

2.0 Ingegneria Naturalistica: Definizione e campi di applicazione

I progressi scientifici registrati in questo secolo e il conseguente sviluppo tecnologico, se da un lato hanno prodotto un notevole progresso socio-economico, dall'altro hanno di fatto incrementato la presenza antropica sul territorio, innescando forti processi di urbanizzazione, industrializzazione, ecc. Il risultato prodotto è una radicale trasformazione dell'uso del suolo, a cui si associa un sensibile aumento dell'impatto sullo stesso che porta inevitabilmente a situazioni di squilibrio eco-ambientali spesso irreversibili. Alcuni casi emblematici sono ad esempio: la realizzazione di una sempre più complessa e capillare rete viaria¹ con il conseguente aumento di percentuale di territorio coperto, che si traduce in una maggiore quantità di acqua che ruscella anziché infiltrarsi nel suolo, mandando spesso in crisi i sistemi di scolo delle acque, dalle fognature agli alvei dei fiumi; la sistematica riduzione degli ambiti fluviali e l'eccessiva regimazione delle acque, porta inevitabilmente alla realizzazione di onerosi interventi di protezione dalle piene che, purtroppo, non sempre bastano ad evitare grossi disastri, come testimoniano le cronache degli ultimi anni; il disboscamento di grandi zone da destinare all'agricoltura o all'urbanizzazione.

La corsa forsennata allo sviluppo a tutti i costi ha innescato intensi processi di degrado ambientale con tutte le conseguenze che questo comporta sugli equilibri ecologici e sulla qualità della vita, fatti questi che devono stimolare una profonda riflessione, consapevoli che lo stress provocato sull'ambiente si traduce inevitabilmente nella crisi del sistema in cui l'uomo stesso vive. Partendo da questi presupposti nasce la necessità di una nuova filosofia che porti ad una politica di intervento tendente al recupero degli ambienti naturali degradati, ma soprattutto che miri al raggiungimento di un equilibrio spazio-temporale tra uomo e ambiente puntando decisamente ad uno sviluppo socio-economico sostenibile dall'intero sistema terra. In quest'ottica si inserisce l'opera dei progettisti di opere da realizzare in ambiti naturali spesso di alto pregio, che devono tenere in debito conto gli aspetti estetici e quelli naturalistici ma che non possono allo stesso tempo trascurare la valenza tecnica dell'opera, essenziale per il raggiungimento del risultato che ci si prefigge.

La sfida allora è quella di riuscire a conciliare le esigenze tecnico-progettuali dell'opera da realizzare, con quelle ambientali in cui l'opera stessa dovrà calarsi, cercando di realizzare una nuova metodologia di progettazione, che parta dalla collaborazione tra varie figure professionali (ingegneri, geologi, agronomi, biologi, naturalisti, forestali, architetti, ecc) e che utilizzi tecniche e metodologie ancora poco conosciute dagli operatori del settore.

2.1 Rinaturazione e ingegneria naturalistica

Per rinaturazione si intende "creazione di nuova natura" con la realizzazione di interventi tendenti ad accelerare quei processi biologici, altrimenti molto lenti, necessari al raggiungimento di un equilibrio naturale stabile ed al miglioramento del quadro globale dell'area in questione. Lo stato di degrado in cui versano preziosi e rari ambienti naturali del nostro pianeta, come ad esempio molti ecosistemi fluviali e numerose zone umide, sia dal punto di vista di quantità delle acque (deflussi sempre più scarsi -di magra-, o eccessivi -di piena-) che di qualità (inquinamento urbano, industriale, agricolo), hanno portato negli ultimi anni ad una politica sempre più forte di recupero e protezione di queste zone con la creazione di vaste aree protette quali parchi, riserve naturali, ecc.. Inoltre è ormai consolidata e da tutti riconosciuta la necessità di una nuova politica di intervento che porti a un approccio più sistematico e più moderno di gestione del territorio, che tenga in debito conto oltre agli aspetti più propriamente tecnici anche quelli ambientali.

In questa nuova ottica gli interventi di rinaturazione sono visti come strumenti essenziali per la progettazione o il restauro di ambienti naturali o più in generale per la realizzazione di opere, sicuramente necessarie ed utili, ma che inevitabilmente producono un forte impatto sul territorio.

