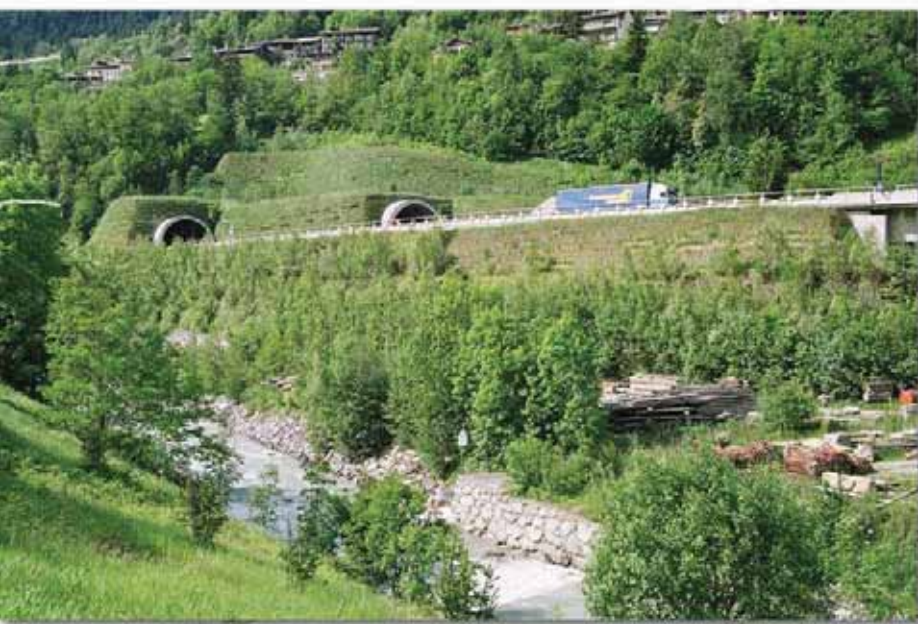


# Mitigazioni a verde con tecniche di rivegetazione e ingegneria naturalistica nel settore delle strade



MANUALI E LINEE GUIDA

**MITIGAZIONI A VERDE CON TECNICHE DI  
RIVEGETAZIONE E INGEGNERIA NATURALISTICA  
NEL SETTORE DELLE STRADE**

**Manuali e linee guida**

**65.4/2010**

---

## **INFORMAZIONI LEGALI**

L'ISTITUTO SUPERIORE PER LA PROTEZIONE E LA RICERCA AMBIENTALE (ISPRA) E LE PERSONE CHE AGISCONO PER CONTO DELL' ISTITUTO NON SONO RESPONSABILI PER L'USO CHE PUÒ ESSERE FATTO DELLE INFORMAZIONI CONTENUTE IN QUESTO MANUALE.

**ISPRA** – ISTITUTO SUPERIORE PER LA PROTEZIONE E LA RICERCA AMBIENTALE  
Dipartimento Difesa della Natura - Servizio Aree Protette e Pianificazione Territoriale  
Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma  
[www.isprambiente.it](http://www.isprambiente.it)

ISBN 978-88-448-0471-8

RIPRODUZIONE AUTORIZZATA CITANDO LA FONTE

## **ELABORAZIONE GRAFICA**

ISPRA – Servizio Comunicazione  
*GRAFICA:* Alessia Marinelli, Elena Porrazzo  
*FOTO DI COPERTINA:* Giuliano Sauli

## **COORDINAMENTO TIPOGRAFICO**

Daria Mazzella  
ISPRA – Settore Editoria

## **AMMINISTRAZIONE:**

Olimpia Di Girolamo  
ISPRA – Settore Editoria

## **DISTRIBUZIONE:**

Michelina Porcarelli  
ISPRA – Settore Editoria

FINITO DI STAMPARE NOVEMBRE 2010

---

## **Autori**

Giuliano Sauli AIPIN (Associazione Italiana per l'Ingegneria Naturalistica)  
Aldo Ponis (libero professionista)

## **Revisione per ISPRA**

Serena D'Ambrogi NAT- Servizio Aree Protette e Pianificazione Territoriale  
Gabriella Rago NAT - Servizio Aree Protette e Pianificazione Territoriale  
Caterina D'Anna AMB - Servizio Progetto Speciale Osservatorio Ambientale

---

## Indice

1. PREMESSE.....	6
2. PRINCIPI E METODI DELL'INGEGNERIA NATURALISTICA APPLICATI ALLE STRADE .	6
2.1 Definizione e finalità dell'Ingegneria Naturalistica.....	6
2.1.1 <i>Definizione dell' Ingegneria Naturalistica</i> .....	6
2.1.2 <i>Finalità dell' Ingegneria Naturalistica</i> .....	6
2.2 Applicabilità dell'Ingegneria Naturalistica alle infrastrutture viarie .....	7
3. SINTESI DELLE METODOLOGIE DI ANALISI FINALIZZATE ALLA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI A VERDE E DI INGEGNERIA NATURALISTICA.....	8
3.1 Pedologia applicata (vedi linea guida specifica ISPRA in stampa 2010).....	8
3.1.1 <i>Analisi degli orizzonti superficiali dei suoli delle aree di intervento</i> .....	8
3.1.2 <i>Modalità di scotico, accumulo, rimessa in posto e ammendamento dei suoli</i> .....	8
3.1.3 <i>Ricostruzione di suoli da matrici di inerte terroso(suoli tecnogenici)</i> .....	9
3.2 Botanica applicata.....	9
3.2.1 <i>Formulazione degli elenchi floristici e criteri di scelta delle specie</i> .....	9
3.2.2 <i>Individuazione delle serie dinamiche della vegetazione potenziale di riferimento</i> .....	9
4. IL PROGETTO INTEGRATO .....	9
4.1 Modalità di progettazione degli interventi a verde e di Ingegneria Naturalistica.....	11
4.1.1 <i>Caratteristiche stazionali del sito</i> .....	11
4.1.2 <i>Caratteristiche biotecniche delle specie</i> .....	11
4.1.3 <i>Abbinamento con tecniche di Ingegneria Naturalistica</i> .....	11
4.1.4 <i>Verde tecnico e potenziale interferenza con le strutture</i> .....	11
4.1.5 <i>Piani di scarpata</i> .....	12
4.1.6 <i>Documentazione di progetto</i> .....	12
5. PRINCIPALI TIPOLOGIE DI OPERE D'ARTE .....	14
5.1 Scarpate a raso o rilevato .....	14
5.2 Scarpate in scavo o trincea.....	14
5.3 Ponte o viadotto .....	15
5.4 Portali delle gallerie.....	16
6. PRINCIPALI TIPOLOGIE DI INTERVENTI A VERDE NELLE INFRASTRUTTURE VIARIE	19
6.1 Prerinverdimento .....	19
6.2 Semine .....	19
6.3 Prato in rotolo .....	20
6.4 Messa a dimora di arbusti ed alberi .....	20
6.4.1 <i>Piantagione su scarpate in rilevato</i> .....	22
6.4.2 <i>Piantagione su scarpate in trincea o scavo</i> .....	22
6.5 Canalizzazioni.....	23
6.5.1 <i>Fossi di guardia</i> .....	23
6.6 Fasce boscate tampone e siepi .....	25
6.7 Strutture di rivestimento .....	26
6.8 Strutture di sostegno di scarpate .....	28
6.8.1 <i>Terre rinforzate verdi (TRV)</i> .....	28
6.8.2 <i>Muri cellulari in calcestruzzo</i> .....	32
6.9 Barriere verdi antirumore e di isolamento .....	33
6.9.1 <i>In terrapieno naturale</i> .....	33
6.9.2 <i>Terra rinforzata doppia</i> .....	35
6.9.3 <i>Terrapieni compressi</i> .....	35
6.10 Barriera antisvio in doppia terra rinforzata.....	37
6.11 Interventi di rivegetazione delle scarpate in ombra dei viadotti .....	38
6.12 Vasche di prima pioggia come habitat umidi o a secco.....	39
6.13 Strutture di deframmentazione di habitat faunistici.....	40
6.14 Interventi a lato strada indirettamente collegati con la realizzazione dell'infrastruttura viaria.	43
6.14.1 <i>Interventi su versanti a lato strada</i> .....	43
6.14.2 <i>Interventi su deviazione corsi d'acqua</i> .....	44
6.14.3 <i>Interventi su cave di prestito</i> .....	45
6.14.4 <i>Rivegetazione di depositi di inerti di scarto lato strada</i> .....	46
6.14.5 <i>Interventi di rivegetazione delle aree di cantiere e piste laterali</i> .....	47

---

7. INTERVENTI A VERDE NELLE AREE DI SERVIZIO E NELLE ROTATORIE .....	48
7.1 Tematiche della caratterizzazione paesaggistico-ambientale .....	48
7.1.1 <i>Le aree di servizio</i> .....	49
7.1.2 <i>Le rotatorie della grande viabilità</i> .....	52
8. MONITORAGGIO E MANUTENZIONE .....	56
8.1 Manutenzione in funzione della strada .....	56
8.2 Manutenzione in funzione del verde.....	56
8.2.1 <i>Principi e metodi</i> .....	56
8.2.2 <i>Gli interventi di potatura quale fonte di materiale da propagazione</i> .....	57
8.2.3 <i>Modalità particolari di esecuzione degli interventi di manutenzione del verde da impianto</i> .....	57
8.3 Cartelli segnalatori degli interventi a verde e di IN .....	58
<i>Segnalatori della presenza di strutture particolari</i> .....	58
<i>Segnalatori di modalità particolari di manutenzione non distruttiva</i> .....	58
<i>Interventi di piantagione di rampicanti in contrasto con precedenti interventi a verde</i> .....	58
9. BIBLIOGRAFIA .....	60
10. GLOSSARIO .....	63
Indice delle Foto.....	68

---

## 1. PREMESSE

La presente Linea Guida tecnica riguarda le modalità di esecuzione e gestione degli interventi a verde, di Ingegneria Naturalistica di rivegetazione e di deframmentazione di habitat nell'ambito delle infrastrutture stradali.

La linea guida fa parte di una serie prodotta da ISPRA in collaborazione e con il supporto tecnico del Coordinamento delle Associazioni Tecnico-Scientifiche Ambiente e Paesaggio (CATAP).

Scopo della linea guida è fornire le modalità di esecuzione degli interventi di cui al titolo, da utilizzare sia in sede di progettazione, realizzazione e gestione delle opere stesse, sia in sede tecnico amministrativa degli Enti preposti alla valutazione tecnica ed ambientale.

La presente linea guida va considerata un testo sintetico di riferimento di buone pratiche di esecuzione e non un manuale.

## 2. PRINCIPI E METODI DELL'INGEGNERIA NATURALISTICA APPLICATI ALLE STRADE

Si fa riferimento ai principi e metodologie dell'Ingegneria Naturalistica applicati al caso delle infrastrutture viarie, sia per gli interventi di pertinenza diretta (scarpate, portali di gallerie, vasche di prima pioggia, barriere antirumore ed antisvio, aree di sosta e di servizio ecc.), sia a quelli ad esse indirettamente connesse (deviazioni di corsi d'acqua, cave di prestito, sistemazione di versanti franosi interferenti).

### 2.1 Definizione e finalità dell'Ingegneria Naturalistica

Per le generalità sull'Ingegneria Naturalistica si rimanda alla bibliografia citata. Vengono di seguito richiamati alcuni concetti che sono la base di riferimento delle scelte progettuali e realizzative anche nel settore viario, partendo dalla definizione e dalle finalità riconosciute dell'Ingegneria Naturalistica.

#### 2.1.1 Definizione dell'Ingegneria Naturalistica

**“L'Ingegneria Naturalistica è una disciplina tecnico - naturalistica che utilizza le piante vive autoctone negli interventi antierosivi, stabilizzanti, di consolidamento o anche di semplice rinaturazione, da sole, o in abbinamento con altri materiali tradizionali e non (legname, pietrame, biostuoie, reti metalliche, geosintetici, ecc)”**.

#### 2.1.2 Finalità dell'Ingegneria Naturalistica

Le finalità classiche dell'Ingegneria Naturalistica sono le seguenti:

- 1) tecnico-funzionali:** con riferimento, ad esempio, all'efficacia antierosiva e di consolidamento di un versante franoso, di una sponda o di una scarpata stradale;
- 2) naturalistiche:** in quanto non semplice copertura a verde, ma ricostruzione o innesco di ecosistemi mediante impiego di specie autoctone dei diversi stadi delle serie dinamiche della vegetazione potenziale dei siti di intervento;
- 3) paesaggistiche:** di “ricucitura” al paesaggio naturale circostante, effetto strettamente collegato all'impiego di specie autoctone;
- 4) economiche:** in quanto strutture competitive e alternative alle opere tradizionali (ad esempio muri in cemento armato sostituiti da palificate vive o da terre verdi rinforzate).

---

Va inoltre riconosciuta una ulteriore e non meno importante finalità (da: *Linee guida alla progettazione degli interventi di Ingegneria Naturalistica nelle Marche*, 2010 - modificato):

**5) socio-economica:** in quanto gli interventi di Ingegneria Naturalistica determinano un indotto sociale ed economico (sviluppo occupazione ambiti montani e collinari, miglioramento della qualità ambientale, gestione ecocompatibile delle risorse naturali).

## 2.2 Applicabilità dell'Ingegneria Naturalistica alle infrastrutture viarie

L'applicabilità dell'Ingegneria Naturalistica alle infrastrutture viarie va riferita come detto alle tipologie di opere d'arte collegate alle infrastrutture stesse e alle conseguenti possibili tipologie di interventi a verde quali principalmente:

- Rivegetazione e stabilizzazione di scarpate con semine potenziate, stuoie organiche, vimate vive, messa a dimora di arbusti e alberi, ecc.;
- Consolidamento e stabilizzazione di portali di gallerie con terre rinforzate verdi, muri cellulari verdi, stuoie e rivestimenti vegetativi, ecc.;
- Barriere verdi antirumore, terrapieni verdi di isolamento (antisvio, antiabbagliamento);
- Siepi di mezzera tra le carreggiate, siepi e fasce boscate a lato strada (sieponi a muro, siepi a tetto, ecc.);
- Rivegetazione di scarpate in ombra dei viadotti;
- Sistemi di canalizzazione in stuoie sintetiche rinverdite;
- Sistemazioni spondali delle deviazioni dei corsi d'acqua con palificate vive, terre verdi rinforzate, gabbionate verdi, muri cellulari verdi, ecc.;
- Sistemazione di versanti franosi a lato strada con tecniche classiche di Ingegneria Naturalistica (gradonate vive, grate e palificate vive, ecc.);
- Vasche di prima pioggia quali habitat umidi o a secco;
- Provvedimenti di continuità faunistica (sovrappassi e sottopassi verdi, barriere e reti di deviazione per fauna minore, ecc.) aree e piste di cantiere, cave di prestito, piste d'accesso;
- Reinserimento paesaggistico delle stazioni di servizio;
- Realizzazione di interventi di compensazione naturalistica.

Valgono comunque alcuni principi generali nell'applicabilità dell'Ingegneria Naturalistica:

- Finalizzazione degli interventi di rivegetazione alla funzioni antierosiva, di stabilizzazione e di consolidamento dei corpi terrosi e dei suoli denudati legati agli interventi;
- Ottenimento di tali funzioni legandole alla ricostituzione di ecosistemi locali mediante impiego di piante autoctone riferite a stadi della serie dinamica della vegetazione potenziale dei siti di intervento.
- **Ottenere il massimo livello possibile di biodiversità compatibile con la funzionalità strutturale e gestionale dell'opera;**
- Valutazione dei limiti di impiego delle tecniche in relazione alle funzioni statiche;
- Valutazione delle possibili interferenze funzionali (es. invasione dei rami degli alberi e arbusti della sagoma stradale).



---

### 3. SINTESI DELLE METODOLOGIE DI ANALISI FINALIZZATE ALLA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI A VERDE E DI INGEGNERIA NATURALISTICA

#### 3.1 Pedologia applicata (vedi linea guida specifica ISPRA in stampa 2010)

##### 3.1.1 Analisi degli orizzonti superficiali dei suoli delle aree di intervento

Per un efficace riutilizzo dei suoli sulle scarpate e in genere sulle superfici di intervento a verde vanno adottate alcune modalità di indagine collegate con l'esecuzione degli interventi di progetto.

In fase di progettazione definitiva ed esecutiva vanno effettuati, nelle aree di scotico, dei prelievi a campione dei suoli da sottoporre ad analisi. Il prelievo va effettuato:

- in superficie per una **osservazione superficiale o speditiva** o secondo la tecnica del “**minipit** (o pozzetto) cioè uno scavo di circa 50 cm di profondità, utile per verificare le condizioni dello strato maggiormente interessato dalle radici che è quello che si prevede in genere di scoticare;
- più in profondità (**Trivellata**). Per alcune aree può essere necessario effettuare un vero e proprio “**Profilo**” con il quale è normalmente possibile riconoscere una serie di strati con andamento parallelo alla superficie chiamati orizzonti.

Le analisi dei suoli sono finalizzate alla caratterizzazione dei suoli stessi in funzione del loro riutilizzo tal quali o da sottoporre ad ammendamenti. Sono di solito sufficienti analisi semplificate relative ai principali parametri fisico-idrologici, organici e chimici.

##### 3.1.2 Modalità di scotico, accumulo, rimessa in posto e ammendamento dei suoli

È importante sottolineare che un'adeguata tecnica di ripristino ambientale e delle adeguate attenzioni possono consentire l'instaurarsi di condizioni pedologiche accettabili in tempi brevi, che sono la premessa per il successo degli interventi di rivegetazione.

Una raccomandazione generale è che, quando si operano scavi partendo dalla superficie di un suolo naturale, devono essere separati lo strato superficiale (relativo agli orizzonti più ricchi in sostanza organica ed attività biologica e gli strati profondi sottostanti).

In termini assolutamente generali si possono riferire le seguenti profondità:

1. dalla superficie fino a 10-20 centimetri di profondità;
2. dallo strato precedente fino ai 50 (100) centimetri, o comunque sino al raggiungere il materiale inerte non pedogenizzato;
3. materiale non pedogenizzato che deriva dal disfacimento del substrato

All'atto della messa in posto, i diversi strati non devono essere fra loro mescolati (in particolare i primi due con il terzo). È bene anche che nella messa in posto del materiale terroso sia evitato l'eccessivo passaggio con macchine pesanti e che siano prese tutte le accortezze tecniche per evitare compattamenti o comunque introdurre limitazioni fisiche all'approfondimento radicale o alle caratteristiche idrologiche del suolo.

Lo stoccaggio del suolo deve tenere conto, in particolare, di evitare eccessi di mineralizzazione della sostanza organica. Si raccomanda in tal senso che gli accumuli temporanei di terreno vegetale non debbano superare i 2 - 3 metri di altezza con pendenza in grado di garantire la loro stabilità.

Per le scarpate stradali la miscelazione di diversi materiali terrosi, l'incorporazione di eventuali ammendanti e concimazione di fondo devono essere effettuati prima della messa in posto del materiale. Per garantire il successo degli interventi a verde e di tutela del suolo e per evitare l'esplosione di infestanti non gradite, debbono essere applicate alcune tecniche quali: pacciamature, semine con miscele ricche in leguminose, irrigazione e sistemazioni idraulico agrarie in genere.

---

### *3.1.3 Ricostruzione di suoli da matrici di inerte terroso (suoli tecnogenici)*

Quando il tracciato stradale si sviluppa su substrati a prevalenti litologie affioranti (casi tipici i calcari affioranti in zone carsiche o i suoli su arenarie e flysch) non sono possibili in genere operazioni di scotico. I suoli presenti vanno inevitabilmente rimescolati con le litologie di scavo da cui provengono con sacche di terre minerali (tipiche le “terre rosse” carsiche del Carso triestino e di certe zone della Puglia). L’unico sistema sinora collaudato per ricavare comunque una frazione di inerte terroso fine e separarlo dalla matrice litologica derivante dagli scavi, è quello di sottoporre a vaglio l’inerte roccioso, migliorando tra l’altro le sue caratteristiche geotecniche e di drenaggio.

Il materiale terroso ricavato è in genere comunque di quantità e qualità insufficienti all’utilizzo come copertura di suolo organico delle scarpate e va ammendato con aggiunta di Compost di qualità od altri materiali organici eventualmente disponibili

## **3.2 Botanica applicata**

Per quanto riguarda le modalità di analisi e acquisizione dei dati botanici si rimanda alla direttiva specifica ISPRA in stampa 2010 di cui si riportano di seguito in sintesi alcune indicazioni principali.

Si applicano le metodologie della fitosociologia che prevedono:

- esecuzione di elenchi floristici delle specie presenti nell’area di intervento;
- individuazione delle cenosi vegetali ed in particolare delle serie dinamiche della vegetazione potenziale di riferimento nell’area di intervento.

### *3.2.1 Formulazione degli elenchi floristici e criteri di scelta delle specie*

Vanno eseguiti una serie di rilievi delle specie presenti nelle aree di intervento. Trattandosi di strutture lineari, lunghe spesso decine di chilometri, i rilievi floristici vanno ripetuti per le principali associazioni vegetali presenti lungo il tracciato e per aree significative. Vanno comunque acquisiti i dati disponibili da letteratura, specialmente nel caso di esecuzione delle analisi in periodo stagionale sfavorevole. Di ogni specie vanno riportati la forma biologica e il tipo corologico, dati che forniscono preziose informazioni sull’utilizzo della specie stessa nel contesto di applicazione.

### *3.2.2 Individuazione delle serie dinamiche della vegetazione potenziale di riferimento*

La realtà ambientale delle aree di intervento è suscettibile in Italia di grosse differenze regionali in dipendenza dei gradienti latitudinali/altitudinali ma anche di quelli geopedologici e climatici che portano ad una notevole differenziazione degli ecosistemi e delle caratteristiche della vegetazione.

