

EFFICACIA DEGLI INTERVENTI DI RESTAURO ECOLOGICO LUNGO IL TRACCIATO FERROVIARIO AD ALTA VELOCITÀ TO-MI

Antonio Nosenzo¹, Fabio Meloni¹, Massimiliano Ferrarato², Paola Ferrazzi¹, Michele Freppaz¹
Michele Lonati¹, Sara Martelletti¹, Andrea Paone¹, Flavia Cucerzan¹, Renzo Motta¹

¹DISAFA, Università degli Studi di Torino, Grugliasco (TO) Italy; antonio.nosenzo@unito.it

²ARPA Piemonte, Dipartimento di Geologia e Dissesto, Torino Italy

La realizzazione di un tracciato ferroviario ad alta velocità nel nord-ovest dell'Italia ha degradato alcuni popolamenti forestali naturali e alcuni siti appartenenti alla rete Natura 2000. Gli ecologi, così come richiesto dalla normativa vigente, devono riuscire a trovare delle misure compensative che bilancino il danno ecologico, tramite la ricostituzione di habitat, dell'ecologia e delle funzioni che sono state danneggiate o distrutte. In generale le opere compensative vengono raramente monitorate o non ne viene valutato l'esito. Gli obiettivi di questa ricerca sono esaminare, a sette anni dall'impianto, i risultati ottenuti in 32 rimboschimenti effettuati lungo il tracciato ferroviario ad alta velocità e confrontare la vegetazione attualmente sviluppatasi con quella ipotizzata come obiettivo del restauro. I criteri di valutazione comprendono biodiversità (es. indice QBS, presenza di specie invasive o nemorali), crescita degli alberi e tasso di mortalità, proprietà fisico-chimiche del suolo. La maggior parte degli impianti non hanno avuto successo, come evidenziato dalla lenta crescita arborea, dall'elevata mortalità delle piante, dal ridotto livello di biodiversità e dall'elevata presenza di specie invasive. Ciò può essere dovuto sia all'impiego di tecniche di impianto non appropriate sia alla mancanza di cure colturali negli anni successivi all'impianto. Di conseguenza nasce l'esigenza di ripensare completamente l'approccio delle tecniche di rimboschimento per le compensazioni ecologiche, in termini di distribuzione spaziale degli impianti, del metodo di messa a dimora, della selezione delle specie arboree, della gestione dei rimboschimenti e degli obiettivi ecologici.

Parole chiave: restauro ecologico, compensazioni, rimboschimenti.

Keywords: restoration ecology, compensation, tree plantation.

<http://dx.doi.org/10.4129/2cis-an-eff>

1. Introduzione

Negli ultimi decenni l'Italia, come il resto dell'Europa, ha assistito a una progressiva proliferazione di grandi infrastrutture di trasporto come strade e ferrovie ad alta velocità. La costruzione e l'uso di tali infrastrutture hanno determinato la perdita, il degrado e la frammentazione degli habitat (Andrews, 1990) nonché il consumo di ampie superfici di suolo con la modificazione di popolamenti forestali naturali e di siti Natura 2000. Per ridurre l'esito negativo di tali opere il Codice dell'Ambiente (D.lgs. 152/2006) prevede che, durante e/o dopo la realizzazione delle stesse, vengano attuate misure di mitigazione o compensazione. All'interno di questo contesto possono essere inseriti gli interventi di *restoration ecology* che hanno come obiettivo primario la restituzione di un ecosistema in grado di riacquisire in tempi più o meno rapidi l'integrità ecologica intesa come "la capacità di un ecosistema di sostenere e mantenere una comunità adattativa ed equilibrata di organismi aventi una composizione di specie, diversità e funzioni paragonabile a quella degli habitat naturali all'interno di una regione" (Karr e Dudley, 1981). Ovviamente se l'area che è stata alterata a causa dell'intervento dell'uomo venisse abbandonata, con il tempo, naturalmente, si insiederebbero una serie di

successioni vegetazionali. Il processo naturale, tuttavia, a causa del rimaneggiamento antropico del substrato e dell'asportazione del *topsoil*, con conseguente quasi scomparsa della *seedbank* e rimozione degli apparati radicali (Parrotta *et al.*, 1997), richiede tempi anche molto lunghi. Le pratiche di *restoration ecology*, quali la piantumazione di aree degradate e interventi migliorativi delle caratteristiche fisico-chimiche del suolo, sono pertanto volti ad accelerare il processo di recupero. Troppo spesso però gli interventi di *restoration ecology* si considerano completati al termine del periodo di manutenzione delle aree. In realtà, per poter considerare riuscito un intervento bisognerebbe osservare il popolamento in un arco temporale più ampio, cercando anche di capire i motivi di eventuali fallimenti.

