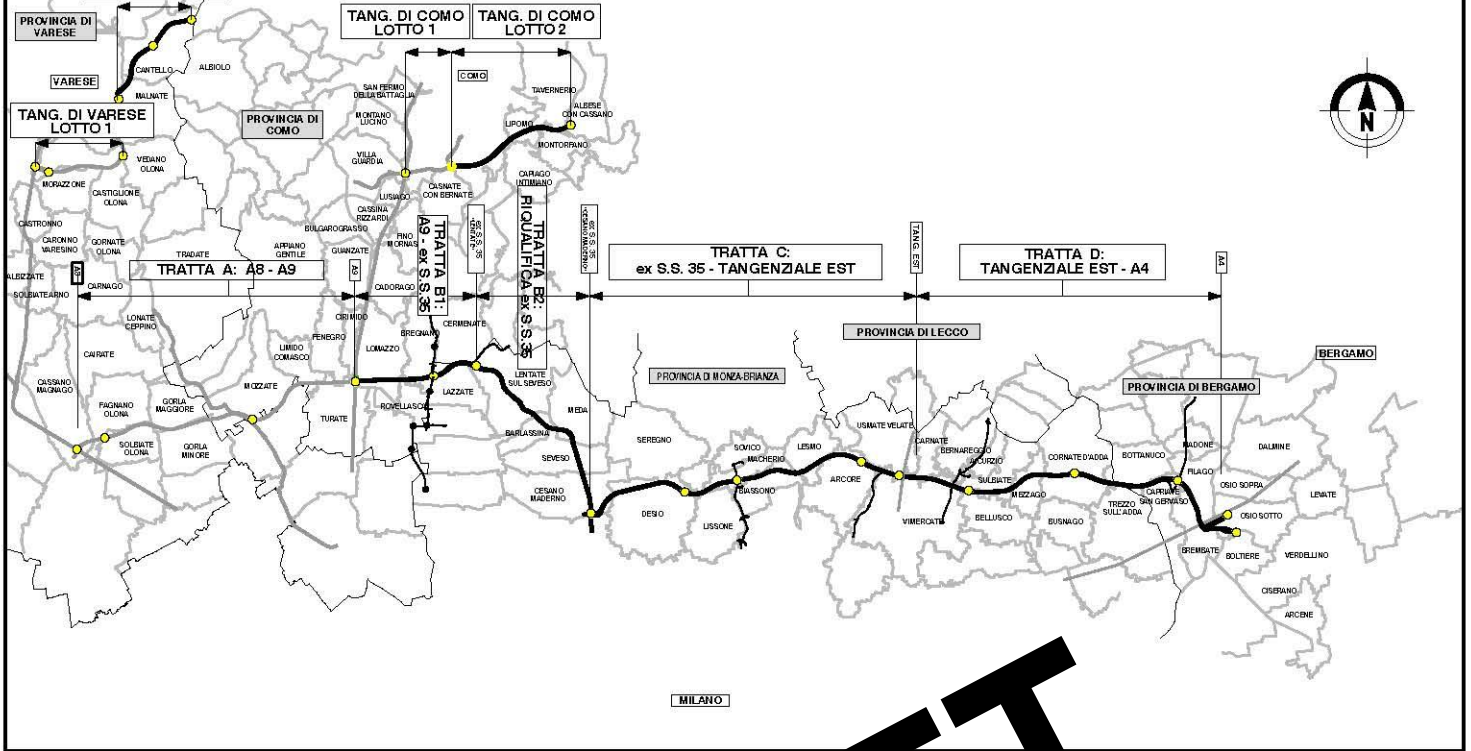


# QUADRO DI UNIONE GENERALE

E\_AM\_B2000\_AT00\_122\_RS\_001\_A



**DRAFT**

## COLLETTAMENTO AUTOSTRADALE DALMINE-COMO-VARESE ALINIA DEL GAGGIOLO E OPERE AD ESSO CONNESSE

CODICE C.U.P. F11B06000270007

### PROGETTO ESECUTIVO TRATTA B2

#### CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO INTERVENTI DI MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE AMBIENTALE

#### IDENTIFICAZIONE ELABORATO

FASE PROGETTUALE	AMBITO	TRATTA	CATEGORIA	OPERA	PARTI DI OPERA	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVA	REVISIONE ESTERNA
	E AM	B2	000	AT00	122	TV	001	A

DATA 6 Aprile 2023  
SCALA

#### CONCEDENTE

CONCESSIONI AUTOSTRADALI LOMBARDE

#### CONTRAENTE GENERALE

PEDELOMBARDA NUOVA S.c.p.A.

#### DATA

#### REVISIONE

Dicembre 2022	Emissione	A
Gennaio 2023	Revisione	B
Febbraio 2023	Revisione	C
Marzo 2023	Revisione	D
Aprile 2023	Revisione	E

#### ELABORAZIONE PROGETTUALE

#### PROGETTISTI

Ing. PROGER

#### RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Carlo Listorti

Redatto  
Ing.

Visto  
Ing.

Approvato  
Ing.

#### CONCESSIONARIO

Autostrada Pedemontana Lombarda

#### PROGETTISTA

PROGER ROCK SOIL S.p.A. CIVIS



COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE  
DALMINE – COMO – VARESE – VALICO DEL GAGGIOLO  
E OPERE CONNESSE

**PROGETTO ESECUTIVO**

TRATTE B2, C, TRMI10/TRMI17/TRCO06

**TRATTA B2**

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO**

**INTERVENTI DI MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE AMBIENTALE**

## Sommario

<b>1</b>	<b>OPERE A VERDE</b> .....	<b>6</b>
2	Generalità .....	7
3	Conservazione e recupero delle piante esistenti nella zona .....	7
4	Accantonamento del terreno vegetale .....	7
5	Approvvigionamento d'acqua .....	7
6	Pulizia dell'area di cantiere .....	7
7	Garanzia di attecchimento .....	8
8	Garanzia per i tappeti erbosi.....	8
9	Responsabilità dell'Appaltore nel corso dei lavori.....	8
10	Materiali .....	8
11	Materiale agrario.....	9
12	Terra di coltivo e riportata .....	9
13	Substrati di coltivazione.....	9
14	Concimi minerali ed organici .....	10
15	Ammendanti e correttivi.....	10
16	Pacciamature e protezioni .....	10
17	Fitofarmaci.....	11
18	Pali di sostegno, ancoraggi e legature.....	11
19	Drenaggi e materiali antierosione .....	11
20	Acqua .....	11
21	Materiale vegetale .....	12
22	Estrazione dal vivaio e controllo delle piante .....	13
23	Alberi .....	13
24	Arbusti e cespugli .....	14
25	Piante esemplari.....	14
26	Piante tappezzanti.....	14
27	Piante rampicanti, sarmentose, ricadenti .....	14
28	Alberi, arbusti e cespugli a foglia caduca .....	15
29	Alberi, arbusti e cespugli sempreverdi.....	15
30	Sementi.....	15
31	Pulizia generale del terreno .....	15
32	Lavorazioni preliminari.....	15
33	Lavorazione del suolo.....	15
34	Drenaggi localizzati e impianti tecnici .....	16
35	Correzione, ammendamento e concimazione di fondo del terreno - Impiego di fitofarmaci e diserbanti .....	16

36	Tracciamenti e picchettature.....	16
37	Preparazione delle buche .....	17
38	Apporto di terra di coltivo .....	17
39	Preparazione del terreno per i prati.....	18
40	Messa a dimora degli esemplari vegetali .....	18
41	Messa a dimora di alberi, arbusti e cespugli.....	18
42	Messa a dimora di Alberi, arbusti e cespugli a foglia caduca.....	19
43	Messa a dimora di Alberi, arbusti e cespugli sempreverdi .....	19
44	Messa a dimora delle piante tappezzanti, rampicanti, sarmentose e ricadenti .....	19
45	Formazione dei prati .....	20
46	Semina dei tappeti erbosi.....	21
47	Idrosemina.....	21
48	Rimboschimento con semenzali e impianto di talee.....	22
49	Spostamento di piante.....	22
50	Manutenzione delle opere a verde per il periodo di garanzia.....	23
51	Irrigazioni .....	23
52	Ripristino conche e ricalzo.....	24
53	Falciature, diserbi e sarchiature.....	24
54	Concimazioni.....	24
55	Potature .....	25
56	Eliminazione e sostituzione delle piante morte.....	25
57	Rinnovo delle parti non perfettamente riuscite dei tappeti erbosi.....	25
58	Difesa dalla vegetazione infestante.....	26
59	Sistemazione dei danni causati da erosione.....	26
60	Ripristino della verticalità delle piante e dei tutori .....	26
61	Pulizia del piano viabile .....	26
<b>2</b>	<b>OPERE DI MITIGAZIONE ACUSTICA.....</b>	<b>32</b>
1	<b>Identificazione delle tipologie di intervento.....</b>	<b>33</b>
2	<b>Premessa.....</b>	<b>33</b>
3	<b>Tipologie di Certificazioni richieste.....</b>	<b>34</b>
4	<b>Prescrizioni generali di esecuzione delle principali categorie di lavoro e forniture .</b>	<b>35</b>
8	<b>Certificazione acustica – Tipologia e Modalità di esecuzione delle prove .....</b>	<b>37</b>
12	<b>Barriere acustiche artificiali .....</b>	<b>43</b>
13	<b>Certificazione acustica e classificazione delle barriere artificiali .....</b>	<b>43</b>
16	<b>Certificazione dei materiali e Caratteristiche della barriere artificiali .....</b>	<b>45</b>
37	<b>Caratteristiche costruttive generali delle barriere artificiali .....</b>	<b>57</b>

<b>40</b>	<b>Schermi totali con grigliati acustici.....</b>	<b>59</b>
<b>41</b>	<b>Elementi anti-diffrattivi.....</b>	<b>59</b>
<b>42</b>	<b>Valutazione delle caratteristiche acustiche degli elementi anti-diffrattivi .....</b>	<b>59</b>
<b>44</b>	<b>Caratteristiche dei materiali .....</b>	<b>62</b>
<b>45</b>	<b>Biomuri.....</b>	<b>62</b>
<b>46</b>	<b>Certificazione acustica dei biomuri.....</b>	<b>62</b>
<b>47</b>	<b>Certificazione dei materiali e caratteristiche dei biomuri.....</b>	<b>63</b>
<b>52</b>	<b>Caratteristiche costruttive dei biomuri.....</b>	<b>65</b>
<b>53</b>	<b>Dune e rimodellamenti morfologici .....</b>	<b>65</b>
<b>54</b>	<b>Terrapieni a pendenza naturale.....</b>	<b>66</b>
<b>55</b>	<b>Strutture in terra rinforzata.....</b>	<b>66</b>
<b>56</b>	<b>Ulteriori tipologie di intervento.....</b>	<b>67</b>
<b>57</b>	<b>Barriere vegetali (Fasce boscate).....</b>	<b>67</b>
<b>58</b>	<b>Pavimentazioni antirumore.....</b>	<b>67</b>
<b>59</b>	<b>Giunti silenziosi.....</b>	<b>68</b>
<b>60</b>	<b>Rivestimenti fonoassorbenti in galleria .....</b>	<b>68</b>
<b>61</b>	<b>Intervento diretto sui ricettori.....</b>	<b>69</b>
<b>62</b>	<b>Pannelli per fase di cantiere.....</b>	<b>69</b>

## **1 OPERE A VERDE**

## 2 Generalità

### 3 Conservazione e recupero delle piante esistenti nella zona

Tutta la vegetazione esistente indicata in progetto da conservarsi in loco e quella eventualmente individuata ad integrazione dalla Direzione Lavori in corso d'opera dovrà essere protetta adeguatamente da ogni tipo di danneggiamento che possa interessare l'apparato radicale, il tronco e la chioma con i dispositivi predisposti a cura dell'Appaltatore prima dell'inizio di altri lavori.

Questi dispositivi consistono in recinzioni per le masse vegetali e in corsetti di protezione per le piante isolate. Salvo diverse motivate prescrizioni del capitolato speciale d'appalto, le recinzioni dovranno seguire la proiezione al suolo dei rami esterni, ed essere alte almeno 1,30 m. I corsetti dovranno essere pieni, distaccati dal tronco ed alti almeno 2 m. Le piante da conservare sono indicate in specifica planimetria e/o dovranno essere marcate preventivamente sul posto.

Le protezioni dovranno essere mantenute in buono stato durante tutta la durata dei lavori.

Pertanto, l'Appaltatore dovrà usare la massima cautela nell'eseguire interventi ogni volta che si troverà a operare nei pressi delle piante esistenti e osservare le prescrizioni della Direzione Lavori.

Nell'eventualità di dover trapiantare piante esistenti nel cantiere o sul luogo della sistemazione, la Direzione Lavori si riserva la facoltà di far eseguire, secondo tempi e modi da concordare, la preparazione delle piante stesse.

Nel caso in cui, nonostante tutte le misure di cautela prese e l'attenzione posta nelle lavorazioni, qualche albero venisse danneggiato, l'Appaltatore è tenuto a darne immediata comunicazione alla Direzione Lavori. Questa provvederà a effettuare le opportune valutazioni e a predisporre le necessarie misure, alle quali l'Appaltatore è tenuto a sottostare.

### 4 Accantonamento del terreno vegetale

L'Appaltatore è tenuto a provvedere alla rimozione e accantonamento degli strati fertili del suolo destinati ad essere riutilizzati nelle zone interessate dai lavori stessi.

Per esempio: le zone limitrofe alla sede stradale, le aree di cantiere, le piste di servizio, ecc.

I luoghi e le modalità attuative di tale operazione saranno indicati dalla Direzione Lavori.

### 5 Approvvigionamento d'acqua

L'Appaltatore è tenuto ad approvvigionare la zona dell'acqua necessaria all'innaffiamento sia attraverso sistemi di irrigazione sia attraverso sistemi manuali delle essenze anche per il periodo di manutenzione, oltre a quello di garanzia.

Le modalità saranno di volta in volta concordate con la Direzione Lavori secondo le diverse situazioni e necessità.

### 6 Pulizia dell'area di cantiere

A mano a mano che procedono i lavori di sistemazione e le operazioni di piantagione, l'Appaltatore, per mantenere il luogo più in ordine possibile, è tenuto a rimuovere tempestivamente tutti i residui di lavorazione (es. frammenti di pietre e mattoni, spezzoni di filo metallico, di cordame e di canapa, contenitori, ecc.) e gli utensili non utilizzati.

I residui di cui sopra dovranno essere allontanati e portati dal cantiere alla discarica pubblica o su altre aree indicate dalla Direzione Lavori.

Alla fine dei lavori tutte le aree e gli altri manufatti che siano stati in qualche modo imbrattati dovranno essere accuratamente ripuliti.

## 7 Garanzia di attecchimento

L'Appaltatore si impegna a fornire una garanzia di attecchimento del 100% di tutte le piante al termine del periodo di garanzia. Tale "periodo di garanzia", misurato a partire dalla fine dei lavori previsti dal progetto, avrà la durata necessaria ad accertare la piena riuscita della realizzazione e l'attecchimento delle essenze vegetali piantate e/o seminate,. L'attecchimento si intende avvenuto quando, al termine di 180 giorni a decorrere dall'inizio della prima vegetazione successiva alla messa a dimora, le piante si presentano sane e in buono stato vegetativo.

Durante il periodo di manutenzione verranno verificate le condizioni vegetative di ogni pianta che verrà sostituita se morta o in condizioni precarie, evidenziate da disseccamenti, ingiallimenti nella stagione vegetativa, squilibri nello sviluppo della chioma, evidenti attacchi di patogeni e danni che ne compromettono il futuro sviluppo. Per tali sostituzioni o rifacimenti il periodo di garanzia verrà considerato a partire dall'impianto dei singoli soggetti o per le parti di opera realizzata a seconda dell'incidenza che di tali interventi di ripristino avranno sul realizzato. La manutenzione dell'impianto e la garanzia di attecchimento valgono per tutta la durata della manutenzione stessa. L'avvenuto attecchimento deve essere verbalizzato in contraddittorio fra la Direzione Lavori e l'Appaltatore entro 10 giorni dalla scadenza del periodo di garanzia. La fine del periodo di garanzia verrà certificato dalla Direzione Lavori con un apposito verbale.

## 8 Garanzia per i tappeti erbosi

L'Appaltatore si impegna a realizzare tappeti erbosi rispondenti alle caratteristiche previste dal progetto e a garantirne la conformità al momento dell'ultimazione dei lavori, che corrisponderanno al primo taglio.

In ogni modo l'Appaltatore dovrà fornire una superficie verde compatta; a tal fine saranno previste le opportune risemine.

## 9 Responsabilità dell'Appaltatore nel corso dei lavori

L'Appaltatore e' responsabile di ogni danno causato a terzi ed e' tenuto, senza alcun rimborso, a ripristinare i manufatti, le aree, le attrezzature, gli impianti, le piantagioni ed i tappeti erbosi danneggiati nel corso dei lavori, salvo i casi di vandalismo riconosciuti dalle parti.

## 10 Materiali

Tutto il materiale impiantistico (es. impianto di irrigazione), il materiale agrario (es. terra di coltivo, concimi, torba, ecc.) ed il materiale vegetale (es. alberi, arbusti, tappezzanti, sementi, ecc.) occorrente per la sistemazione ambientale dovrà essere della migliore qualità, senza difetti e in ogni caso con caratteristiche uguali o superiori a quanto e' prescritto nelle Norme Tecniche, dal progetto e dalla normativa vigente. S'intende che la provenienza sarà liberamente scelta dall'Appaltatore purché, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori, i materiali siano riconosciuti accettabili, anche a seguito di specifiche prove di laboratorio o di certificazioni fornite dal produttore. L'Appaltatore e' tenuto a notificare, in tempo utile, alla Direzione Lavori la provenienza dei materiali per il regolare prelievo dei relativi campioni. L'accettazione dei materiali e dei componenti è definitiva solo dopo la loro posa in opera. Il Direttore dei Lavori può rifiutare in qualunque momento i materiali e i componenti deperiti dopo la introduzione in cantiere. L'accettazione dei materiali da parte della Direzione Lavori non esenta l'Appaltatore dalla totale



responsabilità della riuscita delle opere, anche per quanto può dipendere dai materiali stessi. Qualora la Direzione Lavori rifiuti una qualsiasi provvista di materiali, in quanto non adatta all'impiego, l'Appaltatore deve sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute; i materiali rifiutati devono essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e a spese della stessa Impresa. Ove l'Appaltatore non effettui la rimozione nel termine prescritto dal Direttore dei Lavori, la D.L. può provvedervi direttamente a spese dell'Appaltatore, a carico del quale resta anche qualsiasi onere o danno che possa derivargli per effetto della rimozione eseguita d'ufficio. L'Appaltatore che nel proprio interesse o di sua iniziativa abbia impiegato materiali o componenti di caratteristiche superiori a quelle prescritte nei documenti contrattuali, o eseguito una lavorazione più accurata, non ha diritto ad aumento dei prezzi e la contabilità è redatta come se i materiali avessero le caratteristiche stabilite.

L'Appaltatore fornirà tutto il materiale (impiantistico, agrario e vegetale) indicato negli elenchi e riportato nei disegni, nelle quantità necessarie alla realizzazione delle opere e alle operazioni di manutenzione.

## 11 Materiale agrario

Per "materiale agrario" si intende tutto il materiale usato negli specifici lavori di agricoltura, vivaismo e giardinaggio (es. terreni e substrati di coltivazione, concimi, fitofarmaci, tutori, ecc.), necessario alla messa a dimora, cura e manutenzione delle piante utilizzate nelle aree d'impianto.

### 12 Terra di coltivo e riportata

L'Appaltatore, prima di effettuare il riporto di terra di coltivo, dovrà accertarne la qualità per sottoporla all'approvazione della Direzione Lavori.

L'Appaltatore dovrà disporre a proprie spese l'esecuzione delle analisi di laboratorio, per ogni tipo di suolo. Le analisi dovranno essere eseguite, salvo quanto diversamente disposto dal presente elaborato, secondo i metodi ed i parametri normalizzati di analisi del suolo.

