (Siti di Interesse Comunitario), ZPS (Zone a Protezione Speciale) e i relativi corridoi ecologici. Sulla scorta di tutte le attività citate, possiamo afferma-



Fig. 6.

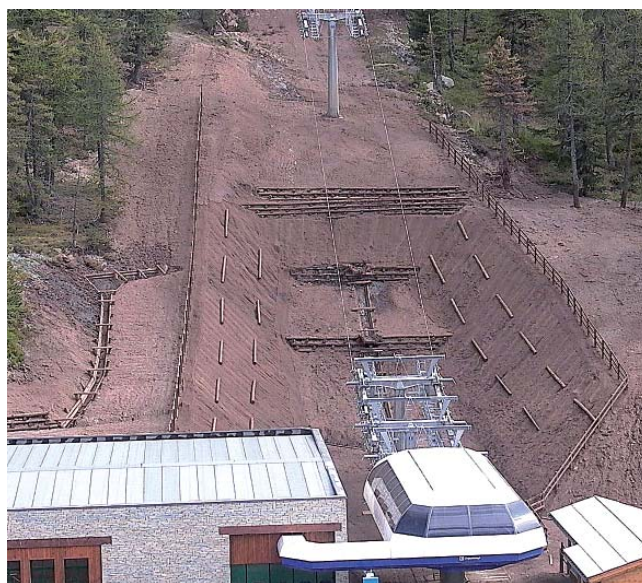
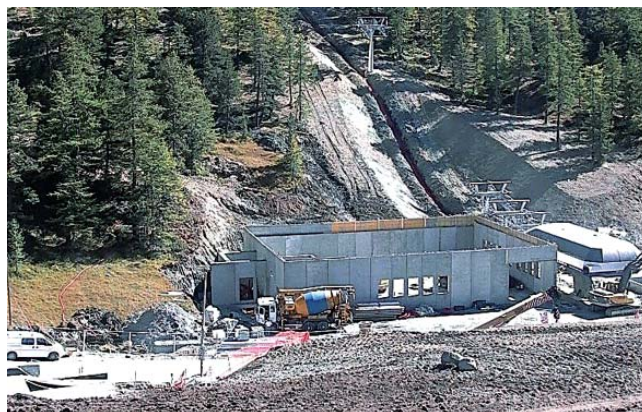


Fig. 7.

re che il Piemonte è certamente all'avanguardia nell'applicazione e diffusione dell'Ingegneria Naturalistica (Figg. 6a-b-c, 7a-b-c).

Si pensa quindi di tradurre questa filosofia di intervento in un orientamento costante nei confronti del recupero ambientale del territorio, che avrà in tempi relativamente brevi un recepimento a livello legislativo regionale ancora più ampio rispetto agli strumenti normativi, procedurali, tecnici ed economici di cui già la Regione Piemonte si è dotata (v. box normativa).

Principali riferimenti normativi statali e regionali in materia di ingegneria naturalistica

- L. 11/02/1994 n. 109 e s.m.i. "Legge quadro in materia di lavori pubblici".
- D.P.R. n. 554 del 21.12.1999 "Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici n. 109 dell'11/02/1994, e successive modificazioni".
- D.P.R. n. 34 del 25.01.2000 "Regolamento recante istituzione del sistema di qualificazione per gli esecutori di lavori pubblici, ai sensi dell'articolo 8 della legge 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni".
- L.R. n. 32 del 02.11.1982 "Norme per la conservazione del patrimonio naturale e dell'assetto ambientale".
- D.C.R. n. 250-11937 del 31.07.1991 modificata con D.C.R. n. 377-4975 del 02.04.1997 "Criteri tecnici per l'individuazione ed il recupero delle aree degradate e per la sistemazione e la rinaturalizzazione di sponde ed alvei fluviali e lacustri. Procedura amministrativa per la concessione di contributi regionali (L.R. 02.11.1982 n. 32, artt. 2 e 12)".
- Elenco Prezzi di riferimento per opere e lavori pubblici nella Regione Piemonte – Sezione 21 "Recupero Ambientale – Ingegneria Naturalistica".
- Circolare del Presidente della Giunta Regionale n. 8/EDE del 15.05.1996 "Chiarificazione in ordine alle tipologie di manutenzione ordinaria e straordinaria dei corsi d'acqua non soggette ad autorizzazione ai sensi dell'art. 82 del D.P.R. n. 616/1977 in quanto tali da non comportare alterazione permanente dello stato dei luoghi".
- L.R. n. 40 del 14.12.1998 "Disposizioni concernenti la compatibilità e le procedure di valutazione".