Obiettivo del presente lavoro è quello di valutare il successo raggiunto da opere di mitigazione e ripristino a sette anni dalla loro realizzazione, valutando in particolare: (1) vitalità, accrescimenti, densità e composizione specifica della componente arboreo-arbustiva; (2) composizione specifica e densità della componente erbacea seminata e spontanea; (3) qualità del suolo sia attraverso analisi chimico-fisiche che tramite l'impiego dell'indice QBS-ar (Qualità Biologica del Suolo), fondato sui microartropodi presenti; (4) relazioni che intercorrono fra caratteristiche del suolo e

della vegetazione, applicando il metodo parametrico di Spearman.

2. Materiali e metodi

2.1. Area di studio

I rilievi necessari per il presente lavoro sono stati effettuati nel periodo compreso fra settembre 2013 e aprile 2014, lungo la linea ad Alta Velocità - Alta Capacità (AV-AC) Torino-Milano, nel tratto che va da Torino a Novara (84,6 km).

La valutazione del successo raggiunto dalle opere di mitigazione è stata effettuata per alcune aree di cantiere, situate all'interno dei confini comunali di Novara (NO), Romentino (NO), Carisio (VC), Greggio (VC), Santhià (VC), Villarboit (VC), Chivasso (TO) e Settimo Torinese (TO). I cantieri interessati da questo studio sono situati ad una quota media di 150 m s.l.m. nella pianura piemontese (Italia nord-occidentale), caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali a prevalenti ghiaie, sabbie e limi (Carta litologica del Piemonte), su cui hanno potuto svilupparsi, a causa di differenti fattori di formazione, entisuoli, inceptisuoli e alfisuoli (Carta Pedologica del Piemonte). Il clima è caratterizzato da un regime pluviometrico di tipo bimodale (Cortemiglia, 1999), con due minimi di precipitazione: uno in estate e l'altro in inverno. La temperatura media annua oscilla, a seconda dell'area di cantiere analizzata, fra i 12 e i 13 °C. Il mese più caldo è luglio, mentre quello più freddo è gennaio. A causa della posizione geografica in cui si trova la Pianura Padana, chiusa cioè fra alte catene montuose che ostacolano in parte i venti, favorendo l'accumulo di umidità, è frequente il fenomeno della nebbia. A seguito di analisi degli 80 cantieri che sono stati necessari per la costruzione della linea AV-AC Torino-Milano sono stati selezionati 32 cantieri. Questi sono stati scelti a seconda dell'estensione, della significatività della copertura vegetazionale e della disponibilità di informazioni riguardanti gli interventi svolti.

2.2. Componente arboreo-arbustiva

La componente arboreo-arbustiva è stata rilevata all'interno di 32 aree di saggio o circolari (raggio 10 m) o rettangolari (15 X 20 m), a seconda della geometria dell'area di cantiere. Per ognuna si è proceduto al cavallettamento totale, rilevando altezza, diametro, densità della componente arborea e arbustiva, composizione specifica, presenza/assenza di danni causati dalla fauna selvatica.

Ai fini statistici è stato necessario cavallettare 10 individui per la componente arborea e 10 individui per la componente arbustiva, cercandoli, se non presenti all'interno, fuori dell'area di saggio.

2.3. Indice QBS-ar

Per calcolare l'indice di Qualità Biologica del Suolo (Parisi, 2001) le aree di saggio sono state suddivise in classi di successo (basso, medio, alto). Per ogni classe di successo sono state selezionate due aree di saggio, in cui effettuare i prelievi della pedofauna; inoltre il rilievo è stato effettuato in un suolo indisturbato per avere un