La terra di coltivo apportata dovrà presentare una buona dotazione di elementi nutritivi, in proporzione e forma idonea, una buona dotazione di sostanza organica e microrganismi utili e avere reazione neutra (pH circa uguale a 7)

Dovrà essere priva di pietre, tronchi, rami, radici e loro parti, che possano ostacolare le lavorazioni agronomiche del terreno dopo la posa in opera.

Possiederà una tessitura "franca", con una giusta proporzione di sabbia, limo e argilla, tipica dei terreni di medio impasto, e la quantità di scheletro con diametro maggiore di mm. 2,0 non dovrà eccedere il 25% del volume totale.

L'Appaltatore dovrà sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori l'impiego di terra le cui analisi abbiano oltrepassato i valori tipici. La terra di coltivo dovrà essere priva di agenti patogeni e di sostanze tossiche per le piante, a giudizio della Direzione Lavori.

### 13 Substrati di coltivazione

Con "substrati di coltivazione" si intendono materiali di origine minerale e/o vegetale utilizzati singolarmente o miscelati in proporzioni note per impieghi particolari e per ottenere un ambiente di crescita adatto alle diverse specie che si vogliono mettere a dimora.

Per i substrati imballati le confezioni dovranno riportare quantità, tipo e caratteristiche del contenuto.

I substrati, una volta pronti per l'impiego, dovranno essere omogenei ed i componenti distribuiti in proporzioni costanti all'interno della loro massa. In ogni caso, il substrato dovrà risultare esente da sostanze tossiche e agenti patogeni

#### 14 Concimi minerali ed organici

I concimi minerali, organici e misti da impiegare dovranno avere titolo dichiarato secondo le vigenti disposizioni di legge ed essere forniti nell'involucro originale della fabbrica, fatta esclusione per i letami, per i quali saranno valutate di volta in volta qualità e provenienza.

La Direzione Lavori si riserva il diritto di indicare con maggior precisione, scegliendoli di volta in volta in base alle analisi di laboratorio sul terreno e sui concimi e alle condizioni delle piante durante la messa a dimora ed il periodo di manutenzione, quale tipo di concime dovrà essere utilizzato.

#### 15 Ammendanti e correttivi

Con "ammendanti" si intendono quelle sostanze sotto forma di composti naturali o di sintesi in grado di modificare le caratteristiche fisiche del terreno. Con "correttivi" si intendono quei prodotti chimici, minerali organici o biologici capaci di modificare le caratteristiche chimiche del terreno.

#### 16 Pacciamature e protezioni

Con "pacciamatura" si intende una copertura del terreno a scopi diversi (es. controllo infestanti, limitazione dell'evaporazione, ecc.).

I materiali per pacciamatura comprendono prodotti di origine naturale o di sintesi e dovranno essere forniti (quando si tratti di prodotti confezionabili) in accordo con la Direzione Lavori, nei contenitori originali con dichiarazione della quantità, del contenuto e dei componenti.

Per i prodotti da pacciamatura forniti sfusi, la Direzione Lavori si riserva la facoltà di valutare di volta in volta qualità e provenienza. Si potrà comunque valutare l'utilizzo di materiale derivante dalla eventuale "cippatura" degli interventi di taglio e potatura effettuate in cantiere e nelle manutenzioni periodiche.

L'utilizzo di stuoie e dischi in materiale vario prevederà deve essere previsto attraverso la posa in opera di relative zanche o picchetti per il fissaggio al terreno.

Con "protezioni" si intende una struttura tubolare a sezione varia in materiale plastico (PVC o PET) foto biodegradabile, denominata comunemente shelter che tende a minimizzare i danni derivati dal brucamento della fauna, dalle difficili condizioni microclimatiche per l'attecchimento e lo sviluppo del postime e dai danni derivati dalle operazioni di manutenzione.

L'Appaltatore dovrà scegliere tra le tipologie delle protezioni individuali, da utilizzare per le giovani piantine degli impianti, secondo la funzione preminente.

In relazione al tipo di shelter utilizzato sarà cura dell'Appaltatore la messa in opera con appositi tutori in bambù per il fissaggio al terreno.

## 17 Fitofarmaci

I fitofarmaci da usare (es. anticrittogamici, insetticidi, diserbanti, antitraspiranti, mastice per dendrochirurgia, ecc.) dovranno essere forniti nei contenitori originali e sigillati dalla fabbrica, con l'indicazione della composizione e della classe di tossicità, secondo la normativa vigente.

## 18 Pali di sostegno, ancoraggi e legature

Nel caso di messa a dimora di alberi (o di arbusti di grandi dimensioni), questi dovranno essere opportunamente ancorati al suolo, per almeno due anni (tre nel caso di piante di grandi dimensioni).

I sistemi di ancoraggio sono diversi e possono variare in funzione della specie e della dimensione della pianta, della ventosità della zona, della presenza e della tipologia del traffico veicolare e/o pedonale, delle caratteristiche estetiche della sistemazione a verde e degli interventi di manutenzione previsti

Per fissare al suolo gli alberi e gli arbusti di rilevanti dimensioni, l'Appaltatore dovrà fornire pali di sostegno (tutori) adeguati per numero, diametro ed altezza alle dimensioni delle piante.

I tutori dovranno essere in legno, diritti, scortecciati, appuntiti dalla parte della estemità di maggiore diametro. La parte appuntita dovrà essere resa imputrescibile per un'altezza di cm. 100 circa, in alternativa, su autorizzazione della Direzione Lavori, si potrà fare uso di pali in legno già trattati in autoclave

Analoghe caratteristiche di imputrescibilità dovranno avere anche i picchetti di legno per l'eventuale bloccaggio a terra con appositi tiranti in sostituzione dei tutori.

Le legature dovranno rendere solidali le piante ai pali di sostegno e agli ancoraggi, pur consentendone l'eventuale assestamento; al fine di non provocare ferite o strozzature del tronco, dovranno essere realizzate per mezzo di collari speciali o adatto materiale elastico (es. cinture di gomma, nastri di plastica, ecc.) oppure, in subordine, con corda di canapa (mai filo di ferro o altro materiale inestensibile). Per evitare danni alla corteccia, potrà essere necessario interporre fra tutore e tronco un cuscinetto antifrizione di adatto materiale (vedi schede tecniche del progetto esecutivo).

## 19 Drenaggi e materiali antierosione

I materiali da impiegare per la realizzazione di drenaggi e opere antierosione dovranno corrispondere a quanto indicato in progetto e, per quelli forniti in confezione, essere consegnati nei loro imballi originali, attestanti quantità e caratteristiche del contenuto (es. resistenza, composizione chimica, requisiti idraulici e fisici, durata, ecc.) per essere approvati dalla Direzione Lavori prima del loro impiego. Per i prodotti non confezionati la Direzione Lavori ne verificherà di volta in volta qualità e provenienza (vedi schede tecniche del progetto esecutivo).

## 20 Acqua

L'acqua da utilizzare per l'innaffiamento e la manutenzione non dovrà contenere sostanze inquinanti e concentrazione di sali nocivi oltre i limiti di tolleranza di fitotossicità relativa.

L'Appaltatore sarà tenuta, su richiesta della Direzione Lavori, a verificare periodicamente, per mezzo di analisi effettuate secondo le procedure normalizzate, la qualità dell'acqua da utilizzare ed a segnalare le eventuali alterazioni riscontrate.

## 21 Materiale vegetale

Per "materiale vegetale" si intende tutto il materiale vivo (alberi, arbusti, tappezzanti, sementi, ecc.) occorrente per l'esecuzione del lavoro.

Questo materiale dovrà provenire da ditte appositamente autorizzate ai sensi delle leggi 18.6.1931 n. 987 e 22.5.1973 n. 269 e s.s.m.m.i.i..

Il materiale vegetale utilizzato nei rimboschimenti, negli imboschimenti e nelle operazioni di rinnovazione artificiale o di ricostituzione boschiva deve essere prodotto e commercializzato in conformità al decreto legislativo 10 novembre 2003, n. 386 (Attuazione della direttiva 1999/105/CE relativa alla commercializzazione dei materiali forestali di moltiplicazione) e al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 214 (Attuazione della direttiva 2002/89/CE concernente le misure di protezione contro l'introduzione e la diffusione nella Comunità di organismi nocivi ai vegetali o ai prodotti vegetali), nonché corredato, nei casi previsti dalla predetta normativa, da:

- a) certificato principale di identità, ai sensi dell'articolo 6, del d.lgs. 386/2003;
- b) passaporto delle piante dell'Unione europea sullo stato fitosanitario del materiale di propagazione.

Unicamente per tali tipi d'impianti è possibile l'utilizzo esclusivamente delle specie autoctone indicate nell'allegato C delle Norme Forestali Regionali. L'Appaltatore dovrà dichiarare la provenienza alla Direzione Lavori. La Direzione Lavori si riserva comunque la facoltà di effettuare, contestualmente all'Appaltatore visite ai vivai di provenienza allo scopo di scegliere le piante; si riserva quindi la facoltà di scartare all'arrivo al cantiere quelle non rispondenti alle caratteristiche indicate nel presente elaborato, nell'Elenco prezzi e negli elaborati di progetto in quanto non conformi ai requisiti fisiologici e fitosanitari che garantiscano la buona riuscita dell'impianto, o che non ritenga comunque adatte alla sistemazione da realizzare.

L'Appaltatore dovrà avere cura di verificare che le piante siano state sottoposte in vivaio a tutte le lavorazioni necessarie. Dovrà inoltre controllare che le piante siano sane e non presentino alcun segno di attacco da parte di patogeni. Le piante, infine, non dovranno presentare deformazioni di alcun tipo e dovranno avere il portamento tipico della specie (vedi Guida per la scelta della pianta in vivaio; redatto da Regione Lombardia –Direzione Generale Agricoltura e ERSAF Lombardia). L'Appaltatore sotto la sua piena responsabilità potrà utilizzare piante non provenienti da vivaio e/o di particolare valore estetico unicamente se indicate in progetto e/o accettate dalla Direzione Lavori.

Le piante dovranno essere etichettate singolarmente o per gruppi omogenei per mezzo di cartellini di materiale resistente alle intemperie sui quali sia stata riportata, in modo leggibile ed indelebile, la denominazione botanica (genere, specie, varietà, cultivar) del gruppo a cui si riferiscono.

Le caratteristiche con le quali le piante dovranno essere fornite (densità e forma della chioma, presenza e numero di ramificazioni, sistema di preparazione dell'apparato radicale, ecc.) sono precisate nelle specifiche allegate al progetto o indicate nell'Elenco prezzi e nelle successive voci particolari.

L'Appaltatore dovrà far pervenire alla Direzione Lavori, con almeno 48 ore di anticipo, comunicazione scritta della data in cui le piante verranno consegnate sul cantiere, inoltre, dovrà avere cura affinché le piante siano trasportate in cantiere con tutte le cure necessarie a evitare ogni genere di danneggiamento sia alle parti aeree che alle zolle e radici (mezzi di trasporto idonei, protezioni adeguate, procedure di carico e scarico corrette ecc.).

Una volta giunte a destinazione, tutte le piante dovranno essere trattate in modo che sia evitato loro ogni danno; il tempo intercorrente tra il prelievo in vivaio e la messa a dimora definitiva (o la sistemazione in un apposito vivaio provvisorio) dovrà essere il più breve possibile. È importante

porre rimedio immediato alle eventuali perdite di umidità delle piante tramite opportune annaffiature

In particolare, l'Appaltatore curerà che le piante non subiscano ustioni e mantengano il tenore di umidità adeguato alla loro buona conservazione.

## 22 Estrazione dal vivaio e controllo delle piante

L'estrazione delle piante dal vivaio deve essere effettuata con tutte le precauzioni necessarie per non danneggiare le radici principali e secondo le tecniche appropriate per conservare l'apparato radicale capillare ed evitare di spaccare, scortecciare o danneggiare la pianta. L'estrazione non deve essere effettuata con vento che possa disseccare le piante o in tempo di gelata. L'estrazione si effettua a mano o meccanicamente; le piante potranno essere fornite a radice nuda o collocate in contenitori o in zolle. Le zolle dovranno essere imballate opportunamente con involucro di juta, paglia, teli di plastica o altro.

Prima della messa a dimora lo stato di salute e la conformazione delle piante devono essere verificate in cantiere e, le piante scartate, dovranno essere immediatamente allontanate (vedi Guida per la scelta della pianta in vivaio; redatto da Regione Lombardia – Direzione Generale Agricoltura e ERSAF Lombardia). La verifica della conformità dell'esemplare alla specie ed alla varietà della pianta deve essere effettuata, al più tardi, nel corso del primo periodo di vegetazione che segue la messa a dimora.

## 23 Alberi

Gli alberi dovranno presentare portamento e dimensioni rispondenti alle caratteristiche richieste dal progetto e tipiche della specie, della varietà e della età al momento della loro messa a dimora.

Il fusto e le branche principali dovranno essere esenti da deformazioni, capitozzature, ferite di qualsiasi origine e tipo, grosse cicatrici o segni conseguenti ad urti, grandine, scortecciamenti, legature, cause meccaniche in genere, attacchi di insetti e malattie crittogamiche o da virus.

La chioma dovrà essere ben ramificata, uniforme ed equilibrata per simmetria e distribuzione delle branche principali e secondarie all'interno della stessa.

L'apparato radicale dovrà presentarsi ben accestito, ricco di piccole ramificazioni e di radici capillari fresche e sane e privo di tagli di diametro superiore al centimetro.

Gli alberi dovranno essere normalmente forniti in contenitore o in zolla: a seconda delle esigenze tecniche o della richiesta potranno essere eventualmente consegnati a radice nuda soltanto quelli a foglia caduca, purché di giovane età e di limitate dimensioni.

Le zolle ed in contenitori (vasi, mastelli di legno o di plastica, ecc.) dovranno avere volumi proporzionali alle dimensioni delle piante.

Per gli alberi forniti con zolla o in contenitore la terra dovrà essere compatta, ben aderente alle radici, senza crepe evidenti con struttura e tessitura tali da non determinare condizioni di asfissia.

Le piante in contenitore dovranno essere adeguatamente rivasate in modo da non presentare un apparato radicale eccessivamente sviluppato lungo la superficie del contenitore stesso.

Le zolle dovranno essere ben imballate con un apposito involucro degradabile (juta, paglia, teli, reti di ferro non zincato, ecc.) rinforzato, se le piante superano i 5 metri di altezza, con rete metallica degradabile, oppure realizzato con pellicola plastica porosa o altri materiali equivalenti.

Gli alberi dovranno corrispondere alle richieste del progetto e dell'Elenco prezzi secondo quanto segue:

- altezza dell'albero: distanza che intercorre fra il colletto e il punto più alto della chioma;
- altezza di impalcatura: distanza intercorrente fra il colletto e il punto di inserzione al fusto della branca principale più vicina;
- circonferenza del fusto: misurata ad un metro dal colletto (non saranno ammesse sottomisure salvo accettazione della Direzione Lavori; vedi schede tecniche del progetto esecutivo)
- caratteristiche di fornitura: a radice nuda, in zolla, in contenitore.

#### 24 Arbusti e cespugli

Arbusti e cespugli, qualunque siano le loro caratteristiche specifiche (a foglia decidua o sempreverdi), anche se riprodotti per via agamica, non dovranno avere portamento "filato", dovranno avere un minimo di tre ramificazioni alla base e presentarsi dell'altezza prescritta in progetto o in Elenco prezzi, proporzionata al diametro della chioma e a quella del fusto.

Anche per arbusti e cespugli l'"altezza totale" verrà rilevata analogamente a quella degli alberi (secondo apposite schede tecniche allegate al progetto esecutivo).

Tutti gli arbusti ed i cespugli dovranno essere forniti in contenitore o in zolla; a seconda delle esigenze tecniche e della richiesta potranno eventualmente essere consegnati a radice nuda soltanto quelli a foglia decidua, purché di giovane età e di limitate proporzioni.

Il loro apparato radicale dovrà essere ricco di piccole ramificazioni e di radici capillari. Per le indicazioni riguardanti l'apparato radicale, l'imballo delle zolle, la terra delle zolle e dei contenitori vale quanto esposto nel precedente paragrafo a proposito degli alberi.

#### 25 Piante esemplari

Per "piante esemplari" si intendono alberi, arbusti e cespugli di grandi dimensioni nell'ambito della propria specie con particolare valore ornamentale per forma e portamento.

Queste piante dovranno essere preparate per la messa a dimora. Le piante esemplari sono riportate in Elenco prezzi distinguendole dalle altre della stessa specie e varietà.

#### 26 Piante tappezzanti

Le piante tappezzanti dovranno avere portamento basso e/o strisciante e buona capacità di copertura, garantita da ramificazioni uniformi, ben sviluppate e vigorose.

Dovranno essere sempre fornite in contenitore con le radici pienamente compenstrate nel substrato di coltura, senza fuoriuscire dal contenitore stesso.

#### 27 Piante rampicanti, sarmentose, ricadenti

Le piante appartenenti a queste categorie dovranno avere almeno due forti getti, essere dell'altezza richiesta (dal colletto all'apice vegetativo più lungo) ed essere sempre fornite in zolla o in contenitore. L'Appaltatore dovrà avere cura che queste siano adeguatamente protette durante la fase di trasporto e messa a dimora. Si dovrà, inoltre, metterle in opera con gli appositi sostegni previsti nel progetto.

Tutto il materiale vegetale ascrivibile a questo raggruppamento dovrà rispondere alle specifiche indicate in progetto per quanto riguarda tipo, specie, caratteristiche vegetative e di fornitura.

### 28 Alberi, arbusti e cespugli a foglia caduca

Gli alberi, gli arbusti e i cespugli a foglia caduca, a seconda delle diverse specie vegetali e delle tecniche di coltura, potranno essere eventualmente forniti anche a radice nuda, purché di giovane età e di limitate dimensioni.

### 29 Alberi, arbusti e cespugli sempreverdi

Gli alberi, gli arbusti ed i cespugli sempreverdi dovranno essere forniti esclusivamente con zolla o in contenitore e dovranno essere messi a dimora nel periodo adeguato all'attecchimento delle varie specie.

### 30 Sementi

La semente utilizzata dovrà presentare le caratteristiche varietali richieste e dovrà essere fornita sempre nelle confezioni originali sigillate e munite di certificazione) dell'origine autoctona. Sulla confezione dovranno essere riportate, secondo la normativa vigente, il grado di purezza, la germinabilità e le date di confezionamento e scadenza.

Se non utilizzate immediatamente, le sementi andranno conservate in un locale idoneo (fresco e privo di umidità).

### 31 Pulizia generale del terreno

L'area oggetto della sistemazione viene di norma consegnata all'Appaltatore con il terreno a quota di impianto. Qualora il terreno all'atto della consegna non fosse idoneo alla realizzazione dell'opera per la presenza di materiale di risulta o di discarica abusiva, i preliminari lavori di pulitura del terreno saranno eseguiti in base all'Elenco prezzi e in accordo con la Direzione Lavori.

### 32 Lavorazioni preliminari

L'Appaltatore, prima di procedere alla lavorazione del terreno, deve provvedere come da progetto all'abbattimento delle piante da non conservare, al decespugliamento, alla eliminazione delle specie infestanti e ritenute a giudizio della Direzione Lavori non conformi alle esigenze della sistemazione, all'estirpazione delle ceppaie e allo spietramento superficiale. Si procederà anche alla pulizia dell'area interessata dai lavori, al fine di eliminare tutti i rifiuti presenti che possono intralciare i lavori o che possono accidentalmente venire incorporati nel terreno, diminuendone la qualità.

Queste operazioni saranno da computarsi in base all'Elenco prezzi.

### 33 Lavorazione del suolo

Su indicazione della Direzione Lavori, l'Appaltatore dovrà procedere alla lavorazione del terreno fino alla profondità necessaria preferibilmente eseguita con l'impiego di mezzi meccanici ed attrezzi specifici a seconda della lavorazione prevista dagli elaborati di progetto secondo le norme della migliore tecnica agronomica.