Analisi di un caso reale: realizzazione di interventi nell'area del parco naturale del S. Monte di Crea (Al).

Inquadramento geografico

Il Parco Naturale del Sacro Monte di Crea si trova nella parte meridionale del territorio Comunale di Serralunga di Crea, in Provincia di Alessandria, ed è situato sulla sommità di un rilievo con quota massima 443 m.s.l.m. allungato in direzione Est – Ovest, facente parte delle colline del Basso Monferrato.

La morfologia del rilievo presenta pendenze dei versanti piuttosto accentuate dell'ordine del 100% con tratti caratterizzati da acclività superiore.

Sotto il profilo geologico si riscontrano due litotipi significativi:

- marne poco stratificate alternate a livelli sabbiosi ed arenacei – sul versante Nord;
- arenarie e sabbie grossolane ad elementi serpentinosi alternate a livelli marnosi o calcareo marnosi ed a potenti lenti di conglomerati poligeni sul versante Sud.

La zona evidenzia l'utilizzo a bosco, di ceduo misto di latifoglie, di roverella, talora incolto, situazione ambientale tipica di zone collinari ad elevata acclività.

Il rilievo è lambito in posizione perimetrale da due affluenti del Torrente Stura, ossia a Nord – Nord/Ovest del Rio di Serralunga, ad Est dal Rio Colobrio.

Il sito non è solcato da rii o corsi d'acqua, perenni o temporanei, di rilievo.

L'Area del Sacro Monte di Crea non costituisce solo zona di interesse naturalistico, ambientale, paesistico, ma è anche centro di rilevante interesse storico religioso per il celebre Santuario Mariano e le caratteristiche Cappelle Votive site sulle pendici del Monte.

Localizzazione dell'intervento e considerazioni illustrative generali

L'intervento è stato finalizzato al consolidamento di una parte di versante sottostante la strada che circonda il Sacro Monte, denominata Viale di Circonvallazione, nel tratto a nord-ovest della Cappella VIII "Annunciazione di Maria", oggetto nel dicembre 2003 di uno smottamento che ha interrotto quasi totalmente la carreggiata stradale, per un tratto di circa 25 metri (Fig. 9).

Tale strada è di fondamentale importanza per il Sacro Monte in quanto è l'unica che permette l'accesso a tutta l'area con mezzi adeguati per la manutenzione ed allo stesso tempo permette l'accesso con mezzi di soccorso (ambulanza e mezzi dei Vigili del Fuoco).

Il Viale di Circonvallazione, che si snoda a mezza costa nell'ampio versante, è stato costruito nel tempo con riporto verso valle di terreno sciolto di scavo e blocchi di arenaria collocati a secco nel versante. La massicciata stradale ha oggi una larghezza di circa 4 metri, spesso frutto di allargamenti successivi.

In alcuni tratti, principalmente sul versante nord, si sono verificati negli ultimi venti anni almeno quattro significativi crolli delle opere di contenimento in massi a secco con conseguente scivolamento a valle di buona parte della carreggiata stradale.