Lo scopo delle analisi è di individuare l’insieme delle specie autoctone di possibile impiego più coerenti con la vegetazione del sito intendendo non necessariamente quelle effettivamente presenti nell’area, ma più spesso quelle della vegetazione potenziale di riferimento.

Va effettuata l’individuazione delle serie dinamiche della vegetazione potenziale che sono la base di interpretazione della vegetazione naturale del sito. Nell’ambito delle serie vanno ulteriormente individuati gli stadi più idonei di riferimento coerenti con la situazione stazionale di ogni singola superficie di intervento. Nelle strade infatti vi può essere una notevole differenza nella selezione delle specie tra le scarpate in esposizione sud rispetto a quelle in esposizione nord. Possono inoltre variare in maniera determinante altre condizioni: inclinazione, abbinamento con strutture (reti, stuoie, ecc.), caratteristiche del substrato (presenza e qualità di suolo).

Nell’ambito delle serie dinamiche, gli stadi più evoluti (climax) sono spesso da considerarsi solo un riferimento e non immediatamente riproponibili. Ad esempio se una strada attraversa una zona a boschi di querce non è detto che gli interventi a verde sulle scarpate possano puntare alla riproduzione del bosco e quindi utilizzare le specie arboree, per il pericolo di interferenze con i veicoli. Sono invece normalmente da utilizzare come riferimento per riprodurre formazioni simili al prato-pascolo arbustato le specie delle associazioni “mantello” o di siepe ad arbusti.

---

## 4. IL PROGETTO INTEGRATO

Le principali interferenze naturalistiche indotte dalla realizzazione di infrastrutture viarie (strade, ferrovie) di vario ordine sono legate a:

- sparizione fisica: data la natura lineare di tali infrastrutture, vere e proprie “strisce” di territorio vengono occupate e sottratte definitivamente;
- interruzione della continuità di habitat, reti ecologiche, ecosistemi in genere;
- realizzazione di vaste superfici denudate di neoformazione collegate con l’infrastruttura sia
- direttamente (scarpate in trincea, rilevati, aree di svincolo, imboccature di gallerie, ecc.) che
- indirettamente (aree e piste di cantiere, cave di prestito, ecc.).

Anche se l’infrastruttura attraversa aree prive di valori naturalistici, ad esempio zone di pianura con vaste superfici di agricoltura intensiva, va comunque considerata l’opportunità di una riqualificazione del paesaggio attraversato mediante:

- realizzazione di fasce boscate tampone a lato strada;
- ricostruzione di corridoi ecologici;
- ricostruzione di habitat;
- ricostituzione in genere di elementi della rete ecologica.

Di tutte queste superfici va prevista la rivegetazione a fini:

- funzionali (antierosivi, di stabilizzazione in genere);
- naturalistici di ricostituzione o innesco di formazione di nuovi habitat;
- paesaggistici.

Gli interventi a verde e di Ingegneria Naturalistica fanno parte integrante e funzionale del progetto stradale e vanno progettati contestualmente ad esso con grado di approfondimento proporzionale alle varie fasi del progetto stesso.

Vale il principio operativo di formulare, sin dalle prime fasi di progettazione, il cosiddetto “Progetto integrato”, cioè un progetto che tiene subito conto delle esigenze di riambientazione che diventano in certi casi pregiudiziali alle scelte infrastrutturali, integrandosi con esse. Ad esempio una terra rinforzata verde di sostegno a una spalla di un ponte o sostitutiva di un muro di controripa un fosso di infiltrazione o un ecosistema filtro da collocare nella rotonda di uno svincolo, una deviazione di corso d’acqua con sponde sostenute con tecniche di Ingegneria Naturalistica, ecc. (vedi foto 61, 62, 91, 92, 107, 108, 109), sono frutto di riconosciute esigenze di mitigazione di impatti e la loro identificazione e progettazione non può essere rimandata a progetto definito o addirittura a fine lavori come generici “interventi a verde” da far eseguire a posteriori da una ditta specializzata.

Va identificata quindi, nel team di progettazione, la figura specifica di un professionista esperto in progettazione di opere di mitigazione e di Ingegneria Naturalistica.

Contemporaneamente gli studi di analisi degli elementi naturalistici conoscitivi di supporto alla progettazione, devono essere, per certi aspetti, dettagliati già nelle fasi preliminari di progetto, per poter consentire la individuazione a priori delle emergenze da tutelare, ma anche delle possibilità concrete di adottare determinati interventi di ripristino quali:

- selezione delle specie vegetali;
- disponibilità di mercato delle stesse o in alternativa possibilità di realizzare vivai temporanei;
- individuazione dei problemi di interferenze faunistiche e possibilità di realizzare strutture per il mantenimento dei dinamismi di certe specie animali;
- possibilità di adozione di tecniche di Ingegneria Naturalistica negli interventi di consolidamento e rivegetazione di scarpate di neoformazione;
- possibilità di adottare provvedimenti antirumore con barriere vegetative;
- disponibilità di suolo vegetale nell’ambito del cantiere o possibilità di reperimento e ammendamento di inerti terrosi derivati.

---

## 4.1 Modalità di progettazione degli interventi a verde e di Ingegneria Naturalistica

### 4.1.1 Caratteristiche stazionali del sito

Per una efficace progettazione degli interventi a verde in ambito stradale vanno innanzitutto conosciute le caratteristiche stazionali del sito quali: latitudine, altitudine, microclima (piovosità e temperatura medie), esposizione e inclinazione di ogni singola scarpata di intervento, stadio della serie dinamica della vegetazione potenziale, substrato geopedologico, ecc..

Tali dati consentono la scelta delle specie vegetali più idonee per gli interventi, in funzione dell'insieme delle condizioni del sito.

### 4.1.2 Caratteristiche biotecniche delle specie

Nella scelta delle specie vanno, inoltre, considerate le caratteristiche biotecniche delle specie cioè: capacità antierosive delle specie erbacee, tipo di radicazione e sviluppo in altezza e larghezza delle specie legnose, comportamento pioniero, possibilità di riproduzione per via vegetativa tramite talea legnosa in pieno campo, ecc..

### 4.1.3 Abbinamento con tecniche di Ingegneria Naturalistica

Vanno selezionate le specie arbustive più idonee all'abbinamento con le tecniche di Ingegneria Naturalistica da utilizzare nell'ambito dei singoli interventi del progetto stradale. Data la grande variabilità delle condizioni ambientali, la selezione delle specie è di fondamentale importanza per la riuscita e durata degli interventi ma anche per l'efficacia funzionale attesa dalla tecnica utilizzata.

Un esempio classico è la palificata viva di sostegno in cui lo sviluppo radicale delle piante è condizione prima del successo della tecnica stessa che prevede notoriamente che la funzione di sostegno sia inizialmente a carico del legname morto e passi poi nel tempo a carico della radicazione delle piante legnose abbinata.

Un altro esempio sono le strutture in terra rinforzata in cui le funzioni attese sono:

- a) antierosiva a carico inizialmente delle stuoie poste a contenimento dei suoli posti nello strato esterno, azione nel tempo sostituita dalle radici delle specie erbacee costituenti il cotico erboso;
- b) stabilizzante a carico delle specie arbustive che con lo sviluppo delle radici contribuiscono a stabilizzare il cuneo esterno degli inerti posti a contatto con stuoie e griglie frontali.

### 4.1.4 Verde tecnico e potenziale interferenza con le strutture

Anche nel caso delle strutture viarie molte delle tecniche a verde rientrano nella categoria del cosiddetto "verde tecnico" (tedesco "Vegetationstechnik" tradotto letteralmente: "tecniche di vegetazione") cioè dell'uso tecnico delle piante ovvero del verde realizzato tenendo conto delle esigenze e quindi delle limitazioni funzionali indotte dalle attività umane.

Vale comunque sempre il principio, già citato in premessa, di realizzare il massimo livello di biodiversità compatibile con le limitazioni funzionali strutturali e gestionali intrinseche dell'opera.

La verifica delle caratteristiche biotecniche delle piante va effettuata in funzione delle potenziali interferenze con la infrastruttura. Vanno prese in considerazione:

- *interferenze con la struttura*, ad esempio la radicazione eccessiva di certe specie può interferire con la pavimentazione della strada o con le georeti sintetiche poste a rinforzo orizzontale in terre rinforzate;
- *interferenze gestionali*, ad esempio l'eccessivo sviluppo dei rami di alberi ed arbusti piantati a lato strada può invadere la sagoma dei camion in transito o impedire la visibilità agli innesti delle rampe laterali.

---

Le interferenze potenziali legate allo sviluppo delle piante devono essere tenute in conto in fase di progettazione (selezione e collocazione delle piante a lato strada), ma anche in fase di gestione prevedendo periodici interventi di manutenzione di cui si dirà al capitolo specifico.

#### *4.1.5 Piani di scarpata*

Il processo progettuale prevede la formulazione dei cosiddetti “Piani di scarpata” cioè della definizione per ogni scarpata:

- delle miscele delle specie erbacee per le semine;
- delle specie legnose di impiego distinte tra arbustive ed arboree;
- la loro collocazione quali-quantitativa sulle scarpate (sesti di impianto);
- l’abbinamento con tecniche di Ingegneria Naturalistica;
- la combinazione con materiali inerti.

#### *4.1.6 Documentazione di progetto*

Gli interventi a verde nei progetti stradali vanno collocati tra le opere principali e sono soggetti alle stesse fasi e modalità di progettazione.

Va prodotta in sede di progetto, con l’approfondimento derivante dalla fase (preliminare, definitiva, esecutiva) e in analogia con gli altri interventi la documentazione che segue.

Si tenga presente che normalmente il progetto degli interventi a verde e di Ingegneria Naturalistica fa parte del progetto generale della infrastruttura e quindi alcuni documenti non vengono prodotti se non per la parte di competenza (Piano Sicurezza, Programma di monitoraggio e manutenzione, capitolato d’appalto, ecc.).

Nelle varie fasi è implicito che i dati di analisi si recuperano, ove esistenti dalla fase precedente, salvo espresse necessità di approfondimento. In assenza di tale disponibilità i dati essenziali di analisi vanno comunque prodotti in ogni fase a supporto delle scelte progettuali.

Di seguito è riportata la documentazione di progetto degli interventi a verde per le diverse fasi della progettazione (in linea con la Legge Merloni e succ. ma integrata con numerose esperienze di consolidata pratica progettuale di interventi naturalistici):

#### **STUDIO DI FATTIBILITA’ (per uso interno dell’Ente)**

1. Premessa
2. Aspetti climatici
3. Aspetti geologici, geomorfologici (da SIA )
4. Vincolistica (da SIA)
5. Aspetti botanici (da SIA)
6. Proposte progettuali
7. Documentazione fotografica
8. Corografia

#### **PROGETTO PRELIMINARE**

1. Premessa
2. Aspetti climatici
3. Aspetti geologici, geomorfologici (da SIA )
4. Vincolistica (da SIA)
5. Pedologia (eventuale, in funzione della problematica)
6. Vegetazione naturale e potenziale (da SIA con approfondimenti)
7. Aspetti faunistici (da SIA)
8. Corografia (1:25.000)
9. Planimetria degli interventi (scale varie)
10. Sezioni tipo degli interventi
11. Relazione tecnica con proposte progettuali
12. Proposte di mitigazioni faunistiche
13. Documentazione fotografica

- 
14. Quadro economico
  15. Piano Catastale

### **PROGETTO DEFINITIVO**

1. Relazione geologica/idrogeologica (da SIA e/o da progetto infrastruttura)
2. Relazione pedologica
3. Relazione botanico-vegetazionale
4. Fotosimulazioni
5. Corografia (1:25.000)
6. Fotomosaico
7. Planimetria catastale dell'area di intervento
8. Planimetria dello stato di fatto
9. Planimetria del progetto degli interventi di IN sulla base del progetto dell'infrastruttura (scale 1: 1.000 – 1:5.000)
10. Sezioni degli interventi a verde e di IN sulla base delle sezioni del progetto dell'infrastruttura (scala 1: 200 – 1:500)
11. Sezioni tipo e particolari costruttivi per gli interventi di rivegetazione, IN e verde tecnico (1:50 – 1:100)
12. Relazione tecnica di progetto contenente tra l'altro:
  - Tabelle delle miscele delle specie erbacee per le semine
  - Tabelle delle specie legnose di impiego distinte tra arbustive ed arboree
  - Sesti di impianto tipologici con le specie di alberi/arbusti
  - Descrizione degli interventi a verde, di IN e verde tecnico
13. Stima dei costi
14. Documentazione fotografica

### **PROGETTO ESECUTIVO**

1. Relazione geologica/idrogeologica (da SIA e/o da progetto infrastruttura)
2. Relazione pedologica (da prog. Definitivo o originale)
3. Relazione botanico-vegetazionale (da prog. Definitivo o originale)
4. Relazione tecnica di progetto contenente:
  - Tabelle delle miscele delle specie erbacee per le semine
  - Tabelle delle specie legnose di impiego distinte tra arbustive ed arboree
  - Piani di scarpata per ogni singola superficie di intervento (sesti di impianto con indicate le percentuali di specie di alberi/arbusti)
  - Descrizione degli interventi a verde, di IN e verde tecnico
5. Elenco prezzi
6. Analisi nuovi prezzi
7. Computo metrico estimativo
8. Documentazione fotografica
9. Corografia (25.000)
10. Planimetria catastale dell'area di intervento (1:2.000) con le aree di ingombro degli interventi a verde
11. Planimetria del progetto degli interventi di IN sulla base del progetto dell'infrastruttura (scale esecutive in genere 1:1.000 – 1:500)
12. Sezioni degli interventi a verde e di IN sulla base delle sezioni del progetto dell'infrastruttura (scale esecutive)
13. Sezioni tipo e particolari costruttivi per gli interventi di rivegetazione, IN e verde tecnico (scale esecutive)
14. Voci di capitolato da inserire nel Capitolato speciale d'appalto
15. Elementi per il Piano di sicurezza (parte di competenza)
16. Elementi per i Programmi di monitoraggio e manutenzione (parte di competenza)
17. Cronoprogramma dell'esecuzione degli interventi a verde riferito al crono programma del progetto dell'infrastruttura
18. Quadro incidenza percentuale della manodopera (pro parte)

---

## 5. PRINCIPALI TIPOLOGIE DI OPERE D'ARTE

Classicamente sono considerate le principali tipologie di opere d'arte delle infrastrutture stradali e in particolare: scarpate a raso o rilevato; scarpate in scavo o trincea; ponte o viadotto; galleria. Ad esse sono collegati i possibili interventi a verde e di Ingegneria Naturalistica che sono funzione delle morfologie delle strutture, della disponibilità di corpi terrosi a pendenza naturale o sostenuti, delle superfici disponibili o ricavabili a lato strada, delle necessità/opportunità di realizzare interventi connessi quali: sistemazione di corsi d'acqua attraversati, risistemazione di cave di prestito, barriere antirumore, vasche di prima pioggia, aree di svincolo, stazioni di servizio, ecc.

La necessità di realizzare strade con velocità sempre maggiori (raggi di curvatura minori) e al contempo le tecnologie di scavo disponibili negli ultimi decenni hanno modificato sostanzialmente le modalità di progettazione, soprattutto nei territori montani e collinari italiani, rendendo assai frequenti tracciati stradali con prevalente alternanza di gallerie/viadotti. Ciò, risolvendo, solo in parte, le problematiche di tipo paesaggistico, ha creato viceversa altri problemi (grosse discariche di inerti, rivegetazione di imbocchi di gallerie, reinserimento ambientale e paesaggistico dei viadotti).

### 5.1 Scarpate a raso o rilevato

E' la sezione base di tutte le piattaforme stradali che fornisce la possibilità di interventi di rivegetazione su scarpate laterali mediante realizzazione di: siepi, fasce boscate, piantagione di arbusti ed alberi, terrapieni naturali, rinforzati o compressi vegetati, ecc..

Presupposti per la riuscita degli interventi a verde (semine, piantagioni) sono:

- pendenza non superiore a 32 – 35°;
- riporto di terreno vegetale (pochi centimetri di buon terreno vegetale sono meglio di strati maggiori di terreno scadente o di inerte terroso minerale);
- selezione delle miscele di sementi;
- scelta delle specie di arbusti ed alberi in funzione del contesto vegetazionale.

### 5.2 Scarpate in scavo o trincea

Le scarpate in scavo o in trincea rappresentano una casistica molto frequente non solo nei tracciati in zone montane, ma anche in quelli pianiziali:

- A) quando si cerca di bilanciare le cubature scavi/riporti per limitare i costi di approvvigionamento degli inerti da cave di prestito;
- B) per evitare antiestetici cavalcavia e viadotti negli incroci con altra viabilità.

Data la natura litoide del substrato e le pendenze di scavo, di solito gli interventi a verde su tali scarpate si limitano a normali idrosemine destinate a fallimento, essendo comunque l'azione antierosiva insufficiente. Si creano problemi funzionali di erosione da ruscellamento nelle litologie meno compatte, o addirittura cedimenti superficiali difficili da ripristinare.

Vanno adottate tecniche di scavo e ripristino che risolvano i problemi sopracitati secondo le modalità che seguono:

- le scarpate in trincea vanno progettate a seconda della litologia, non soltanto in funzione della stabilità geomeccanica complessiva, ma anche della stabilizzazione superficiale. Rocce sciolte quali ghiaie e sabbie terrazzate, argille sovraconsolidate, marne, conglomerati, ecc., vanno, ove non sussistano impedimenti al contorno, scavate a pendenze non superiori ai 35°, per consentire appunto riporti di suolo e successiva rivegetazione o interventi di rivestimento con reti e stuoie o stabilizzanti con viminate e fascinate vive. Tali interventi stabilizzanti a verde e di Ingegneria Naturalistica vanno a beneficio della stabilità superficiale e durata nel tempo delle scarpate stesse. Il ricorso a tecniche di stabilizzazione mediante mantellate in cls effettuato in passato può oggi essere sostituito dall'impiego di geocompositi rinverditi o da tecniche di Ingegneria Naturalistica.
- Vanno effettuati rivestimenti con terreno vegetale di spessore anche minimo (20 cm) normalmente non previsto nei capitolati.
- Vanno preferite, ove possibile dal punto di vista geotecnico, scarpate a tirata unica invece di

---

scarpate a gradoni. Infatti in queste ultime aumenta la pendenza di ogni singola scarpata a pari occupazione complessiva e quindi di superfici di esproprio e si ottiene un antiestetico effetto geometrico legato alla presenza dei gradoni, anche se rivegetati. Problemi di ruscellamento superficiale vanno risolti adottando gli interventi antierosivi e stabilizzanti con tecniche di IN già citati.



*Foto 1 - Scarpata in trincea in roccia lavorata a bassa pendenza e a tirata unica senza berme intermedie. Autostrada Capodistria-Lubiana, Località Razdrto (Slovenia). Foto G. Sauli*



*Foto 2 - Inizio di solchi di erosione su scarpate non rivegetate in trincea in litologia sciolta a matrice argillosa. (3° corsia autostrada Orte-Fiano Foto G. Sauli)*

### **5.3 Ponte o viadotto**

Sono strutture che danno permeabilità territoriale alla strada e vanno in tal senso prolungati anche dove non sarebbe strettamente necessario, ma sono in genere di difficile inserimento paesaggistico. Si può intervenire sulle spalle dei ponti mediante piantagione di arbusti ed alberi o utilizzando specie arboree autoctone. In presenza di ampi spazi è possibile realizzare vere e proprie fasce boscate di mascheramento, per contro, se gli spazi sono ridotti, possono essere realizzati filari di caducifoglie d'alto fusto quale in particolare il pioppo cipressino. L'impiego di sempreverdi resinose, quali Cipressi, Pini o resinose esotiche, crea una forte intrusione nel paesaggio che normalmente non corrisponde con la connotazione della vegetazione naturale attraversata. Altro problema è la rivegetazione nelle superfici in ombra dei viadotti per la mancanza d'acqua come fattore limitante.





*Foto 3 -Rivegetazione ad arbusti di un rilevato spalla di viadotto (Autobrennero – Bolzano nord – Foto G. Sauli)*



*Foto 4 - Filare di pioppi cipressini a pronto effetto di mascheramento del nuovo Viadotto di accesso all'area commerciale di Villesse – UD (foto G. Sauli 2010)*

## **5.4 Portali delle gallerie**

Da molti decenni non vengono più realizzati portali di gallerie con muri in cls ma è comune la soluzione in prolungamento artificiale a “becco di flauto” o “fetta di salame” che consente la realizzazione di corpi terrosi rivegetabili.



*Foto 5 - a destra vecchio portale in cls, a sin nuova tipologia rivegetabile con semine e vimate. (Foto G. Sauli)*



*Foto 6 - Soluzioni intermedie sono talvolta necessarie per morfologie locali (autostrada in Slovenia loc. Sezana – Foto G. Sauli)*



*Foto 7 - Prolungamenti in galleria artificiale con rilevati rivegetati ad alberi locali (Autostrada A 23 galleria di Pontebba – Foto G. Sauli ottobre 1987)*



*Foto 8 – idem dopo 23 anni (Foto G. Sauli - 2010)*



*Foto 9 – GVT Galleria di Servola (TS) – 1986 (Foto G. Sauli)*



*Foto 10 - GVT Galleria di Servola (TS) – 1987 (Foto G. Sauli)*



*Foto 11 - GVT Galleria di Servola (TS) – 1988 (Foto G. Sauli)*



*Foto 12 - GVT Galleria di Servola (TS) – dopo 10 anni (Foto G. Sauli)*

---

## 6. PRINCIPALI TIPOLOGIE DI INTERVENTI A VERDE NELLE INFRASTRUTTURE VIARIE

Vengono di seguito descritte le principali tipologie di interventi a verde realizzabili nell'ambito delle infrastrutture viarie. Sono stati presi ad esempio interventi campione realizzati in Italia ma derivanti anche da casistica estera.

Va affermato il principio che efficaci interventi a verde non possono limitarsi alle superfici di risulta all'interno dei perimetri di stretta pertinenza dell'infrastruttura (scarpate, aiole, superfici di gallerie artificiali ed imbocchi di gallerie in genere, ecc.). In analogia con quanto viene fatto nel resto d'Europa, le aree di occupazione (anche semplici servitù, non necessariamente espropri) a lato strada vanno estese in funzione appunto della riambientazione paesaggistica e naturalistica della strada (spesso sono sufficienti pochi metri per realizzare siepi e fasce boscate di grande effetto).

### 6.1 Prerinverdimento

Vale la prassi del "prerinverdimento", cioè di realizzare gli interventi a verde durante la costruzione della strada e non di rimandare tutte le opere a verde alla fine dei lavori di costruzione, onde poter usufruire di un anticipo di crescita delle piante e dei cotici erbosi e quindi di una buona dotazione di verde già al momento del collaudo dell'infrastruttura.



Foto 13 - Esempio di prerinverdimento di scarpate stradali si notino le reticelle antifauna a protezione degli arbusti (GVT Loc. Padriciano - Foto G. Sauli)



Foto 14 - Esempio di prerinverdimento: costruzione e rinverdimento di terre rinforzate verdi (GVT - curva di Cattinara - Foto G. Sauli)

### 6.2 Semine

Su tutte le superfici di scarpata con riporti di terreno vegetale vanno normalmente eseguite semine, in genere potenziate quali: semine a paglia e bitume, idrosemine, idrosemine a spessore, idrosemine a matrice di fibre legate, ecc. per la formazione di cotici erbosi con funzione antierosiva. Tale prassi è da sempre attuata in tutte le progettazioni e realizzazioni di scarpate stradali. Vengono di solito usate miscele commerciali. Per zone di pregio naturalistico va impiegato il fiorume, cioè la trebbiatura da prati naturali locali.

Vanno evitati i seguenti possibili errori:

- Semine su superfici prive di terreno vegetale o con terreno di caratteristiche scadenti
- Interventi fuori stagione (aridità estiva, gelo invernale)
- Semine con seme di quantità/qualità insufficiente;
- Proporzioni sbagliate dei materiali costituenti l'idrosemina;
- Eccesso di concimanti con effetto pompaggio del primo anno e successiva carenza.



*Foto 15 – Evidente carenza di suolo organico premessa negativa sia per le semine che per la crescita di arbusti. (3° corsia Fiano – Orte - Foto G. Sauli)*

### **6.3 Prato in rotolo**

Viene talvolta utilizzato per interventi di pronto effetto il rivestimento di scarpata a bassa pendenza con cotico erboso pronto in genere a rotoli disposti a strisce verticali srotolate dall'alto verso il basso, eventualmente fissate con paletti sui pendii più ripidi. Il substrato va comunque rivestito con uno strato di terreno vegetale o di humus sabbioso, per il miglior attecchimento delle piante erbacee. Le miscele impiegate per la produzione dei cotici vanno calibrate in funzione delle condizioni di applicazione. Dopo la posa in opera i tappeti erbosi vanno pressati o rullati. Tale sistema richiede una posa molto accurata per evitare scollamenti.



*Foto 16 – Rivestimento di scarpata con prato in rotolo con problemi iniziali di possibili scollature (Grande viabilità Trieste zona Padriciano - Foto G. Sauli 2008)*

### **6.4 Messa a dimora di arbusti ed alberi**

#### *6.4.1 Piantagione su scarpate in rilevato*

Sulle scarpate in rilevato vanno effettuati interventi di rivegetazione ad arbusti ed alberi secondo le seguenti modalità:

- Riporto di terreno vegetale;
- Messa a dimora di arbusti collocati a fascia ad una distanza di sgombro a lato strada (2 m per le SS, 4 m per le autostrade);
- Messa a dimora di alberi ad una distanza tale dal ciglio strada da non creare interferenza anche nella fase di massimo sviluppo delle piante (fanno eccezione le siepi ed i sieponi boscati a

---

muro a lato strada di cui a capitolo successivo e che prevedono in tal senso periodici interventi di potatura);

- La scelta delle specie legnose deve essere coerente con la vegetazione potenziale del sito e la piantagione va essere effettuata con disposizione non geometrica e mescolando le specie a creare delle formazioni prossime naturali e/o a macchia seriale;
- La messa a dimora va effettuata nei periodi stagionali favorevoli (autunno-inverno-primavera) con esclusione dei periodi di gelo e di aridità estiva. Ogni pianta verrà collocata in una buca predisposta di dimensione doppia della zolla o pane di terra e ricalzata con suolo organico, torba, ecc. e sarà dotata di pali tutori, dischi o teli pacciamanti per evitare la concorrenza e l'effetto soffocante derivante dalla crescita delle erbe nei primi anni, reti di protezione antifauna (solo per strade non recintate).



*Foto 17 – Messa a dimora di arbusto con disco pacciamante e impianto di irrigazione a goccia (foto G. Sauli)*



*Foto 18 – Messa a dimora di albero in zolla con ricalzo di torba e terreno vegetale. (foto G. Sauli)*



*Foto 19 - Stuoia organica con funzione pacciamante e arbusti aromatici. (foto G. Sauli)*



*Foto 20 – Impiego di teli pacciamanti a protezione di specie arbustive. (foto G. Sauli)*



Foto 21 - Messa a dimora di specie arbustive e arboree, con reti antifauna e pacciamatura a strisce. ( Parigi 1994 - Foto G. Sauli)



Foto 22 - Piantazione di arbusti autoctoni e talee di salici arbustivi pionieri (*Salix elaeagnos*, *S. purpurea*) a gradonata su rilevato autostradale su ghiaie calcaree da scavi privo di suolo vegetale Carso triestino Loc. Aurisina (GVT - TS) – Foto G. Sauli 1991



Foto 23 - Idem dopo 12 anni. Ottimo sviluppo degli arbusti con innescio della successione della vegetazione e evidente successo paesaggistico – naturalistico - Foto G. Sauli Giugno 2003

#### 6.4.2 Piantazione su scarpate in trincea o scavo

La piantazione di arbusti ed alberi sulle scarpate in trincea avviene più o meno con le stesse modalità di cui al punto precedente ove sia possibile riportare terreno vegetale sulle scarpate stesse.

Su litologie sciolte (argille, ghiaie, sabbie) va valutata l'opportunità di utilizzare tecniche stabilizzanti (viminate, fascinate vive di salici o tamerici) abbinate a semine e messa a dimora di arbusti pionieri. L'uso di sole stuoie antierosive su questi substrati minerali non ha dato in genere buoni risultati, mentre sono risultate valide semine potenziate con paglia e bitume o con fibre legnose e leganti sintetici.

Ove ciò non sia possibile (pendenza eccessiva, litologia compatta) vanno utilizzati rivestimenti in stuoie combinate con reti metalliche e semine che garantiscono una certa copertura verde e la trattenuta di materiali litoidi di disfacimento delle rocce



*Foto 24 - Autostrada Fiano –Orte – Scarpate in trincea in argilla minerale – Piantagione di arbusti ed alberi (Foto G. Sauli 1998)*

## **6.5 Canalizzazioni**

### *6.5.1 Fossi di guardia*

Le canalizzazioni in testa alle scarpate (fossi di guardia) sono normalmente realizzate in cls per la facile manutenzione, ma risultano di notevole impatto paesaggistico e naturalistico. Tipologie in metallo sono poco usate per la possibilità di sifonamenti (l'acqua scorre sotto la canaletta). Tali strutture possono in molti casi essere realizzate in materiali geosintetici. Nelle foto, in sequenza, la realizzazione di un fosso di guardia in geostuoia tridimensionale seminata, intasata di ghiaino e bitumata in loco. La struttura ha un notevole riscontro paesaggistico e naturalistico. Difficoltà manutentive possono essere risolte con l'adozione di macchine idonee.



*Foto 25 – Canaletta in metallo con problemi di sifonamento (Foto G. Sauli)*



*Foto 26 – Fosso di guardia tradizionale in cls (3° corsia Roma – Napoli - Foto G. Sauli anni '80)*





*Foto 27 - Fosso di guardia in geostuoia tridimensionale sintetica seminata, intasata di ghiaino e bitumata in loco (27 ÷ 30) Autostrada dei Trafori anni '80 – Foto G. Sauli)*



*Foto 28*



*Foto 29*



*Foto 30*



*Foto 31- Canale autostradale in geostuoia tridimensionale sintetica seminata, intasata di ghiaino e bitumata in loco. Oltre che funzioni di scorrimento tali strutture verdi assolvono anche funzioni di infiltrazione con effetti benefici di filtrazione del particolato e ripascimento delle falde. (Germania – Foto G. Sauli)*



*Foto 32 – idem post operam. Foto G. Sauli*

## 6.6 Fasce boscate tampone e siepi

Vanno realizzate a lato strada sistemi lineari di vegetazione con funzioni multiple tampone (o filtro) e paesaggistico - naturalistiche:

- trappole del particolato e delle polveri in genere;
- anti abbagliamento (se tracciato parallelo ad altra strada o ferrovia);
- barriera visuale e di inserimento paesaggistico;
- elementi della rete ecologica (corridoi);
- segregazione del carbonio.

Le vere e proprie fasce boscate (minimo 10 m di larghezza) assolvono egregiamente alle sopracitate funzioni e sono da considerarsi ottimali ai fini della biodiversità. Per garantire anche funzioni antirumore tali fasce devono raggiungere almeno 25 – 30 m, dimensioni che ne rendono poco proponibile la realizzazione per la necessaria disponibilità di spazio e relativi costi di esproprio. La ricostituzione di aree boscate è invece proponibile sulle coperture di gallerie artificiali o in interventi di compensazione su aree da riqualificare (es. vecchie cave di prestito). Si riportano di seguito alcuni interventi campione.



Foto 33 - Fascia boscata di 10 m di larghezza dopo 20 anni dalla realizzazione (scalo ferroviario di Cervignano del Friuli – UD – Foto G. Sauli)



Foto 34 - Rivegetazione area boscata rilevato galleria Pileggi (3ª corsia Autostrada Orte-Fiano fine anni '90). Visibile un fosso di guardia realizzato in cls. (Foto P. Cornolini)

Per quanto riguarda le siepi vi sono varie tipologie proponibili:

- **sieponi a muro** realizzati con specie alto arbustive ed arboree autoctone che in spazi limitati (5 - 7 m) realizzano strutture verdi verticali adiacenti alla carreggiata stradale. Tali sieponi vengono periodicamente potati con barra verticale per evitare l'invasione dei rami in carreggiata. L'uso di specie sempreverdi esotiche va considerata una intrusione nel paesaggio e non ha significato in termini di biodiversità.



Foto 35 - Siepone a muro (Autostrada A1 – Austria – Foto G. Sauli 2009)



Foto 36 - Siepi a sempreverdi (foto G. Sauli)

- siepi a tetto realizzate con sezione piramidale mediante messa a dimora secondo una distribuzione a fasce di bassi arbusti, alti arbusti ed alberi autoctoni con funzione di intrappolamento dei filetti del vento per far precipitare il particolato. Le siepi a tetto sono in genere realizzate a lato strada anche in aree urbanizzate e necessitano di sporadici interventi di potatura per il mantenimento della morfologia “a tetto”.



Foto 37 - Siepe a tetto (aiuola loc. Domio-S. Dorligo Della Valle – TS – Foto G. Sauli 2009)



Foto 38 – Siepi in aiola spartitraffico a sempreverdi latifoglie (Foto G. Sauli)

- siepi di mezzeria sono molto importanti per una serie di funzioni quali: antiabbagliamento, trappole del particolato, anti invasione della carreggiata in senso opposto di marcia, antischizzo in caso di forti piogge o presenza di sali fondenti. Vengono di solito realizzate con specie con caratteristiche biotecniche idonee ad assolvere alle funzioni indicate (spesso si deve ricorrere a specie non autoctone)



Foto 39 – Siepe spartitraffico a Ligustro – Autostrada A 23 – Foto G. Sauli)



Foto 40 - Idem a sviluppo avvenuto delle piante (Foto G. Sauli)

## 6.7 Strutture di rivestimento

In certe condizioni del substrato, in particolare in scarpate in scavo su litologie sciolte (sabbie, argille) o rocce friabili in superficie (marne, scisti, ecc.) spesso è necessario ricorrere a rivestimenti artificiali per stabilizzare la superficie delle scarpate stesse. Vengono abbinati materiali artificiali con interventi a verde come di seguito illustrati:

- Mantellate. Sono dei quadroni di calcestruzzo appoggiati sulla superficie delle scarpate da stabilizzare, riempiti di terreno vegetale e rivegetati mediante semine e messa a dimora di arbusti autoctoni;

- Mattonelle e autobloccanti in cls. Sono stati spesso impiegati in passato con buona riuscita funzionale, ma scarsa riuscita dal punto di vista della rivegetazione;
- Stuoie organiche (paglia, cocco, juta, ecc.) e stuoie sintetiche (geostuoie tridimensionali in materiali sintetici). Trattasi di provvedimenti antierosivi la cui azione è strettamente legata allo sviluppo del cotico erboso e che non sempre riescono ad assolvere alla funzione stabilizzante in dipendenza delle condizioni di applicazione (pendenza, tipo di substrato, esposizione, ecc.);
- Rivestimenti in reti metalliche. Le reti metalliche zincate sono un provvedimento classico di rivestimento delle scarpate stradali su tutte le tipologie di rocce da compatte e più o meno friabili. Negli ultimi anni vengono utilizzate in abbinamento con stuoie organiche e sintetiche su substrati litoidi di varia natura ed inerbite mediante idrosemine. La funzione stabilizzante è in genere garantita dalla presenza della rete metallica, mentre il successo di tali interventi dal punto di vista del verde è strettamente legato alle condizioni di ogni singola scarpata. Va rilevato che nel caso di mancato attecchimento delle piante erbacee le stuoie organiche sono preferibili a quelle sintetiche per la scomparsa nel breve periodo che rimette in vista la litologia sottostante, con effetto visuale migliore.



*Foto 41 - Autostrada tratto Fiano-Orte stabilizzazione di scarpate in argilla soggette a franamento con mantellate in cls (Foto G. Sauli)*



*Foto 42 - Scarpate in scavo su substrato sabbioso stabilizzate con mattonelle in cls poggiate su geotessili e rivegetate con piantine di Mesembrianthemum. Dopo quasi 20 anni non c'è traccia di queste piante mentre si è affermata Inula viscosa cresciuta spontaneamente (sequenza foto 42÷44) (3° corsia Fiano-Orte c/o svincolo di Orte - Foto G. Sauli)*



*Foto 43*



*Foto 44*



Foto 45 - Stuoie in cocco su scarpate in scavo in litologie sabbiose non sempre hanno assolto alla funzione di stabilizzazione essendo dei provvedimenti antierosivi (Autostrada dei trafori – ottobre 1988 – Foto G. Sauli)



Foto 46 - Scarpate in rocce marnoso-arenacee rivestite con sola rete metallica. Lo sviluppo spontaneo della vegetazione è legato alla presenza di piccole berme su cui si è accumulato materiale terroso fine. (GVT svincolo Grandi motori – TS – Foto G. Sauli 2010).



Foto 47 - Reti metalliche e stuoie organiche su scarpate in scavo in condizioni di forte aridità non sempre producono rivegetazione, pur mantenendo la funzione di stabilizzazione. (Sardegna SS 195 Pula – Foto G. Sauli fine anni '80)



Foto 48 - Rivestimento vegetativo in geostuoia tridimensionale e rete zincata inerbata su scarpate in scavo in litologia sciolta su detrito di falda (Autostrada Carnia -Tarvisio – Foto G. Sauli ottobre 1987)

## 6.8 Strutture di sostegno di scarpate

### 6.8.1 Terre rinforzate verdi (TRV)

Le strutture in terra rinforzata, cioè i terrapieni con armature orizzontali che consentono pendenze di scarpata superiori all'angolo d'attrito degli inerti (in genere  $60^\circ$ ) sono utilizzate nelle costruzioni stradali in sostituzione di muri di sostegno, a cominciare da fine anni '80 ed oggi ampiamente diffuse e normalmente realizzate dalle imprese di costruzione con vari materiali.

Dopo vent'anni di applicazioni, e non solo nel settore delle strade, le tecniche di costruzione ed i vari materiali di rinforzo (armature metalliche, reti metalliche e sintetiche, ecc.) sono ormai ampiamente collaudati dal punto di vista strutturale. Non altrettanto dicasi della componente verde che viene di solito trascurata con risultati spesso deludenti.

Vengono di seguito analizzate le problematiche relative alla crescita del verde (cotici erbosi, specie arbustive) il cui successo è strettamente legato al rispetto di una serie di regole costruttive che variano per ogni struttura in base ad una serie di fattori biotici ed abiotici come di seguito sintetizzato.

- Caratteristiche microclimatiche e morfologiche.

---

Vanno innanzitutto conosciute le caratteristiche stazionali del sito come per ogni altro intervento a verde su scarpata (latitudine, altitudine, piovosità e temperatura medie, esposizione di ogni singola scarpata di intervento, stadio della serie dinamica della vegetazione potenziale del sito, substrato pedologico disponibile, ecc.). Tali dati consentono la scelta delle specie vegetali più idonee, anche in funzione del suolo disponibile.

- Il terreno vegetale.

Per una efficace riuscita del rinverdimento delle TRV va collocato uno strato di terreno vegetale a contatto con le stuoie e griglie esterne di contenimento. Succede spesso invece che gli inerti con cui è costruito il rilevato armato vengano stesi a contatto con le stuoie e le griglie esterne venendo quindi a mancare il presupposto primo per l'attecchimento e la crescita delle piante.

- Stuoie, reti e griglie di contenimento.

La superficie fronte esterno della TRV va realizzata da un sistema combinato di reti o griglie di contenimento al cui interno vanno collocate delle stuoie con funzione antierosiva di trattenere il terreno vegetale e consentire la radicazione delle piante sia erbacee che arbustive.

Una causa di fallimento o cattiva riuscita del verde sta nei citati materiali sia come caratteristiche che come sequenza nella loro disposizione. Le stuoie organiche spesso utilizzate hanno breve durata per quanto riguarda la fibra (paglia, cocco) mentre spesso le reticelle sintetiche di contenimento delle stuoie stesse permangono a lungo ma impediscono la crescita dei cotici erbosi per la maglia troppo stretta (5 mm). Le stuoie a maglia autoportante (es. juta) non garantiscono altresì una durata sufficiente specie in combinazione con griglie metalliche a maglia larga (10 – 15 cm). I migliori abbinamenti sperimentati sinora sono le stuoie tridimensionali sintetiche abbinata a reti sintetiche o reti/griglie metalliche. Danno invece pessimi risultati i feltri sintetici (tipo tessuti non tessuti anche se di piccolo spessore) che trattengono i materiali fini, ma non consentono la crescita delle erbe.

Le stuoie organiche preseminate forniscono indubbi vantaggi sui risultati e tempi di attecchimento, ma richiedono alcune cautele (stoccaggio al coperto, periodo stagionale di installazione, ecc.) e vanno comunque effettuate semine di rinalzo.

- Semine

Le semine hanno un ruolo importante nella riuscita del verde delle TRV. Vengono normalmente effettuate idrosemine e idrosemine a spessore con miscele di sementi adatte alle condizioni stazionali di intervento, concimanti e fertilizzanti, fibra organica (mulch), collanti, ecc. La miglior semina ha viceversa poche prospettive di successo in situazioni di carenza di suolo organico o stuoie e reti inadeguate.



Foto 49 - Idrosemina di rinalzo su TRV (Autostrada V.Veneto - Pian di Vedoia – foto G. Sauli 1989)

- Messa a dimora di arbusti

Un complemento indispensabile per la riuscita degli interventi a verde nelle TRV è la messa a dimora di specie arbustive. Infatti, data la morfologia di questi terrapieni armati (la scarpata esterna è normalmente a 60° di inclinazione) i cotici erbosi sono destinati a deperimento nel tempo, mentre gli arbusti riescono a garantire una durata e copertura notevoli, essendo tali strutture più simili ad un versante arbustato che ad un prato. La scelta delle specie arbustive deve tener conto delle condizioni stazionali con uso esclusivo di specie autoctone e preferenza per gli stadi pionieri. L'uso di specie arboree va invece escluso per evidenti incompatibilità con le strutture (eccessivo sviluppo sia delle radici che dei fusti). In condizioni climatiche adatte va privilegiato l'uso delle talee legnose (salici, tamerici) per la facilità di messa a dimora sia durante la costruzione (collocazione in profondità) che a posteriori se gli inerti utilizzati sono a matrice sciolta.



*Foto 50 - Evidente assenza di terra vegetale e stuoie inadeguate limitano la crescita delle erbe alle strisce di contatto tra gli strati delle armature orizzontali (foto G. Sauli)*



*Foto 51 - L'uso di feltri sintetici come antiersosivo nelle TRV non consente la crescita del cotico erboso (Galleria Rabuiese GVT-TS - foto G. Sauli 2009)*



*Foto 52 - TRV con rinforzi orizzontali in armature metalliche e stuoie in cocco come antiersosivo. Si noti la terra vegetale appressata alle stuoie e reti esterne. (SP 73 Siena – Foto G. Sauli 2009)*



*Foto 53 - TRV con rinforzi orizzontali in rete metallica (A4 Casello di Villesse – Foto R. Ferrari)*



*Foto 54 - TRV con armatura orizzontale in reti sintetiche (GVT loc. Domio – Foto G. Sauli 2008)*



*Foto 55 - TRV con armatura orizzontale in reti sintetiche e casseri esterni in griglie metalliche, reti sintetiche e stuoie organiche. Si noti la terra vegetale addossata alle stuoie e reti esterne (GVT loc. Domio – Foto G. Sauli 2008)*



*Foto 56 - Messa a dimora di talee di salice su TRV con griglie metalliche, reti sintetiche e stuoie nella sequenza dall'esterno verso l'interno (GVT - Foto G. Sauli 2009)*



*Foto 57 - Messa a dimora di Talea di salice su TRV (foto G. Sauli 2009)*



*Foto 58 - TRV in reti sintetiche con talee di salice (autostrada del Frejus anni '80 - Foto P. Fantini)*



*Foto 59 - TRV in reti sintetiche rinverdite (Foto G.P. Pinzani 2009)*



*Foto 60 - idem dopo il rinverdimento*





*Foto 61 - TRV Autostrada Aosta-M.Bianco svincolo di Morgex. Durante la costruzione (Foto G. Sauli 1988)*



*Foto 62 - idem dopo 18 anni. Si noti la crescita rigogliosa di arbusti ed alti arbusti che maschera completamente la struttura (Foto G. Sauli 2006)*

### *6.8.2 Muri cellulari in calcestruzzo*

I muri cellulari in calcestruzzo sono una ulteriore struttura di sostegno che consente la crescita delle piante. Vengono utilizzati nelle costruzioni stradali sia per il contenimento di scarpate a monte che per sostegno di scarpate in rilevato. In passato sono stati utilizzati per il sostegno di rilevati di copertura di prolungamenti in artificiale di gallerie quando ancora non esistevano sul mercato le terre rinforzate. I muri cellulari presentano alcuni vantaggi (rapidità di costruzione, robustezza e durata) a fronte di alcune possibili controindicazioni relativamente alla crescita delle piante quali: assenza di terreno vegetale, aperture delle nicchie insufficiente, eccessivo drenaggio a tergo, eccessivo riscaldamento del calcestruzzo.



*Foto 63 – Muro cellulare di sostegno di terrapieno tra gallerie. (GVT Servola TS – dicembre 1987. Foto G. Sauli)*



*Foto 64 - Muro cellulare in cls con arbusti autoctoni (Strada per la nuova Stazione di Tarvisio Bosco Verde – foto G. Sauli 2009)*



Foto 65 - Muro a nicchie cellulari in terra armata con piantagione di arbusti (Autostrada dei Trafori – Foto G. Sauli 1990)



Foto 66 - idem 15 anni dopo



Foto 67 – Svincolo SS 231 – SP 134 CN (Foto R. Santero)

## 6.9 Barriere verdi antirumore e di isolamento

Le barriere antirumore ed in genere con funzione di isolamento (visuale, antiabbagliamento, ecc.) possono essere realizzate anche con sistemi a verde.

Si è già detto che la sola vegetazione (siepioni, fasce boscate) è insufficiente come barriera con funzione antirumore, mentre vengono utilizzate efficacemente strutture in terrapieno vegetato secondo le tipologie che seguono.

Va precisato che le barriere antirumore verdi possono avere anche una funzione di abbattimento del particolato, limitato però dal fatto che barriere rigide creano scavalco dei filetti del vento incluse particelle sospese, mentre sono più efficaci siepi non tanto fitte che fungono da filtro. In merito andrà attivata una ricerca specifica in sede di attuazione dei piani di monitoraggio.

### 6.9.1 In terrapieno naturale

Vengono realizzati dei terrapieni a pendenza naturale utilizzando in genere inerti provenienti dagli scavi della infrastruttura, ricoperti di terreno vegetale, idroseminati e piantati con specie arbustive sulle scarpate sia lato strada che lato esterno. Tali strutture hanno il vantaggio di consentire la collocazione di grandi quantità di inerte di scarto, ma presentano lo svantaggio di richiedere notevoli spazi di esproprio laterali alla strada. La piantagione degli arbusti autoctoni avviene soprattutto sulle scarpate con funzione di aumento della scabrezza ai fini del fono assorbimento. L'impiego di siepi o

---

filari di sempreverdi esotiche in testa rilevato non ha efficacia antirumore mentre crea elementi estranei al paesaggio di grande visibilità.



*Foto 68 - GVT (TS) terrapieno vegetato di isolamento strada/Area di ricerca. Foto G. Sauli*



*Foto 69 – Terrapieno vegetato antirumore (Germania anni '80). Foto G. Sauli*



*Foto 70 – Terrapieno vegetato antirumore (Autostrada A28 - 2010). Foto G. Sauli*

---

### 6.9.2 Terra rinforzata doppia

I terrapieni in doppia terra rinforzata verde forniscono una efficace soluzione ai problemi di spazio sopracitati, garantendo comunque la possibilità di una efficace rivegetazione. Anche in queste costruzioni molti sono i materiali impiegabili (metallici, sintetici e/o in fibre organiche). Per quanto riguarda il verde valgono le modalità costruttive già elencate nel capitolo delle terre rinforzate.



Foto 71 – Barriera antirumore in terra rinforzata verde in rete sintetica con talee di salice (Svizzera anni '80). Foto G. Sauli



Foto 72 – idem sviluppo dei salici con effetto scarpata naturale per chi viaggia. Foto G. Sauli

### 6.9.3 Terrapieni compressi

Sono interessanti dal punto di vista dell'occupazione di spazio le strutture sostenute a terrapieno compresso, riempite di inerte e vegetate che consentono un'efficace azione di fonoisolamento per altezze di barriera sino a 5 m e con occupazione di base di 2 – 3 m.

Le armature di sostegno dei corpi terrosi possono essere in vari materiali: legno, acciaio, calcestruzzo. Le tipologie costruttive sono molto diversificate ed il successo della parte verde è intimamente collegato con una serie di condizioni che ogni tipologia consente.

Applicazioni di oltre 20 anni in Italia ed all'estero consentono di valutare durata ed efficacia sia della parte strutturale che di quella relativa alla vegetazione che si possono riassumere come segue:

- Le strutture **in legno** ad “albero di Natale” (vedi foto 73) hanno il vantaggio di utilizzare un materiale che non si riscalda ed offre nicchie aperte che consentono un buon sviluppo delle piante. La natura del materiale legnoso ha però presentato qualche problema di durata (Autobrennero).
- Le strutture **in calcestruzzo** (vedi foto 74, 75, 76, 77) sono ottimali dal punto di vista strutturale, presentando qualche controindicazione nei confronti della vegetazione per il riscaldamento del materiale, problema che viene superato quando le piante si siano sviluppate fornendo copertura alla struttura stessa.
- Le strutture **in sostegni metallici** (vedi foto 78, 79, 80) sono valide sia dal punto di vista strutturale che di superficie rinverdibile.

Tutte le tipologie citate necessitano generalmente di impianti di irrigazione a goccia ed il successo della copertura vegetale è legato:

- **al substrato terroso** - Vengono impiegati suoli tecnogenici costruiti da matrici locali migliorate con ammedanti.
- **alla scelta delle specie da impianto** - Vanno privilegiate le specie arbustive autoctone con carattere pioniero.



Foto 73 – Barriera antirumore in legno in costruzione (Autobrennero). Foto G. Sauli



Foto 74 – Barriera antirumore in terrapieno compresso in cls vegetata (Austria anni '80). Foto G. Sauli



Foto 75 – Barriera antirumore in terrapieno compresso in cls vegetata (Passante di Mestre). Foto G. Sauli 2009



Foto 76 – Barriera antirumore in cls vegetata (Tangenziale di Torino - Foto R. Santero)



Foto 77 – Barriera antirumore in cls vegetata (Tangenziale di Mantova - Foto R. Santero)



Foto 78 – Barriera antirumore vegetata ad arbusti in terrapieno compresso in struttura metallica. Campione di recente realizzazione con cura particolare per il suolo di riempimento (suolo tecnogenico) ed evidente successo dello sviluppo della vegetazione. (Foto G. Sauli)



*Foto 79 – Barriera antirumore vegetata ad arbusti autoctoni in terrapieno compresso in struttura metallica (Autostrada dei Trafori – Foto G. Sauli fine anni '80)*



*Foto 80 – idem giugno 1996*

## **6.10 Barriera antisvio in doppia terra rinforzata**

Un'altra funzione delle barriere in doppio terrapieno armato è quella cosiddetta “antisvio” cioè strutture realizzate per impedire che veicoli in circolazione sulla strada possano uscire dalla carreggiata ed invadere gli spazi attigui come la parallela sede ferroviaria (vedi foto 81, 82, 83, 84) o comunque zone urbanizzate. Le modalità di realizzazione e rivegetazione sono le stesse già richiamate per le terre rinforzate verdi.



*Foto 81 – Barriera antisvio in doppia terra rinforzata verde in fase di costruzione (Foto F. Ferraiolo)*



*Foto 82 – idem appena realizzata (Foto F. Ferraiolo)*



Foto 83 – idem idrosemina a spessore

Foto 84 – idem a lavoro e rinverdimento ultimato. Separazione tra Autostrada ed AV TO – NO (Foto G. Sauli 2009)

## 6.11 Interventi di rivegetazione delle scarpate in ombra dei viadotti

I fattori limitanti principali della crescita delle piante sulle scarpate nell'ombra dei viadotti sono:

- la carenza di acqua di provenienza meteorica;
- la luce ridotta;
- la povertà dei suoli.

Numerose esperienze hanno dimostrato che efficaci sistemi di irrigazione possono sopperire alla carenza primaria (acqua) consentendo lo sviluppo delle piante. Vengono comunque impiegate specie sciafile ed in particolare l'edera (vedi foto 85, 86, 87, 88).



Foto 85 – Edera tappezzante sotto i viadotti di accesso all'aeroporto (Tessera – VE) Foto G. Sauli 2008



Foto 86 – Impiego delle acque di sgrondo mediante tubi diffusori per rivegetazione ad edera (Grande Viabilità di Trieste – Via Caboto) gennaio 2010. Foto G. Sauli



Foto 87 – Impiego di edera tappezzante con impianto di irrigazione a goccia all'ombra del viadotto (Viabilità d'accesso alla nuova zona commerciale di Villesse – GO) febbraio 2010. Foto G. Sauli



Foto 88 – Rivegetazione ad esotiche basso arbustive con irrigazione a goccia (Autobrennero loc. Vipiteno) – Foto G. Sauli

---

## 6.12 Vasche di prima pioggia come habitat umidi o a secco

Il trattamento delle acque di dilavamento delle piattaforme stradali si è posto già dagli anni '90. Le strade, infatti, e in particolare le autostrade, si comportano come dei bacini di raccolta delle acque meteoriche che devono essere sgrondate e smaltite nei recapiti laterali alle strade stesse. Tali acque, in particolare quelle di prima pioggia, dilavano il particolato e gli inquinanti derivanti dal traffico veicolare (metalli pesanti, olii, gomme, polveri, sostanze organiche, ecc.) che si concentrano sulla strade stesse.

L'idea di realizzare delle vasche di raccolta delle acque di prima pioggia (contenenti buona parte del particolato e degli inquinanti rilasciati dai veicoli) ha portato alla sperimentazione, in diversi paesi europei ed anche in Italia, di vasche di prima pioggia sia tecnologiche che in terra con varie risultanze.

Per quanto riguarda le vasche in terra furono realizzate vasche di raccolta delle acque così formate:

- una prima vasca più piccola a fondo cementato per la sedimentazione dei fanghi contenenti la maggior parte del particolato e degli inquinanti (che vengono periodicamente rimossi);
- una seconda vasca, più grande e a fondo in terra, con funzione di fitodepurazione ad elofite (generi *Phragmites*, *Typha*, *Schoenoplectus*, *Juncus*, ecc.) e contemporanea ricostruzione di habitat umidi.

Tali sistemi, già sperimentati a valle degli impianti di depurazione (paludaggio), hanno però mostrato dei limiti d'applicazione ed in particolare:

- necessità funzionale di realizzare delle seconde vasche di notevoli dimensioni con morfologia a labirinto;
- possibilità altresì che l'acqua con inquinanti residui transiti attraverso la vasca (se di piccole dimensioni) e sfiori negli scarichi senza che sia avvenuta la fitodepurazione;
- habitat umidi con forti contenuti di inquinanti e quindi negativi ai fini della fauna;
- necessità di rimozione periodica di tutto il fondo e ricostruzione dell'area umida.

Nell'ultimo decennio in centro Europa si sta affermando l'impiego di:

- fossi di infiltrazione laterali al piede delle scarpate con funzione di sedimentazione dei fanghi e di infiltrazione delle acque residue;
- vasche doppie di cui la prima con funzione di sedimentazione dei fanghi e la seconda, in fondo terroso inerbito, con funzione di infiltrazione e depurazione degli inquinanti residui. Tali strutture costituiscono una valida alternativa alle vasche tecnologiche in calcestruzzo che vengono normalmente inserite nelle progettazioni stradali.

Vanno considerati quali benefit ambientali di tali strutture:

- il ripascimento delle falde (in funzione della geolitologia e geomorfologia del sito);
- la facilità di realizzazione e gestione;
- la segregazione del carbonio (cotici erbosi, suoli);
- la funzione di micro – habitat;
- la facilità di intervento d'emergenza e di ricostruzione in caso di incidenti (sversamento di liquidi inquinanti sulla carreggiata).



Foto 89 – Vasca di prima pioggia con funzione di fitodepurazione (Francia – Foto P. Cornellini)



Foto 90 – Vasca di prima pioggia con funzione di habitat umido e fitodepurazione (Germania – Foto G. Sauli)





*Foto 91– Vasca di prima pioggia a fondo terroso a secco con funzione di infiltrazione ed avanvasca in cls di sedimentazione dei fanghi inquinati (ricostruzione autostrada ex DDR – Lipsia – Foto G. Sauli 2005)*



*Foto 92 – idem fase di gestione*

### **6.13 Strutture di deframmentazione di habitat faunistici**

Per quanto riguarda le strutture di deframmentazione di habitat faunistici in ambito stradale si rimanda alla Linea guida ISPRA in preparazione che si occupa di tutta la tematica in generale.

Vengono di seguito riportati alcuni esempi di interventi realizzati in Italia ed all'estero quali esempi di buone pratiche da inserire normalmente nelle progettazioni e realizzazioni stradali. Va precisato che le caratteristiche (collocazione, dimensionamento, morfologia, ecc.) di tali provvedimenti sono collegate alle indagini specialistiche sulla fauna locale che vanno effettuate nell'ambito degli Studi di impatto propedeutici alla progettazione. Vale comunque il principio di collocare comunque, anche in assenza di dati specifici, frequenti varchi di continuità territoriale oltre ai normali provvedimenti relativi alla viabilità locale ed agricola.

Il problema è non solo di tipo naturalistico, ma anche relativo alla sicurezza dei veicoli. In tal senso le strutture di continuità faunistica (sottopassi, sovrappassi, ecc.) vanno collegate con sistemi di recinzioni e/o di deterrenza (es. catarifrangenti speciali che riflettono le luci delle macchine verso l'esterno delle carreggiate).

Sussistono alcune tipologie più frequenti (vedi foto allegate):

- sovrappassi destinati in genere a popolazioni di grossi mammiferi (ungulati, lupo, orso) i cui habitat di transito siano interferiti dalla struttura viaria. Per avere efficacia nei confronti della fauna tali strutture devono avere certe dimensioni, non essere attraversate da viabilità locale, essere rivegetate, non essere adiacenti a zone urbanizzate o comunque recintate);
- sottopassi per gli stessi animali di grossa taglia che devono avere grandi dimensioni (luce almeno doppia della larghezza della strada ed altezza minima di 4 – 5 m) salvo il non utilizzo. Risultano validi per tale funzione i viadotti, anche prolungati al di là della loro necessità funzionale e finalizzati appunto al transito normale degli animali;
- sottopassi con la stessa funzione destinati però a fauna minore (volpi, lepri, ricci, ecc.) e di varia dimensione in funzione delle specie. Vale il principio che l'animale deve vedere la luce alla fine dello scatolare o tombino ma l'altezza viene mantenuta limitata per non consentire il transito di mezzi agricoli ;
- Sistemi di siepi ad invito per sovrappassi e sottopassi;
- sistemi di svio, invito e sottopasso per anfibi. Tale problematica molto diffusa nel centro Europa investe anche l'Italia centro – nord. Gli anfibi notoriamente hanno dei dinamismi stagionali che li portano dai quartieri di caccia (versanti) a quelli di riproduzione (laghi, stagni, lanche, acque debolmente correnti, ecc. ) a valle. Tali movimenti intercettano le strade a mezza costa in zone collinari e montane dove sono possibili delle vere e proprie stragi specialmente di notte e con tempo piovoso, con evidente pericolo anche per i veicoli in transito.



Foto 93 – Sovrappasso per orsi (Autostrada A2 presso Arnoldstein - Austria – Foto G. Sauli)



Foto 94 – Galleria artificiale rivegetata con funzioni di continuità faunistica (Grande Viabilità Triestina loc. Prosecco – Foto G. Sauli)



Foto 95 – Idem in costruzione



Foto 96 – Idem rivegetazione a landa ed arbusti locali dopo 20 anni (Foto G. Sauli 2009)



Foto 97 – Ponte per ungulati con strutture di invito ad imbuto (Lussemburgo anni '80). Foto G. Sauli



Foto 98 – Sottopasso per uso faunistico (GVT loc. Slivia – Foto G. Sauli 2009)



*Foto 99 – Sottopasso scatolare per fauna minore (Collegamento Cimpello – Sequals – PN – Foto G. Sauli)*



*Foto 100– Passaggio per fauna a tubo (Collegamento Cimpello – Sequals – PN – Foto G. Sauli)*



*Foto 101 – Investimenti di fauna minore sulle strade statali e provinciali sono frequenti in quanto non recintate (Collegamento Cimpello – Sequals – PN – Foto G. Sauli)*



*Foto 102 - Rospo comune (Bufo bufo) in riproduzione. Lo stadio di girino richiede acque stagnanti verso le quali gli anfibi sono necessariamente attratti in primavera (Foto G. Sauli).*



*Foto 103 – Strutture metalliche di svio per anfibi collegate con diaframmi direzionali e sottopassi (Germania). Foto G. Sauli*



*Foto 104 - Strutture metalliche di svio per anfibi collegate con diaframmi direzionali e sottopassi (Germania). Foto G. Sauli*



Foto 105 - Strutture metalliche di svio per anfibio collegate con diaframmi direzionali e sottopassi (Germania).  
Foto G. Sauli

## 6.14 Interventi a lato strada indirettamente collegati con la realizzazione dell'infrastruttura viaria

Vanno ricompresi tra gli interventi a verde e di IN anche tutti gli interventi a lato strada indirettamente collegati con la realizzazione dell'infrastruttura quali: stabilizzazione di versanti che gravitano sulla strada, deviazione di corsi d'acqua, cave di prestito, aree di deposito di inerti di scarto, risistemazione delle aree e piste di cantiere, ecc.

Viene di seguito riportata una casistica esemplificativa dei possibili interventi a verde.

### 6.14.1 Interventi su versanti a lato strada

La costruzione di strade in territori collinari e montani spesso deve affrontare le problematiche di sistemazione di versanti franosi a lato strada al di là di quelle che sono le strette pertinenze delle scarpate stradali stesse.

La casistica degli interventi è collegata con le diverse litologie dei corpi franosi per i quali sono di solito normalmente necessari interventi di tipo geotecnico tradizionale. In alcuni casi possono essere utilizzati interventi di Ingegneria Naturalistica che risultano migliorativi rispetto ad interventi tecnici quali ad esempio:

- interventi stabilizzanti (viminate, fascinate vive) su substrati sciolti a matrice argillosa o sabbiosa;
- interventi combinati di consolidamento (grate, palificate vive, briglie e vasche di sedimentazione e laminazione in terre rinforzate o scogliere rinverdite) per morfologie a forte dinamismo quali impluvi su detriti di falda in zone montane.

Si riporta di seguito (vedi foto 106) un esempio particolarmente ben riuscito di briglia filtrante di sedimentazione realizzata a lato SS 13 Pontebbana in zona Ugovizza (UD) con a monte: briglie in legname e pietrame, rivestimenti vegetativi in rete metallica, stuovia organica e talee di salice.



Foto 106 – Interventi stabilizzanti e di consolidamento di IN abbinati a briglia filtrante – Rio Anonimo (SS 13 Pontebbana – Loc. Ugovizza (UD) – Foto G. Sauli)

#### 6.14.2 Interventi su deviazione corsi d'acqua

Interventi di sistemazione di corsi d'acqua sono spesso collegati con la costruzione di strade, in quanto le caratteristiche delle infrastrutture viarie (velocità di traffico, pendenze, raggi di curvatura, ecc.) richiedono spesso modifiche alla geomorfologia locale con necessità di deviazioni e rifacimenti completi di tratti di corsi d'acqua a monte e a valle della strada, sia in zone collinari e montane che di pianura.

Vi è una vasta casistica di possibili interventi di Ingegneria Naturalistica nelle risistemazioni spondali di cui vengono di seguito citati alcuni esempi:

- Antierosivi mediante impiego di stuoie sintetiche tridimensionali rivegetate, incluse le varianti prebitumate o bitumate in opera (vedi foto allegate);
- Copertura diffusa con salici;
- Palificate spondali vive con fascine di salici;
- Gabbionate e materassi verdi;
- Terre rinforzate verdi (vedi foto allegata);
- Scogliere con massi legati rinverdite;
- Altri con impiego di tecniche vive a seconda delle problematiche.

Gli interventi di Ingegneria Naturalistica inducono incremento di biodiversità e vanno preferiti a pari funzione, fermi restando i limiti di impiego oltre i quali necessitano interventi tradizionali.



Foto 107 – Interventi spondali con geostuoie sintetiche tridimensionali bitumate in loco (Fiume Dese presso ponte autostrada A4 –VE) Foto G. Sauli



Foto 108 – Idem dopo qualche anno



Foto 109 – Consolidamento spondale in terra rinforzata verde con talee di salice (Fiume Reno – BO – Foto G. Sauli)

### 6.14.3 Interventi su cave di prestito

Altra problematica tipica collegata con le infrastrutture viarie è la sistemazione ambientale delle cave di prestito.

Non vengono in questa sede affrontate le tematiche generali dei ripristini ambientali delle cave (si rimanda al *Manuale 2 di Ingegneria Naturalistica applicabile ai settori delle strade, cave, discariche e coste sabbiose*. Regione Lazio - 2003).

Le cave di prestito vanno comunque recuperate mediante interventi che sono possibilmente da collegare alla progettazione e realizzazione delle opere stradali e non rimandati a carico delle imprese. Sussistono classicamente due tipologie principali di cave di prestito:

- Le cave di pianura che forniscono inerti ghiaiosi per rilevati, realizzate a fossa in genere a lato strada la cui ripristinabilità dipende da una serie di condizioni quali: profondità degli scavi, pendenza delle scarpate, presenza di falde freatiche, recupero e rimessa in pristino dello scotico vegetale;
- Le cave di versante o di monte che forniscono gli inerti per sottofondi, calcestruzzi ecc. che normalmente preesistono al progetto stradale e dispongono di autorizzazioni e progetti di recupero autonomi.

Viene di seguito riportato un caso di recupero all'uso agricolo di una cava di prestito di pianura, coltivata a "piano ribassato" mediante scavi di 4 – 5 m di profondità con scotico preventivo e rimessa in pristino del terreno vegetale. La bassa profondità di scavo garantisce: la contemporaneità di scavi e ripristini; che non si verifichino variazioni microclimatiche di trappola del freddo tipiche delle cave a fossa con impossibilità di riutilizzo agricolo; la distanza dalla falda freatica, fattore limitante principale nel caso di eccessivo avvicinamento allo specchio di falda (va garantito un franco di almeno 4 – 6 m sul livello massimo dell'oscillazione); la rivegetazione delle scarpate laterali ad alberi autoctoni.



Foto 110 - Cava di ghiaia di prestito coltivata a piano ribassato con riutilizzo totale all'uso agricolo (Stradalta loc. Gonars –UD- Foto G. Sauli giugno 1983)



Foto 111 – idem dopo un anno



*Foto 112 – idem dopo 18 anni con evidente riuscita degli interventi di rivegetazione delle scarpate laterali e continuità d'uso agricolo del fondo cava (Foto G. Sauli 2001)*

#### *6.14.4 Rivegetazione di depositi di inerti di scarto lato strada*

La realizzazione, sempre più frequente negli ultimi decenni, di lunghi tratti di strada in galleria ha prodotto notevoli vantaggi di tipo trasportistico e paesaggistico a fronte della necessità di mettere a deposito grandi quantità di inerti provenienti dagli scavi (smarino) spesso di litologie scadenti. Si pone il problema di mettere a discarica tali materiali secondo modalità meno invasive possibile dell'ambiente. Sussistono, in tal senso, alcune possibilità:

- La ricomposizione morfologica e rivegetazione di vecchie cave abbandonate (vedi foto 113);
- La ricomposizione morfologica su versanti in adiacenza alle aree di scavo, finalizzate a futuro uso agricolo (Foto 114, 115);
- Miglioramenti fondiari.

In tutti i casi citati per la buona riuscita degli interventi, valgono alcune modalità di esecuzione:

- Vanno valutate le caratteristiche delle litologie provenienti dagli scavi in funzione geotecnica;
- Vanno realizzati rilevati con buone caratteristiche di stabilità (portanza dei terreni di deposito, pendenze massime, drenaggi, sistemi antiriscaldamento, ecc.)
- In caso di interventi su suoli agricoli va effettuato lo scotico del terreno vegetale da riutilizzare alla fine dei depositi;
- In caso di riutilizzo agricolo vanno realizzate morfologie a terrazzamenti (vedi foto) con riporti di terreno agricolo e semine da sovescio per evitare l'invasione delle infestanti e migliorare le caratteristiche organiche dei suoli;
- In caso di rivegetazione a fini naturalistici vanno impiegate specie locali di arbusti ed alberi;
- Va valutato l'uso di tecniche di IN stabilizzanti o di consolidamento.



*Foto 113 – Ricomposizione morfologica di una cava di calcare di versante con smarino di scavi da gallerie della Grande Viabilità di Trieste (Cava Faccanoni – TS 2007). Foto G. Sauli*



*Foto 114 - Ricomposizione di morfologie a terrazzi finalizzato ad uso agricolo e rinverdimento di notevoli cubature di smarino di galleria (Grande Viabilità Trieste – gallerie M.D’Oro - in opera – Foto G. Sauli)*



*Foto 115 – idem post operam*

#### *6.14.5 Interventi di rivegetazione delle aree di cantiere e piste laterali*

Un capitolo importante negli interventi ambientali delle strade è costituito dalla risistemazione finale delle aree di cantiere e delle piste utilizzate durante la costruzione della strada.

La riuscita di tali interventi è strettamente collegata con alcune condizioni:

- Scotico preventivo, accumulo e conservazione del suolo vegetale. Trattandosi di accumuli prolungati nel tempo vanno adottate semine di protezione o copertura con tessuti pacciamanti per limitare l’esplosione delle infestanti;
- Rimozione completa, a fine lavori, di baraccamenti, materiali di deposito, pavimentazioni, ecc.;
- Rimessa in sito del terreno vegetale e suo ammendamento;
- Semine da sovescio in caso di riutilizzo agricolo;
- Semine e piantagioni di arbusti ed alberi autoctoni in caso di ricostruzione di tipo naturalistico.



*Foto 116– Baraccamenti di cantiere zona Val Canale (UD) – Foto G. Sauli*



*Foto 117 – idem ripristino a prato dell’area di cantiere.*



---

## 7. INTERVENTI A VERDE NELLE AREE DI SERVIZIO E NELLE ROTATORIE

### 7.1 Tematiche della caratterizzazione paesaggistico-ambientale

#### Aree di servizio

In piena coerenza con il significato che l'infrastruttura stradale deve oggi assumere nei confronti del territorio attraversato (non semplice elemento funzionale ma struttura lineare in grado di favorire la riorganizzazione dell'assetto paesaggistico del territorio e di promuoverne la valorizzazione delle risorse storico-culturali e naturalistiche), anche le aree di servizio e le rotatorie richiedono una attenzione particolare.

L'intervento progettuale su queste aree, punto di contatto e mediazione tra territorio e grande viabilità, deve necessariamente essere riferito a due ambiti che presentano una diversa scala di lettura ed interpretazione:

- Ambito territoriale di inquadramento o di area vasta

*Comprende il contesto territoriale in cui inserisce l'intervento e consente le analisi delle caratteristiche del tracciato (tipologia e velocità del traffico, interrelazioni con accessi, viabilità locale) e del territorio attraversato (insediamento, aree naturali, attività commerciali e turistiche, aree della tutela istituita etc).*

- Ambito specifico dell'intervento

*Prende in esame l'area direttamente interessata dall'intervento (ambito urbano, peri urbano, di residua naturalità, naturale) e prevede le analisi delle caratteristiche del sito e del suo immediato contesto. In particolare: aspetti paesaggistico-ambientali, valori storico-culturali, tipologie architettoniche, vegetazione, (caratteristiche stazionali botaniche e agro pedologiche del sito), aspetti visuali e percettivi, cromatismi, materiali*

Le analisi preliminari di questi due ambiti devono suggerire le linee guida della progettazione urbanistico-funzionale ed architettonica, nonché le esigenze e le possibilità di inserimento ed integrazione.

Per quanto riguarda le finalità della progettazione, si deve considerare, oltre alle esigenze funzionali di base di queste aree, anche il loro possibile contributo e significato per quanto riguarda gli aspetti seguenti:

- valore paesaggistico (protezione e valorizzazione dei valori esistenti e potenziali)
- valore didattico – culturale e informativo
- modalità di percezione, rilevanza visuale
- contributo alla valorizzazione delle risorse turistiche e ricreative

Oltre alla progettazione del layout urbanistico-architettonico dell'area e delle sue caratteristiche spaziali e volumetriche, particolare rilievo assume la **progettazione del verde**, decisivo elemento di raccordo e caratterizzazione del sito inteso sia come episodio del più generale progetto di inserimento del tracciato, sia come intervento di integrazione con le caratteristiche paesaggistiche dell'ambito specifico in cui viene realizzato.

#### Rotatorie stradali

Di caratteristiche funzionali e di complessità assai diverse, le rotatorie inserite nei tracciati della grande viabilità presentano problematiche in qualche modo riconducibili a quelle delle aree di servizio.

Infatti, anche in questo caso gli interventi, che nascono per esigenze funzionali (intersezione a raso con effetto di *traffic calming*) si pongono come elemento di mediazione tra l'infrastruttura ed il territorio attraversato.

---

Anche se, a differenza di quanto avviene per le aree di servizio, questi elementi non prevedono la sosta di chi utilizza la viabilità, il semplice rallentamento motivato da finalità di sicurezza del traffico consente comunque una maggiore attenzione sia alla rotatoria stessa sia alle caratteristiche del contesto attraversato.

Le rotatorie assumono inoltre uno specifico valore come elementi di caratterizzazione percettiva e quindi di riconoscibilità del tracciato e delle viabilità che in esse si innestano.

Due possibili approcci progettuali sono possibili:

- la rotatoria intesa come elemento per consolidare e rinforzare il segno della viabilità
- la rotatoria come riferimento e sintesi delle caratteristiche paesaggistiche del contesto

In entrambi i casi, anche per questi elementi risulta decisiva la funzione del verde (che assume finalità diverse a seconda dell'approccio progettuale di caratterizzazione visuale e funzionale, di raccordo paesaggistico, di valenza estetico-architettonica).

Le indicazioni esistenti in Italia sotto forma di Linee Guida elaborate da Regioni, Province e Comuni, presentano un carattere prevalentemente tecnico (verifica dei requisiti di sicurezza, gestione del traffico, criteri di illuminazione etc). Molto ridotte o del tutto assenti risultano le indicazioni di carattere paesaggistico (inserimento nel contesto, caratterizzazione dell'intervento a verde etc) che sono molto spesso affidate ai Servizi giardini delle amministrazioni o ai vivai.

### *7.1.1 Le aree di servizio*

#### Analisi preliminari

La prima attività progettuale da prevedere è la definizione dei due ambiti di analisi:

- ambito territoriale di inquadramento
- ambito specifico dell'intervento

Le analisi per i due ambiti sono evidentemente molto differenti, sia per la scala (1:10 000, 5 000, 2 000 per la prima, 1: 1 000, 500, 200, 100 per la seconda) sia per le loro diverse finalità.

E' comunque di decisiva importanza, sin da questa fase di analisi, la considerazione dei rapporti morfologici, paesaggistici, visuali tra l'area della stazione ed un territorio non limitato alla fascia attraversata dalla viabilità.

#### Criteri di intervento

##### Progettazione urbanistica-architettonica

Nessuna linea guida può essere fornita per le attività progettuali. Lo sviluppo dei temi funzionali così come l'interpretazione delle indicazioni fornite dal contesto e la scelta del linguaggio formale da adottare rientrano nei compiti specifici del progettista e sono affidate alla sua capacità tecnica ed alla sua sensibilità culturale.

Si segnala solamente un aspetto tipico di questi progetti: la necessità di considerare la doppia scala di lettura dell'intervento: dalla lunga e media distanza per chi percorre la viabilità principale, dalla breve distanza per chi, lasciata la viabilità, rallenta e si ferma nell'area di servizio.

Nel primo caso il progetto deve offrire una immagine forte, un *land mark* in grado di individuare a distanza l'area, nel secondo caso la sosta consente una più attenta percezione di spazi e volumi.

Nel primo caso è evidente la necessità di favorire la percezione dell'area di sosta e ristoro da parte di chi percorre la viabilità, nel secondo caso si rilevano due precise finalità, quella di una immediata comprensione delle diverse funzioni dell'area (rifornimento, servizi, sosta, attività di ristoro, attività ricreative etc) e quella, altrettanto importante, di fornire spazi e ambienti che consentano all'utente una pausa distensiva ed un netto distacco dallo stress del traffico.

Nei casi in cui risulta possibile, la possibilità di prevedere una utilizzazione delle aree di servizio anche da parte della viabilità locale (e quindi di utenti non solo in transito) comporta alcuni problemi funzionali (aree di parcheggio, accessibilità etc) ma aumenta notevolmente il valore di questi elementi nell'ambito del territorio attraversato.

##### Progettazione paesaggistico-ambientale, progetto del verde

---

Si forniscono le indicazioni/raccomandazioni seguenti.

*In ambito naturale o seminaturale*

Massima attenzione ai valori naturalistici presenti nell'immediato contesto o comunque visualmente percepibili.

Recupero della continuità morfologica e vegetazionale tra l'area del progetto e i suoi margini, ricerca di un accurato inserimento paesaggistico e visuale.

Per la scelta delle specie vegetali, è opportuno far riferimento alle formazioni fisionomiche tipiche della zona. L'impianto di alberi ed arbusti sempreverdi o spoglianti può costituire un prezioso contributo alla conservazione dei valori identitari del paesaggio attraversato.

*In ambito urbano, periurbano o comunque antropizzato*

Caratterizzazione degli edifici e degli spazi di pertinenza che tenga conto dei temi architettonici esistenti nell'area (tener conto non significa semplicemente imitare o riprodurre).

In questo caso il progetto del verde segue criteri di caratterizzazione dell'immagine dell'area di servizio e dei suoi spazi.

Anche in questi casi per il progetto del verde si raccomanda comunque di ricorrere a specie vegetali autoctone, o comunque già presenti in modo significativo nel contesto.

Alcuni case-study

Le realizzazioni presentate come case-study consentono una evidente esemplificazione dei criteri sopra enunciati, criteri che in questi casi sono stati fatti propri da una committenza attenta e disponibile. Tutti gli esempi segnalati hanno potuto estendersi per superfici importanti, decine di ettari, in modo da poter affrontare in modo concreto i vari temi di inserimento e valorizzazione del paesaggio attraversato.



Fig. 1 – Area di sosta Nimes-Caissargues Autostrada A54 (F) (Bernard Lassus)

Autostrada A54 Fonte: *Il Paesaggio Attraversato*, Edifin Firenze

Questo progetto, che risale agli inizi degli anni 90, è diventato nel tempo l'esempio più noto del significato che un'area di sosta può assumere, al di là dei suoi aspetti tecnici e funzionali.

Tra i diversi obiettivi che il progetto persegue, quello più importante risulta la volontà di modificare le relazioni tra autostrada e paesaggio attraversato, creando un'area di scambio e contatto che interpreta e rende leggibili le caratteristiche storiche e naturali del territorio. Una "offerta" rivolta prevalentemente agli utenti dell'autostrada ma fruibile anche dagli abitanti locali.

Un progetto complesso, che interessa una superficie di 35 ha di macchia mediterranea, olivi e cipressi alla estrema periferia di Nimes e che prevede un asse verde di 600 m trasversale alla autostrada, belvedere, percorsi, attrezzature culturali, elementi di particolare rilievo visuale.



Fig. 2 - Area di sosta di Crazannes, Francia (Bernard Lassus)  
 Autostrada A837, Santes Rochefort Fonte; Nuove Infrastrutture per Nuovi Paesaggi, CITRAC, Trento

Sempre dello stesso autore, ed egualmente assunto ad esempio guida, è questo sistema di aree di sosta e percorsi all'interno di una cava dismessa.

Il progetto consente una comprensione completa del particolare paesaggio che l'autostrada attraversa. Interventi minimali sui margini rocciosi e sulla vegetazione esistente conservano al sito un aspetto naturale, con un voluto forte contrasto rispetto al traffico che lambisce l'area di sosta.

Percorsi pedonali, parcheggi nel verde, belvedere, arredo ed indicazioni didattiche completano un progetto che illustra in modo esemplare le possibili funzioni di un'area di sosta.



Fig. 3 - Totalfinaelf, Belgio (Samyn & Partners)  
 A8 Highway, Hellebecque, Belgio Fonte: Infrastructure Scape, Area 79, Marzo 2005

Stazione di servizio con restaurant lungo una superstrada che attraversa una regione Agricola del Belgio.

Il ponte-restaurant sfrutta l'andamento del terreno e le strutture in elevazione, molto leggere, conferiscono allo spazio della stazione una caratteristica di leggerezza e trasparenza che consente una piena percezione del paesaggio circostante.

Il progetto del verde presenta continui riferimenti al paesaggio agricolo, con filari di alberi che segnano il limite delle diverse aree e siepi parallele alla strada con funzione di protezione dal vento.



Fig. 4 – A16 Stazione di Servizio (Arch. B.Mader – HYL Landscape Architecte P. Hannetel)  
 Fonte: *The Landscape of Contemporary Infrastructure*, Nai Publisher, Rotterdam 2010

L'area di servizio è situata ai margini di una zona di grande interesse naturalistico, in un paesaggio di dune, paludi, canali nella Baia di Somme, al nord della Francia. Il progetto riveste un particolare interesse per la ricerca di un layout funzionale in grado di garantire anche una piena percezione di un ecosistema di grande valore naturalistico che il semplice passaggio in autostrada non consentirebbe di percepire,

A questo fine le aree di parcheggio sono raggruppate e sistemate ad un livello inferiore a quello della viabilità, e sempre allo stesso fine, la stazione di servizio ed i servizi sono collocati in un lungo corpo lineare, perpendicolare rispetto all'asse dell'autostrada, in modo da non ostacolare le visuali.

L'intero progetto può essere definito esemplare per la leggerezza della struttura e per la trasparenza dei volumi, una grande piattaforma con soluzioni funzionali e architettoniche particolarmente attente alla particolare natura del contesto. La superficie interessata è di 20 ha.

### 7.1.2 Le rotatorie della grande viabilità

#### Criteri progettuali

Anche in questo caso è necessario partire dalla valutazione del contesto, dai problemi di inserimento e dalle finalità espressive e formali che si vuole proporre per l'intervento.

Il progetto architettonico- artistico, sia che si proponga la valorizzazione di un sito con una nuova immagine unitaria, sia che ricerchi il raccordo e l'integrazione con valori formali già presenti nell'area, deve fornire una soluzione coerente ed unitaria per la sistemazione e l'arredo della rotatoria.

Il progetto del verde assume un ruolo decisivo nella maggior parte delle realizzazioni. Alcuni criteri possono essere considerati come utili suggerimenti per chi deve affrontare questo tipo di intervento e forniscono importanti indicazioni per i criteri di scelta delle tipologie e delle specie dell'impianto del verde.

#### *Nel caso di rotatorie in ambito naturale o di residua naturalità.*

Evitare la "macedonia del verde", l'effetto-vivaio, con l'impianto di un gran numero di alberi, arbusti, siepi (spesso di specie alloctone) a riempire lo spazio della rotatoria.

E' al contrario da ricercare un riferimento al verde del contesto, quando questo esista, o comunque ad una vegetazione presente nell'area, con impianti arborei e arbustivi di specie autoctone e possibilmente seguendo una progettazione particolarmente attenta all'integrazione tra la rotatoria ed il paesaggio circostante.

La rotatoria in questi casi non va quindi intesa come fioriera di arredo o aiuola di un giardino pubblico, ma come immagine qualificante e chiave di lettura per il territorio attraversato.

#### *Nel caso di rotatorie in ambito urbano o periurbano,*

In questi casi il progetto del verde assume solitamente un valore complementare rispetto agli elementi costruiti, alle sculture, alle fontane, alle strutture.

---

In entrambi i casi l'impianto del verde deve essere verificato rispetto ai criteri finalizzati alla sicurezza, alla leggibilità della rotatoria sia per l'aiuola centrale che per i margini della viabilità di immissione.

L'individuazione delle fasce di visibilità permette di controllare l'altezza massima degli impianti che consente le migliori condizioni di visibilità:

- nella fascia più esterna è opportuno un impianto di specie erbacee e coprisuolo
- nella fascia intermedia è possibile l'impianto di vegetazione bassa (di solito con altezza inferiore a cm.80), cespugli, tappezzanti, siepi e piccoli alberi
- nella parte più interna, a 6 m o più di distanza dal bordo della carreggiata, è possibile l'impianto di specie arboree. Per alberi di altezza superiore ai 6 m, come prescrive il Codice della Strada, la distanza dalla carreggiata deve essere comunque come minimo pari all'altezza della alberatura.

La grande varietà degli ambiti paesaggistici ed ambientali che il sistema della viabilità attraversa nel nostro paese impedisce di fornire un elenco, anche estremamente sommario, delle specie copri suolo, arbustive ed arboree da utilizzare nelle rotatorie.

La direttiva da seguire è comunque la stessa per i diversi ambiti, montani, collinari, di pianura o costieri in cui è presente la connotazione di naturalità o di residua naturalità. In questi ambiti si raccomanda l'utilizzazioni di essenze esclusivamente autoctone, con le modalità di densità e sesto di impianto determinate da uno specifico progetto paesaggistico.

Nel caso di ambiti urbani o periurbani è possibile il ricorso a specie alloctone di particolare risalto visuale e paesaggistico (ad esempio palme, magnolie, etc), anche se alcune specie autoctone, con particolari criteri di scelta e di impianto, possono egualmente assicurare la caratterizzazione della rotatoria.

Possibilità quindi di impianti monospecifici, di grande impatto visuale, o plurispecifici, con alternanza di cromatismi e diversa resa stagionale.

Possibilità infine di inserire nella rotatoria elementi del paesaggio agricolo della regione attraversata, come olivi, alberi da frutto etc (considerando la particolare necessità di manutenzione di questo tipo di verde).

### La sicurezza

Il tema della sicurezza nelle rotatorie stradali è stato giustamente posto in evidenza negli ultimi anni.

L'intersezione a raso di un traffico a velocità sostenuta presenta problematiche, specie nelle ore notturne, che devono essere adeguatamente affrontate nella fase di progettazione.

Le caratteristiche di illuminazione della rotatoria determinano infatti direttamente le condizioni di sicurezza, che sono state affrontate dalla nuova normativa tecnica UNI 11248 (Illuminazione stradale, selezione delle categorie illuminotecniche), allineata alla normativa europea.

Sono in particolare da considerare nella fase di progettazione:

- la riconoscibilità degli ostacoli
- le situazioni di abbagliamento

Questo senza entrare nel merito dei consumi energetici, dell'impatto ambientale e dei valori estetico-paesaggistici degli impianti di illuminazione.

Un'ulteriore verifica riguarda i valori di luminosità rispetto agli impatti sull'avifauna nel caso di rotatorie ricadenti all'interno di ZPS (Zona a protezione speciale) e quindi soggette alla normativa europea,

### Alcuni case-study



Foto 118 - Pisa (foto Gino Melani)

---

Fonte: *Quaderno CIRAA, Centro Enrico Avanzi - Università di Pisa*

In questo esempio di rotatoria in ambito extra-urbano si nota il progetto del verde, finalizzato ad ricerca di continuità con la vegetazione presente nelle aree di contesto



Foto 119 – (La Motte Servolex - Francia) [www.sens-giratoire.com](http://www.sens-giratoire.com)



Foto 120– Esempi di rotatorie (Mellecey- Francia) [www.sens-giratoire.com](http://www.sens-giratoire.com)

In questi due casi si nota il diverso ruolo del verde.  
Nel caso di La Motte Servolex la rotatoria propone impianti arbustivi ed arborei di raccordo col contesto, nel caso di Mellecey il tema dei vigneti riprende le connotazioni del paesaggio di questo territorio della Francia del sud.



Foto 121 - Cervia – Rotonda della Resistenza

Fonte: *Quaderno CIRAA, Centro Enrico Avanzi - Università di Pisa*

Lieve rimodellamento morfologico dell'area centrale rivestita da rose rifioranti e specie sempreverdi tappezzanti in una rotonda priva di elementi arborei e con elevati oneri di manutenzione



*Foto 122 - Cervia – Rotonda Pietro Zangheri*

*Fonte: Quaderno CIRAA, Centro Enrico Avanzi - Università di Pisa*

L'impianto del verde arboreo e del verde arbustivo, delimitato da superfici di graniglie con cromatismi di accordo al contesto, caratterizza il riuscito progetto paesaggistico di questa rotonda



*Foto 123 - Cervia – Rotonda Arcangelo Corelli*

*Fonte: Quaderno CIRAA, Centro Enrico Avanzi - Università di Pisa*

Rotonda del lungomare con dominante di verde arboreo ( esemplari di pino domestico) integrato da episodi floreali di particolare risalto cromatico



---

## 8. MONITORAGGIO E MANUTENZIONE

Si parte dal riconoscimento dello stato attuale (ultimo decennio) degli interventi di manutenzione del verde sulle strade che sono sostanzialmente limitati a sfalcio e pulizia delle scarpate inerbite e spesso aggredite da infestanti (erbe e arbusti). Tali interventi di pulizia sono ovviamente indispensabili per garantire la funzionalità gestionale delle strutture viarie.

Talvolta però interventi di rivegetazione combinati con tecniche di IN o di verde tecnico eseguiti negli ultimi anni sono stati danneggiati o addirittura distrutti dalle manutenzioni di “pulizia” che non hanno riconosciuto la presenza di tali interventi innovativi e quindi la necessità di trattamenti manutentivi particolari.

Va ormai riconosciuto che gli interventi di manutenzione del verde stradale sono da intendere con due finalità principali:

- Manutenzione in funzione della strada
- Manutenzione in funzione del verde

### 8.1 Manutenzione in funzione della strada

Si intendono tutti gli interventi classici di pulizia, sfalcio, decespugliamento, ecc. finalizzati alla pulizia appunto ed al mantenimento delle funzionalità della struttura viaria relativi in genere alle immediate adiacenze della strada quali:

- sgombero laterale delle scarpate a fianco della carreggiata (sono in genere da considerare fasce funzionali di 2 m per le strade statali e di 4 m per le autostrade);
- sagoma limite dei camion (scarpate o terre rinforzate vegetate di controripa (in elevazione rispetto alla strada);
- mantenimento della visibilità agli innesti di viabilità laterale e quindi taglio di eventuale vegetazione arboreo – arbustiva insediatasi;
- altri

Tali interventi vengono normalmente eseguiti su tutte le strade a carico degli Enti competenti con mezzi e modalità classiche ben note e regolate dai capitolati di manutenzione esistenti e gestiti con personale interno o appaltati a ditte specializzate.

### 8.2 Manutenzione in funzione del verde

Meno noti e curati sono gli interventi in funzione del verde, cioè quegli interventi finalizzati alla miglior crescita e sviluppo della vegetazione piantata sulle scarpate stradali.

Mancano in particolare o non sono sufficientemente dettagliati nei capitolati degli appalti di manutenzione, quelli che riguardano le strutture combinate con il verde e in genere le tecniche di IN e di verde tecnico che si vanno realizzando negli ultimi anni (terre rinforzate verdi, rivestimenti vegetativi in reti e stuoie, barriere verdi antirumore palificate e grate vive, ecc.) e che richiedono attenzioni e modalità di esecuzione particolari.

#### 8.2.1 Principi e metodi

Gli interventi di rivegetazione attuati secondo i principi e metodi dell'IN vengono in genere progettati per avere una sostanziale autonomia gestionale che è basata su alcuni presupposti:

- Interventi manutentivi (irrigazione, sfalci, potature, ecc.) limitati alle prime 2 – 3 stagioni vegetative
- Sostanziale autonomia nelle fasi successive di sviluppo (salvo i citati interventi per eliminare le interferenze)

- Raggiungimento nel medio periodo di accrescimenti atti a garantire l'efficacia funzionale delle piante (ad esempio mascheramento visuale e funzione antiabbagliamento)
- Raggiungimento nel medio - lungo periodo di efficacia funzionale legata all'azione stabilizzante sul suolo delle radici
- Raggiungimento del **massimo livello di biodiversità** compatibile con le funzioni tecniche di cui sopra (**stadio della serie dinamica coerente con le condizioni stazionali e funzionali dell'intervento**)

Gli obiettivi di cui sopra e in particolare l'autonomia nel breve periodo della vegetazione, si raggiungono, come già detto, principalmente utilizzando specie autoctone della serie dinamica potenziale del sito (Foto scarpata di Aurisina varie fasi nel tempo).

### 8.2.2 *Gli interventi di potatura quale fonte di materiale da propagazione*

Va segnalato che gli interventi di potatura di arbusti e alberi con capacità di riproduzione per via vegetativa tramite talea legnosa (salici, pioppi, tamerici) possono diventare fonte di facile approvvigionamento di ramaglia viva per altri interventi di piantagione su scarpate, versanti o strutture di IN senza ricorrere al prelievo in natura. Le piante adulte sopportano molto bene tali potature e ricacciano in tempi brevi salvo rispetto di normali precauzioni (evitare il taglio raso, non ripetere con eccessiva frequenza, operare nei periodi stagionali indicati (autunno-inverno)).

### 8.2.3 *Modalità particolari di esecuzione degli interventi di manutenzione del verde da impianto*

Le operazioni di manutenzione del verde da impianto hanno modalità particolari che variano a seconda della tipologia di verde e di struttura. In genere anche le macchine normalmente usate hanno delle limitazioni di impiego (dischi rotanti e barre falcianti poco adatti in vicinanza a reti e strutture, meglio decespugliatori a filo e interventi manuali).

Si riportano di seguito alcune tipologie più diffuse e/o caratteristiche e relativi interventi manutentivi:

1. Piantagione di arbusti su scarpate e airole:
  - sfalcio di pulizia per liberare gli arbusti da soffocamento delle erbe
  - potature di irrobustimento di alberi e arbusti
2. Siepi, siepi a tetto, sieponi a muro, fasce boscate
  - potature di irrobustimento di alberi e arbusti
  - potature scolpite di siepi a tetto e sieponi a muro
3. Terre rinforzate verdi (di sostegno del rilevato):
  - Sfalci di pulizia primi 2 m dal ciglio della carreggiata soprastante
  - Resto scarpata nessun intervento (foto GVT curvone, Mogex foresta)
4. Terre rinforzate verdi (di controripa) :
  - sfalci di pulizia
  - potature di arbusti in funzione della non interferenza con il normale svolgimento del traffico (altezza e sagoma dei mezzi pesanti) (foto T.A. Invorio-Trafori)
5. Muri cellulari vegetati:
  - estirpazione delle infestanti (primo anno)
  - potature di irrobustimento (primo anno)

E' intuitivo che le strutture in cls non temono danneggiamenti da parte delle macchine operatrici che non possono casomai essere usate per il motivo opposto.

6. Barriere verdi antirumore (a terrapieno compresso) (foto Baveno, in legno ad albero di Natale, in cls)
7. Barriere in terra rinforzata doppia (antisivio Torino – Novara autostrada vs ferrovia)
8. Interventi di rivegetazione delle scarpate in ombra dei viadotti (autostr. Brennero, GVT via Caboto)
9. Vasche di prima pioggia come habitat umidi o a secco
10. Strutture di deframmentazione di habitat faunistici
11. Interventi a verde nelle aree di servizio e verde ornamentale

---

### 8.3 Cartelli segnalatori degli interventi a verde e di IN

In sede esecutiva vanno progettati e realizzati cartelli segnalatori della presenza sulle scarpate di interventi particolari non sempre chiaramente riconoscibili e interpretabili dalle imprese incaricate delle manutenzioni del verde. Ciò al fine di evitare che le macchine utilizzate per gli interventi di diserbo e decespugliamento si avvicinino per sbaglio alle strutture stesse con effetti negativi a doppio senso.

Si individuano due tipologie principali di segnalazione di seguito descritte.

#### *Segnalatori della presenza di strutture particolari*

E' relativa alla presenza sulle scarpate di strutture derivanti dall'impiego di tecniche di IN

Ad esempio vanno segnalate:

tutte le strutture combinate di IN quali palificate e grate vive con talee ed arbusti radicati;  
la presenza di stuoie e reti deposte sul terreno sulle scarpate che diventano invisibili una volta inerte (foto S. Donà);  
barriere fonoisolanti in terrapieni compressi (foto Baveno-Trafori) o doppie terre verdi rinforzate rivegetati ad arbusti;  
terre rinforzate verdi vegetate ad arbusti;  
altre.

#### *Segnalatori di modalità particolari di manutenzione non distruttiva*

Altrettanto dicasi per le scarpate oggetto di messa a dimora di arbusti ed alberi, specie nei primi anni di crescita quando la loro taglia non supera 1 metro di altezza; infatti, spesso in tali strutture gli arbusti vanno potati e non eradicati o tranciati drasticamente in quanto sono viste dagli operatori come vegetazione infestante da sfalciare.

#### *Interventi di piantagione di rampicanti in contrasto con precedenti interventi a verde*

In molti casi gli Enti gestori ricorrono alla piantagione di rampicanti (come l'Edera) che soffocano nel tempo ogni altra forma di vegetazione erbacea ed arbustiva, realizzata a caro prezzo in abbinamento con elementi strutturali (ad es. terre rinforzate verdi). Ciò è evidentemente fatto per risparmiare sulle manutenzioni stravolgendo però il significato dell'intervento di IN, infatti il rampicante non dà nessun contributo antierosivo o di stabilizzazione ed inoltre azzerava il contenuto di biodiversità fornito dalle specie autoctone messe a dimora o sviluppatesi nel tempo in termini di dinamismo della vegetazione.



Foto 124 - Rivestimento vegetativo in rete metallica e stuoie organiche con semine e messa a dimora di talee di salice su rilevato in argille stabilizzate a calce (SP 56 S. Donà VE – Foto G. Sauli 2004)



Foto 125 – idem manutenzioni con barra rotante – Foto G. Sauli 2006)



*Foto 126 – idem conseguenza dell'uso della barra rotante sulle reti del rivestimento vegetativo ( Foto G. Sauli 2006)*



*Foto 127 – L'uso di edera rampicante su cotici erbosi paraturali su terre rinforzate verdi soffoca le specie del prato – pascolo ed azzerà la biodiversità (Autostrada V. Veneto – Pian di Vedoia loc. Fadalto – Foto G. Sauli)*



*Foto 128 – Idem copertura quasi totale del rampicante*

---

## 9. BIBLIOGRAFIA

- A.A.V.V. *Autoroute et Grand Gibier*. Ministère de L'Agriculture - Centre Tehnique du gènè rural, des eaux et des forêts Groupement Technique Forestier - division " Loisirs et Chasse" – 1978
- A.A.V.V. *Impact des routes et autoroutes sur la faune*. Ministère Des Trasports -Direction des Routes et de la Circulation routière - Division des Liasons interurbaines Setra Parigi - 1978
- AA.VV *Manuale tecnico di IN*. Regione Emilia Romagna, Assessorato all'ambiente, Regione del Veneto Assessorato Agricoltura e Foreste - 1993
- A.A.V.V. *Ambiente, fauna e traffico* Office National De La Chasse - Parigi Rivista Habitat - 1994
- A.A.V.V. *Traffico e fauna selvatica. L'esperienza francese*. Office National De La Chasse Parigi - (Parte seconda) - Rivista Habitat - 1994
- AA.VV *Opere e tecniche di IN e recupero ambientale*. Regione Liguria, Ass. edilizia, Energia e Difesa del suolo – 1995
- AA.VV *Infrastrutture stradali e frammentazione degli habitat* I.E.N.E. (Infra-Eco-Network-Europe)
- AA.VV *Interactions entre les réseaux de la faune et des voies de circulation*. Dipartimento federale dell'ambiente dei trasporti dell'energia e delle comunicazioni, Zurigo – 2000
- AA.VV *Bases pour la directive "Planification et construction de passages à faune à travers des voies de communication"* . Dipartimento federale dell'ambiente dei trasporti dell'energia e delle comunicazioni, Zurigo – 2001
- AA.VV *Cost 341-Habitat fragmentation due to transportation infrastructure*. European review. European Commission Bruxelles - 2002
- AA.VV *Interventi di sistemazione del territorio con tecniche di IN*. Regione Piemonte Direzione tutela e risanamento ambientale, Programmazione gestione rifiuti; Direzione Opere Pubbliche - 2003
- AA. VV. *Linee guida per capitolati speciali per interventi di IN*. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio – PODIS - 2006
- AA. VV. *Linee guida alla progettazione degli interventi di IN nelle Marche*. Sezione Regionale AIPIN Marche - 2010
- Bundesministerium fur Verkher, *Richtlinien fur den Laermschutz an Strassen RLS -81*. Allgemeines Rundschreiben Strassenbau n.5 - 1981
- Bundesministerium fur Verkher, Bau-und Wohnungswesen Abteilungstrassenbau Strassenverkher *Merkblatt zum Amphiebienschutz an Strassen*. Allgemeines Rundschreiben Strassenbau n.2 - 2000
- Concessioni E Costruzioni Autostrade S.P.A. *Capitolato speciale per l'esecuzione delle opere in verde necessarie alla manutenzione, conservazione e rinnovo delle piantagioni e degli spazi verdi dell'autostrada ed elenco prezzi unitari* - 1986
- Cornelini P. *Una nuova tipologia. La palificata viva tipo "Roma"*. Acer 1/2001
- Cornelini P. , Sauli G. *Manuale di indirizzo delle scelte progettuali per interventi di difesa del suolo con tecniche di IN*. PODIS Ministero Dell'Ambiente - 2005
- Council of Europe *Dispositifs pour la prévention des accidents de la route et des noyades chez les animaux vivant en liberté* Naturopa documentation series n.22 - 1988
- Dinetti M. *Fauna selvatica e strade: più sicurezza per uomo e natura* - Bandecchi & Vivaldi – Pontedera - 1999
- Dinetti M. *Infrastrutture ecologiche*. Il Verde Editoriale - 2000
- Dinetti M. et al. *Atti del convegno: "Infrastrutture viarie e biodiversità. Impatti ambientali e soluzioni di mitigazione"*. Pisa, 25 novembre 2004. Provincia di Pisa e Lipu. Stylgrafica Cascinese, Cascina (PI) – 2005
- Dinetti M. *Rischio di conflitto. Reti ecologiche l'impatto delle strade sulla fauna*. Acer 1/2007 33-35

- 
- Dinetti M. (a cura di) *Infrastrutture di trasporto e biodiversità: lo stato dell'arte in Italia. Il problema della frammentazione degli Habitat causata da autostrade, strade, ferrovie e canali navigabili*. I.E.N.E. (Infra-Eco-Network-Europe), sezione Italia – 2008
- Florineth F. *Prezzi 1994 per i lavori di IN*. Azienda Speciale per la regolazione dei Bacini Montani, Bolzano - 1994
- Florineth F. *Piante al posto del cemento*. Il Verde Editoriale – 2007
- Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen (Hrsg.) *Richtlinien für den Lebendverbau an Strassen*. Entwurf Köln – 1971
- Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen (Hrsg.) *Richtlinien für die Anlage von Strassen RAS - Ew*. Entwurf Köln – 1987
- Gerber F., Lachat B. *Aménagement de bassins de sécurité et gestion des batraciens en relation avec la construction de l'autoroute A16 à Porrentruy (Jura, Suisse)* *Ingenieurbiologie / Geniebiologique* 1/04 47-52
- Gerstgraser C. *Ingenieurbiologische bauweisen an fliessgewässern Grundlagen zu bau, belastbarkeiten und wirkungsweisen*. Osterreichischer Kunst-und Kulturverlag - 2000
- Koeppel H. *Ingenieurbiologische bauweisen auf Stufe Planung und Projectierung*. *Ingenieurbiologie / Geniebiologique* 4/09 23-29
- Kompatscher P. *Linee guida per la gestione sostenibile delle acque meteoriche*. Agenzia provinciale per l'ambiente, ufficio tutela acque. Bolzano - 2008
- Krautzer B., Peratoner G., Bozzo F. *Specie erbacee idonee al sito. Produzione del seme ed utilizzo per l'inerbimento in ambiente montano*. Provincia di Pordenone – 2004
- Krell K. *Handbuch für Laermschutz an Strassen und Schienenwegen*. Otto Elsner Verlagsgesellschaft – 1980
- Manfredi A. *La ricostruzione sostenibile. Il modello Versilia*. Comunità Montana Alta Versilia – 2002
- Ministère de l'Enviroment et du cadre de vie et Ministère des Transports *Bulletin Officiel, Fascicule special 78-48 bis, Cahier des clauses techniques générales. Fascicule 35, travaux d'espaces verts, d'aires, de sports et de loisirs* – 1978
- Ministère des Transports *Protection de la faune et de la circulation routière*. S.E.T.R.A - 1981
- Ministère des Transports *Impact des routes sur la végétation*. Rapport du groupe de travail S.E.T.R.A - 1983
- Ministère de l'Equipement du logement, de l'aménagement du territoire et des Transports *Routes et faunes sauvages, Actes du colloque*. Strasbourg Conseil de l'Europe, 5-7 giugno 1985
- Ministère de l'Enviroment et du cadre de vie et Ministère des Transports *Bulletin Officiel, Fascicule special 80-50 bis, Cahier des clauses techniques générales. Fascicule 35, travaux d'espaces verts, d'aires, de sports et de loisirs, Travaux d'entretien Documents types, Paris* - 1985
- Ministero Dell'ambiente, Servizio Via Commissione Via *Linee guide per capitolati speciali per interventi di IN e lavori di opere a verde*. Prestampa AIPIN- TS – 1997
- Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti *Strade e fauna selvatica: come migliorare la sicurezza* Direzione generale della motorizzazione e della sicurezza del trasporto terrestre – 2002
- Ministry of Transport, PublicWorks and Watter Management *Habitat fragmentation and Infrastructures. Proceedings of the International Conference on Habitat fragmentation, Infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and the Hague, the Netherlands 1997*. Road and Hydraulic Engineering Division DWW. 1997
- Müller S. & G. Berthoud *Sécurité Faune/Traffics*. Laboratoire des Voies De Circulation, école Polytechnique Federale de Lausanne - 1997
- Palmeri F. Et Al. *Manuale tecnico di IN della Provincia di Terni. Applicabilità delle tecniche, limiti e soluzioni*. PTCP Provincia di Terni – 2003

---

Regione Lombardia *Deliberazione Giunta Regionale 29 febbraio 2000 - N. 6/48740 Approvazione direttiva "Quaderno opere tipo di IN. BUR della Lombardia 9 Maggio 2000 1° supplemento straordinario al n. 9 - 2000*

Regione Toscana *Principi e Linee Guida per l'IN, Voll. 1 e 2, Collana Fiumi e Territorio – 2000 e 2001*

Reynolds P. *Wildlife corridors and the mitigation of habitat fragmentation. European and North American perspectives* Capreolus Wildlife Consultancy - 1998

Rümler R. *Ingenieurbiologische Bauweisen in Strassenbau. Strasse, Landschaft, Umwelt 3 -1980-81 – 118-127*

Sauli G. *Soil Biological Engineering Works in the Road Sector and their Applications in Different Climatic Conditions. The Environment In Road Location And Design. AIPCR Helsinki, 14-15 maggio 1998*

Sauli G. *Utilisation du génie végétal pour la protection des berges en Italie. Séminaire transnational «au fil de l'eau» Berdes et rivières d'Europe Valence (F) 30/09 – 2/10 1998*

Sauli G. *Casistica di interventi di IN: costi e risultanze. Atti del Convegno transnazionale "Efficacia e costi degli interventi di IN" EFIB - AIPIN Trieste 25-27 novembre 1999*

Sauli G. *The transfer of soil bioengineering into new climatic, edaphic and floristic zones. Atti della Conferenza 1999 «Ground and Water Bioengineering for Erosion Control and Slope Stabilization» IECA Manila 19-21 aprile 1999*

Sauli G. *Linee Guida sugli interventi di mitigazione delle grosse infrastrutture soggette a procedura V.I.A.*

Commissione V.I.A. Ministero Ambiente - 2003

Sauli G. Cornelini P., Preti F. *Manuale d'IN applicabile al settore idraulico. Regione Lazio - 2002*

Sauli G. Cornelini P., Preti F. *Manuale 2 d'IN applicabile ai settori delle strade, cave, discariche e coste sabbiose. Regione Lazio - 2003*

Sauli G. Cornelini P., Preti F. *Manuale 3 d'IN Sistemazione dei versanti. Regione Lazio - 2006*

Sauli G. et al. *Problemi e tecniche negli studi di impatto ambientale delle Grandi Opere. Colombo - 2006*

Sauli G., Siben S. *Tecniche di rinaturazione e di IN: esperienze europee. Patron – 1992*

Schweizerische Normenvereinigung Wildschutz. *Grundlagen und Massnahmen Norm SNV 640 690 – 1968*

Schweizerische Normenvereinigung Wildschutz. *Wildzäune. Norm SNV 640 693 - 1968*

Schweizerische Normenvereinigung Wildschutz. *Projektierung. Norm SNV 640 691 – 1969*

Schweizerische Normenvereinigung Schutz der Lurche. *Grundlagen Projektierung von Schutzmassnahmen Norm SNV 640 697 – 1976*

Schweizerische Normenvereinigung Bepflanzung, *ausführung Lebendverbau. Norm SNV 640 680 – 1977*

Schiechtl H. M., Stern R. *Bioingegneria forestale, basi, materiali da costruzione vivi, metodi. Castaldi - 1991*

Schiechtl H. M., Stern R. *IN – Manuale delle costruzioni idrauliche. ARCA - 1994*

Schiechtl H. M., Stern R. *IN, manuale delle opere in terra. Castaldi - 1992*

Zeh H. *Ingenieurbiologische Bauweisen. Studienbericht Nr. 4. Eidgenössisches Verkehrs und energiewirtschafts departement Bundesamt für Wasserwirtschaft - 1993*

Zeh H. *Tecniche di IN. Rapporto di studio Nr. 4, 1993. Il Verde Editoriale - 1997*

Zeh H. Et Al. *Ingenieurbiologische Uferverbauungen, Bauweisen und Beispiele im Kanton Bern. Baudirektion des Kantons Bern - 1988*

---

## 10. GLOSSARIO

**Ammendamento (di suoli)** Aggiunta di sostanze in grado di migliorare e/o correggere la costituzione fisico-meccanica e la reazione di un terreno.

**Azonale** Formazione vegetale che non rientra in un ambito fitoclimatico preciso.

**Barriera antisivio** barriera in terrapieno armato doppio realizzato dove nuove linee ferroviarie ad alta velocità sono in parte adiacenti a tratti autostradali e per impedire che un mezzo (anche pesante), accidentalmente proveniente dalla sede autostradale, possa invadere la sede ferroviaria

**Berma** Sinonimo di gradone

**Biodiversità** è la varietà delle forme di vita vegetali e animali presenti negli ecosistemi del pianeta. Il termine viene anche usato per indicare la variabilità genetica all'interno di una specie. La sopravvivenza di ogni specie dipende dalla varietà di popolazioni che la compongono. Minor variabilità significa minori possibilità di sopravvivere. La biodiversità degli ecosistemi è riferita ai diversi ambienti in cui la vita è presente: la foresta, la barriera corallina, gli ambienti sotterranei, il deserto, le torbiere. La scomparsa di questi ambienti comporta il rischio di estinzione delle specie che vi abitano. La Convenzione sulla Biodiversità, elaborata a Rio de Janeiro nel 1992, afferma il valore intrinseco della diversità biologica e dei suoi vari componenti: ecologici, genetici, sociali ed economici, scientifici, educativi culturali, ricreativi ed estetici

La convenzione riconosce inoltre che l'esigenza fondamentale per la conservazione della diversità biologica consiste nella salvaguardia in situ degli ecosistemi e degli habitat naturali, col mantenimento e ricostruzione delle popolazioni di specie vitali nei loro ambienti naturali.

**Biotechnica delle specie vegetali** capacità antierosive delle erbacee, tipo di radicazione e sviluppo in altezza e larghezza delle legnose, comportamento pioniero, possibilità di riproduzione per via vegetativa tramite talea legnosa in pieno campo, ecc..

**Canaletta** canalizzazione al piede della scarpata

**Climax** è la fase più evoluta della vegetazione, per lo più teorica per i nostri paesi data la forte influenza antropica, in equilibrio e perciò tendenzialmente stabile con il clima e il suolo. Il climax stagionale o edifico è quello delle piante cosiddette azonali, che sono condizionate, piuttosto che dal clima, soprattutto da un fattore pedologico, ad esempio presenza di elevata umidità nel suolo.

**Compensazione naturalistica** Interventi naturalistici di miglioramento o ricostruzione relativamente a flora-vegetazione, fauna, habitat in zone non strettamente collegate con le opere di progetto

**Corridoio ecologico** unità ecosistemica lineare di collegamento tra due nodi e svolge funzioni di rifugio, via di transito ed elemento captatore di nuove specie colonizzatrici. Esso consente alla fauna selvatica spostamenti da un nodo/zona relitta all'altra, risultando importante per la dispersione di numerosi organismi, per permettere l'accesso a zone di foraggiamento altrimenti irraggiungibili e per aumentare il valore estetico del paesaggio. La funzionalità varia a seconda delle zone e dipende dalle specie che si considerano.

**Deframmentazione di habitat** sono le azioni che contrastano il processo di parcellizzazione di un territorio in sottoaree tra loro parzialmente connesse o totalmente isolate, così che gli habitat adatti ad una specie risultano distribuiti sul territorio a "macchia di leopardo". La frammentazione è dovuta sia alla perdita di habitat originari che alla costruzione di barriere (quali strade, linee elettriche, canali artificiali e impianti sciistici) che impediscono il libero movimento degli animali all'interno del territorio.

**Ecosistema** unità funzionale di base costituita da un particolare ambiente e dalla comunità di esseri che in esso vivono. In un ecosistema vi sono fattori fisici corrispondenti alle caratteristiche dell'habitat (struttura del suolo, temperatura, illuminazione, etc.) e fattori biotici corrispondenti alle caratteristiche della comunità (le specie di appartenenza degli organismi, le catene alimentari, le relazioni di interdipendenza). La definizione più comunemente accettata fu formulata da Odum nel 1971 e definisce ecosistema come "l'unità che include gli organismi che vivono insieme in una certa area (comunità biotica o biocenosi), interagenti con l'ambiente fisico (biotopo) in modo tale che un flusso di energia porti ad una ben definita struttura biotica e ad una ciclizzazione dei materiali fra viventi e non viventi all'interno del sistema". Si parla, oltre che di ecosistemi naturali, anche di "ecosistemi artificiali", prodotti dall'attività umana.

**Ecosistema filtro** unità paranaturali in grado di affinare il carico inquinante ancora presente nelle acque di scarico. Queste unità vengono, chiamate ecosistemi-filtro, sono costituite da microambienti differenti organizzati secondo mosaici funzionali in grado di sviluppare capacità autodepurative particolarmente elevate



---

**Fascia boscata tampone (filtro)** Zona boscata ricostruita a fianco di infrastrutture lineari o puntuali con funzione di mascheramento visuale, reinserimento paesaggistico, filtro per determinati inquinanti (polveri, luci, ecc.)

**Fascinata viva su pendio** Messa a dimora su pendio o scarpata di fascine vive di specie legnose con capacità di propagazione vegetativa (verghe legate assieme con filo di ferro) all'interno di un solco, assicurate con picchetti battuti attraverso le fascine o di fronte ad esse.

**Fosso di guardia** canalizzazione in testa alla scarpata

**Fosso verde di infiltrazione** Fosso rinverdito che oltre che funzioni di scorrimento assolve anche funzioni di infiltrazione con effetti benefici di filtrazione del particolato e ripascimento delle falde

**Gabbionata verde** Gabbioni in rete metallica zincata a doppia torsione e maglia esagonale, riempiti in loco con ghiaione o pietrisco di pezzatura minima 15 cm, disposti a file parallele sovrapposte.

Talee di salice o tamerice vengono inserite all'interno dei gabbioni con disposizione irregolare o a file nella prima maglia del gabbione superiore (non tra un gabbione e l'altro).

**Geocomposito** Geotessile sintetico realizzato abbinando due (più) tessuti sintetici con funzioni diverse. Es. stuoia+drenante, rete+drenante, ecc.

**Geostuoia sintetica tridimensionale** (variante - geostuoia tridimensionale sintetica seminata, intasata di ghiaione e bitumata in loco o prebitumata industrialmente) Rivestimento di scarpate in stuoia tridimensionale costituita da filamenti sintetici aggrovigliati in modo da trattenere le particelle di materiale inerte terroso. In questa variante la stuoia (di spessore minimo 18 mm) viene intasata con ghiaione e bitumata a freddo in posto ed è impiegata per il rivestimento di scarpate frequentemente a contatto con l'acqua corrente. La stuoia viene assicurata al terreno mediante l'infissione di picchetti e interrata in solchi appositamente approntati sia a monte che a valle del versante. La stuoia deve essere anche abbinata ad una semina da effettuarsi sia prima che dopo la stesura del ghiaione e prima della bitumatura. Normalmente non vengono messe a dimora talee ed arbusti, almeno sulle superfici dove si prevede il libero scorrimento dell'acqua.

**Georete sintetica** Rete (cioè tessuto con i nodi alle intersezioni trama-ordito) realizzata in materiali sintetici

**Gradonata viva** Scavo di piccoli gradoni o terrazzamenti a file parallele su pendii con messa a dimora all'interno del gradone di ramaglia di piante legnose con capacità di riproduzione vegetativa (salici, tamerici, ecc.) e/o piante radicate di latifoglie e successiva copertura con materiale proveniente dagli scavi superiori.

**Grata viva** Struttura in tondame ottenuta mediante la posa su scarpate in erosione di tronchi verticali e orizzontali disposti perpendicolarmente tra loro. I tronchi orizzontali sono sovrapposti a quelli verticali e sono chiodati ad essi. All'interno delle camere così ottenute, vengono poste in corso d'opera talee di salici e/o arbusti radicati e il tutto viene ricoperto con inerte terroso locale.

**Idrosemina** Rivestimento di superfici mediante lo spargimento con mezzo meccanico di una miscela di sementi e acqua. Lo spargimento avviene mediante l'impiego di un'idrosematrice dotata di botte, nella quale vengono miscelati sementi, collanti, concimi, ammendanti e acqua. La miscela così composta viene sparsa sulla superficie mediante pompe con pressione adeguata al fine di non danneggiare le sementi stesse.

**Idrosemina a spessore (mulch)** Come sopra con aggiunta di fibre organiche (torba, pasta di cellulosa, paglia sminuzzata, ecc.)

**Ingegneria naturalistica** L'ingegneria naturalistica è una disciplina tecnica che utilizza le piante vive autoctone negli interventi antierosivi, stabilizzanti, di consolidamento o anche di sola rinaturazione, da sole, o in abbinamento con altri materiali (legname, pietrame, biostuoie, reti metalliche, geosintetici, etc)

**Macchia seriale** Un buon modello d'impianto è quello detto a macchia seriale che prevede l'impiego di arbusti coetanei, e di soggetti arborei aventi età e dimensioni diverse. Al fine di migliorare le potenzialità ecotonali (creare le condizioni di margine per la fauna selvatica e le specie erbacee) dell'impianto è indispensabile prevedere una striscia piantata solo ad arbusti lungo tutto il perimetro del nuovo impianto boschivo. Se è possibile la forma dell'impianto deve essere il meno geometrica possibile, al fine di massimizzare lo sviluppo del perimetro e quindi avere maggior potenzialità ecotonali, inoltre se si adotta una forma che tende alla circolarità si ottiene anche la possibilità di un buon effetto interno (Habitat per specie prettamente silvicole). Lo schema d'impianto propone la costituzione di un impianto boschivo in cui il 50% è rappresentato da specie arboree ed il 50% da specie arbustive ed una piantagione realizzata attraverso la tecnica delle "macchie seriali". Queste ultime si configurano come delle aree elementari, all'interno delle quali sono messe a dimora le specie arboree in zolla/radice nuda contornate dalle specie arbustive in contenitore e perifericamente le specie arboree ed arbustive in fitocella. Tali aree elementari sono poi ripetute su tutta la superficie da riforestare. Questo modulo permette di avere una macchia seriale disetanea, la quale garantisce un

---

aspetto pregevole estetico già dai primi anni dell'impianto. Tale tipologia di modulo permette alla fauna territoriale di trovare disponibilità di cibo e quindi un ambiente ottimale per insediarsi e riprodursi.

**Mantellata verde** Quadroni di calcestruzzo appoggiati sulla superficie delle scarpate da stabilizzare, riempiti di terreno vegetale e rivegetati mediante semine e messa a dimora di arbusti autoctoni;

**Mitigazione naturalistica** Interventi di tipo naturalistico, cioè di messa a dimora di piante, creazione di habitat, realizzazione di strutture di deframmentazione faunistica, ecc., strettamente collegati con l'opera progettata e gli impatti potenzialmente indotti in fase di realizzazione e gestione

**Muro cellulare verde** Struttura in calcestruzzo a elementi prefabbricati modulari, con funzione di sostegno. Le camere tra elementi vengono riempite con terreno, dove può essere eseguita una semina e la messa a dimora di piante arbustive (talee o a radice)

**Pacciamatura (disco pacciamante)** Impiego di materiali atti ad impedire lo sviluppo delle erbe infestanti e consentire lo sviluppo delle specie legnose piantate. Vengono utilizzati feltri organici,

**Palificata viva** Struttura in tronchi costituita da un'incastellatura di tronchi a formare camere nelle quali vengono inserite talee di salici. L'opera è completata dal riempimento con materiale terroso inerte e pietrame. Il pietrame posto a chiudere le celle verso l'esterno garantisce la struttura dagli svuotamenti, le talee inserite in profondità sono necessarie per garantire l'attecchimento delle piante, che negli ambienti mediterranei soffrono per le condizioni di aridità.

**Particolato** l'insieme delle sostanze sospese in aria (fibre, particelle carboniose, metalli, silice, inquinanti liquidi o solidi). Il particolato è l'inquinante che oggi è considerato di maggiore impatto nelle aree urbane, ma proviene anche dai manti stradali ed è composto da tutte quelle particelle solide e liquide disperse nell'atmosfera, con un diametro che va da pochi nanometri fino ai 500 micron e oltre (cioè da milionesimi di metro a mezzo millimetro)

**Pianta alloctona** Pianta nativa in altra area geografica rispetto a quella in cui risiede (esotica)

**Pianta autoctona** Pianta nativa dell'area geografica in cui risiede, indigena.

**Pianta pioniera** Pianta rustica e di rapido accrescimento, che tenta la conquista in condizioni ambientali ostili (cave, discariche).

**Prato in rotolo** Prato presviluppato che viene fornito in zolle in rotolo che vengono stese direttamente sulle superfici nude da inerbire

**Prerinvio** realizzazione di interventi a verde durante la costruzione della strada e non rimandati alla fine, onde poter usufruire di un anticipo di crescita delle piante e dei cotici erbosi e quindi di una buona dotazione di verde già al momento del collaudo dell'infrastruttura

**Progetto integrato** progetto che tiene subito conto delle esigenze di riambientazione che diventano in certi casi pregiudiziali alle scelte infrastrutturali integrandosi con esse

**Rete ecologica** insieme di aree e fasce con vegetazione naturale, spontanea o di nuova realizzazione, tra loro connesse in modo da garantire funzioni diverse, tra cui la libera circolazione di piante e animali e lo scambio genico tra le popolazioni. A tal fine è necessario mantenere connessioni tra le aree protette, ovvero fasce di territorio che consentono il superamento delle barriere dovute allo sviluppo delle attività umane. Gli orientamenti più attuali sono rivolti alla realizzazione di reti ecologiche in cui i nodi sono rappresentati da aree naturali e seminaturali con il ruolo di serbatoi della biodiversità e la trama è costituita da elementi lineari naturali o semi-naturali che permettono un collegamento fisico tra gli habitat dei nodi, in modo da consentire lo scambio genico tra le popolazioni e sostenere la biodiversità.

**Rinaturazione (rinaturalizzazione)** Per rinaturazione (o rinaturalizzazione) si intende l'insieme degli interventi, strutturali e non strutturali, e delle azioni atti a ripristinare le caratteristiche ambientali e biocenotiche, nonché la funzionalità ecologica, di un ecosistema in relazione alle sue condizioni potenziali, determinate dalla sua ubicazione geografica, dal clima, dalle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del sito e della sua storia naturale pregressa.

**Rivegetazione** La rivegetazione è un processo che consiste nella ricostituzione della vegetazione nel caso in cui il soprassuolo abbia subito una distruzione, parziale o totale, dovuta ad incendi, ovvero eventi capaci di far variare notevolmente l'equilibrio dinamico del popolamento. La rivegetazione viene attuata però anche al fine di conferire maggiore stabilità a suoli erosi ed in particolare ai versanti: le piante svolgono infatti un'importante azione di difesa del suolo contrastando l'azione erosiva degli eventi atmosferici. L'interazione fisica delle radici delle piante con il terreno permette di proteggere gli strati superiori dall'erosione causata dal dilavamento, riducendo il trasporto solido a valle, e di conferire stabilità al suolo. Inoltre la vegetazione, assorbendo elevate quantità d'acqua che vengono successivamente rilasciate in atmosfera per mezzo della traspirazione, contribuisce ad una significativa riduzione dei deflussi, con il risultato di un'azione regimante sui fenomeni di piena.

**Rivestimento vegetativo** in rete metallica abbinata con geostuoie tridimensionali sintetiche o stuoie organiche rivegetate con semine e messa a dimora di talee e arbusti

---

**Sciafio** Specie vegetale in grado di tollerare o prediligere condizioni di scarsa illuminazione.

**Sezione stradale a raso, in rilevato, in scavo o trincea** Morfologie diverse delle sezioni stradali a seconda che la strada si trovi a piano campagna (raso), su rilevato di varia altezza o realizzata in scavo in rocce locali di varia natura

**Scogliera rinverdita** Tecnica del consolidamento spondale mediante impiego di massi disposti a scogliera e con inserimento di talee di salici nelle fughe tra un masso e l'altro, riempite di inerte sabbioso

**Semina** Spargimento di miscele di sementi, di origine certificata, su superfici destinate alla rivegetazione in accordo con le condizioni stazionali sia pedoclimatiche che biologiche. Laddove ve ne sia la necessità, la semina è abbinata allo spargimento di concimanti organici e/o inorganici.

**Semina con paglia e bitume** Tipo di semina potenziata realizzata mediante spargimento di paglia a fibra lunga, semina di miscela di sementi erbacee e bitumatura a freddo con spargimento di emulsione bituminosa diluita in acqua con funzione di creare un film protettivo antierosivo che nel tempo si degrada, man mano che crescono le piante erbacee.

**Siepone a muro** realizzato con specie alto arbustive ed arboree autoctone che in spazi limitati (5 - 7 m) realizzano strutture verdi verticali adiacenti alla carreggiata stradale. Tali sieponi vengono periodicamente potati con barra verticale per evitare l'invasione dei rami in carreggiata.

**Siepe a tetto** realizzata con sezione piramidale mediante messa a dimora a fasce di bassi arbusti, alti arbusti ed alberi autoctoni con funzione di intrappolamento dei filetti del vento per far precipitare il particolato. Le siepi a tetto sono in genere realizzate a lato strada anche in aree urbanizzate e necessitano di sporadici interventi di potatura per il mantenimento della morfologia "a tetto".

**Siepe di mezzeria** molto importante per una serie di funzioni quali: antiabbagliamento, trappole del particolato, anti invasione della carreggiata in senso opposto di marcia, antischizzo in caso di forti piogge o presenza di sali fondenti. Vengono di solito realizzate con specie con caratteristiche biotecniche idonee ad assolvere alle funzioni indicate (spesso si deve ricorrere a specie non autoctone)

**Stadio della serie dinamica della vegetazione** in termini tipologici è costituita dall'insieme di tutte le associazioni che descrivono comunità legate da rapporti dinamici, che si rinnovano in uno spazio omogeneo con le stesse potenzialità vegetazionali (tessera o unità ambientale), che rappresenta l'unità biogeografico-ambientale di base del mosaico che costituisce il paesaggio vegetale. Tra le comunità vegetali possono instaurarsi rapporti diversi, che sono di tipo dinamico, quando rappresentano tappe successive di uno stesso processo evolutivo o regressivo, definito spazialmente dalla serie di vegetazione o sigmetum (un pascolo si trasforma per abbandono in una comunità arbustiva, che a sua volta evolverà in una cenosi forestale).

**Stuoia organica** Stuoia in fibre organiche (paglia, cocco, juta, agave, ecc.) cucite con fili di cotone o supportate su reticelle plastiche, abbinata a semine con funzione antierosiva a ricoprire suoli nudi su scarpate o in abbinamento con strutture (es. reti su Terre rinforzate)

**Suolo tecnogenico (antropogenico)** Suoli ricostruiti da matrici minerali locali con aggiunta di altre sostanze (fibre vegetali, sostanza organica, concimanti, pomici, lapilli, ecc.) che sostituiscono il terreno vegetale quando tale materiale non è disponibile

**Terra rinforzata verde** terrapieno con armature orizzontali che consentono pendenze di scarpata superiori all'angolo d'attrito degli inerti (in genere 60°). La superficie frontale esterna è rivestita da stuoie contenute in casseri a griglie metalliche e con un cuneo di terreno vegetale all'interno che vengono rivegetate mediante semine e messa a dimora di arbusti (radicati o per talea).

**Terrapieno compresso (sin. Biomuro)** trattasi di barriere antirumore realizzate con strutture metalliche in elevazione riempite di suoli tecnogenici e vegetate.

**Terreno vegetale** Parte più superficiale di un profilo di suolo, più umica e comprende il reticolo radicale e la pedofauna.

**Vasca di prima pioggia** sistema di invaso, nel quale possono essere accumulate le prime acque di pioggia, alle quali è normalmente associata una frazione importante della massa di inquinanti.

**Vegetazione naturale:** l'insieme di varie forme vegetali insediate in un dato ambiente di cui caratterizzano l'aspetto e riflettono le condizioni ecologiche.

**Vegetazione pioniera:** vegetazione in grado di colonizzare superfici o ambienti creando i presupposti per l'insediamento di specie più esigenti nell'ambito della fertilità del suolo.

**Vegetazione potenziale:** rappresenta un quadro teorico (astratto) della realtà vegetazionale del territorio esaminata sinteticamente per poter fornire indicazioni di carattere più generale (ad esempio di tipo bioclimatico); quindi la vegetazione potenziale occupa sempre ampi spazi uniformi di territorio. Tale vegetazione può svilupparsi a partire da certe condizioni, senza alcun intervento umano e purché il clima non subisca profonde modificazioni. Esistono vari gradi di potenzialità in riferimento alla possibile futura evoluzione della vegetazione.

---

**Vegetazione reale:** vegetazione che può essere osservata direttamente sul territorio. Si riportano dettagliatamente anche associazioni piccole o piccolissime (che occupino anche solo poche decine di metri quadrati).

**Verde tecnico** (tedesco “Vegetationstechnik” tradotto letteralmente: “tecniche di vegetazione”) cioè l’uso tecnico delle piante ovvero del verde realizzato tenendo conto delle esigenze e quindi delle limitazioni funzionali indotte dalle attività umane, realizzando il massimo livello di biodiversità compatibile con le limitazioni funzionali strutturali e gestionali intrinseche dell’opera.

**Viminata viva** Verghe di specie legnose con capacità di propagazione vegetativa, intrecciate attorno a paletti di legno. Le vimate possono essere realizzate a file parallele lungo la scarpata oppure possono essere disposte diagonalmente a formare rombi, qualora sia necessario trattenere il terreno vegetale e ridurre il ruscellamento superficiale dell’acqua lungo il pendio.

**Xerico** Di ambiente arido e secco.

**Xerofita** Pianta che predilige luoghi aridi.

---

## Indice delle Foto

Foto 1 - Scarpata in trincea in roccia lavorata a bassa pendenza e a tirata unica senza berme intermedie. Autostrada Capodistria-Lubiana, Località Razdrto (Slovenia). Foto G. Sauli.....	14
Foto 2 - Inizio di solchi di erosione su scarpate non rivegetate in trincea in litologia sciolta a matrice argillosa. (3° corsia autostrada Orte-Fiano Foto G. Sauli).....	14
Foto 3 -Rivegetazione ad arbusti di un rilevato spalla di viadotto (Autobrennero – Bolzano nord – Foto G. Sauli).....	15
Foto 4 - Filare di pioppi cipressini a pronto effetto di mascheramento del nuovo Viadotto di accesso all'area commerciale di Villesse – UD (foto G. Sauli 2010).....	15
Foto 5 - a destra vecchio portale in cls, a sin nuova tipologia rivegetabile con semine e viminate. (Foto G. Sauli).....	15
Foto 6 - Soluzioni intermedie sono talvolta necessarie per morfologie locali (autostrada in Slovenia loc. Sezana – Foto G. Sauli).....	16
Foto 7 - Prolungamenti in galleria artificiale con rilevati rivegetati ad alberi locali (Autostrada A 23 galleria di Pontebba – Foto G. Sauli ottobre 1987).....	16
Foto 8 – idem dopo 23 anni (Foto G. Sauli - 2010).....	16
Foto 9 – GVT Galleria di Servola (TS) – 1986 (Foto G. Sauli).....	16
Foto 10 - GVT Galleria di Servola (TS) – 1987 (Foto G. Sauli).....	16
Foto 11 - GVT Galleria di Servola (TS) – 1988 (Foto G. Sauli).....	17
Foto 12 - GVT Galleria di Servola (TS) – dopo 10 anni (Foto G. Sauli).....	17
Foto 13 - Esempio di prerinverdimento di scarpate stradali si notino le reticelle antifauna a protezione degli arbusti (GVT Loc.Padriciano - Foto G. Sauli).....	18
Foto 14 - Esempio di prerinverdimento: costruzione e rinverdimento di terre rinforzate verdi (GVT – curva di Cattinara – Foto G. Sauli).....	18
Foto 15 – Evidente carenza di suolo organico premessa negativa sia per le semine che per la crescita di arbusti. (3° corsia Fiano – Orte - Foto G. Sauli).....	19
Foto 16 – Rivestimento di scarpata con prato in rotolo con problemi iniziali di possibili scollature (Grande viabilità Trieste zona Padriciano - Foto G. Sauli 2008).....	19
Foto 17 – Messa a dimora di arbusto con disco pacciamante e impianto di irrigazione a goccia (foto G. Sauli).....	20
Foto 18 – Messa a dimora di albero in zolla con rinalzo di torba e terreno vegetale. (foto G. Sauli).....	20
Foto 19 - Stuoia organica con funzione pacciamante e arbusti aromatici. (foto G. Sauli).....	20
Foto 20 – Impiego di teli pacciamanti a protezione di specie arbustive. (foto G. Sauli).....	20
Foto 21 - Messa a dimora di specie arbustive e arboree, con reti antifauna e pacciamatura a strisce. ( Parigi 1994 - Foto G. Sauli).....	21
Foto 22 - Piantagione di arbusti autoctoni e talee di salici arbustivi pionieri (Salix elaeagnos, S. purpurea) a gradonata su rilevato autostradale su ghiaie calcaree da scavi privo di suolo vegetale Carso triestino Loc. Aurisina (GVT - TS) – Foto G. Sauli 1991.....	21
Foto 23 - Idem dopo 12 anni. Ottimo sviluppo degli arbusti con innesco della successione della vegetazione e evidente successo paesaggistico – naturalistico - Foto G. Sauli Giugno 2003.....	21
Foto 24 - Autostrada Fiano –Orte – Scarpate in trincea in argilla minerale – Piantagione di arbusti ed alberi (Foto G. Sauli 1998).....	22
Foto 25 – Canaletta in metallo con problemi di sifonamento (Foto G. Sauli).....	22
Foto 26 – Fosso di guardia tradizionale in cls (3° corsia Roma – Napoli - Foto G. Sauli anni '80)....	22
Foto 27 - Fosso di guardia in geostuoia tridimensionale sintetica seminata, intasata di ghiaino e bitumata in loco (27 ÷ 30) Autostrada dei Trafori anni '80 – Foto G. Sauli).....	23
Foto 28.....	23
Foto 29.....	23
Foto 30.....	23
Foto 31- Canale autostradale in geostuoia tridimensionale sintetica seminata, intasata di ghiaino e bitumata in loco. Oltre che funzioni di scorrimento tali strutture verdi assolvono anche funzioni di infiltrazione con effetti benefici di filtrazione del particolato e ripascimento delle falde. (Germania – Foto G. Sauli).....	23
Foto 32 – idem post operam. Foto G. Sauli.....	23
Foto 33 - Fascia boscata di 10 m di larghezza dopo 20 anni dalla realizzazione (scalo ferroviario di Cervignano del Friuli – UD – Foto G. Sauli).....	24
Foto 34 - Rivegetazione area boscata rilevato galleria Pileggi (3ª corsia Autostrada Orte-Fiano fine anni '90). Visibile un fosso di guardia realizzato in cls. (Foto P. Cornelini).....	24

Foto 35 - Siepone a muro (Autostrada A1 – Austria – Foto G. Sauli 2009) .....	24
Foto 36 - Siepi a sempreverdi (foto G. Sauli) .....	24
Foto 37 - Siepe a tetto (aiuola loc.Domio-S.Dorligo Della Valle – TS – Foto G. Sauli 2009).....	25
Foto 38 – Siepi in aiola spartitraffico a sempreverdi latifoglie (Foto G. Sauli).....	25
Foto 39 – Siepe spartitraffico a Ligustro – Autostrada A 23 – Foto G. Sauli).....	25
Foto 40 - Idem a sviluppo avvenuto delle piante (Foto G. Sauli) .....	25
Foto 41 - Autostrada tratto Fiano-Orte stabilizzazione di scarpate in argilla soggette a franamento con mantellate in cls (Foto G. Sauli).....	26
Foto 42 - Scarpate in scavo su substrato sabbioso stabilizzate con mattonelle in cls poggiate su geotessili e rivegetate con piantine di Mesembrianthemum. Dopo quasi 20 anni non c'è traccia di queste piante mentre si è affermata Inula viscosa cresciuta spontaneamente (sequenza foto 42÷44) (3° corsia Fiano-Orte c/o svincolo di Orte – Foto G. Sauli).....	26
Foto 43.....	26
Foto 44.....	26
Foto 45 - Stuoie in cocco su scarpate in scavo in litologie sabbiose non sempre hanno assolto alla funzione di stabilizzazione essendo dei provvedimenti antierosivi (Autostrada dei trafori – ottobre 1988 – Foto G. Sauli) .....	27
Foto 46 - Scarpate in rocce marnoso-arenacee rivestite con sola rete metallica. Lo sviluppo spontaneo della vegetazione è legato alla presenza di piccole berme su cui si è accumulato materiale terroso fine. (GVT svincolo Grandi motori – TS – Foto G. Sauli 2010).....	27
Foto 47 - Reti metalliche e stuoie organiche su scarpate in scavo in condizioni di forte aridità non sempre producono rivegetazione, pur mantenendo la funzione di stabilizzazione. (Sardegna SS 195 Pula – Foto G. Sauli fine anni '80).....	27
Foto 48 - Rivestimento vegetativo in geostuoia tridimensionale e rete zincata inerbata su scarpate in scavo in litologia sciolta su detrito di falda (Autostrada Carnia -Tarvisio – Foto G. Sauli ottobre 1987) .....	27
Foto 49 - Idrosemina di rincalzo su TRV (Autostrada V.Veneto - Pian di Vedoia – foto G. Sauli 1989) .....	28
Foto 50 - Evidente assenza di terra vegetale e stuoie inadeguate limitano la crescita delle erbe alle strisce di contatto tra gli strati delle armature orizzontali (foto G. Sauli) .....	29
Foto 51 - L'uso di feltri sintetici come antierosivo nelle TRV non consente la crescita del cotico erboso (Galleria Rabuiese GVT-TS - foto G. Sauli 2009) .....	29
Foto 52 - TRV con rinforzi orizzontali in armature metalliche e stuoie in cocco come antierosivo. Si noti la terra vegetale appressata alle stuoie e reti esterne. (SP 73 Siena – Foto G. Sauli 2009).....	29
Foto 53 - TRV con rinforzi orizzontali in rete metallica (A4 Casello di Villesse – Foto R. Ferrari)....	29
Foto 54 - TRV con armatura orizzontale in reti sintetiche (GVT loc. Domio – Foto G. Sauli 2008)...	29
Foto 55 - TRV con armatura orizzontale in reti sintetiche e casseri esterni in griglie metalliche, reti sintetiche e stuoie organiche. Si noti la terra vegetale addossata alle stuoie e reti esterne (GVT loc. Domio – Foto G. Sauli 2008) .....	30
Foto 56 - Messa a dimora di talee di salice su TRV con griglie metalliche, reti sintetiche e stuoie nella sequenza dall'esterno verso l'interno (GVT - Foto G. Sauli 2009).....	30
Foto 57 - Messa a dimora di Talea di salice su TRV (foto G. Sauli 2009) .....	30
Foto 58 - TRV in reti sintetiche con talee di salice (autostrada del Frejus anni '80 - Foto P. Fantini) .	30
Foto 59 - TRV in reti sintetiche rinverdite (Foto G.P. Pinzani 2009) .....	30
Foto 60 - idem dopo il rinverdimento .....	30
Foto 61 - TRV Autostrada Aosta-M.Bianco svincolo di Morgex. Durante la costruzione (Foto G. Sauli 1988).....	31
Foto 62 - idem dopo 18 anni. Si noti la crescita rigogliosa di arbusti ed alti arbusti che maschera completamente la struttura (Foto G. Sauli 2006) .....	31
Foto 63 – Muro cellulare di sostegno di terrapieno tra gallerie. (GVT Servola TS – dicembre 1987. Foto G. Sauli) .....	31
Foto 64 - Muro cellulare in cls con arbusti autoctoni (Strada per la nuova Stazione di Tarvisio Bosco Verde – foto G. Sauli 2009) .....	31
Foto 65 - Muro a nicchie cellulari in terra armata con piantagione di arbusti (Autostrada dei Trafori – Foto G. Sauli 1990) .....	32
Foto 66 - idem 15 anni dopo .....	32
Foto 67 – Svincolo SS 231 – SP 134 CN (Foto R. Santero ) .....	32
Foto 68 - GVT (TS) terrapieno vegetato di isolamento strada/Area di ricerca. Foto G. Sauli .....	33
Foto 69 – Terrapieno vegetato antirumore (Germania anni '80). Foto G. Sauli .....	33
Foto 70 – Terrapieno vegetato antirumore (Autostrada A28 - 2010). Foto G. Sauli .....	33

Foto 71 – Barriera antirumore in terra rinforzata verde in rete sintetica con talee di salice (Svizzera anni '80). Foto G. Sauli.....	34
Foto 72 – idem sviluppo dei salici con effetto scarpata naturale per chi viaggia. Foto G. Sauli .....	34
Foto 73 – Barriera antirumore in legno in costruzione (Autobrennero). Foto G. Sauli .....	35
Foto 74 – Barriera antirumore in terrapieno compresso in cls vegetata (Austria anni '80). Foto G. Sauli .....	35
Foto 75 - Barriera antirumore in terrapieno compresso in cls vegetata (Passante di Mestre). Foto G. Sauli 2009.....	35
Foto 76 - Barriera antirumore in cls vegetata (Tangenziale di Torino - Foto R. Santero) .....	35
Foto 77 – Barriera antirumore in cls vegetata (Tangenziale di Mantova - Foto R. Santero) .....	35
Foto 78 – Barriera antirumore vegetata ad arbusti in terrapieno compresso in struttura metallica. Campione di recente realizzazione con cura particolare per il suolo di riempimento (suolo tecnogenico) ed evidente successo dello sviluppo della vegetazione. (Foto G. Sauli).....	35
Foto 79 – Barriera antirumore vegetata ad arbusti autoctoni in terrapieno compresso in struttura metallica (Autostrada dei Trafori – Foto G. Sauli fine anni '80) .....	36
Foto 80 – idem giugno 1996.....	36
Foto 81 – Barriera antisvio in doppia terra rinforzata verde in fase di costruzione (Foto F. Ferraiolo) 36	36
Foto 82 – idem appena realizzata (Foto F. Ferraiolo) .....	36
Foto 83 – idem idrosemina a spessore.....	37
Foto 84 – idem a lavoro e rinverdimento ultimato. Separazione tra Autostrada ed AV TO – NO (Foto G. Sauli 2009) .....	37
Foto 85 – Edera tappezzante sotto i viadotti di accesso all'aeroporto (Tessera – VE) Foto G. Sauli 2008.....	37
Foto 86 – Impiego delle acque di sgrondo mediante tubi diffusori per rivegetazione ad edera (Grande Viabilità di Trieste – Via Caboto) gennaio 2010. Foto G. Sauli .....	37
Foto 87 – Impiego di edera tappezzante con impianto di irrigazione a goccia all'ombra del viadotto (Viabilità d'accesso alla nuova zona commerciale di Villesse – GO) febbraio 2010. Foto G. Sauli....	37
Foto 88 – Rivegetazione ad esotiche basso arbustive con irrigazione a goccia (Autobrennero loc. Vipiteno) – Foto G. Sauli .....	37
Foto 89 – Vasca di prima pioggia con funzione di fitodepurazione (Francia – Foto P. Cornelini).....	38
Foto 90 – Vasca di prima pioggia con funzione di habitat umido e fitodepurazione (Germania – Foto G. Sauli) .....	38
Foto 91– Vasca di prima pioggia a fondo terroso a secco con funzione di infiltrazione ed avanasca in cls di sedimentazione dei fanghi inquinati (ricostruzione autostrada ex DDR – Lipsia – Foto G. Sauli 2005).....	39
Foto 92 – idem fase di gestione.....	39
Foto 93 – Sovrappasso per orsi (Autostrada A2 presso Arnoldstein - Austria – Foto G. Sauli).....	40
Foto 94 – Galleria artificiale rivegetata con funzioni di continuità faunistica (Grande Viabilità Triestina loc. Prosecco – Foto G. Sauli).....	40
Foto 95 – Idem in costruzione.....	40
Foto 96 – Idem rivegetazione a landa ed arbusti locali dopo 20 anni (Foto G. Sauli 2009) .....	40
Foto 97 – Ponte per ungulati con strutture di invito ad imbuto (Lussemburgo anni '80). Foto G. Sauli .....	40
Foto 98 – Sottopasso per uso faunistico (GVT loc. Slivia – Foto G. Sauli 2009).....	40
Foto 99 – Sottopasso scatolare per fauna minore (Collegamento Cimpello – Sequals – PN – Foto G. Sauli) .....	41
Foto 100– Passaggio per fauna a tubo (Collegamento Cimpello – Sequals – PN – Foto G. Sauli).....	41
Foto 101 – Investimenti di fauna minore sulle strade statali e provinciali sono frequenti in quanto non recintate (Collegamento Cimpello – Sequals – PN – Foto G. Sauli) .....	41
Foto 102 - Rospo comune (Bufo bufo) in riproduzione. Lo stadio di girino richiede acque stagnanti verso le quali gli anfibi sono necessariamente attratti in primavera (Foto G. Sauli).....	41
Foto 103 – Strutture metalliche di svio per anfibi collegate con diaframmi direzionali e sottopassi (Germania). Foto G. Sauli .....	41
Foto 104 - Strutture metalliche di svio per anfibi collegate con diaframmi direzionali e sottopassi (Germania). Foto G. Sauli .....	41
Foto 105 - Strutture metalliche di svio per anfibi collegate con diaframmi direzionali e sottopassi (Germania). Foto G. Sauli.....	42
Foto 106 – Interventi stabilizzanti e di consolidamento di IN abbinati a briglia filtrante – Rio Anonimo (SS 13 Pontebbana – Loc. Ugovizza (UD) – Foto G. Sauli).....	43

---

Foto 107 – Interventi spondali con geostuoie sintetiche tridimensionali bitumate in loco (Fiume Dese presso ponte autostrada A4 –VE) Foto G. Sauli.....	43
Foto 108 – Idem dopo qualche anno .....	43
Foto 109 – Consolidamento spondale in terra rinforzata verde con talee di salice (Fiume Reno – BO – Foto G. Sauli).....	44
Foto 110 - Cava di ghiaia di prestito coltivata a piano ribassato con riutilizzo totale all’uso agricolo (Stradalta loc. Gonars –UD- Foto G. Sauli giugno 1983).....	44
Foto 111 – idem dopo un anno.....	44
Foto 112 – idem dopo 18 anni con evidente riuscita degli interventi di rivegetazione delle scarpate laterali e continuità d’uso agricolo del fondo cava (Foto G. Sauli 2001).....	45
Foto 113 – Ricomposizione morfologica di una cava di calcare di versante con smarino di scavi da gallerie della Grande Viabilità di Trieste (Cava Faccanoni – TS 2007). Foto G. Sauli .....	45
Foto 114 - Ricomposizione di morfologie a terrazzi finalizzato ad uso agricolo e rinverdimento di notevoli cubature di smarino di galleria (Grande Viabilità Trieste – gallerie M.D’Oro - in opera – Foto G. Sauli) .....	46
Foto 115 – idem post operam.....	46
Foto 116– Baraccamenti di cantiere zona Val Canale (UD) – Foto G. Sauli.....	46
Foto 117 – idem ripristino a prato dell’area di cantiere. ....	46
Foto 118 - Pisa (foto Gino Melani) .....	52
Foto 119 – (La Motte Servolex - Francia) <a href="http://www.sens-giratoire.com">www.sens-giratoire.com</a> .....	53
Foto 120– Esempi di rotatorie (Mellecey- Francia) <a href="http://www.sens-giratoire.com">www.sens-giratoire.com</a> .....	53
Foto 121 - Cervia – Rotonda della Resistenza .....	53
Foto 122 - Cervia – Rotonda Pietro Zangheri .....	54
Foto 123 - Cervia – Rotonda Arcangelo Corelli .....	54
Foto 124 - Rivestimento vegetativo in rete metallica e stuoie organiche con semine e messa a dimora di talee di salice su rilevato in argille stabilizzate a calce (SP 56 S. Donà VE – Foto G. Sauli 2004)..	57
Foto 125 – idem manutenzioni con barra rotante – Foto G. Sauli 2006) .....	57
Foto 126 – idem conseguenza dell’uso della barra rotante sulle reti del rivestimento vegetativo ( Foto G. Sauli 2006) .....	58
Foto 127 – L’ uso di edera rampicante su cotici erbosi paranaturali su terre rinforzate verdi soffoca le specie del prato – pascolo ed azzerà la biodiversità (Autostrada V. Veneto – Pian di Vedoia loc. Fadalto – Foto G. Sauli) .....	58
Foto 128 – Idem copertura quasi totale del rampicante .....	58