Le lavorazioni saranno eseguite nei periodi idonei, con il terreno al giusto grado di umidità con il terreno "in tempera", evitando di danneggiarne la struttura e di formare "suole di lavorazione".

Nel corso di questa operazione l'Appaltatore dovrà rimuovere tutti i sassi, le pietre e gli eventuali ostacoli sotterranei che potrebbero impedire la corretta esecuzione dei lavori, provvedendo anche, su indicazioni della Direzione Lavori, ad accantonare e conservare le preesistenze naturali di



particolare valore estetico (es. rocce, massi, ecc.) o gli altri materiali che possano essere vantaggiosamente riutilizzati nella sistemazione. I materiali derivanti dagli scavi e non reimpiegabili in cantiere, andranno allontanati e trasportati in aree idonee a cura e spese dell'Appaltatore. Nelle operazioni di trasporto del materiale di risulta, l'Appaltatore è tenuto ad utilizzare i mezzi più idonei. Nel caso in cui il progetto preveda operazioni di scavo, si dovrà avere cura che queste siano effettuate in modo da non provocare frane e cedimenti di alcun tipo, in modo particolare se si interviene su terreni in pendenza, e di garantire il regolare deflusso delle acque.

Nel caso si dovesse imbattere in ostacoli naturali di rilevanti dimensioni che presentino difficoltà ad essere rimossi, oppure manufatti sotterranei di qualsiasi natura di cui si ignori l'esistenza (es. cavi, fognature, tubature, reperti archeologici, ecc.), l'Appaltatore dovrà interrompere i lavori e chiedere istruzioni specifiche alla Direzione Lavori.

Ogni danno conseguente alla mancata osservanza di questa norma dovrà essere riparato o risarcito a cura e spese dell'Appaltatore.

#### 34 Drenaggi localizzati e impianti tecnici

Successivamente alle lavorazioni del terreno e prima delle operazioni di cui all'art. 35, l'Appaltatore dovrà preparare, sulla scorta degli elaborati e delle indicazioni della Direzione Lavori, gli scavi necessari alla installazione degli eventuali sistemi di drenaggio e le trincee per alloggiare le tubazioni ed i cavi degli impianti tecnici (es. irrigazione, illuminazione, ecc.) le cui linee debbano seguire percorsi sotterranei.

Le canalizzazioni degli impianti tecnici, al fine di consentire la regolare manutenzione della sistemazione, dovranno essere installate ad una profondità che garantisca uno spessore minimo di 40 cm. di terreno e, per agevolare gli eventuali futuri interventi di riparazione, essere convenientemente protette e segnalate (vedi schede tecniche del progetto esecutivo).

#### 35 Correzione, ammendamento e concimazione di fondo del terreno - Impiego di fitofarmaci e diserbanti

Dopo averne effettuato le lavorazioni, l'Appaltatore, su istruzione della Direzione Lavori, dovrà incorporare nel terreno tutte le sostanze eventualmente necessarie ad ottenere la correzione, l'ammendamento e la concimazione di fondo, nonché somministrare gli eventuali fitofarmaci e/o diserbanti.

I trattamenti con fitofarmaci, infine, dovranno essere tempestivi ed eseguiti da personale specializzato che dovrà attenersi per il loro uso alle istruzioni specificate dalla casa produttrice ed alle leggi vigenti in materia, ed usare ogni possibile misura preventiva atta ad evitare danni alle persone e alle cose.

#### 36 Tracciamenti e picchettature

Prima della messa a dimora delle piante e dopo le operazioni di preparazione agraria del terreno, l'Appaltatore, sulla scorta degli elaborati di progetto e delle indicazioni della Direzione Lavori, predisporrà la picchettatura delle aree di impianto mediante tondini metallici con diametro di 12 cm. ed altezza di 150 cm., segnando la posizione nella quale dovranno essere eseguite le piantagioni singole (alberi, arbusti, altre piante segnalate in progetto) e tracciando sul terreno il perimetro delle piantagioni omogenee (tappezzanti, macchie arbustive, boschetti, ecc.).

Prima di procedere alle operazioni successive, l'Appaltatore dovrà ottenere l'approvazione della Direzione Lavori. A prescindere dall'accettazione del tracciamento da parte della Direzione Lavori,



l'Appaltatore rimane interamente responsabile della esatta corrispondenza dell'intervento realizzato con il progetto.

Pertanto, salvo i casi di variante in corso d'opera ordinata per iscritto, l'Appaltatore è tenuta a rifare, a proprie spese, le opere realizzate non rispondenti a quanto previsto nel progetto.

A piantagione eseguita,, nel caso siano state apportate varianti al progetto esecutivo,l'Appaltatore dovrà consegnare una copia degli elaborati relativi con l'indicazione esatta della posizione definitiva delle piante e dei gruppi omogenei messi a dimora.

### 37 Preparazione delle buche

Le buche per la piantagione delle specie vegetali dovranno avere le dimensioni idonee al collocamento delle piante da mettere a dimora in relazione alla grandezza dell'apparato radicale sia zollato che libero. Indicativamente le buche dovranno presentare una larghezza doppia rispetto alla zolla e una profondità pari a circa una volta e mezza. Nel caso di piantagione di piante a radice nuda, le dimensioni della buca dovranno essere tali da consentire la messa a dimora delle piante senza che gli apparati radicali vengano piegati o danneggiati. Nel caso di piantagione di alberi di grandi dimensioni, le buche dovranno essere preparate in modo da tener conto anche della eventuale necessità di apportare ulteriori strati di materiale drenante, sostanza organica ecc., e del fatto che, a causa del peso notevole, la pianta sarà soggetta ad un certo assestamento

Per le buche ed i fossi che dovranno essere realizzati su un eventuale preesistente tappeto erboso, l'Appaltatore e' tenuto ad adottare tutti gli accorgimenti necessari per contenere al minimo i danni al prato circostante recuperando lo strato superficiale di terreno per il riempimento delle buche stesse, in accordo con la Direzione Lavori.

Il materiale proveniente dagli scavi, se non riutilizzato o, a insindacabile giudizio della Direzione Lavori, non ritenuto idoneo, dovrà essere allontanato dalla sede del cantiere e portato alla pubblica discarica o su aree predisposte dall'Appaltatore a sua cura e spese. Nella preparazione della buca dovrà essere posta particolare attenzione all' eventuale presenza di reti tecnologiche sotterranee. L'Appaltatore è tenuto ad informare tempestivamente la Direzione Lavori dell'eventuale ritrovamento nel sottosuolo di cavi e tubazioni e a concordare con essa l'eventuale spostamento della buca.

Nella preparazione delle buche e dei fossi, l'Appaltatore, dovrà assicurarsi che nelle zone in cui le piante svilupperanno le radici non ci siano ristagni di umidità e provvedere che lo scolo delle acque superficiali avvenga in modo corretto.

Nel caso, invece, fossero riscontrati gravi problemi di ristagno, l'Appaltatore provvederà, su autorizzazione della Direzione Lavori, a predisporre idonei drenaggi secondari che verranno contabilizzati a parte in base all'Elenco prezzi.

Per le modalità di esecuzione delle buche vedi schede tecniche del progetto esecutivo.

### 38 Apporto di terra di coltivo

Prima di effettuare qualsiasi impianto o semina, l'Appaltatore, in accordo con la Direzione Lavori, dovrà verificare che il terreno in sito sia adatto alla piantagione; in caso contrario dovrà apportare terra di coltivo in quantità sufficiente a formare uno strato di spessore adeguato per i prati ed a riempire totalmente le buche ed i fossi per gli alberi e gli arbusti, curando che vengano frantumate tutte le zolle e gli ammassi di terra.

La terra di coltivo rimossa ed accantonata nelle fasi iniziali degli scavi sarà utilizzata, secondo le istruzioni della Direzione Lavori, insieme a quella apportata.

Le quote definitive del terreno dovranno essere quelle indicate negli elaborati di progetto e dovranno comunque essere approvate dalla Direzione Lavori.

### 39 Preparazione del terreno per i prati

Per preparare il terreno destinato a tappeto erboso, l'Appaltatore, a completamento di quanto specificato nell'art. 31, dovrà eseguire, se necessario, una ulteriore pulizia del terreno rimuovendo tutti i materiali che potrebbero impedire la formazione di un letto di terra vegetale fine ed uniforme. Dopo aver eseguito le operazioni indicate negli artt. 32 e 33, l'Appaltatore dovrà livellare e rastrellare il terreno secondo le indicazioni di progetto per eliminare ogni ondulazione, protuberanza, buca o avvallamento.

Gli eventuali residui della rastrellatura dovranno essere allontanati dall'area del cantiere.

### 40 Messa a dimora degli esemplari vegetali

#### 41 Messa a dimora di alberi, arbusti e cespugli

La messa a dimora degli alberi, degli arbusti e dei cespugli dovrà avvenire in relazione alle quote finite, avendo cura che le piante non presentino radici allo scoperto oppure risultino, una volta assestatosi il terreno, interrate oltre il livello del colletto.

L'imballo della zolla costituito da materiale degradabile (es. paglia, canapa, juta, ecc.) dovrà essere tagliato al colletto e aperto sui fianchi senza rimuoverlo da sotto la zolla, togliendo soltanto le legature metalliche ed il materiale di imballo in eccesso.

La zolla deve essere integra, sufficientemente umida, aderente alle radici; se si presenta troppo asciutta dovrà essere immersa temporaneamente in acqua con tutto l'imballo.

Analogamente si dovrà procedere per le piante fornite in contenitore.

Per le piante a radice nuda, l'apparato radicale dovrà essere, ove occorra, spuntato alle estremità, privato quelle delle radici rotte o danneggiate e inzaffardato con una miscela di terra, letame bovino e acqua che costituisca uno strato sottile attorno alle radici, utile per prevenire il disseccamento e per fornire i primi elementi nutritivi. Nella messa a dimora delle piante, l'Appaltatore dovrà aver cura di non danneggiare gli apparati radicali e di non modificarne la naturale forma

Le piante dovranno essere collocate ed orientate in modo da ottenere il miglior risultato estetico e tecnico in relazione agli scopi della sistemazione.

Qualora risultasse necessario l'utilizzo di pali tutori è necessario provvedere al conficcamento degli stessi nelle buche, prima della messa a dimora delle piante.

Sul fondo della buca dovrà essere disposto uno strato di terra vegetale, con esclusione di ciottoli o materiali impropri per la vegetazione, sulla quale verrà sistemato l'apparato radicale. La pianta deve essere collocata in modo che il colletto si trovi al livello del fondo della conca di irrigazione. La buca di piantagione è poi colmata di terra fine. La compattazione della terra deve essere eseguita con cura in modo da non danneggiare le radici, non squilibrare la pianta, che deve restare dritta e non lasciare sacche d'aria. Il riempimento delle buche potrà essere effettuato, a seconda delle necessità, con terra di coltivo semplice oppure miscelata con torba.

Il migliore compattamento è ottenuto attraverso un'abbondante irrigazione, che favorisce inoltre la ripresa del vegetale.

Prima del riempimento definitivo delle buche, gli alberi, gli arbusti e i cespugli di rilevanti dimensioni dovranno essere resi stabili per mezzo ancoraggi e legature ai relativi pali di sostegno.

Legature e colletti circondano il tronco e sono disposti in modo che attraverso la loro azione il tutore serva d'appoggio alle piante. La legatura più alta é posta a circa 20 cm al di sotto delle prime ramificazioni, la più bassa ad 1 m dal suolo. In queste misure occorre tenere conto del compattamento successivo del suolo; nell'operazione di infissione del tutore, l'Appaltatore dovrà porre particolare attenzione al fine di evitare qualsiasi tipo di danneggiamento alle zolle e agli apparati radicali

Nel caso la Direzione Lavori decida che all'atto dell'impianto venga effettuata una concimazione secondaria localizzata, l'Appaltatore avrà cura di spargere il fertilizzante attorno e vicino alle radici o zolle, in modo da evitare danni per disidratazione.

A riempimento ultimato, attorno alle piante dovrà essere formata una conca o bacino per la ritenzione dell'acqua da addurre subito dopo in quantità abbondante, onde favorire la ripresa della pianta e facilitare il costipamento e l'assestamento della terra attorno alle radici e alla zolla (vedi schede tecniche del progetto esecutivo).

In particolare per i soggetti a pronto effetto su indicazione della Direzione Lavori, può essere opportuno prevedere l'interramento di un tubo ad anello intorno all'apparato radicale (a opportuna distanza), con una estremità sporgente dal terreno in modo da agevolare l'operazione di irrigazione da parte del personale addetto.

#### 42 Messa a dimora di Alberi, arbusti e cespugli a foglia caduca

Gli alberi e gli arbusti delle specie a foglia caduca forniti in zolla o in contenitore possono essere messi a dimora in qualsiasi periodo dell'anno, mentre quelli forniti a radice nuda andranno piantati durante il periodo di riposo vegetativo (dal tardo autunno all'inizio primavera). Infine, è da evitare, in ogni caso, la messa a dimora delle piante in periodi di gelo e neve e in presenza di suolo impregnato d'acqua. L'eventuale potatura di trapianto della chioma deve essere autorizzata dalla Direzione Lavori e dovrà seguire rigorosamente le disposizioni impartite, rispettando il portamento naturale e le caratteristiche specifiche delle singole specie.

Nel caso fosse necessario agevolare il trapianto, l'Appaltatore, su indicazione della Direzione Lavori, irrorerà le piante con prodotti antitranspiranti. L'Appaltatore avrà cura di prevedere biodischi o materiale pacciamante allo scopo di ridurre l'evaporazione e di evitare lo sviluppo di vegetazione infestante. L'Appaltatore rimane comunque responsabile degli eventuali danni causati da animali domestici e selvatici e dal passaggio di persone o automezzi. In tal senso dovrà, a sua cura e spese, provvedere alla esecuzione di tutti gli interventi che si rendessero necessari al fine di salvaguardare la vegetazione messa a dimora fino alla consegna.

#### 43 Messa a dimora di Alberi, arbusti e cespugli sempreverdi

Gli alberi e gli arbusti delle specie sempreverdi (forniti esclusivamente in zolla o contenitore) possono essere messi a dimora in qualsiasi periodo dell'anno, tranne nel periodo di ricrescita. È comunque buona norma evitare la messa a dimora delle essenze vegetali durante i mesi più caldi (luglio e agosto) e prevedere delle "cure particolari" per quelle messe a dimora a stagione avanzata.

#### 44 Messa a dimora delle piante tappezzanti, rampicanti, sarmentose e ricadenti

La messa a dimora di queste piante è identica a quanto sopra indicato e deve essere effettuata in buche preparate al momento, in rapporto al diametro dei contenitori delle singole piante.

Se le piante saranno fornite in contenitori di materiale deperibile (torba, pasta di cellulosa compressa, ecc.), potranno essere messe a dimora con tutto il vaso.

In ogni caso, le buche dovranno essere poi colmate con terra di coltivo mista a concime ben pressata intorno alle piante. Infine, se previsto dal progetto, verrà realizzato uno strato pacciamante.

L'Appaltatore è tenuto infine a completare la piantagione delle specie rampicanti, sarmentose e ricadenti, legandone i getti, ove necessario, alle apposite strutture di sostegno in modo da guidarne lo sviluppo per ottenere i migliori risultati in relazione agli scopi della sistemazione.

#### 45 Formazione dei prati

Nella formazione dei vari tipi di prato sono compresi tutti gli oneri relativi alla preparazione del terreno, alla concimazione, alla semina o alla stesa delle zolle ed alle irrigazioni. Oltre alla lavorazione generale del terreno di cui al precedente articolo 27.6, prima della semina del prato l'Appaltatore è tenuto ad effettuare, in accordo con la Direzione Lavori, tutte le lavorazioni del terreno (fresatura, rullatura ecc.) che si rendano necessarie in funzione della natura del suolo, al fine di ottenere un buon letto di semina contemporaneamente a tali lavorazioni, in funzione delle caratteristiche chimico-fisiche del terreno e del periodo della lavorazione, nonché in accordo con la Direzione Lavori, sarà possibile provvedere ad una concimazione del terreno con opportuni elementi fertilizzanti.

La formazione dei prati dovrà aver luogo dopo la messa a dimora di tutte le piante (in particolar modo di quelle arboree ed arbustive) previste in progetto e dopo la esecuzione degli impianti tecnici delle eventuali opere murarie, delle attrezzature e degli arredi.

L'epoca della semina, salvo diversa indicazione della Direzione Lavori, sarà l'inizio della primavera o l'inizio dell'autunno; andranno comunque evitati sia i periodi eccessivamente caldi sia quelli troppo piovosi.

La semina sarà effettuata con le attrezzature più idonee, in funzione della tecnologia disponibile e della dimensione dell'area da seminare. La semina con macchine seminatrici dovrà essere effettuata alla profondità più idonea in relazione al miscuglio (di norma 1,5 - 2,5 cm). La semina manuale (da eseguirsi solo in presenza di piccole superfici) dovrà essere effettuata con la tecnica più idonea ad ottenere una buona uniformità. La composizione del miscuglio e le dosi di seme impiegati dovranno essere quelle precisate in progetto e dovranno essere comunque preventivamente accettate dalla Direzione Lavori. Successivamente alla semina, l'Appaltatore avrà cura di effettuare una leggera erpicatura, una rullatura e un'irrigazione

Per essere considerati realizzati a regola d'arte i vari tipi di prato dovranno presentarsi perfettamente inerbiti con le specie previste, con presenza di erbe infestanti e sassi non superiore ai limiti di tolleranza consentiti dal progetto, esenti da malattie, chiarie ed avvallamenti dovuti all'assestamento del terreno o ad altre cause.

La formazione di manti erbosi con zolle precoltivate comprende tutti i lavori di preparazione agraria del substrato d'impianto, la messa a dimora delle zolle erbose e le lavorazioni successive, compresa l'irrigazione, che ne favoriscano l'attecchimento, secondo quanto previsto dagli elaborati di progetto. Nel caso debbano essere collocate su terreni in pendio o su scarpate, le zolle erbose dovranno essere anche adeguatamente fissate al suolo come da prescrizione di progetto o da indicazioni della Direzione Lavori.

#### 46 Semina dei tappeti erbosi

Dopo la preparazione del terreno, l'area sarà, su indicazioni della Direzione Lavori, seminata con uniformità e rullata convenientemente.

Le superfici da rivestire mediante semina, secondo le previsioni di progetto, dovranno essere preparate come descritto al precedente punto; la concimazione dovrà essere effettuata in due tempi: all'atto della semina dovranno essere somministrati i concimi fosfatici e potassici; i concimi azotati dovranno essere somministrati a germinazione avvenuta.

Si procederà quindi alla semina di un miscuglio di erbe da prato perenni con l'impiego di 200 kg di seme per ettaro di superficie. Il miscuglio dovrà essere stato composto secondo le percentuali precisate in progetto e dovrà essere stato accettato dalla Direzione Lavori.

L'Appaltatore dovrà comunicare alla Direzione Lavori la data della semina, affinché possano essere fatti i prelievi dei campioni di seme da sottoporre a prova e per il controllo delle lavorazioni.

L'Appaltatore è libero di effettuare le operazioni di semina in qualsiasi stagione, restando a suo carico le eventuali operazioni di risemina nel caso che la germinazione non avvenisse in modo regolare ed uniforme. La semina dovrà essere effettuata a spaglio a più passate per gruppi di semi di volumi e peso quasi uguali, mescolati fra loro e ciascun miscuglio dovrà risultare il più possibile omogeneo.

Lo spandimento del seme dovrà effettuarsi sempre in giornate senza vento. La ricopertura del seme dovrà essere fatta mediante rastrelli a mano o con erpice a sacco. Dopo la semina il terreno dovrà essere rullato e l'operazione dovrà essere ripetuta a germinazione avvenuta.

#### 47 Idrosemina

Dopo che le superfici da rivestire saranno state preparate, l'Appaltatore procederà al rivestimento mediante idrosemina impiegando una speciale attrezzatura in grado di effettuare la proiezione a pressione di una miscela di seme, fertilizzante, collante ed acqua.