SEZIONE TIPO DI INTERVENTO

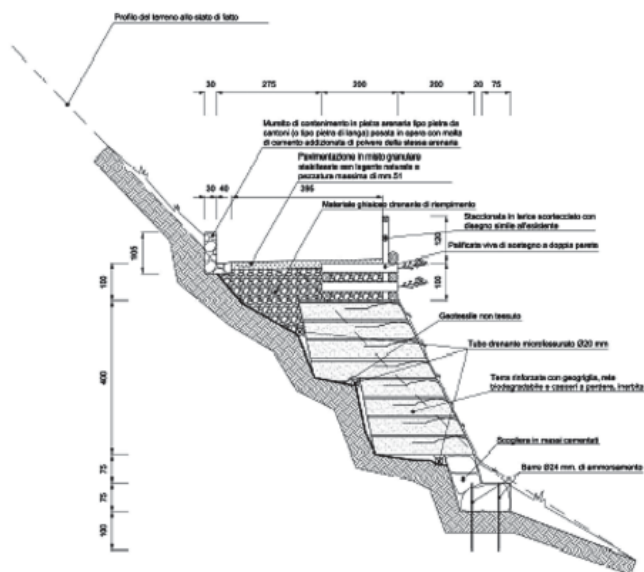


Fig. 8.

Alla luce delle precedenti soluzioni progettuali di consolidamento di versanti nell'area del Sacro Monte, in alcuni casi avvenute con opere di forte impatto ambientale quali viadotti o muri di sostegno in cemento armato, l'Ente Parco ha inteso ripristinare la carreggiata ed il relativo versante adottando tecniche di ingegneria naturalistica, anche in considerazione della valenza storico-artistica e naturalistica dell'Area, di recente inserita anche nella Lista del Patrimonio dell'Umanità dell'UNESCO.

Descrizione dello stato di fatto

Il tratto di Viale di Circonvallazione tra la Cappella VIII e la muratura a secco visibile immediatamente prima della frana è soggetta a dilavamento ed abbassamenti del piano viabile. Dal punto di vista geologico affiorano rocce appartenenti alla formazione delle "Marne di Antognola"; la parte più alta del rilievo collinare del Sacro Monte (Cappella del Paradiso e Santuario) è costituita da arenarie compatte appartenenti al "Membro di S. Michele" attribuito al Miocene Inferiore (Foglio n. 57 Vercelli della Carta Geologica d'Italia).

Trattasi di strati di arenarie grigie o talora giallastre alternate a livelli di conglomerati più potenti, costituenti il fianco di un anticlinale avente asse orientato Nord-Ovest – Sud-Est. Tale struttura è responsabile della forte inclinazione degli strati immergenti verso Nord – Nord-Est.

Dal punto di vista forestale nel area sottostante il Viale di Circonvallazione prevalgono i boschi di latifo-



Fig. 9.



Fig. 10.

glie miste mesofite, ascrivibile alla tipologia forestale del Querceto di farnia e roverella, con presenza di soggetti di roverella, latifoglie nobili, farnia, carpino bianco e varianti antropogene di sostituzione o invasione. Il governo è a fustaia o fustaia sopra ceduo, in un contesto di abbandono colturale in cui si segnalano nuclei a prevalenza di castagno, di aceri introdotti e frassino, di robinia e sambuco, con chiarie coperte di rovi.

All'epoca dell'intervento, su tutto il versante sottostante si trovavano un buon numero di piante, anche di grosse dimensioni, rovesciate e non ancora rimosse, conseguenza delle nevicate a cavallo dei mesi di febbraio e marzo 2004.

Descrizione delle soluzioni progettuali

La progettazione e la direzione dei lavori è stata condotta dal personale regionale, ossia dal Responsabile dell'Ufficio tecnico del Parco, Fabrizio Baracco, con la collaborazione del coautore del presente articolo, Luca De Antonis.

Preliminarmente all'avvio delle varie fasi di proget-

tazione si è tuttavia provveduto ad affidare a consulenti esterni e ad eseguire le seguenti indagini:

- analisi dei progetti e della documentazione relativa ai precedenti dissesti in prossimità dell'area di intervento o comunque in aree analoghe;
- n. 4 prove penetrometriche con penetrometro pesante e relativa relazione geologico-tecnica;
- rilievo topografico dell'area con restituzione a curve di livello.