Questi interventi prevedono l'utilizzo di tecniche di diverso tipo, per lo più note come “*Tecniche di ingegneria naturalistica*” o “*Bioingegneria*”.

2.2 Definizione di Ingegneria Naturalistica

L'Ingegneria Naturalistica è una disciplina tecnico-scientifica che, attraverso metodologie proprie dell'ingegneria e sulla base di criteri meccanici, biologici ed ecologici, utilizza come materiale da costruzione piante vive o parti di esse in abbinamento con altri materiali, quali: pietrame, legno, terra, biostuoie, geotessili, ecc.

2.3 Materiali utilizzati dalle tecniche di I.N.

Gli interventi di ingegneria naturalistica si distinguono da quelli in grigio in quanto utilizzano, come materiale da costruzione, specie vegetali vive, anche in abbinamento con altri materiali, quali: materiali organici inerti, materiali di sintesi o di altro tipo.

Materiali vegetali vivi - I *semi di specie vegetali* con alta capacità vegetativa, vengono utilizzati in tutti gli interventi di rinaturazione grazie alla capacità di creare piante. Molto utilizzati, nel recupero dei versanti e lungo i corsi d'acqua, sono i *semenzali e trapianti di specie arbustive ed arboree*, acquistabili a radice nuda o protetta da terra o anche in fitocella con apparato radicale in vaso. Molto efficaci nella protezione dall'erosione sono: i *rizomi, le radici, le piote erbose o zolle* (insieme di radici e fusti erbacei), *i tappeti erbosi a rotoli*. Infine le *talee di specie arbustive o arboree*, sono segmenti di fusto capaci di produrre radici e attecchire rapidamente; molto utilizzate sono quelle specie vegetali con forti e profondi apparati radicali come salici e pioppi.

Materiali organici inerti - Sono quei materiali che non hanno capacità vegetativa, come: *legno, reti di juta o fibra di cocco o di altri vegetali, stuoie in fibra di paglia o di cocco o di altri vegetali, paglia o fieno fissati al suolo con picchetti e fili, compost a base di cellulosa, concimi organici*. Vengono utilizzati in abbinamento con i materiali vivi, in molte tecniche ad essi viene affidata la tenuta dell'opera nel transitorio, nell'attesa che le piante crescano e contribuiscano, attraverso l'apparato radicale alla resistenza complessiva.

Materiali di sintesi - Sono: *griglie, reti o tessuti di materiale sintetico*, come poliammide, polietilene, poliestere, ecc.; particolarmente utili per il rivestimento di terreni soggetti ad erosione e da consolidare; *fertilizzanti chimici, collanti chimici*, impiegati in particolari situazioni di pendenza e su terreni poveri di sostanze nutritive.

Altri materiali - In molte tecniche di I.N. è prevista la realizzazione di vere e proprie strutture di tipo ingegneristico, come: muri a gravità in pietrame o massi; strutture di sostegno con elementi in legno (palificate, graticciate, ecc.) o ferro; terre rinforzate con reti in acciaio collaborante; ecc.

2.4 Attitudini biotecniche delle piante

Come già detto l'I.N. utilizza come materiale primo e preminente le piante vive; queste infatti risultano estremamente efficaci in quanto permettono il raggiungimento di un duplice effetto funzionale, l'aumento della *resistenza meccanica* dell'opera, attraverso il loro apparato radicale e un gradevole effetto *estetico-ecologico*, grazie alla funzione biologica che esplicano, partendo dagli stadi vegetazionali più bassi. Alcune piante hanno una naturale predisposizione a soddisfare i requisiti richiesti dalle tecniche di I.N., queste caratteristiche, indicate come *attitudini biotecniche delle piante*, sono ad esempio: la capacità di resistenza allo strappo o al taglio da parte delle radici (ad esempio la *Medicago sativa* ha una resistenza allo strappo delle radici che può arrivare fino a 665 kg/cm², e fino a 262 kg/cm² come resistenza al taglio), la capacità di resistere ad elevate sollecitazioni meccaniche, la capacità di consolidare il terreno permeandolo con le radici. Tutte queste caratteristiche rendono le piante particolarmente efficaci a contrastare fenomeni quali: inghiaamento, interrimento, erosione, caduta

sassi, movimenti franosi superficiali, ecc.. A queste poi se ne associano altre non meno importanti, a seconda della specie vegetale cui la pianta appartiene, come ad esempio la capacità di colonizzare terreni grezzi (piante pioniere) rendendo possibile l'attecchimento ad altre specie, autoctone, prima improbabile; la capacità di contribuire ai processi naturali di depurazione delle acque, favorendo il proliferare dei batteri aerobici (fitodepurazione, sistemi filtro) o ancora la capacità di resistere alla sommersione.