Tale attrezzatura, composta essenzialmente da un gruppo meccanico erogante, da un miscelatore-agitatore, da pompe, raccordi, manichette, lance, ecc., dovrà essere in grado di effettuare l'idrosemina in modo uniforme su tutte le superfici da rivestire, qualunque sia l'altezza delle scarpate.

I materiali da impiegare dovranno essere sottoposti alla preventiva approvazione della Direzione Lavori che disporrà le prove ed i controlli ritenuti opportuni.

I miscugli di seme da spandere, aventi le caratteristiche previste dal progetto esecutivo, saranno impiegati nei quantitativi di 200, 400 e 600 kg/ha, in relazione alle prescrizioni che la Direzione Lavori impartirà tratto per tratto, riservandosi inoltre di variare la composizione del miscuglio stesso, fermo restando il quantitativo totale di seme.

Dovrà essere impiegato fertilizzante ternario (PKN) a pronta, media e lenta cessione in ragione di 700 kg/ha.

Per il fissaggio della soluzione al terreno e per la protezione del seme, dovranno essere impiegati in alternativa 1200 kg/ha di fibre di cellulosa, oppure 150 kg/ha di collante sintetico, oppure altri materiali variamente composti che proposti dall'Appaltatore, dovranno essere preventivamente accettati dalla Direzione Lavori.

Si effettuerà l'eventuale aggiunta di essenze forestali alle miscele di sementi, quando previsto in progetto.

Anche per l'idrosemina l'Appaltatore è libero di effettuare il lavoro in qualsiasi stagione, restando a suo carico le eventuali operazioni di risemina nel caso che la germinazione non avvenga in modo regolare ed uniforme.

#### 48 Rimboschimento con semenzali e impianto di talee

Sulle superfici preparate e concimate l'Appaltatore procederà all'impianto di semenzali o talee secondo le previsioni di progetto o, se non specificato, in ragione di cinque piantine per metro quadrato.

L'Appaltatore è libero di effettuare l'impianto nel periodo che riterrà più opportuno tenuto conto naturalmente del tempo previsto per la ultimazione dei lavori, restando comunque a suo carico l'onere della sostituzione delle fallanze. L'impianto potrà essere fatto a mano o a macchina, comunque in modo tale da poter garantire l'attecchimento ed il successivo sviluppo regolare e rapido.

Prima della messa a dimora delle piantine a radice nuda, l'Appaltatore avrà cura di regolare l'apparato radicale, rinfrescando il taglio delle radici ed eliminando le ramificazioni che si presentassero appassite, perite o eccessivamente sviluppate, impiegando forbici a doppio taglio ben affilate.

Sarà inoltre cura dell'Appaltatore trattare l'apparato radicale con una miscela di terra argillosa e letame bovino, diluita in acqua, inoltre avrà cura di approntare a piè d'opera il materiale vivaistico perfettamente imballato in maniera da evitare fermentazioni e disseccamenti durante il trasporto.

Le piantine o talee dovranno presentarsi in stato di completa freschezza e con vitalità necessarie al buon attecchimento.

Negli impianti di talee, queste dovranno risultare del diametro minimo di 1,5 cm, di taglio fresco ed allo stato verde e tale da garantire il ripollonamento. Qualora i materiali non rispondessero alle caratteristiche di cui sopra la Direzione Lavori ne ordinerà l'allontanamento dal cantiere.

#### 49 Spostamento di piante

Le piante da spostare, se non indicate nei documenti dell'appalto, andranno preventivamente marcate sul posto. Se non possono essere subito ripiantate, le piante dovranno essere collocate in depositi provvisoriamente allestiti per assicurare la loro protezione contro le avversità atmosferiche e in genere contro tutti i possibili agenti di deterioramento.

Per le piante da spostare, così come indicate negli elaborati progettuali andranno indicate:

- modalità di estrazione (preparazione dell'apparato radicale, confezione in zolle, ecc.);
- condizioni di trasporto (eventuale obbligo di uso di particolari mezzi meccanici, ecc.);
- località e modalità di accantonamento;
- modalità per la messa a dimora (concimazioni, tutori, piantagioni, ecc.);
- modalità di manutenzione (frequenza e dose delle irrigazioni, utilizzazione di antitraspiranti, ecc.);

L'Appaltatore ha l'onere della manutenzione dei depositi e delle piante messe a deposito.

Qualora lo spostamento delle piante presenti il rischio di una cattiva ripresa dopo il trasferimento, l'Appaltatore è tenuto ad interrompere le operazioni di spostamento ed a informare il Direttore dei Lavori, affinché si possano prendere le misure di salvaguardia per i vegetali interessati.

## 50 Manutenzione delle opere a verde per il periodo di garanzia

La Manutenzione che l'Appaltatore e' tenuto ad effettuare durante il periodo di garanzia concordata dovrà essere prevista anche per le eventuali piante preesistenti e comprendere le seguenti operazioni:

- 1) irrigazioni;
- 2) ripristino conche e rinalzo;
- 3) falciature, diserbi e sarchiature;
- 4) concimazioni;
- 5) potature;
- 6) eliminazione e sostituzione delle piante morte;
- 7) rinnovo e rifacimento delle parti non riuscite nei tappeti erbosi;
- 8) difesa dalla vegetazione infestante;
- 9) sistemazione dei danni causati da erosione;
- 10) ripristino della verticalità delle piante e della funzionalità dei tutori;
- 11) controllo dei parassiti e delle fitopatie in genere.

La manutenzione delle opere dovrà avere inizio immediatamente dopo la messa a dimora (o la semina) di ogni singola pianta e di ogni parte di tappeto erboso, e dovrà continuare fino alla scadenza del periodo di garanzia concordato.

Ogni nuova piantagione dovrà essere curata con particolare attenzione fino a quando non sarà evidente che le piante, superato il trauma del trapianto (o il periodo di germinazione per le semine), siano ben attecchite e siano in buone condizioni vegetative.

L'Appaltatore dovrà monitorare l'efficacia delle misure di ancoraggio adottate in sede di impianto e, se del caso, provvedere alla sostituzione e/o adattamento di tutori, ancoraggi e legacci.

Nel caso che anche dopo il secondo taglio il prato non si presentasse nelle condizioni ritenute idonee, l'Appaltatore dovrà procedere al suo ripristino, tenendo nella debita considerazione le cause del mancato attecchimento.

L'Appaltatore è tenuto ad allontanare, secondo le indicazioni della Direzione Lavori, il materiale di risulta delle operazioni di manutenzione e lasciare l'area pulita.

## 51 Irrigazioni

L'Appaltatore e' tenuto ad irrigare tutte le piante messe a dimora ed i tappeti erbosi per il periodo di garanzia concordato.

Le irrigazioni dovranno essere ripetute e tempestive e variare in quantità e frequenza in relazione alla natura del terreno, alle caratteristiche specifiche delle piante, al clima e all'andamento stagionale: il programma di irrigazione (a breve e a lungo termine) e i metodi da usare dovranno essere determinati dall'Appaltatore e successivamente approvati dalla Direzione Lavori.



Nel caso fosse stato predisposto un impianto di irrigazione automatico, l'Appaltatore dovrà controllare che questo funzioni regolarmente: l'impianto di irrigazione non esonera l'Impresa stessa dalle sue responsabilità in merito all'irrigazione, la quale pertanto dovrà essere attrezzata per effettuare, in caso di necessità, adeguati interventi manuali.

Se la stagione estiva è particolarmente asciutta, dovranno essere tempestivamente eseguite irrigazioni supplementari.

#### 52 Ripristino conche e rinalzo

Le "conche" di irrigazione eseguite durante i lavori di impianto devono essere, se necessario, ripristinate.

A seconda dell'andamento stagionale, delle conche climatiche delle caratteristiche di specie, l'Appaltatore provvederà alla chiusura delle conche ed al rinalzo delle piante, oppure alla riapertura delle conche per l'innaffiamento.

#### 53 Falcature, diserbi e sarchiature

Oltre alle cure colturali normalmente richieste, l'Appaltatore dovrà provvedere, durante lo sviluppo delle specie prative e quando necessario, alle varie falcature del tappeto erboso.

L'erba tagliata dovrà essere immediatamente rimossa, se non diversamente definito dal progetto o dalla Direzione Lavori. Tale operazione dovrà essere eseguita con la massima tempestività e cura, evitando la dispersione sul terreno dei residui rimossi.

Le superfici di impianto interessate da alberi, arbusti e cespugli perenni, biennali, annuali, ecc. e le conche degli alberi devono essere oggetto di sarchiature periodiche.

#### 54 Concimazioni

L'Appaltatore, a sua cura e spese, dovrà effettuare le analisi chimiche dei terreni per poter definire la conciliazione di fondo, che di norma è costituita da concimi minerali somministrati nei seguenti quantitativi:

- concimi fosfatici      titolo medio 18% :    0,80    t/ha
- concimi azotati                      titolo medio 16% :    0,40    t/ha;
- concimi potassici      titolo medio 40% :    0,30    t/ha.

È facoltà della Direzione Lavori, in relazione ai risultati delle analisi dei terreni ed inoltre per esigenze particolari, variare le proporzioni di cui sopra senza che l'Appaltatore possa chiedere alcun compenso.

Qualora il terreno risultasse particolarmente povero di sostanza organica, parte dei concimi minerali potrà essere sostituita da terricciati o da letame ben maturo, da spandersi in modo uniforme sul terreno, previa rastrellatura e miscelazione del letame con la terra.

Ogni eventuale sostituzione dovrà essere autorizzata dalla Direzione Lavori.

L'uso dei concimi fisiologicamente alcalini, o fisiologicamente acidi, sarà consentito in terreni a reazione anomala, e ciò in relazione al pH risultante dalle analisi chimiche.



Oltre alla conciliazione di fondo, l'Appaltatore dovrà effettuare anche le opportune concimazioni in copertura, impiegando concimi complessi e tenendo comunque presente che lo sviluppo della vegetazione dovrà avvenire in modo uniforme.

Le modalità delle concimazioni di copertura non vengono precisate, lasciandone l'iniziativa all'Appaltatore, la quale è anche interessata all'ottenimento della completa copertura del terreno nel più breve tempo possibile ed al conseguente risparmio dei lavori di risarcimento, diserbo, sarchiatura, ripresa di smottamenti ed erosioni, che risulterebbero certamente più onerosi in presenza di non perfetta vegetazione, come pure ad ottenere uno sviluppo uniforme e regolare degli impianti a verde. I concimi usati per le concimazioni di fondo e di copertura, dovranno essere forniti nelle confezioni originali di fabbrica, risultare a titolo ben definito e, nel caso di concimi complessi, a rapporto azoto-fosforo-potassio precisato.

Prima di effettuare le concimazioni di fondo, l'Appaltatore è tenuto a darne tempestivo avviso alla Direzione Lavori affinché questa possa disporre eventuali controlli.

Lo spandimento dei concimi dovrà essere effettuato esclusivamente a mano, con impiego di personale pratico e capace, per assicurare uniformità nella distribuzione.

#### 55 Potature

Le potature di formazione e di rimonda dovranno essere effettuate nel rispetto delle caratteristiche delle singole specie e su indicazione della Direzione Lavori.

Il materiale vegetale di risulta dovrà essere immediatamente rimosso e depositato secondo gli accordi presi con la Direzione Lavori.

L'Appaltatore dovrà porre particolare cura affinché le operazioni di potatura vengano eseguite da personale esperto e nel rispetto delle caratteristiche delle singole piante.

Salvo diversa specifica disposizione da parte della Direzione Lavori, l'Appaltatore è tenuto al rispetto delle seguenti indicazioni:

- non effettuare tagli "a filo tronco", ma rispettare la zona del "collare" alla base del ramo;
- eseguire i tagli sui rami di piccolo diametro (massimo 7-8 cm);
- mantenere una copertura di almeno il 50% dei rami, distribuita in modo regolare;
- non eliminare più del 30% delle gemme;
- effettuare tagli inclinati rispetto alla direzione di accrescimento.

#### 56 Eliminazione e sostituzione delle piante morte

Le eventuali piante morte dovranno essere sostituite con altre identiche a quelle fornite in origine; la sostituzione deve, in rapporto all'andamento stagionale, essere inderogabilmente effettuata nel più breve tempo possibile dall'accertamento del mancato attecchimento.

#### 57 Rinnovo delle parti non perfettamente riuscite dei tappeti erbosi

Epoca e condizioni climatiche permettendo, l'Appaltatore dovrà riseminare o piantare ogni superficie a tappeto erboso che presenti una crescita irregolare o difettosa delle specie prative oppure sia stata giudicata per qualsiasi motivo insufficiente dalla Direzione Lavori.

#### 58 Difesa dalla vegetazione infestante

Durante l'operazione di manutenzione, l'Appaltatore dovrà estirpare, salvo diversi accordi con la Direzione Lavori, le specie infestanti e reintegrare lo stato di pacciame quando previsto dal progetto.

Sarà cura dell'Appaltatore verificare la funzionalità delle protezioni, reintegrandole ove danneggiate o mancanti in toto o di qualche parte. La Direzione Lavori valuterà in quali occasioni tali interventi non saranno necessari e ne darà comunicazione scritta all'Appaltatore.

#### 59 Sistemazione dei danni causati da erosione

L'Appaltatore dovrà provvedere alla sistemazione dei danni causati da erosione per difetto di esecuzione degli interventi di sua specifica competenza.

#### 60 Ripristino della verticalità delle piante e dei tutori

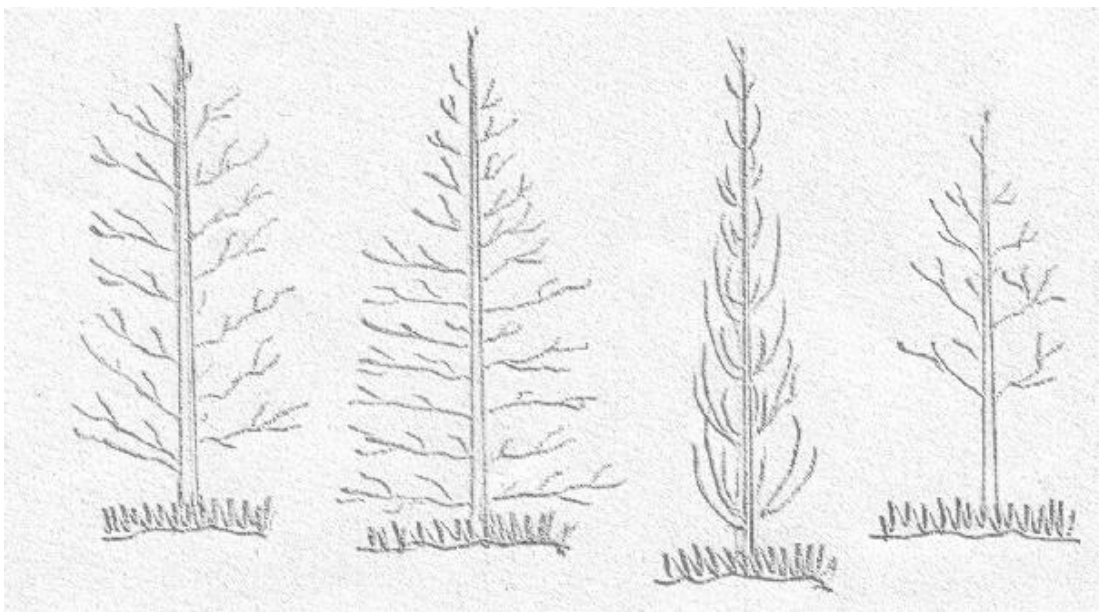
L'Appaltatore e' tenuta al ripristino della verticalità e degli ancoraggi delle piante qualora se ne riconosca la necessità.

Dovrà monitorare l'efficacia delle misure di ancoraggio adottate in sede di impianto e, se del caso, provvedere alla sostituzione e/o adattamento di tutori, ancoraggi e legacci.

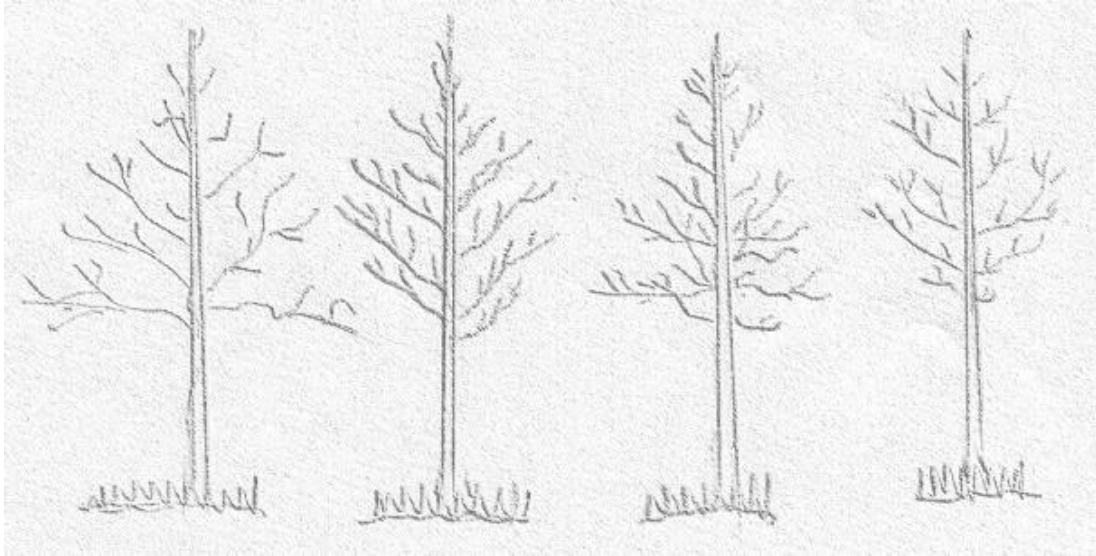
#### 61 Pulizia del piano viabile

Il piano viabile, al termine di ogni operazione d'impianto o manutentoria dovrà risultare assolutamente sgombro di rifiuti. La terra eventualmente presente dovrà essere asportata mediante spazzolatura e, ove occorra, con lavaggio a mezzo di abbondanti getti d'acqua.

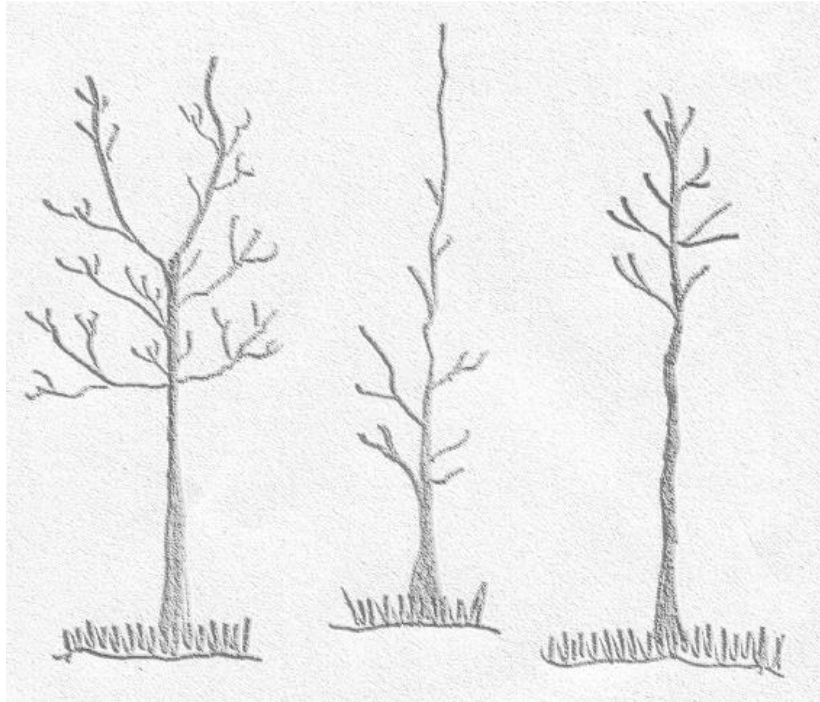
Qualora risultasse sporcata la segnaletica orizzontale, questa dovrà essere pulita accuratamente a mezzo lavaggio.