testimone. Per ogni area di saggio sono stati prelevati tre campioni di suolo, ciascuno di 1 dm³ (3 dm³ totali). In laboratorio, utilizzando l'estrattore di Berlese-Tullgren è stata effettuata l'estrazione dei microartropodi sfruttando la reazione di fuga della fauna edafica dalla luce e dal progressivo riscaldamento e essiccamento del suolo (Matthey *et al.*, 1997; Angelini *et al.*, 2002; D'Avino, 2002). Nel giro di dieci giorni i microartropodi (dimensioni < 2 mm) sono via via caduti in recipienti contenenti una soluzione costituita da due parti di alcol 70% e una parte di glicerina, per consentirne la conservazione. L'identificazione dei microartropodi è stata effettuata utilizzando stereomicroscopio, microscopio ottico, specifiche guide di riconoscimento (Coineau *et al.*, 1997; Matthey *et al.*, 1997; D'Avino, 2002) e testi entomologici (Tremblay, 1991-2000). Al termine di questa fase ad ogni forma biologica, idonea a vivere in suoli più o meno in buone condizioni, è stato assegnato un indice ecomorfologico (EMI). Dalla somma dei valori EMI è stato calcolato il QBS-ar.

2.4. Componente pedologica

Per ciascuna area di saggio sono stati eseguiti due *minipit* (64 totali) posti a 5 metri dal centro dell'area di saggio lungo una direttrice random. In corrispondenza di ognuno di essi per ciascun orizzonte individuato, è stato eseguito sia il prelievo di suolo sia la misura di resistenza a penetrazione tramite penetrometro. Infine è stata stimata la profondità del suolo tramite trivella pedologica. In laboratorio, a seguito di essiccazione dei campioni raccolti, in stufa a temperatura di 40 °C per 4-5 giorni, sono stati analizzati quantitativo di carbonio totale e azoto, pH, contenuto di carbonati, tessitura e quantitativo di scheletro. Si è anche proceduto ad effettuare un'analisi del WAS (*Wet Aggregate Stability*), al fine di valutare l'erodibilità del suolo (Zanini *et al.*, 1998).

2.5. Componente erbacea

In corrispondenza di ciascun *minipit* è stato eseguito un rilievo vegetazionale (64 totali, due per area di saggio a 5 m dal centro lungo una direttrice random), valutando entro un'area circolare con raggio 2 m, la percentuale di copertura totale e la composizione specifica percentuale per le specie con presenza >1%. Inoltre si è valutata la composizione in termini di specie seminate, spontanee, annuali e perenni.

2.6. Analisi statistiche

Con lo scopo di analizzare contemporaneamente variabili pedologiche, erbacee e selvicolturali, sono stati calcolati gli indici di correlazione di Spearman e di Pearson. Per le variabili di suolo analizzate si è invece fatta l'analisi della varianza mediante ANOVA, così da valutare la presenza di differenze significative, per le variabili analizzate, a livello di orizzonte.

3. Risultati e discussione

3.1. Componente arboreo-arbustiva

Complessivamente si può osservare che accrescimenti e densità della componente arboreo-arbustiva non

seguono un andamento univoco, ma presentano elevata variabilità nelle diverse stazioni di rilievo.

I valori di accrescimento arboreo risultano relativamente bassi, con valori medi di diametro compresi tra 0,9 e 8,9 cm e valori medi di altezza compresi tra 0,8 e 4,7 m. La specie che nei diversi interventi ha avuto maggior successo è stata *Populus alba* L. La componente arbustiva risulta avere migliore riuscita, con accrescimenti minimi simili a quelli rilevati nella componente arborea e quelli massimi pari a 2,9 m per l'altezza e 3,5 cm per il diametro. Tra le specie arbustive *Crataegus monogyna* Jacq. ha mostrato gli accrescimenti maggiori.

Per quanto riguarda la densità hanno avuto anche in questo caso più successo le specie arbustive, soprattutto in suoli ricchi di argilla e limo, a indicare che probabilmente gli arbusti sopportano meglio condizioni di ristagno idrico. Si deve inoltre sottolineare che il dato di densità è stato fortemente influenzato da interventi di risarcimento e infittimento non sempre documentati (da 318 a 3185 piante/ha). Le tabelle 1 e 2 mostrano in modo riassuntivo i risultati ottenuti. I principali fattori di disturbo rilevati sono la presenza di specie invasive e i danni da ungulati e lagomorfi. Tra le invasive è stata osservata una forte presenza di *Reynoutria japonica* Houtt. e di *Prunus serotina* Ehrh., mentre per i danni da ungulati quello più frequente è stato il brucamento. In generale quest'ultimo ha interessato maggiormente le specie arbustive. Tra le arboree le più appetite sono risultate *Carpinus betulus* L., *Fraxinus excelsior* L. e *Quercus robur* L., colpita anche da Oidio e con galle di Imenotteri Cinipidi.