Per quanto riguarda gli effetti benefici prodotti sul territorio e l'ambiente in generale con l'utilizzo di materiali vegetali vivi, basta sottolineare che una buona copertura vegetale: protegge il suolo dagli agenti atmosferici, riduce il ruscellamento superficiale intercettando e rilasciando gradualmente le acque di pioggia aumentando così il tempo di corrivazione, rinnova il suolo mantenendo il giusto grado di umidità, migliora le caratteristiche geomeccaniche del terreno grazie all'apparato radicale contribuendo alla compattezza e all'adesione tra le particelle di terreno, favorisce la diversificazione florofaunistica dell'ambiente creando nicchie ecologiche.

Il limite principale nell'utilizzo di piante vive è il tempo necessario alle stesse per sviluppare un adeguato apparato radicale, per cui è necessario nel transitorio assicurare la resistenza dell'opera a carico di strutture da realizzare con elementi inerti (pali in legno, massi, o altro), per poi nel tempo, man mano che le radici permeano il terreno, poter assolvere pienamente al compito strutturale assegnatole. Inoltre bisogna avere particolare attenzione, pena il fallimento dell'attecchimento, al periodo di piantumazione in base alle caratteristiche geopedologiche del sito interessato; e particolare attenzione anche agli effetti negativi che le piante determinano, ad esempio per quanto riguarda la vegetazione ripariale, riducendo anche notevolmente le portate defluenti in alveo.

2.5 Ambiti di intervento e finalità

Gli ambiti di intervento sono quelli finalizzati per lo più alla difesa del suolo, con riguardo particolare ad interventi antierosivi, per il drenaggio e di consolidamento.

-Difesa idrogeologica consolidamento di versanti o in generale del terreno; drenaggio delle acque dilavanti; controllo dell'erosione; sistemazioni a rinforzo spondale nei fiumi.

-Funzione ecologico-naturalistica recupero di aree naturali degradate, cave e discariche; protezione dall'inquinamento (fitodepurazione, barriere antirumore);

-Funzione estetico-paesaggistica sistemazione o rinaturazione di rilevati stradali o ferroviari e di infrastrutture in genere; risanamento estetico di frane o altro, inserimento del costruito nel paesaggio, arricchimento paesistico con sistemi a verde.

-Funzione socio-economica tipologie alternative a quelle tradizionali a costi molto competitivi, recupero produttivo di aree incolte o abbandonate.

2.6 Le tecniche

Diverse sono le metodologie di applicazione e i materiali utilizzati negli interventi di ingegneria naturalistica, queste variano ovviamente a seconda delle finalità che si perseguono e possono essere semplicissime (semina, messa a dimora di piantine, ecc.) o anche complesse (palificate, terre rinforzate, terre armate, ecc.), con la peculiarità di poter sfruttare l'interazione tra materiale vivo e altri materiali, riuscendo a conciliare le esigenze di resistenza con quelle estetico-naturalistiche. Di seguito verranno esposte alcune fra le tecniche di I.N. più utilizzate sia nella stabilizzazione dei versanti che in ambito fluviale.

Semina - E' una delle tecniche più semplici ma allo stesso tempo più importanti in quanto è presente in ogni tipo di interventi di I.N. Essa può essere realizzata in vario modo a seconda delle caratteristiche orografiche, pedologiche e di esposizione del terreno interessato. Per terreni a debole pendenza e con buone caratteristiche nutritive può essere sufficiente una *semina a spaglio*; per pendenze elevate e/o per terreni a bassa fertilità è consigliabile l'*idrosemina*, che consiste nell'irrorare il terreno

con una miscela acquosa composta da sostanze di vario tipo quali: sementi (10-50 gr/m²), fertilizzanti a lento rilascio (50-150 gr/m²), collante per migliorare l'aderenza e fitoregolatori per stimolare la radicazione; è possibile inoltre utilizzare una *coltre protettiva* a base di paglia per preparare il terreno alla semina, oppure una *biostuoia* per proteggere la stessa dagli eventi atmosferici.