Sulla base delle indagini sopra citate si è potuta definire una soluzione progettuale rivolta al consolidamento del versante ed al ripristino della carreggiata (Figg. 8-10).

Alla luce delle indicazioni della Conferenza di Servizi effettuata presso la sede del Parco si è reso necessario prevedere delle opere aggiuntive rispetto al progetto definitivo, rivolte al convogliamento delle acque a valle del versante in oggetto, raggiungendo un importo complessivo dei lavori di ca € 120.000.

Ai fini dell'analisi delle opere ed attività di progetto possiamo suddividere i contenuti nelle tre seguenti unità:

1. operazioni preliminari di apprestamento del cantiere;
2. consolidamento del versante e ripristino della carreggiata;
3. convogliamento e recapito delle acque meteoriche a valle del versante.

1. Operazioni preliminari di apprestamento del cantiere

Nella fase di indagini preliminari alla progettazione è stata ricavata nella scarpata una rampa di accesso al piede della frana, utilizzata per l'esecuzione delle prove penetrometriche: tale rampa è stata successivamente utilizzata per l'esecuzione dei lavori e, alla fine degli stessi, è stata ridotta e adattata ad essere sede della canaletta di convogliamento acque meteoriche (Fig. 11).

Prima dell'inizio delle operazioni di consolidamento vero e proprio del versante si è prevista l'esecuzione di interventi selvicolturali di diradamento ed alleggerimento dagli esemplari eccessivamente sviluppati, malati o cadenti, nonché del legname marcescente e di esemplari arbustivi che non contribuiscono al consolidamento superficiale. L'area oggetto di diradamento ed alleggerimento è pari a circa 3.500 m².

2. Consolidamento del versante e ripristino della carreggiata

Lungo il Viale di Circonvallazione, in corrispondenza allo smottamento verificatosi per ruscellamento incontrollato di acque meteoriche, è stato ricostituito il versante sottostante la massicciata stradale mediante la



Fig. 11.

formazione di un piede consolidato in massi da scogliera provenienti da cave, di idonea pezzatura media, non inferiore a 0,5 m³.

I massi sono stati solidarizzati alla base in roccia, previo scavo di sbancamento e scavo a sezione ristretta, mediante la realizzazione di un cordolo di appoggio fondato su micropali di piccolo diametro, di ancoraggio, disposti a quinconce con interasse di 0,5 m. Il cordolo di base risulta quindi interamente ancorato alla roccia in posto e consente l'elevazione dei corsi di scogliera in massi.

L'elevazione della scarpata stradale avviene mediante l'utilizzo delle tecniche di sistemazione note come "terre rinforzate": tali opere consistono nella edificazione del pendio con la stesa e rullatura di materiale drenante, ghiaioso/sabbioso, contenuto da risvolti in materiale geosintetico, caratterizzato da elevata resistenza a trazione. Il materiale di armatura scelto è stata una geogriglia monodirezionale avente resistenza non inferiore a 100 kN/m nel senso longitudinale e 80 kN/m in senso trasversale al risvolto (Fig. 12).



Fig. 12.

La rivegetazione della struttura è affidata al materiale antierosivo (rete a maglie aperte) in fibra naturale di juta, che viene inserito nel paramento anteriore della terra rinforzata. In sommità la sede stradale è stata contenuta da una palificata viva di sostegno a doppia parete, realizzata con tondame di larice scortecciato di diametro non inferiore a 200 mm (Fig. 13). A tergo delle opere di sostegno è stato effettuato il riempimento ed il livellamento della massicciata stradale (in misto granulare stabilizzato) conferendo alla sede stradale una contropendenza verso monte dell'ordine del 2% circa. A completamento della carreggiata, verso monte, è stato realizzato un muretto di contenimento in pietra arenaria con caratteristiche fisico-meccaniche analoghe a quella tipica del posto ed annessa cunetta di raccolta acque meteoriche, in pietrame e malta.