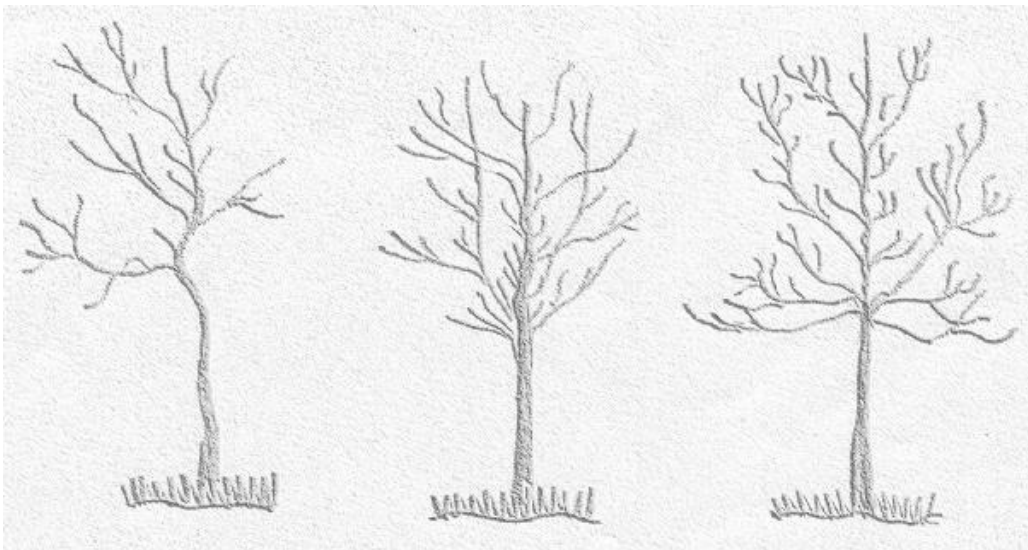
**Figura 1 – Esempio di forma regolare di diverse tipologie di piante**



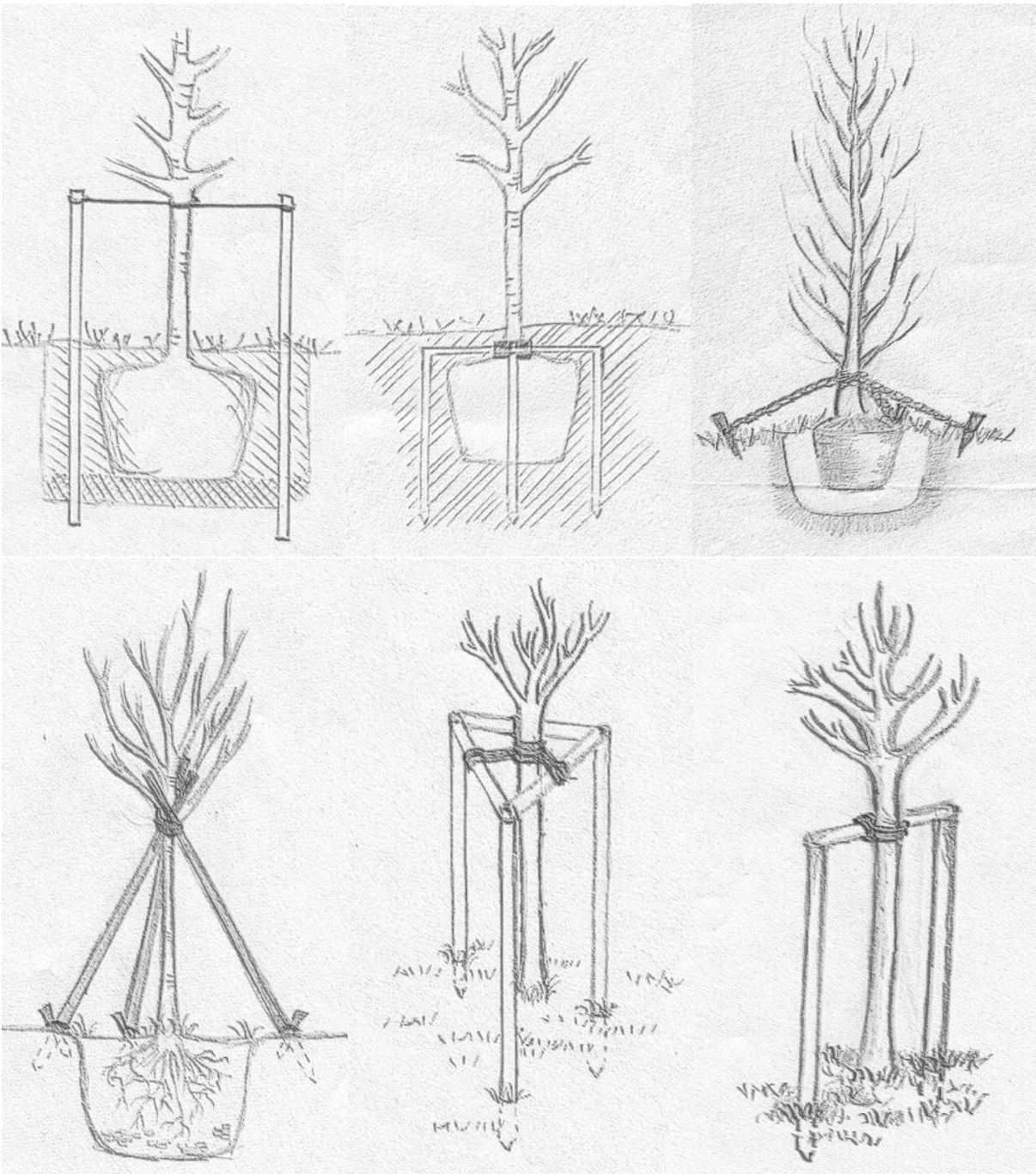
**Figura 2 – Esempio di forma regolare di diverse tipologie di piante**



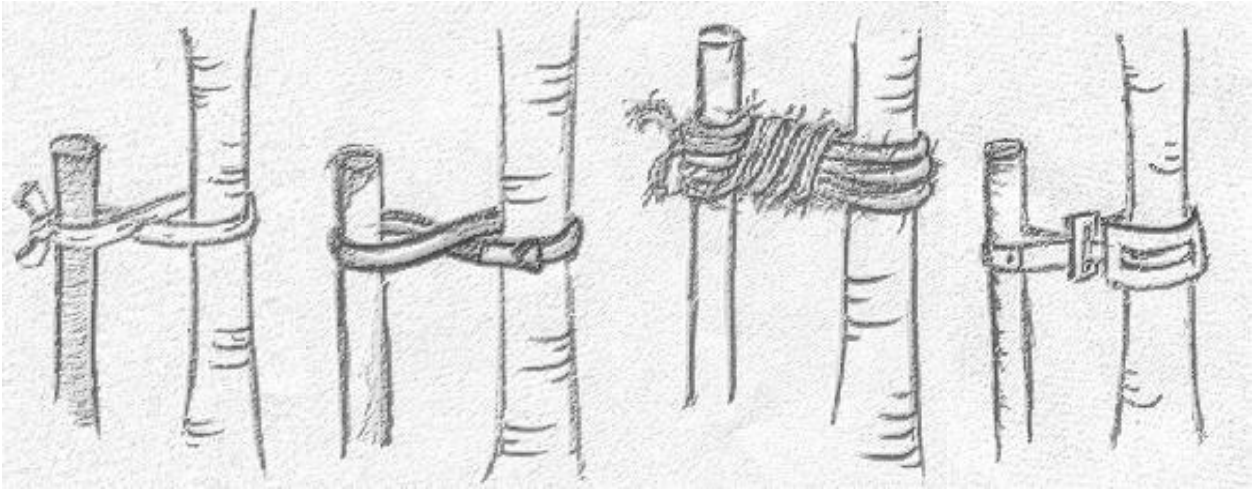
**Figura 3 – Esempio di forma irregolare di diverse tipologie di piante**



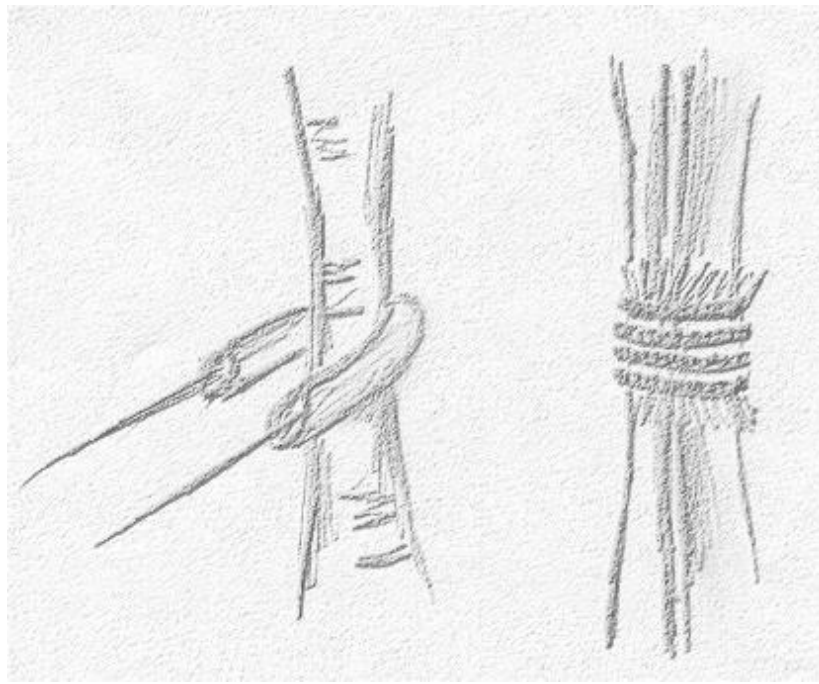
**Figura 4 – Esempio di forma irregolare di diverse tipologie di piante**



**Figura 5 – Esempio di ancoraggio**

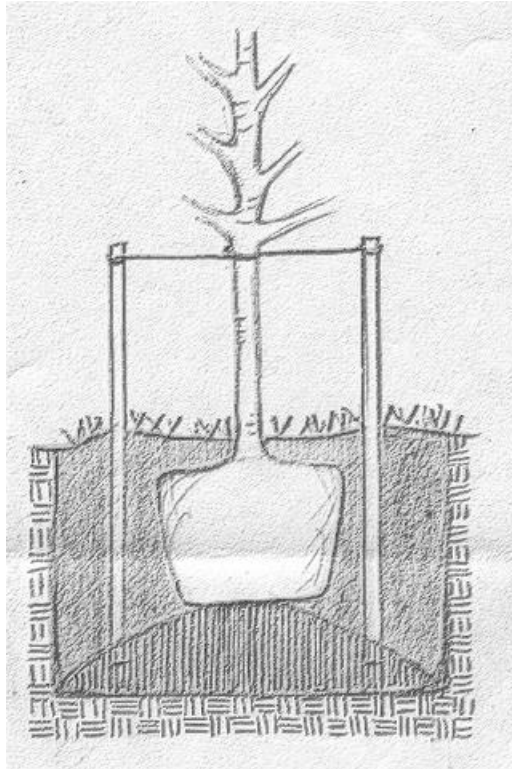


**Figura 6 – Esempi di legacci**

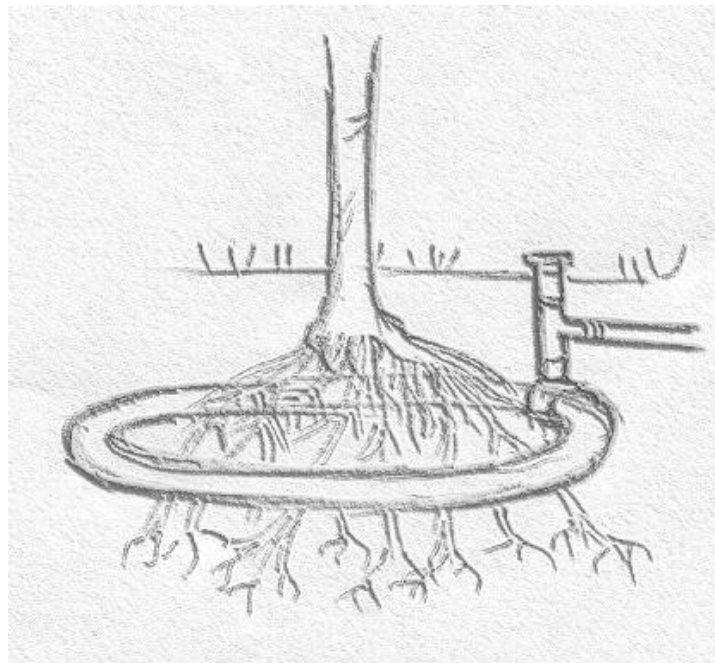


**Figura 7 – Esempi di “cuscinetti” tra tronco e legaccio**





**Figura 8 – Rapporto tra le dimensioni della buca e quelle della zolla**



**Figura 9 – Esempio di tubo di irrigazione sotterraneo con estremità sporgente**

## 2 OPERE DI MITIGAZIONE ACUSTICA



## 1 Identificazione delle tipologie di intervento

Le barriere antirumore possono essere classificate in due tipologie principali:

- le barriere a pannello, o “artificiali”, formate da pannelli, compositi o a lastra, sostenuti da una struttura portante; esse trasmettono al terreno o all’opera d’arte le sollecitazioni cui è sottoposta mediante opportune fondazioni o collegamenti; esse sono caratterizzate dall’esiguo spazio occupato in larghezza, dalla relativa leggerezza;
- le barriere “naturali”, costituite da dune, formate da un terrapieno in terreno vegetale piantumato con essenze, oppure da “Biomuri” formati da un riempimento in terreno vegetale piantumato sostenuto da una struttura portante, che trasmette al terreno le sollecitazioni cui è sottoposta mediante opportune fondazioni; questo tipo di barriere necessita in genere di una maggiore disponibilità di spazio e di un impianto d’irrigazione.

In situazioni particolarmente critiche possono rendersi necessari interventi di schermatura totale con elementi anti-rifrattivi, i quali meritano un approfondimento a parte riportato al capitolo 40.

Si individuano inoltre i seguenti interventi aggiuntivi di mitigazione acustica:

- formazione di barriere vegetali (fasce boscate);
- realizzazione di pavimentazione antirumore,
- realizzazione di giugni silenziosi,
- interventi diretti sul ricettore.

## 2 Premessa

Per la messa in opere di mitigazione acustica, l’aggiudicatario deve attenersi alle prescrizioni di seguito riportate per le principali categorie di lavoro, nonché a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia.

Per tutte le categorie di lavori e quindi anche per quelle relativamente alle quali non si trovino, nelle presenti specifiche tecniche, prescritte speciali norme di esecuzione, l’Impresa Esecutrice deve attenersi ai migliori procedimenti prescritti dalla tecnica e dalla normativa vigente nonché agli ordini che impartirà la Direzione Lavori.

In particolare i materiali da impiegare devono corrispondere, per caratteristiche, a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia; in mancanza di particolari prescrizioni dovranno essere delle migliori qualità in commercio in rapporto alla funzione a cui sono destinati.

Per quanto non espressamente citato in questo capitolato, nonché per quanto riguarda le caratteristiche dei materiali e le modalità di esecuzione delle opere di tipo civile, complementari alla realizzazione della barriera acustica, si rimanda alle norme ed alle disposizioni delle specifiche sezioni delle presenti “Norme Tecniche”.

Si riportano a titolo indicativo e non esaustivo i principali riferimenti normativi a cui attenersi nella progettazione e realizzazione di opere di mitigazione acustica:

- UNI 11160, Linee guida per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo di sistemi antirumore per infrastrutture di trasporto via terra.
- UNI 11022, Acustica - Misurazione dell’efficienza acustica di sistemi antirumore (insertion loss), per infrastrutture di trasporto, installati in ambiente esterno.
- UNI EN 14388, Dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale – Specificazioni.
- UNI EN 1793-1, Dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale. Metodo di prova per la determinazione della prestazione acustica – Caratteristiche intrinseche di assorbimento acustico.

- UNI EN 1793-2, Dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale. Metodo di prova per la determinazione della prestazione acustica – Caratteristiche intrinseche di isolamento acustico per via aerea.
- UNI EN 1793-3, Dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale. Metodo di prova per la determinazione della prestazione acustica – Spettro normalizzato del rumore da traffico.
- UNI CEN/TS 1793-4, Dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale - Metodo di prova per la determinazione della prestazione acustica - Parte 4: Caratteristiche intrinseche - Valori in situ della diffrazione sonora.
- UNI CEN/TS 1793-5, Dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale - Metodo di prova per la determinazione della prestazione acustica - Caratteristiche intrinseche - Parte 5: Valori in situ della riflessione sonora e dell'isolamento acustico per via aerea.
- UNI EN 1794-1, Dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale – Prestazioni non acustiche – Prestazioni meccaniche e requisiti di stabilità.
- UNI EN 1794-2, Dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale – Prestazioni non acustiche – Requisiti generali di sicurezza e ambientali.

Per la provvista di materiali in genere, si rimanda al capitolo specifico delle presenti Norme Tecniche.

In ogni caso i materiali, prima della posa in opera, devono essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione dei Lavori, con le modalità di cui al paragrafo 4. Qualora la Direzione dei Lavori rifiutata una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'Impresa deve sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute e i materiali rifiutati devono essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese della stessa Impresa. Malgrado l'accettazione dei materiali da parte della Direzione dei Lavori, l'Appaltatore resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

### 3 Tipologie di Certificazioni richieste

L'Appaltatore, prima dell'impiego, è tenuta a fornire al Direttore dei Lavori, per ogni categoria di lavoro, i certificati delle prove effettuate sui pannelli e sui sistemi insonorizzanti, secondo le modalità di seguito indicate:

- a) Certificazione delle caratteristiche acustiche: i materiali devono essere sottoposti alle prove indicate al paragrafo 8; i relativi certificati devono essere accompagnati da una dichiarazione del laboratorio che attesti il rispetto delle metodologie standard d'esecuzione.
- b) Certificazione delle caratteristiche meccaniche e di resistenza alla corrosione atmosferica: la certificazione effettuata da un Laboratorio Ufficiale, deve fare riferimento alle caratteristiche prescritte nei paragrafi seguenti. I materiali da impiegare nelle lavorazioni dovranno inoltre essere forniti da Produttori che dimostrino la disponibilità di un efficiente sistema per il controllo qualitativo della produzione, secondo quanto disposto dalla Circolare del Ministero L.L.P.P. n. 2357 del 16.05.1996 (Gazzetta ufficiale n. 125 del 30.05.1996) e successive modificazioni.

La certificazione sulle prove di controllo materiali descritte nei paragrafi seguenti, od eventualmente richiesti dalla Direzione dei Lavori, sono da effettuarsi ad opera di un Istituto abilitato (riconosciuto da Ente Pubblico competente), e rimangono a carico dell'Appaltatore.

I risultati ottenuti in tali laboratori saranno i soli riconosciuti validi dalle parti e ad essi esclusivamente si farà riferimento a tutti gli effetti.

I certificati devono contenere i dati relativi alla provenienza ed alla individuazione dei singoli materiali o la loro composizione, agli impianti o luoghi di produzione, nonché i dati risultanti dalle prove di laboratorio atte ad accertare i valori caratteristici richiesti per le varie categorie di lavoro o fornitura in rapporto ai dosaggi e composizioni proposte. Tali certificati devono comunque essere rinnovati ogni qualvolta risultino incompleti o si verifichi una variazione delle caratteristiche dei materiali, delle miscele o degli impianti di produzione.

In relazione a quanto prescritto circa le qualità e caratteristiche dei materiali, e la loro accettazione, l'Appaltatore sarà obbligato a prestarsi in ogni tempo alle prove dei materiali impiegati o da impiegare, attraverso il prelievo e l'invio dei campioni ai laboratori ufficiali indicati dalla D.L., nonché a tutte le relative prove.