3.2. Indice QBS-ar

Nelle 7 stazioni esaminate, sono stati prelevati 1164 microartropodi appartenenti a sei ordini di Esapodi (insetti): Collembola (nessuna forma euedafica, cioè ben adattata all'ambiente suolo e indicatrice di suoli buoni dal punto di vista biologico), Hemiptera, Thysanoptera, Coleoptera, Hymenoptera, Diptera; altre classi di artropodi, oltre agli insetti, sono Arachnida, Chilopoda, Crustacea (ordine Isopoda) e Symphyla. Il taxon più rappresentato è quello degli Acari fra cui prevalgono gli Oribatidi, ben adattati alla vita edafica. Da queste analisi è risultato che, secondo l'indice QBS-ar, i suoli in cui è stato effettuato il prelievo possono essere distribuiti in due classi di qualità II e III, in una scala da I a V. La classe II è caratterizzata dalla presenza di un gruppo euedafico e QBS-ar < 50. La classe III invece corrisponde alla presenza di uno o due gruppi euedafici e QBS-ar > 50. Si è osservata una buona corrispondenza fra qualità biologica del suolo e classi di successo degli interventi di ripristino basate sugli accrescimenti di *Quercus robur* L. Nonostante non si siano osservate tracce di inquinamento evidenti i valori di QBS-ar sono relativamente bassi. Questo risultato è legato essenzialmente a due fattori: il periodo di rilievo e il tipo di substrato. Rilevando la fauna edafica nel periodo estivo, a causa del caldo, che fa scegliere ai microartropodi strati più profondi e più freschi dei primi 10 cm analizzati e degli sfarfallamenti

di vari insetti che passano gli stadi giovanili nel suolo il numero potrebbe essere stato sottostimato. La scarsa porosità e la ridotta potenza del suolo potrebbero inoltre rendere quest'ultimo poco favorevole alla presenza di microartropodi.

3.3. Componente pedologica

Le analisi effettuate hanno mostrato notevole variabilità delle caratteristiche chimico-fisiche delle diverse aree di cantiere oltre che nei parametri riferiti agli orizzonti A e quelli degli orizzonti B e C. Dando dei dati medi i suoli analizzati presentano tessitura franco-sabbiosa, con scheletro del 30%, contenuto in carbonio pari all'1,3% e rapporto C/N pari a 12. La struttura si presenta spesso massiva con valori di resistenza a penetrazione pari a 2 kg/cm². Negli orizzonti più profondi questi si attestano attorno a valori di 3,5 kg/cm², indicando la presenza di forte compattazione, dovuta al passaggio di mezzi pesanti. La presenza di strutture redoximorfiche rivela che tali suoli sono soggetti a ristagno idrico.

3.4. Componente erbacea

Dai rilievi condotti, sono state osservate in totale 105 specie, di cui 15 arbustive, 13 erbacee seminate e 77 erbacee spontanee. Di queste 44 sono annuali e lasciano il suolo scoperto durante il periodo estivo, riducendo l'efficacia dell'inerbimento.

Nonostante la presenza di specie spontanee quelle seminate presentano percentuali di insediamento elevate (copertura media del 67%), ma piuttosto variabili a seconda del sito con valori estremi compresi tra 0 e 100%. In condizioni favorevoli comunque le specie presenti nei miscugli seminati (a dominanza di *Festuca arundinacea* Schreb.) hanno mostrato una buona competitività, diventando quasi esclusive.

4. Conclusioni

Gli interventi di ripristino presi in considerazione dal presente lavoro hanno evidenziato scarso successo. Gli accrescimenti delle specie arboreo-arbustive sono ridotti, così come ridotte sono la biodiversità della pedofauna e la qualità biologica del suolo. La presenza di specie erbacee invasive risulta elevata e le condizioni pedologiche ancora fortemente disturbate dalla passata azione antropica, con semplificazione del profilo (generalmente presenza di orizzonte A e C) e compattamento che porta a situazioni diffuse di ristagno idrico.