Le acque di versante sono state drenate da un sistema di canalette superficiali (taglia-acqua) in legname, raccolte da una cunetta alla base del muretto previsto e poi convogliate mediante canale grigliato sulla carreggiata ed intubate fino ad arrivare nel pozzetto di raccolta alla base della struttura in terra rinforzata.

Da questo pozzetto vengono poi inviate al sistema di convogliamento e recapito delle acque meteoriche descritto al successivo punto 3). Le ulteriori acque di versante e di infiltrazione nella coltre superficiale ven-



Fig. 13.

gono invece raccolte da una serie di tubi microfessurati in polietilene di diametro non inferiore a 20 mm, posti alla base dei rilevati ed in corrispondenza alle stese di geotessile nontessuto, che è stato disposto contro il paramento di monte degli scavi e poi indirizzate al sistema di convogliamento e recapito delle acque meteoriche di cui al successivo punto 3).

Il viale di circonvallazione, per tutto lo sviluppo dell'intervento (ca. 40 m) è stato munito di staccionata in legname durabile, scortecciato ed impregnato di conifera, con le medesime caratteristiche geometriche ed estetiche dell'esistente.

3. Convogliamento e recapito delle acque meteoriche a valle del versante

Come descritto nel precedente paragrafo l'acqua di versante è stata raccolta superficialmente da taglia-acqua in legname, indirizzata alla cunetta verso monte della carreggiata e poi portata mediante canale grigliato e tubi interrati in polietilene ad un pozzetto di raccolta dove vengono intercettati anche i tubi microfessurati di drenaggio della struttura. Da questo pozzetto posizionato alla base del piede in massi le acque di versante vengono portate ad un altro pozzetto mediante tubo interrato in polietilene diametro 400 mm e poi riversate in una canaletta a cielo aperto in materiale geosintetico (geostuoia).

Sul tracciato lunghezza della canaletta (circa 30 m) sono state realizzate due piccole briglie in legname di larice e pietrame al fine di abbattere le velocità di deflusso (Fig. 16). Nell'intersezione con il sentiero che dalla cappella VIII porta alla località di Forneglio è stato realizzato un primo attraversamento carrabile in legname e pietrame, con larghezza utile di circa 2.5 m.

L'attraversamento, che da un punto di vista costruttivo si delinea come un piccolo ponticello in legname le cui spalle sono delle briglie in legname e pietrame, è delimitato ai lati da recinzione in legname simile a quella esistente nel resto dell'area ed è stato munito di una platea di massi a protezione dell'attraversamento.

A valle del ponticello è stato realizzato un ulteriore tratto di canaletta a cielo aperto in materiale geosintetico, per una lunghezza di 62 m, interrotto questa volta da due briglie in legname di larice e pietrame di discrete dimensioni (Fig. 17). La canalizzazione termina in un impluvio naturale esistente che si collega, a qualche centinaio di metri di distanza, al rio di Serralunga. Nel primo tratto di tale impluvio è stato perciò effettuato un intervento di diradamento della vegetazione.

L'intervento è stato realizzato nel periodo intercorso tra la fine del 2005 e la primavera del 2006. Gli interventi di rivegetazione hanno comportato:

- l'inerbimento con idrosemina del paramento esterno del rilevato in terra rinforzata (Fig. 14-15),



Fig. 14.

- l'inerbimento di tutte le superfici interessate da operazioni di scavo e riporto,
- la messa a dimora di talee di *Salix spp.* nelle palificate di sostegno a doppia parete.



Fig. 15.

Queste opere hanno avuto esiti molto positivi, con pronti attecchimenti sia del materiale erbaceo che di quello arbustivo, nonostante la stagione primaverile ed estiva del 2006 sia stata particolarmente siccitosa, probabilmente grazie alle condizioni garantite dalla forte copertura boscosa dell'area.

La carreggiata è stata riaperta all'utilizzo che, si ricorda, è esclusivamente pedonale, ma tuttavia consente il transito anche abituale dei mezzi per la manutenzione (autocarri e trattori forestali).



Fig. 16.



Fig. 17.