I dati delle prove o i campioni saranno prelevati in contraddittorio, anche presso gli stabilimenti di produzione, per cui l'Appaltatore si impegna a garantire l'accesso presso detti stabilimenti ed a fornire l'assistenza necessaria.

Di detti dati o campioni può essere ordinata la conservazione, previa apposizione di sigillo e firma del Direttore dei Lavori e dell'Appaltatore, nei modi più adatti a garantirne l'autenticità e la conservazione.

#### **4 Prescrizioni generali di esecuzione delle principali categorie di lavoro e forniture**

Gli interventi di realizzazione di protezioni antifoniche devono essere realizzati sulla base del progetto acustico, redatto in fase di progettazione esecutiva e delle relative prescrizioni di Capitolato, sotto il controllo del Direttore dei Lavori, il quale deve assicurare inoltre che sia sottoposta ad approvazione ogni eventuale modifica del progetto approvato.

Al Direttore dei Lavori ed all'Aggiudicatario, ciascuno per la sua parte, spetta la responsabilità della conformità dell'opera al progetto e della qualità dei materiali impiegati.

La verifica della rispondenza al progetto acustico, delle soluzioni e/o materiali impiegati si compone di tre fasi: la fase di accettazione preliminare dei materiali, la messa in opera dei manufatti ed il collaudo degli interventi.

#### **5 Qualificazione ed accettazione dei materiali**

L'accettazione dei materiali consiste nella verifica della certificazione preventiva dei materiali e si compone di:

- prove per certificare i materiali dal punto di vista acustico, costituite, a loro volta, da tre prove:
  - prova di laboratorio in camera riverberante;
  - prova su barriera campione in campo aperto ed in condizioni normalizzate;
  - prova con metodo impulsivo in campo aperto;
- prove per certificare i materiali dal punto di vista fisico-chimico e meccanico.

L'insieme di queste caratteristiche, acustiche e non acustiche, deve essere opportunamente certificato, secondo le metodologie e le Norme di riferimento. Dalla data del 1° maggio 2007 i produttori dovranno inoltre operare in conformità alle prescrizioni UNI EN 14388: 2005 e delle norme da essa richiamate, secondo la quale sui componenti dei sistemi antirumore dovrà essere apposta la marcatura CE.

Per quanto riguarda le caratteristiche acustiche le prove sono distinte in due momenti: il primo riguardante le prove di laboratorio, il secondo riguardante prove su campioni di barriera in campo

aperto. In particolare le prove di laboratorio hanno lo scopo di omologare preventivamente i materiali: la prova in camera riverberante consente di valutare le caratteristiche intrinseche dei materiali, mentre le prove in campo aperto sono necessarie per valutare l'efficacia delle barriere nel loro complesso. Le prove in campo aperto vengono effettuate in fase di accettazione preventiva e ripetute in fase di costruzione conseguentemente alla messa in opera.

Le prove sono a carico dell'Appaltatore che deve certificare l'efficacia acustica del manufatto facendo eseguire presso un Istituto abilitato (riconosciuto da Ente Pubblico competente) una serie di test che rispondano ai requisiti di accettazione fonici. I relativi certificati debbono essere accompagnati da una dichiarazione del Laboratorio che attesti che nell'ambito delle norme e prescrizioni relative siano state rispettate le metodologie standard di esecuzione.

## **6** *Messa in opera*

I controlli e le prove in fase di messa in opera hanno lo scopo di garantire la corretta esecuzione delle opere e la loro rispondenza alle specifiche stabilite all'interno del progetto esecutivo.

In particolare l'opera deve essere realizzata utilizzando esclusivamente materiali che abbiano superato il processo di accettazione indicato al paragrafo precedente; tale rispondenza, così come il corretto assemblaggio dei singoli componenti della struttura, viene verificata durante la fase di messa in opera a cura della Direzione Lavori.

La costruzione della barriera deve risultare acusticamente ermetica, in particolare in corrispondenza dei giunti di dilatazione, delle uscite di sicurezza, dei raccordi di manufatti, etc.

Questa proprietà deve essere assicurata mediante un corretto montaggio, effettuato quindi senza lasciare fessure o interspazi fra pannello e pannello, fra pannelli e montanti e fra pannelli ed elementi di supporto di base. L'esecuzione delle opere dovrà rispettare i vincoli indicati sui disegni tipologici allegati alla progetto esecutivo.

Le prove sono a carico dell'Appaltatore ed eseguite da un istituto riconosciuto idoneo dalle parti, sotto la responsabilità del direttore dei lavori che provvede a farle eseguire a spot in diversi punti con particolare attenzione ai tratti con pezzi speciali (ad esempio porte di ispezione, etc.).

La verifica acustica della corretta installazione si esegue secondo i criteri descritti nel paragrafo 8 (prova con metodo impulsivo secondo la norma AFNOR S 31-089) sulla barriera dimensionata in fase di progetto.

I risultati di questa prova saranno confrontati con quelli ottenuti in fase ante-operam per rilevare le eventuali contraddizioni e/o situazioni anomale.

## **7** *Collaudo tecnico*

Nell'ambito delle attività di sua competenza, al Collaudatore compete l'onere di verificare la rispondenza dell'opera intera e delle sue parti a quanto previsto dal progetto acustico e dalle sue eventuali modifiche.

L'esito delle verifiche deve essere riportato in una apposita relazione di collaudo, corredata di tutti i certificati di prova richiesti nella normativa e specifiche citate.

I controlli da effettuare in fase di posa in opera sono:

- controllo delle certificazioni di fornitura;

- verifica della corretta installazione in accordo al progetto e alle modalità di posa in opera sopra richiamate, effettuata a spot sui pannelli installati in ogni giorno di lavoro;
- controllo della corretta messa a terra della barriera protettiva: al termine di ogni lotto di barriera protettiva si dovranno effettuare delle prove di messa a terra in accordo alle prescrizioni della norma vigente.
- verifica delle caratteristiche acustiche estrinseche, in termini di efficacia dell'opera (determinazione dell'insertion loss), e dell'avvenuta mitigazione acustica attraverso il rilievo puntuale dei livelli di rumore presenti nell'area a protezione della quale è stata eseguita l'installazione del sistema antirumore.

Tutti i suddetti controlli, così come le eventuali osservazioni della Direzione Lavori, le eventuali prove aggiuntive, l'esito finale del collaudo, debbono essere annotati sui relativi P.C.Q..

## 8 **Certificazione acustica – Tipologia e Modalità di esecuzione delle prove**

Le prove di certificazione acustica si compongono di:

- prova di laboratorio in camera riverberante;
- prova su barriera campione in campo aperto ed in condizioni normalizzate;
- prova con metodo impulsivo.

Le prove sono a carico dell'Appaltatore che deve certificare l'efficacia acustica del manufatto facendo eseguire presso un Istituto abilitato (riconosciuto da Ente Pubblico competente) una serie di test che rispondano ai requisiti di accettazione fonici. I relativi certificati debbono essere accompagnati da una dichiarazione del Laboratorio che attesti che nell'ambito delle norme e prescrizioni relative siano state rispettate le metodologie standard di esecuzione.

## 9 **Prove di laboratorio in camera riverberante**

Per le Barriere fonoassorbenti e contemporaneamente fono isolanti vengono determinati:

- l'indice I di isolamento acustico, determinato secondo la norma ISO 140/3–1978 e la ISO 717/1–1982 e successivi aggiornamenti;
- le proprietà fonoassorbenti dei materiali valutate mediante la determinazione del coefficiente di assorbimento acustico  $\alpha$  secondo la norma ISO/R354-1985 e successivi aggiornamenti.

Per le barriere esclusivamente fono isolanti si determina il solo indice di isolamento acustico.

La Norma ISO 354 se da una parte prevede che le misure siano effettuate in 1/3 di ottava, dall'altra fornisce, invece, le tabelle di confronto con dati in ottave: per il raffronto si rende necessario mediare i tre valori dei tre terzi per ottenere il corrispondente valore in ottava.

I pannelli aventi la capacità di assorbire l'energia acustica incidente sono classificati in due categorie, da scegliersi in base alle condizioni di impiego:

- TIPO I: ad elevato potere fonoassorbente;
- TIPO II: a medio potere fonoassorbente.

Per la prova di fonoassorbenza si prescrive che i pannelli siano appoggiati in orizzontale sul pavimento della camera riverberante, senza lasciare spazio tra il pannello e il pavimento. I pannelli in prova saranno chiusi sul perimetro con telaio di legno verniciato di spessore > 30 mm ed altezza uguale allo spessore dei pannelli. Le linee di giunzione tra telaio e pavimento e tra pannelli e telaio saranno sigillate con mastice.

Nel caso di elementi biassorbenti i campioni saranno provati separatamente su entrambi i lati.

## 10 Prova di attenuazione in campo libero su barriera normalizzata (misura di “insertion loss”)

Al fine di valutare le caratteristiche funzionali ed il comportamento della barriera dal punto di vista acustico si prescrive che l'Appaltatore esegua una prova di attenuazione in campo libero in una configurazione standard con sorgente puntiforme, rispettando la metodologia indicata in seguito.

Le modalità e le condizioni di determinazione dell'insertion loss sono descritte nella Norma UNI 11022 [10].

Le prove di seguito descritte saranno effettuate al fine di:

- certificare preventivamente i materiali costituenti il sistema;
- verificare preventivamente il mantenimento delle proprietà acustiche nel tempo (garanzia).

Lo stesso tipo di prova può essere effettuato anche durante l'esecuzione dei lavori al fine di verificare la corrispondenza dei materiali in accettazione rispetto a quanto originariamente certificato e di collaudare la barriera dopo la sua messa in opera.

La prova deve essere eseguita in una zona con superficie piana il più possibile riflettente (ad esempio battuto di cemento, asfalto non drenante o simili), privo di ostacoli acustici nel raggio di almeno 50 m dalla barriera, dalle sorgenti e dai punti di misura; su autorizzazione della D.L. potrà essere effettuata in un prato piano con erba o vegetazione di altezza non superiore a 5 cm.

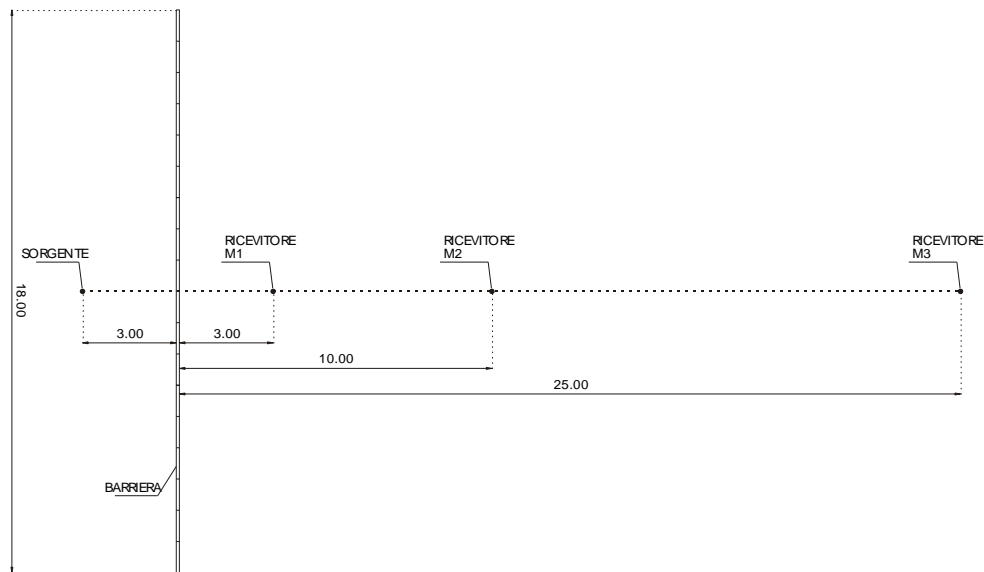
La barriera utilizzata per le prove, realizzata con i pannelli inseriti negli appositi montanti ed ogni altro elemento costitutivo disposto come previsto per i normali impieghi, deve avere un'altezza di 3 m ed una lunghezza di 18 m. I pannelli della fila inferiore devono essere posati su un letto di sabbia o sul terreno vegetale livellato al fine di assicurare la necessaria ermeticità acustica nella zona di appoggio.

La velocità del vento nella zona di prova deve essere inferiore a  $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

La sorgente di rumore deve essere costituita da un altoparlante con diametro inferiore o uguale a 15 cm. Le caratteristiche di direzionalità della sorgente sonora dovranno essere misurate in loco e riportate nel certificato di prova. Nel caso in cui la sorgente sonora sia costituita da più altoparlanti, essi dovranno avere il loro asse alla stessa altezza e il diametro dell'altoparlante maggiore non dovrà essere superiore a 0.15 m. Le curve di direttività degli altoparlanti alle varie frequenze dovranno essere misurate in loco e riportate nel verbale di misura. La sorgente dovrà essere il più possibile omnidirezionale o avere almeno una simmetria rotazionale intorno al proprio asse orizzontale rivolto verso la barriera.

Le misure vanno eseguite in corrispondenza del montante centrale utilizzando una sorgente campione di rumore bianco e rosa e un ricevitore posti nelle posizioni indicate in Figura 1.

## PLANIMETRIA SCHEMATICA



## SEZIONE SCHEMATICA

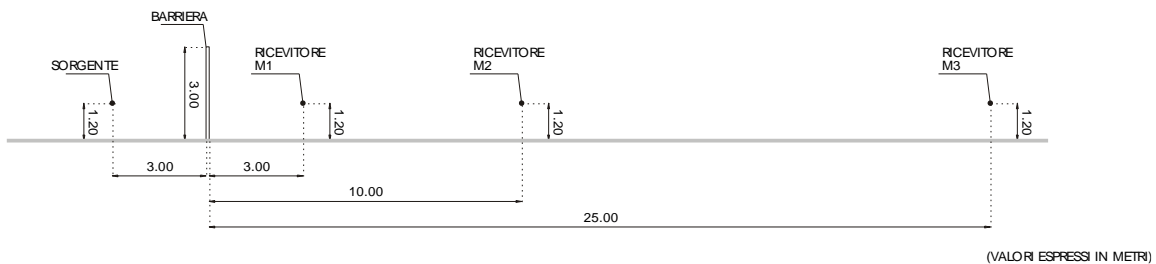


Figura 1: Schema della prova in campo libero

Le misure devono essere condotte in banda d'ottava nel campo 125 ÷ 4000 Hz con un fonometro integratore con tempo di integrazione di almeno 10 s per ogni banda di ottava, ovvero un analizzatore in tempo reale con tempo di integrazione di almeno 30 s. E' inoltre richiesta la misura globale utilizzando il filtro di ponderazione A con tempo di integrazione di almeno 10 s.

Le misurazioni effettuate nella prova, sia per quanto riguarda il livello totale che i livelli per le singole bande di frequenza, saranno ritenute valide solo se il livello misurato è superiore di almeno 10 dB al valore del rumore di fondo misurato nello stesso punto. Inoltre, durante le misurazioni, dovrà essere garantita l'assenza di altre fonti di rumore significative che potrebbero incidere sul rumore di fondo stesso.

L'attenuazione sonora in campo libero è calcolata, per ognuna delle bande d'ottava e per il valore globale ponderato A, con la formula:

$$\Delta L = L_{p0} - L_p$$

dove:

$L_{p0}$  = livello di pressione sonora nella posizione di misura in assenza di barriera;



$L_p$  = livello di pressione sonora nella posizione di misura in presenza di barriera.

Nel caso in cui la sorgente sonora sia costituita da più altoparlanti, essi dovranno avere il loro asse alla stessa altezza e il diametro dell'altoparlante maggiore non dovrà essere superiore a 0.15 m. Le curve di direttività degli altoparlanti alle varie frequenze dovranno essere misurate in loco e riportate nel verbale di misura. La sorgente dovrà essere il più possibile omnidirezionale o avere almeno una simmetria rotazionale intorno al proprio asse orizzontale rivolto verso la barriera.

Tutta la strumentazione dovrà rispondere alle caratteristiche previste dalla IEC 804 per i fonometri integratori. I filtri di banda d'ottava dovranno essere in accordo con la IEC 225. Il microfono di misura dovrà avere il diametro non maggiore di ½ pollice ed essere del tipo per campo libero.

Il valore dell'attenuazione sonora dovrà essere presentato in forma tabellare e grafica, rappresentando l'andamento del livello sonoro in funzione della frequenza.

## 11 Prova con metodo impulsivo secondo la norma AFNOR S 31-089

Questo metodo di prova consente di individuare in campo aperto i coefficienti di fonoisolamento e di valutare il coefficiente di fonoassorbimento della barriera in funzione della frequenza. Consente di valutare sia le caratteristiche dei materiali costituenti lo schermo che la qualità della posa in opera (guarnizioni, giunzioni, montanti).

Deve essere utilizzata una barriera di dimensioni analoghe a quanto descritto al punto precedente per le prove in campo aperto.

In pratica si utilizza un'opportuna disposizione della sorgente (s) e dei punti di ricezione (microfoni M1, M2), in modo che impiegando un rumore di tipo impulsivo (durata di circa 1 msec.) sia possibile individuare ed analizzare separatamente i segnali derivanti dal suono diretto (cioè "non interessato" dalla barriera), trasmesso (cioè "passato" attraverso la barriera) e riflesso (cioè "respinto", più o meno attenuato, dalla barriera).

Esso permette di determinare le seguenti proprietà fisiche dei pannelli:

- potere fonoisolante (espresso in dB): capacità di un materiale di "opporsi" alla propagazione del rumore attraverso di esso.

$$\text{Potere fonoisolante (dB)} = \text{Livello suono diretto} - \text{Livello suono trasmesso}$$

- potere fonoassorbente (espresso in %): capacità di un materiale di "dissipare" l'energia sonora incidente su di esso.

$$\text{Potere fonoassorbente (\%)} = \frac{\text{Energia acustica riflessa}}{\text{Energia acustica incidente}}$$

Oltre alla valutazione delle proprietà fonoassorbenti e fonoisolanti degli schermi acustici, la norma AFNOR S 31-089 può permettere di identificare l'origine delle principali variazioni delle caratteristiche acustiche dello schermo in prova (fessure ad es.).

Con questa tecnica non è possibile valutare l'attenuazione totale prodotta dalla barriera nei punti disturbati ("insertion loss"), in quanto essa è fortemente influenzata anche dall'altezza, lunghezza e posizione della schermatura.



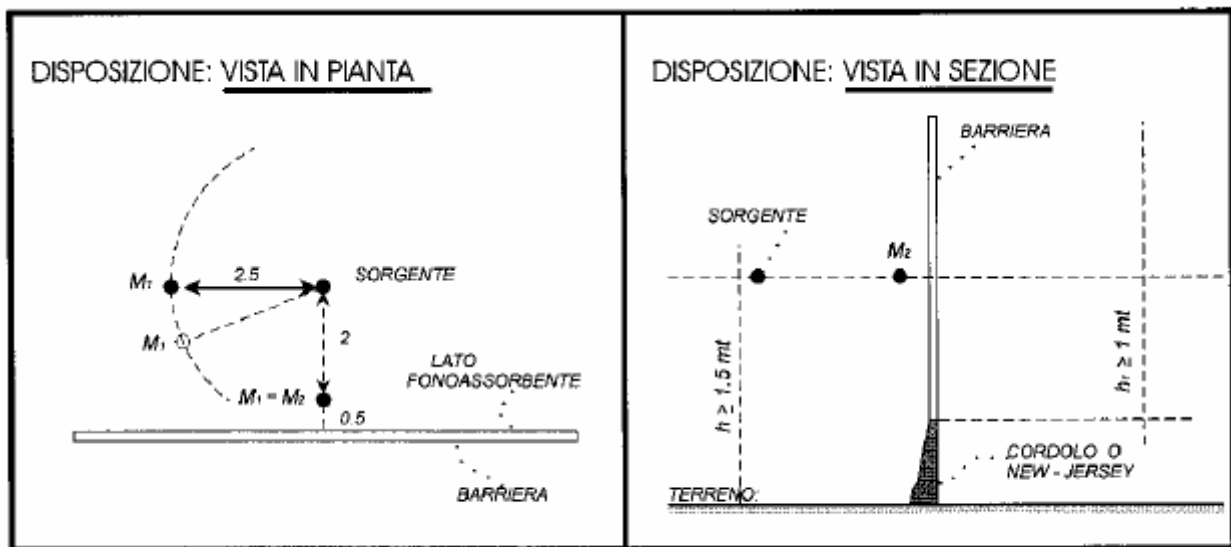


Figura 2 Fonoassorbimento in incidenza normale

Le superfici di barriera interessate sono un cerchio di raggio 0.6 m con centro sulla proiezione di M2 sulla barriera (nel caso di incidenza normale), ed un'ellisse di circa 2 m<sup>2</sup> (nel caso di incidenza obliqua).