Appare inoltre evidente la generale difficoltà di ricostruire a posteriori l'evoluzione dei lavori svolti e di poter quindi effettuare confronti utili a stabilire il livello di restauro raggiunto, nonostante venga imposta ai soggetti realizzatori dell'opera infrastrutturale la redazione di un dettagliato Piano di Monitoraggio Ambientale. Alla luce di quanto osservato risulta necessario ridefinire l'approccio metodologico degli interventi di mitigazione e ripristino, in termini di distribuzione dei progetti, metodi e gestione dell'impianto, selezione delle specie e monitoraggi successivi.

Tabella 1. Massimi e minimi di accrescimento.
 Table 1. Growth maximum and minimum.

Area di saggio	H (m)			D (cm)		
	media arborea	media arbustiva	media TOTALE	medio arborea	medio arbustive	medio TOTALE
Min	0,8	0,8	0,7	0,9	0,5	0,8
Max	4,7	2,9	3,3	8,9	3,5	4,7

Tabella 2. Massimi e minimi di densità.
 Table 2. Density maximum and minimum.

Area di saggio	Densità media (p/area saggio)			Densità media (p/ha)		
	arborea	arbustiva	TOTALE	arborea	arbustiva	TOTALE
Min	4	1	10	127	32	318
Max	55	74	100	1833	2357	3185

SUMMARY

Effectiveness of tree planting for ecological restoration along a high-speed railway track

The building of a high-speed railway in north-western Italy has affected some natural forests and Natura 2000 sites. According to the current regulations, ecosystem stewards have to negotiate measures to “compensate” the ecological damage, i.e., replace the habitats, ecological values, and functions that are damaged or lost. Usually such actions are rarely followed up or evaluated for their success. The aims of this research are to evaluate the outcome of 32 tree plantations along the high-speed railway seven years after their completion, and to compare the current vegetation with the expected restoration targets. Evaluation criteria include biodiversity (e.g., QBS index, presence of invasive or nemoral species), tree growth and mortality rate and soil physical and chemical parameters. Most of the projects were unsuccessful, as they exhibited slow tree growth, high tree mortality, low biodiversity and high abundance of invasive species. This was due both to questionable planting techniques and to the lack of plantation management in the following years. Consequently, we advocate the need to rethink a comprehensive approach to tree planting practices for ecological compensation, in terms of spatial distribution of the projects, planting methods, tree species selection, plantation management, and ecological goals.

BIBLIOGRAFIA

Andrews A., 1990 – *Fragmentation of habitat by roads and utility corridors: A Review*. Australian Zoologist, 26: 1-30-14.

- Angelini P., Fenoglio S., Isaia M., Jacomini C., Migliorini M., Moris A., 2002 – *Tecniche di biomonitoraggio della qualità del suolo*. ARPA Piemonte, Torino, pp. 106.
- Coineau Y., Cléva R., Du Chatenet G., 1997 – *Ces animaux minuscules qui nous entourent*. Delachaux et Niestlé.
- Cortemiglia G.C., 1999 – *Serie climatiche ultracentenarie*. Regione Piemonte.
- D’Avino L., 2002 – *Esposizione del metodo di Vittorio Parisi per la valutazione della Qualità Biologica del Suolo (QBS) e proposta di standardizzazione delle procedure*. Museo di Storia Naturale dell’Università di Parma. CD ROM - Parma, gennaio 2002
- Karr J.R., Dudley D.R., 1981 – *Ecological perspective and water quality goals*. Environmental Management, 5: 55-68.
- Matthey W., Della Santa E., Wannemacher C., 1992 – *Guida pratica all’ecologia*. Zanichelli, Bologna, pp. 230.
- Parisi V., 2001 – *La qualità biologica del suolo. Un metodo basato sui microartropodi*. Acta Naturalia de “L’Ateneo Parmense”, 37 (3/4): 97-106.
- Parrotta J.A., Knowles O.H., Wunderle Jr. J.M., 1997 – *Development of floristic diversity in 10-year-old restoration forests on a bauxite mined site in Arizona*. Forest Ecology and Management, 99: 21-42.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127\(97\)00192-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00192-8)
- Tremblay Y.E., 1991, 1994, 1997, 2000 – *Entomologia applicata*. Liguori Editore, Napoli, voll. 2-3-4.
- Zanini E., Bonifacio E., Albertson J.D., Nielsen D.R., 1998 – *Topsoil aggregate breakdown under water-saturated conditions*. Soil Science, 163 (4): 288-298.
<http://dx.doi.org/10.1097/00010694-199804000-00004>