Messa a dimora di piante o parti di esse come talee - Quando le condizioni pedoclimatiche lo consentono è possibile mettere a dimora piantine arboree o arbustive o talee. Molte sono le tecniche di I.N. che prevedono questa soluzione, tra le quali citiamo: ***viminata***, che consiste nell'infissione nel terreno di pali di legno a cui vengono legati intrecciandoli longitudinalmente rami di salice; ***fascinata***, ***gradonata***, si realizzano scavando dei gradoni in cui vengono inserite piantine e talee o fascine di ramaglie.

Palificata in legname – Tecnica utilizzata per il consolidamento dei versanti, essa si realizza mediante la costruzione di una struttura a gabbia in pali di legno (nei nostri territori è possibile per esempio far ricorso al castagno) atta a sostenere il terreno nell'immediato, questa viene poi ricoperta da terreno in cui vengono inserite piante e talee che nel tempo sviluppano un adeguato apparato radicale a cui viene affidata la tenuta del versante a lungo termine. Tecniche per il consolidamento dei versanti e la tenuta delle terre sono anche i ***Muri di sostegno in pietrame a secco rinverdito***, le ***Terre rinforzate*** con griglie, reti o tessuti in materiale sintetico. Molto efficaci nel controllo dell'erosione e per il drenaggio sono le ***sistemazioni di versanti con reti o stuoie in materiale biodegradabile***.

Diverse sono anche le tecniche di I.N. utilizzate nelle sistemazioni spondali o nella regimazione delle acque, le più importanti sono le difese spondali con ***ramaglia***, ***gabbioni*** (integrati con talee di Salice), e la ***copertura diffusa con astoni***.

Per quanto riguarda invece le opere di regimazione e difesa idraulica a carattere intensivo sia trasversali come ***briglie*** e ***soglie*** che longitudinali come i ***pennelli***, possono essere realizzate in legname e pietrame.

Infine un cenno ad opere ad alto valore naturalistico quali sono le ***rampe di risalite per pesci in pietrame*** a integrazione di opere trasversali. Questo tipo di interventi attenua notevolmente l'impatto ambientale che opere come le briglie determinano nei corsi d'acqua, interrompendo i flussi trofici ed energetici indispensabili alla vita dell'ecosistema fluviale. Le rampe di risalita frazionano in piccoli salti successivi il dislivello determinato dalla briglia, con vasche di calma opportunamente dimensionate, permettendo così alle specie ittiche di superare agevolmente il dislivello e risalire la corrente. La principale differenza tra le briglie tradizionali e le rampe in pietrame è che le prime modificano la pendenza concentrano il dislivello in un'unica sezione, mentre le seconde utilizzano un intero tratto di alveo.

3.0 Linee guida per la progettazione delle opere di I.N.

Nel rispetto della normativa vigente in materia di LL.PP., in sede di pianificazione, programmazione, studio di fattibilità e progettazione delle opere di difesa del suolo o di tutela e recupero ambientale è indispensabile valutare la possibilità di fare ricorso alle tecniche di I.N., applicabili sia nelle sistemazioni idrauliche sia negli interventi di stabilizzazione dei versanti.

Per la formulazione di un giudizio tecnico di applicabilità dell'I.N. da parte del responsabile del procedimento o di chi è incaricato a valutare i progetti, occorre che la progettazione contempli una "Relazione sull'applicabilità delle tecniche di Ingegneria naturalistica" che parta da un'attenta analisi dell'ecosistema o degli ecosistemi presenti nell'area d'intervento, intesa come conoscenza e valutazione delle varie componenti e delle loro interconnessioni.

Tale relazione è redatta a cura di un tecnico il cui curriculum dimostri una comprovata esperienza nel campo dell'I.N. e deve riportare:

- le finalità progettuali;

PRINCIPALI TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA