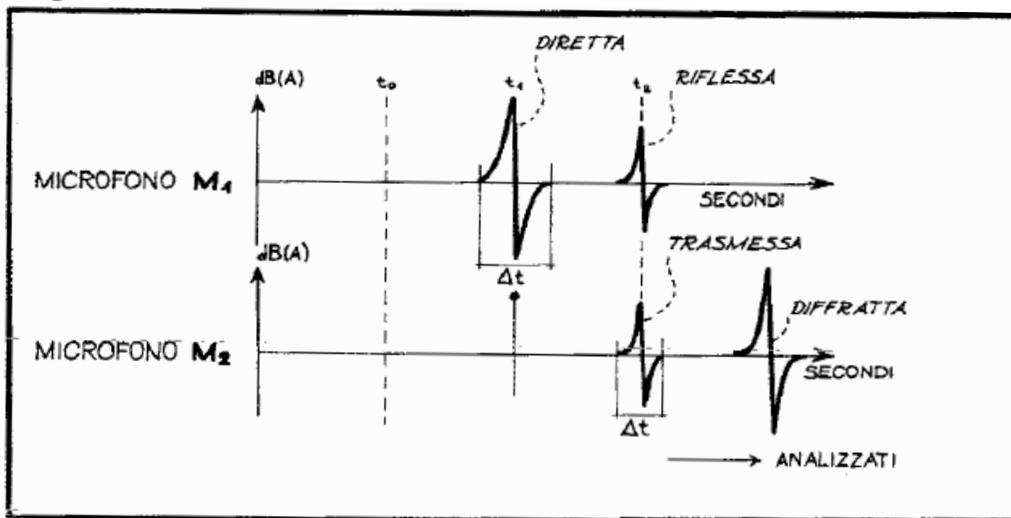
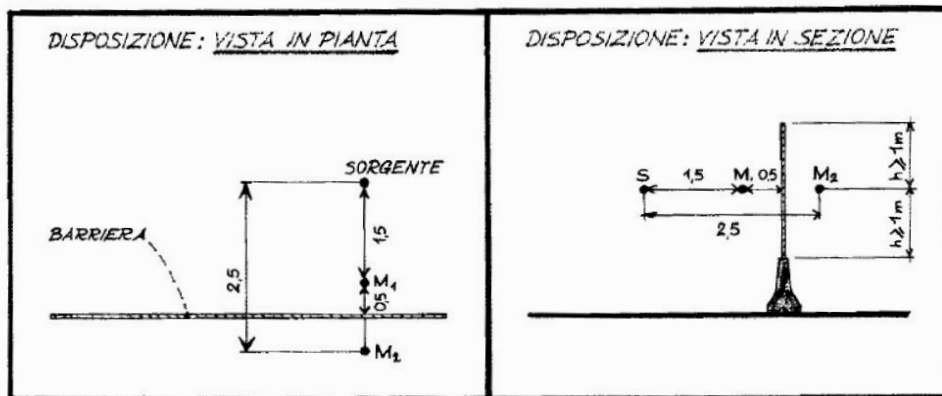


Figura 3 Fonoisolamento in incidenza normale

I segnali che interessano (onda diretta, onda riflessa e onda trasmessa arrivano in tempi diversi all'analizzatore, in quanto  $SM_1 = SM_2$  e pertanto occorre correggere i valori ottenuti dal fattore di divergenza geometrica. In ogni caso è necessario che la finestra temporale di analisi abbia la stessa durata. La differenza fra gli spettri  $M_1$  e  $M_2$ , corretta del fattore di divergenza  $K$ , permette di ricavare i valori del coefficiente di fonoisolamento e di fono assorbimento in funzione della frequenza.

Per ulteriori dettagli di calcolo si rimanda al testo della norma AFNOR S31-089.

La sorgente impiegata non deve presentare anomalie di propagazione almeno nelle direzioni S-M1, S-M2.

Come sorgenti possono essere impiegati una pistola a salve o un sistema di altoparlanti alimentato con segnali impulsivi. I microfoni possono essere normali a condensatore, di tipo omnidirezionale.

Il supporto dei microfoni deve essere realizzato in modo tale da evitare vibrazioni che possano inficiare i risultati e le misure acustiche dovranno effettuarsi in condizioni atmosferiche normali (velocità del vento inferiore a  $2 \text{ ms}^{-1}$ ).

Inoltre particolare attenzione deve essere rivolta, ai fini della perdita del segnale, al prolungamento dei cavi di collegamento tra i microfoni e le apparecchiature di registrazione.

Il sistema di analisi è costituito da un analizzatore Fast Fourier Transform (FFT) bicanale in grado di memorizzare e successivamente analizzare i segnali transitori provenienti dai due microfoni, ricavandone gli spettri in terzo d'ottava.

È importante che l'analizzatore impiegato abbia la possibilità di "isolare" le porzioni di segnale che interessano ed analizzarle con "finestre temporali" scelte dall'utente; in caso contrario è necessario interfacciare l'analizzatore ad un personal computer tramite apposita interfaccia.

## 12 Barriere acustiche artificiali

### 13 Certificazione acustica e classificazione delle barriere artificiali

In base alle caratteristiche acustiche dei materiali si distinguono tre pannelli tipo:

- pannelli fonoisolanti e congiuntamente fonoassorbenti d'elevate prestazioni (TIPO I),
- pannelli fonoisolanti e congiuntamente fonoassorbenti di medie prestazioni (TIPO II),
- pannelli prevalentemente fono isolanti.

Le barriere metalliche devono avere classe di fonoassorbimento A4 e di fonoisolamento B3.

Le barriere trasparenti devono avere classe di fonoisolamento B3.

Le modalità operative di prova sono descritte al paragrafo 8.

La certificazione dei risultati delle prove eseguite sulle barriere deve fornire le seguenti informazioni:

- dichiarazione che la valutazione è stata eseguita in base alle presenti Norme Tecniche;
- descrizione della barriera corredata da tutti i dati dimensionali;
- documentazione fotografica;
- numero e formato degli eventuali elementi costituenti la barriera prova;
- modalità di montaggio e di accoppiamento tra i vari elementi;
- descrizione dettagliata di un elemento dello schermo incluso il suo bordo, il tipo dei materiali impiegati e l'eventuale trattamento delle superfici;
- descrizione delle caratteristiche del luogo di misura;
- descrizione della sorgente acustica, corredata dalle sue caratteristiche di direttività;
- descrizione, tipo, modello e numero di serie degli strumenti impiegati;
- firma e qualifica del certificatore.

### 14 Caratteristiche acustiche: barriere fonoassorbenti e contemporaneamente fono isolanti

#### FASE DI ACCETTAZIONE

##### ***Prove di laboratorio in camera riverberante***

L'indice I di isolamento acustico deve essere superiore o uguale a 30 dB per i pannelli monoassorbenti e a 24 dB per quelli biassorbenti. Il suo valore sarà determinato secondo la norma ISO 140/3-1978 e la ISO 717/1-1982 e successivi aggiornamenti.

Le proprietà fonoassorbenti dei materiali sono valutate mediante la determinazione del coefficiente di assorbimento acustico  $\alpha$  secondo la norma ISO/R354.

I pannelli aventi la capacità di assorbire l'energia acustica incidente sono classificati in due categorie, da scegliersi in base alle condizioni di impiego:

- TIPO I: ad elevato potere fonoassorbente;
- TIPO II: a medio potere fonoassorbente.

Essi devono garantire, alle varie frequenze centrali di banda d'ottava, i seguenti valori minimi del coefficiente di assorbimento acustico  $\alpha$ , in riferimento alla norma ISO/R 354 e successivi aggiornamenti:

TIPO I: ad elevato potere fonoassorbente:

Frequenza (Hz)	Coefficiente $\alpha$
125	0.40
250	0.70
500	0.80
1000	0.80
2000	0.80
4000	0.75

TIPO II: a medio potere fonoassorbente:

Frequenza (Hz)	Coefficiente $\alpha$
125	0.35
250	0.40
500	0.50
1000	0.60
2000	0.55
4000	0.50

La Norma ISO 354 se da una parte prevede che le misure siano effettuate in 1/3 di ottava, dall'altra fornisce, invece, le tabelle di confronto con dati in ottave: è chiaro che per il raffronto si rende necessario mediare i tre valori dei tre terzi per ottenere il corrispondente valore in ottava.

### ***Prova di attenuazione in campo libero su barriera normalizzata (misura di "insertion loss")***

L'attenuazione della barriera in corrispondenza dei punti di misura dovrà essere di almeno: 22 dB(A) a 3 m, 18 dB(A) a 10 m e di 16 dB (A) a 25 m, sia per il rumore bianco sia per quello rosa. Per tali valori di attenuazione è ammessa una tolleranza massima di 4 dB(A).

Il valore dell'attenuazione sonora dovrà essere presentato in forma tabellare e grafica, rappresentando l'andamento del livello sonoro in funzione della frequenza.

Lo stesso tipo di prova può essere effettuato anche durante l'esecuzione dei lavori al fine di verificare la corrispondenza dei materiali in accettazione rispetto a quanto originariamente certificato e di collaudare la barriera dopo la sua messa in opera.

### ***Prova con metodo impulsivo secondo la norma AFNOR S 31-089***

Nella fase di accettazione dei materiali si prescrive che la perdita locale di energia acustica per trasmissione,  $T_{LT}$  nelle bande di ottava di 1000 e 2000 Hz, deve essere maggiore o uguale a 26 dB con una tolleranza di 5 dB.

## **VERIFICA DELLA MESSA IN OPERA**

### ***Prova con metodo impulsivo secondo la norma AFNOR S 31-089***

La perdita locale di energia acustica per trasmissione,  $T_{LT}$  rilevata invece in opera, nelle bande d'ottava di 1000 e 2000 Hz deve risultare maggiore o uguale ai valori riscontrati nella prova AFNOR S 31-089 eseguita per la fase di accettazione, detratti di una tolleranza di 5 dB.

## 15 *Caratteristiche acustiche: barriere fonoisolanti*

<b>FASE DI ACCETTAZIONE</b>
<p><b><i>Prove di laboratorio in camera riverberante</i></b></p> <p>L'indice I di isolamento acustico deve essere superiore o uguale a 30 dB. Il suo valore sarà determinato secondo la norma ISO 140/3–1978 e la ISO 717/1–1982 e successivi aggiornamenti.</p>
<p><b><i>Prova di attenuazione in campo libero su barriera normalizzata (misura di “insertion loss”)</i></b></p> <p>L'attenuazione della barriera in corrispondenza dei punti di misura dovrà essere di almeno: 22 dB(A) a 3 m, 18 dB(A) a 10 m e di 16 dB (A) a 25 m, sia per il rumore bianco sia per quello rosa. Per tali valori di attenuazione è ammessa una tolleranza massima di 4 dB(A).</p>
<p><b><i>Prova con metodo impulsivo secondo la norma AFNOR S 31-089</i></b></p> <p>Si prescrive che la perdita locale di energia acustica per trasmissione, <math>T_{LT}</math> nelle bande di ottava di 1000 e 2000 Hz, deve essere maggiore o uguale a 26 dB con una tolleranza di 5 dB.</p>
<b>VERIFICA DELLA MESSA IN OPERA</b>
<p><b><i>Prova con metodo impulsivo secondo la norma AFNOR S 31-089</i></b></p> <p>La perdita locale di energia acustica per trasmissione, <math>T_{LT}</math> rilevata in opera nelle bande d'ottava di 1000 e 2000 Hz deve risultare maggiore o uguale ai valori riscontrati nella prova AFNOR S 31-089 eseguita per la fase di accettazione, detratti di una tolleranza di 5 dB.</p>

## 16 *Certificazione dei materiali e Caratteristiche della barriere artificiali*

Di seguito si riportano le caratteristiche e le certificazioni richieste per le diverse tipologie di barriere, in aggiunta a quanto individuato all'interno del progetto esecutivo.

Si specifica inoltre che tutte le barriere devono garantire almeno la classe REI 30 di resistenza al fuoco secondo la circolare n° 91 del Ministero dell'Interno e il D.M. 30/11/83.

## 17 *Pannelli metallici*

I pannelli metallici sono costituiti da una struttura metallica scatolare forata, all'interno della quale è inserito materiale fonoassorbente, costituito da complessi porosi (fibre o schiume) che sfruttano i fenomeni di attrito e di risonanza.

Il pannello deve essere costruito in metallo protetto a tutti gli effetti contro la corrosione.

Il trattamento protettivo delle superfici deve essere eseguito sia all'interno che all'esterno del pannello e, in ogni caso, dopo le varie fasi di lavorazione della lamiera (tranciatura, punzonatura, piegatura, ecc.), a meno che il pannello non sia realizzato in lamiera di alluminio con trattamento protettivo secondo il sistema coil-coating. Il trattamento della superficie deve garantire una forte resistenza meccanica e realizzare una superficie esente da pori sia all'interno, sia all'esterno del pannello.

Il fornitore dovrà indicare il numero, lo spessore e la natura degli strati protettivi nonché allegare le schede tecniche relative al trattamento anticorrosivo ed ai prodotti vernicianti impiegati.

Il colore delle protezioni anticorrosive sarà comunicato preventivamente dalla Direzione Lavori.

In caso di incendio i materiali impiegati non devono sviluppare gas tossici o fumi opachi.

## 18 Pannelli in acciaio zincato e verniciato

Lo spessore della lamiera di acciaio non rivestita deve essere di almeno 1,5 mm.

Le caratteristiche del rivestimento di zinco devono essere conformi alle norme UNI EN 10142/92, 10143/92, 10147/93. Il rivestimento di zinco deve essere conforme alla Euronorma 147, con granatura del tipo Z 275 come dalle sopracitate norme. Lo spessore totale della protezione anticorrosiva deve essere non inferiore a 80 µm.

Il trattamento di zincatura deve essere effettuato dopo tutte le lavorazioni meccaniche. Inoltre la protezione anticorrosiva del pannello deve corrispondere alle seguenti caratteristiche:

Caratteristica e modalità di prova	Esigenza minima
Spessore della protezione anticorrosiva	I valori dichiarati
Aderenza secondo UNICHIM MU 630	Sia a secco (dry adesion, a tempo zero), sia dopo immersione in acqua a 40° per 150 ore (wet adesion): grado 1
Resistenza alla scalfittura secondo ISO 1518/92 (da eseguire solo sulla faccia esposta)	60 N
Resistenza all'impronta secondo UNI 8358	70
Resistenza agli urti secondo UNI 8901/86	Per caduta di una massa sulla faccia esposta di 1 Kg da un'altezza di 30 cm la pellicola non deve presentare screpolature o distacchi di pellicola su entrambe le facce
Resistenza all'umidità secondo UNI 8744/86	Dopo 1000 ore di esposizione: assenza di blistering e/o di perdita di aderenza; lungo l'incisione l'arrugginimento e la bollatura non devono penetrare per più di 2 mm
Resistenza alla corrosione da nebbia salina secondo UNI ISO 9227/93	Dopo 500 ore di esposizione: l'arrugginimento e/o la bollatura lungo l'incisione non devono penetrare per più di 2 mm. Non è ammessa nessun'altra alterazione visibile o perdita di aderenza

Tabella 1 Caratteristiche specifiche dei pannelli in acciaio zincato e verniciato

## 19 Pannelli in alluminio verniciato

La lamiera d'alluminio deve essere il lega Alluminio–Magnesio–Manganese (Al–Mg–Mn, lega AA 4015 o similari) secondo norma UNI 9003, avente una buona resistenza alla corrosione. Lo spessore della lamiera non rivestita deve essere almeno 1.2 mm.

Prima della verniciatura deve essere eseguito un trattamento della superficie idoneo a garantire un buon ancoraggio del film di vernice.

Tale pretrattamento deve essere costituito da sgrassaggio e risciacquo deionizzato, seguiti da cromatazione, fosfocromatazione oppure ossidazione anodica. Per le facce esposte lo spessore del film di vernice deve essere almeno 40  $\mu\text{m}$ , mentre per le facce non esposte si deve avere uno spessore minimo di 20  $\mu\text{m}$ . L'alluminio non deve essere stabilmente in contatto con rame o leghe di rame.

Il film di vernice deve inoltre rispondere alle seguenti caratteristiche:

Caratteristica e modalità di prova	Esigenza minima
Spessore della protezione anticorrosiva	I valori dichiarati
Aderenza secondo UNICHIM MU 630	Sia a secco (dry adesion, a tempo zero), sia dopo immersione in acqua a 40°C per 150 ore (wet adesion): grado 0
Resistenza alla scalfittura secondo ISO 1518/92 (da eseguire solo sulla faccia esposta)	60 N
Resistenza all'impronta secondo UNI 8358	70
Resistenza agli urti secondo UNI 8901/86	Per caduta di una massa sulla faccia esposta di 1 Kg da un'altezza di 30 cm la pellicola non deve presentare screpolature o distacchi di pellicola su entrambe le facce
Resistenza all'umidità secondo UNI 8744/86	Dopo 1500 ore di esposizione: la corrosione e/o la bollatura lungo l'incisione non devono penetrare per più di 2 mm. Non è ammessa nessun'altra alterazione visibile o perdita di aderenza
Resistenza alla corrosione da nebbia salino-acetica secondo UNI ISO 9227/93.	Dopo 1500 ore di esposizione: l'arrugginimento e/o la bollatura lungo l'incisione non devono penetrare per più di 2 mm. Non è ammessa nessun'altra alterazione visibile o perdita di aderenza

Tabella 2 Caratteristiche specifiche dei pannelli in alluminio verniciato

## 20 Pannelli in alluminio anodizzato

Lo spessore della lamiera di alluminio anodizzato deve essere di almeno 1,5 mm.

Le superfici anodizzate dovranno avere aspetto privo di venature, inclusioni, cavità, crateri porosi e di altri difetti e non manifestare variazioni di lucentezza e di colore.



Il trattamento elettrochimico deve essere eseguito sui pezzi solo dopo aver effettuato tutte le lavorazioni meccaniche (tagli, forature, fresature, ecc.). Lo strato anodico deve essere di spessore non inferiore a 15 µm e deve risultare ben fissato e continuo.

Il trattamento anodico deve inoltre rispondere alle seguenti caratteristiche:

Caratteristica e modalità di prova	Esigenza minima
Spessore della strato anodico secondo UNI 9178/88	15 µm su entrambe le facce
Fissaggio secondo UNI 9178/88	Qualità del fissaggio = "buona" secondo la classificazione di cui al punto 9 della citata Norma
Continuità degli strati anodici	Determinata con prova effettuata su cinque punti della superficie scelti a caso, con una goccia di reagente costituito da uguali volumi di acido cloridrico puro e da una soluzione al 6% in peso di bicromato di potassio, preparato al momento dell'impiego: dopo 8 minuti dal deposito del reagente sulla superficie anodizzate non dovrà manifestarsi alcuna colorazione verde

Tabella 3 Caratteristiche dei pannelli in alluminio anodizzato

#### 21 Caratteristiche geometriche della mascherina anteriore (lato fonoassorbente)

La lamiera forata rivolta verso la sorgente di rumore, qualora presenti aperture circolari, deve avere per singolo foro un'area inferiore a 78 mm<sup>2</sup> (raggio = 5 mm circa).

Qualora invece le aperture siano di forma rettangolare, il lato minore deve essere compreso tra 6 e 10 mm e il lato maggiore deve essere non superiore a 150 mm.

Si devono prendere in considerazione tutti gli accorgimenti idonei a garantire la durabilità del materiale fonoassorbente, ad es. prevedendo l'installazione del materiale fonoassorbente senza contatto diretto con la lamiera forata. Devono inoltre essere previste opportune forature per il drenaggio.

Il disegno del forato deve essere in ogni caso preventivamente approvato dalla D.L..

#### 22 Caratteristiche del materiale fonoassorbente

Il materiale fonoassorbente, inserito all'interno della struttura scatolata metallica è costituito da complessi porosi. Generalmente si tratta di uno strato di lana minerale conformato in modo tale da assorbire sia per porosità che per risonanza; esso deve avere uno spessore di almeno 6 cm e deve avere una densità maggiore di 85 kg/m<sup>3</sup>, se trattasi di lana di roccia, o maggiore di 48 kg/m<sup>3</sup>, se trattasi di lana di vetro.

Deve essere: imputrescibile, inerte agli agenti chimici ed atmosferici, ininfiammabile o autoestingente. Saranno preferiti sistemi fonoassorbenti con membrana microporosa lato sorgente di rumore per evitare impregnazioni o ritenzioni di liquidi che ne degradino le caratteristiche meccaniche ed acustiche.

Le caratteristiche di fonoassorbimento devono mantenersi elevate nel tempo con curve di decadimento lente: a 5 anni dall'installazione si tollererà una diminuzione del 10% del coefficiente di assorbimento ed a 10 anni del 20%.

Le prove previste per accertare l'idoneità di detto materiale sono le seguenti:

Caratteristica e modalità di prova	Esigenza minima
Diametro medio delle fibrille secondo UNI 6484/69	Il diametro medio delle fibrille deve essere compreso tra 6 e 9 $\mu\text{m}$
Massa volumica apparente secondo UNI 6485/69	La massa volumica apparente deve essere maggiore di 85 $\text{kg/m}^3$ oppure di 48 $\text{kg/m}^3$ a seconda che si tratti di lana di roccia o di lana di vetro
Resistenza al fuoco secondo la FEDERAL STANDARD USA STD 302	Ininfiammabile
Grado di igroscopicità secondo UNI 6543/69 (tempo di prova 1 giorno)	Il grado di igroscopicità non deve essere superiore allo 0,2% in volume
Resistenza all'acqua secondo il seguente procedimento: si pone un provino del campione in esame di dimensioni 100x100x5 mm completamente immerso in acqua distillata per 24 ore a temperatura ambiente	Al termine della prova non devono essere avvenuti né sfaldamenti né colorazione rispettivamente del provino e dell'acqua
Resistenza al calore secondo il seguente procedimento: si pone un provino del campione in esame di dimensioni 100x100x5 mm in una stufa a 150°C per 24 ore poggiando su una delle due facce quadrate (100x100 mm)	Al termine della prova non devono essere avvenute variazioni delle dimensioni originarie del provino superiori a $\pm 5$ mm relativamente ai parametri lunghezza e larghezza. La variazione che si verifica sullo spessore deve essere inferiore a $\pm 1$ mm
Ancoraggio della lana minerale secondo il seguente procedimento: il pannello, disposto in posizione verticale, viene sottoposto per 24 ore a vibrazione, anch'essa verticale, a 10 Hz, di ampiezza picco-picco 1 mm	Al termine della prova, l'ancoraggio deve aver resistito alla sollecitazione applicata

Tabella 4 Caratteristiche specifiche dei pannelli materiale fonoassorbente

### 23 Pannelli trasparenti

Qualora particolari esigenze architettoniche o paesaggistiche lo suggeriscano, è possibile impiegare pannelli in materiali trasparenti: polimetilmetacrilato, policarbonato o vetro.

Le lastre dovranno essere della qualità e delle dimensioni richieste, di un solo pezzo, di spessore uniforme e prive di difetti, con facce piane perfettamente parallele. Dovranno essere in grado di resistere agli agenti atmosferici, all'acqua e ai vari componenti chimici usati per eventuali operazioni di pulizia. I pannelli dovranno essere intelaiati sui quattro lati.

Nella progettazione di barriere acustiche con pannelli trasparenti è necessario prestare particolare attenzione al minimizzare le riflessioni di luce potenzialmente pericolose per i conducenti dei veicoli in transito.

La trasparenza dei pannelli infine costituisce un pericolo per l'avifauna; tale pericolo deve essere ridotto inserendo opportune sagome di uccelli locali.

## 24 Pannelli in policarbonato

I pannelli in policarbonato devono avere spessore minimo di 8 mm ed essere protetti su entrambe le superfici dai raggi UV. Il fattore di trasmissione totale (diretta + diffusa) dopo prova di invecchiamento accelerato (secondo ASTM G 26/93) per 4000 ore (2000 ore per faccia) non deve scendere al di sotto del 95% del valore iniziale (la prova va condotta secondo ASTM D1003-92).

Lo strato di protezione dagli UV deve essere omogeneo col substrato (identico coefficiente di dilatazione termica lineare) onde evitare fenomeni di deformazione o microfessurazioni dovuti a sollecitazioni meccaniche o termiche.

Particolare cura deve essere posta nell'attacco pannello – montante, per poter assorbire le dilatazioni termiche del materiale che raggiungono il valore di 1 cm/m.

La guarnizione, compatibile con il policarbonato, deve essere in EPDM della durezza di 70 shores e realizzata con profilo ad U che consenta sia di ammortizzare le sollecitazioni ed evitare la fuoriuscita dalla sede, sia di evitare la deformazione della lastra stessa. Per il fissaggio dei profili di contenimento della lastra potranno essere impiegati distanziali, in modo che la lastra conservi la sua planarità, evitando antiestetiche deformazioni dovute ad un cattivo fissaggio. La dimensione dell'incastro deve tenere conto delle dilatazioni termiche e delle deformazioni ai carichi del vento.

I pannelli in policarbonato devono rispondere inoltre alle caratteristiche tecniche sotto riportate:

Caratteristiche	Metodo prova ASTM	Esigenza minima
Densità minima	D792	1,1 g·cm-3
Resistenza a flessione	D790	100 MN·m-2
Resistenza a trazione minima	D638	65 MN·m-2
Resistenza minima all'urto Charpy con intaglio	D256	1,5 kJ·m-2
Temperatura di rammollimento VICAT minima	D1525	110°C
Coefficiente max di dilatazione termica lineare	D696	80·10-6 °C-1
Trasmissione della luce minima per lastre non colorate	D1003 Illuminante A	90%
Indice d'ingiallimento massimo dopo 1000 ore con lampada solare	D1925	2%

Tabella 5 Caratteristiche specifiche dei pannelli in policarbonato

Le prove si riferiscono a lastre incolore dello spessore di 3 mm.

## 25 Pannelli in polimetilmetacrilato (PMMA)

I pannelli in polimetilmetacrilato devono essere di tipo colato o estruso con spessore minimo di 15 mm. Essi devono essere conformi, per quanto riguarda inclusioni e tolleranze di spessore, alla norma DIN 16957 e realizzati partendo da metacrilato puro; l'impiego di materiale rigenerato per la costruzione delle lastre non è ammesso.

La guarnizione, compatibile con il metacrilato, deve essere in EPDM della durezza di 70 shores e realizzata con profilo ad U che consenta sia di ammortizzare le sollecitazioni ed evitare la fuoriuscita dalla sede, sia di evitare la deformazione della lastra stessa. Per il fissaggio dei profili di contenimento della lastra possono essere impiegati distanziali, in modo che la lastra conservi la sua planarità, evitando antiestetiche deformazioni dovute ad un cattivo fissaggio. La dimensione dell'incastro deve tenere conto delle dilatazioni termiche e delle deformazioni ai carichi del vento.

I pannelli in PMMA devono inoltre rispondere alle seguenti caratteristiche tecniche:

Caratteristiche	Metodo prova ASTM	Esigenza minima
Densità minima	D792	1,1 g·cm-3
Resistenza a flessione	D790	80 MN·m-2
Resistenza a trazione minima	D638	57 MN·m-2
Resistenza minima all'urto Charpy con intaglio	D256	70 kJ·m-2
Temperatura di rammollimento VICAT minima	D1525	140°C
Coefficiente max di dilatazione termica lineare	D696	80·10-6 °C-1
Trasmissione della luce minima per lastre non colorate	D1003 Illum. A	85%
Indice d'ingiallimento massimo dopo 1000 ore con lampada solare	D1925	6%

Tabella 6 Caratteristiche specifiche dei pannelli in polimetilmetacrilato (PMMA)

Le prove si riferiscono a lastre incolore dello spessore di 3 mm.

## 26 Pannelli in vetro

I pannelli devono essere realizzati con vetri di sicurezza stratificati, temperati, martellati o armati, con spessore minimo di 16 mm.

Una particolare cura deve essere posta nella realizzazione delle guarnizioni tra pannello e pannello e tra pannello e montante. La guarnizione tra pannello e montante deve essere in neoprene estruso di durezza 20 ÷ 30 shores, mentre la guarnizione alla base della barriera, fra pannello e piano di posa, deve essere in neoprene estruso di durezza 50 ÷ 60 shores.

Le lastre devono rispondere a quanto prescritto dalle seguenti norme:

- norma UNI 7172 in generale, capitolo 6.3 in particolare per le prove di resistenza;

- norma UNI 9186 antivandalismo, capitoli 3.1 e 6.1;
- norma UNI 9187 antiproiettile classe A 500 J capitoli 3.1 e 3.2.A;
- durezza uguale o superiore al grado 6,5 della scala di Mohs.

Il vetro deve inoltre presentare alta resistenza all'abrasione e consentire un agevole rimozione di eventuali scritte vandaliche.

## 27 Pannelli in calcestruzzo

### 28 Pannelli in calcestruzzo armato normale o precompresso

Gli elementi che costituiscono la barriera devono essere realizzati in calcestruzzo armato che risponda ai seguenti requisiti:

Caratteristica	Esigenza
Resistenza alla compressione	C32/40
Rapporto acqua/cemento	< 0,45
Slump	< 0,1%
Tipo di cemento	Pozzolanico o altoforno
Spessore pannello	≥ 8 cm
Barre di armatura	Acciaio Fe B 44K controllato e fili per la precompressione come al D.M. 27.7.85 e successive aggiunte o modifiche.
Coefficiente di permeabilità	Con prova a carico costante alla pressione di 1400 kPa su provini di 100 mm di diametro oppure, preliminarmente ai getti, su provini cubici aventi lo spigolo di 150 mm, deve essere inferiore o uguale a $10^{-10} \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$

Tabella 7 Caratteristiche specifiche dei pannelli in calcestruzzo armato normale o precompresso

Su richiesta della D.L. le superfici di calcestruzzo potranno essere protette con opportuni impregnanti, in modo da garantire l'idrofobizzazione del supporto trattato, con caratteristiche di trasparenza, traspirazione, resistenza alle intemperie, agli UV, alle muffe, ai cloruri, agli alcali ed agli agenti aggressivi presenti nelle acque meteoriche e nell'atmosfera.

La protezione della superficie deve impedire l'infiltrazione delle acque meteoriche, limitando così i rischi del gelo ed impedendo la naturale formazione di vegetazione, nonché la proliferazione di microrganismi all'interno del materiale. Tale trattamento non deve produrre effetti apprezzabili sul coefficiente di assorbimento acustico.

Il trattamento può essere costituito da una soluzione composta da acqua e silicone spruzzata sulla superficie, oppure da una soluzione a base di silani (in quantitativi dipendenti dalla porosità del supporto), applicata in stabilimento sulle superfici pulite e asciutte tramite irroratori a bassa pressione.

Eventuali sistemi di protezione diversi da quello sopra descritto possono essere autorizzati dalla D.L., previa presentazione di appositi certificati che ne caratterizzino l'efficacia.

## 29 Pannelli in calcestruzzo armato normale o precompresso e calcestruzzo di argilla espansa o pomice

Questa tipologia è costituita da pannelli a due o più strati nei quali la funzione portante è assicurata dallo strato in calcestruzzo armato, che deve avere le caratteristiche riportate al paragrafo precedente e spessore minimo 8 cm, mentre lo strato in calcestruzzo di argilla espansa o pomice, rivolto verso la sorgente di rumore, deve essere tale da realizzare le caratteristiche di fonoassorbimento richieste.

Per le caratteristiche di tali pannelli e degli inerti si deve fare riferimento rispettivamente alle normative UNI 7548 (parti I e II) e UNI 7549 (parti da 1 a 12, esclusa la parte 11).

In particolare lo strato in calcestruzzo di argilla espansa o pomice deve avere le seguenti caratteristiche:

Caratteristica	Esigenza															
Composizione inerti (secondo UNI 7549)	100% argilla espansa o pomice con granulometria passante al crivello: <table border="1" data-bbox="783 920 1326 1218"> <tbody> <tr> <td>12</td> <td>mm</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>mm</td> <td>90-100%</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>mm</td> <td>5-35%</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>mm</td> <td>0-10%</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>mm</td> <td>0-5%</td> </tr> </tbody> </table>	12	mm	100%	10	mm	90-100%	5	mm	5-35%	3	mm	0-10%	2	mm	0-5%
12	mm	100%														
10	mm	90-100%														
5	mm	5-35%														
3	mm	0-10%														
2	mm	0-5%														
Massa volumica in mucchio degli inerti (secondo UNI 7549)	Preferibilmente compresa tra 350 e 600 kg/m <sup>3</sup> e comunque mai superiore a 1100 kg/m <sup>3</sup>															
Tipo di cemento	Pozzolatico o altoforno, dosato non oltre i 250 kg per m <sup>3</sup> di inerti per non intasare i pori con perdita di efficacia antirumore.															
Resistenza alla compressione	In media 10 N/mm <sup>2</sup> , da misurarsi su cubetti stagionati con spigolo di 100 mm (norma UNI6130)															
Spessore strato in cls alleggerito	Può essere costante o variabile ma comunque mai inferiore ai 4 cm															
Barre di armatura	Acciaio Fe B 44K controllato e fili per la precompressione come al D.M. 27.7.85 e successive aggiunte o modifiche.															

Tabella 8 Caratteristiche specifiche dei pannelli in calcestruzzo

I pannelli devono avere apposita protezione della struttura cellulare in argilla espansa o pomice esposta agli agenti atmosferici mediante trattamento, per intrusione, con idoneo prodotto ad elevato potere idrorepellente, traspirante, trasparente, con ottimo ancoraggio al materiale trattato, resistente alle intemperie, agli UV, alle muffe, agli alcali, agli agenti aggressivi presenti nelle acque meteoriche e nell'atmosfera. Tale prodotto deve assicurare un'elevata durata delle proprie caratteristiche (almeno 10 anni), deve consentire l'eventuale applicazione di vernice sulla faccia

esposta del pannello ed inoltre in caso di incendio deve garantire l'assenza di esalazioni tossiche o fumi opachi.

La protezione della superficie deve impedire l'infiltrazione delle acque meteoriche, limitando così i rischi del gelo ed impedendo la naturale formazione di vegetazione, nonché la proliferazione di microrganismi all'interno del materiale. Tale trattamento non deve produrre effetti apprezzabili sul coefficiente di assorbimento acustico.

Il trattamento può essere costituito da una soluzione composta da acqua e silicone spruzzata sulla superficie, oppure da una soluzione a base di silani (in quantitativi dipendenti dalla porosità del supporto), applicata in stabilimento sulle superfici pulite e asciutte tramite irroratori a bassa pressione.

Eventuali sistemi di protezione diversi da quello sopra descritto possono essere autorizzati dalla D.L., previa presentazione di appositi certificati che ne caratterizzino l'efficacia.

### 30 Pannelli in calcestruzzo armato alleggerito con argilla espansa strutturale

Il pannello, di spessore non inferiore ai 20 cm, è costituito da un impasto omogeneo di calcestruzzo con argilla espansa che assolve contemporaneamente alle funzioni portante e di abbattimento del rumore.

Per le caratteristiche di tali pannelli e degli inerti si dovrà fare riferimento rispettivamente alle normative UNI 7548/92 (parti I e II) e UNI 7549/76 (parti da 1 a 12, esclusa la parte 11).

Caratteristica	Esigenza															
Composizione inerti (secondo UNI 7549)	100% argilla espansa o pomice con granulometria passante al crivello: <table border="1" data-bbox="783 1294 1323 1592"> <tbody> <tr> <td>12</td> <td>mm</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>mm</td> <td>90-100%</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>mm</td> <td>5-35%</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>mm</td> <td>0-10%</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>mm</td> <td>0-5%</td> </tr> </tbody> </table>	12	mm	100%	10	mm	90-100%	5	mm	5-35%	3	mm	0-10%	2	mm	0-5%
12	mm	100%														
10	mm	90-100%														
5	mm	5-35%														
3	mm	0-10%														
2	mm	0-5%														
Massa volumica in mucchio degli inerti (secondo UNI 7549)	Preferibilmente compresa tra 350 e 800 kg/m <sup>3</sup> e comunque mai superiore a 1200 kg/m <sup>3</sup>															
Tipo di cemento	Pozzolatico o altoforno, dosato a 350 – 400 kg per m <sup>3</sup> di inerti e non oltre, per non intasare i pori, con conseguente perdita di efficacia antirumore.															
Resistenza alla compressione	C20/25															
Massa volumica pannello	≥ 1400 kg/m <sup>3</sup>															
Spessore pannello	Non inferiore ai 20 cm															



Barre di armatura	Acciaio Fe B 44K controllato e fili per la precompressione come al D.M. 27.7.85 e successive aggiunte o modifiche.
-------------------	--

Tabella 9 Caratteristiche specifiche dei pannelli in calcestruzzo armato alleggerito

I pannelli devono essere oggetto di apposito trattamento delle parti esposte agli agenti atmosferici, per intrusione, con idoneo prodotto ad elevato potere idrorepellente, traspirante, trasparente, con ottimo ancoraggio al materiale trattato, resistente alle intemperie, agli UV, alle muffe, agli alcali, agli agenti aggressivi presenti nelle acque meteoriche e nell'atmosfera.

Per la protezione della superficie si rimanda a quanto descritto per i pannelli in calcestruzzo normale o precompresso.

### 31 **Montanti**

#### 32 **Montanti metallici**

I montanti metallici devono essere realizzati in acciaio con caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle del tipo Fe 360 B (secondo la Norma UNI EN 10025/92) e zincati a caldo per immersione in accordo alle Norme UNI EN 10142/92, 10143/92, 10147/93, per uno spessore non inferiore a 60  $\mu\text{m}$ , previo ciclo di sabbiatura SA 2½ oppure trattamento di decapaggio chimico. Per assicurare una buona e durevole aderenza del prodotto verniciante alla superficie zincata è richiesto inoltre l'applicazione di uno dei seguenti trattamenti della superficie, subito dopo la zincatura:

- ciclo completo di cataforesi
- ciclo completo di brugalizzazione
- lavaggio e sgrassaggio delle superfici zincate, seguiti da applicazione di uno strato di fondo a base di pittura epossidica al fosfato di Zn (spessore 60 ÷ 80  $\mu\text{m}$ ), quindi da uno strato di copertura a base di pittura poliuretanica (spessore 60 ÷ 80  $\mu\text{m}$ ).

La successiva verniciatura deve essere effettuata a polveri o a smalto e seguita da polimerizzazione a 140°.

Lo spessore minimo locale della protezione, compreso lo spessore della zincatura, deve essere di almeno 180  $\mu\text{m}$  in modo da realizzare una superficie esente da pori.

Il fornitore deve comunque indicare il sistema del trattamento previsto per protezione anticorrosiva della superficie dei diversi elementi ed allegare le schede tecniche dei prodotti vernicianti e le modalità di applicazione.

Il colore delle protezioni anticorrosive deve essere preventivamente concordato con la D.L..

In caso di incendio i materiali impiegati non devono sviluppare gas tossici o fumi opachi.

Le prove previste sul montante sono le seguenti:

- verifica della zincatura;
- misura degli spessori degli strati protettivi;
- controllo della rispondenza dei prodotti vernicianti alle caratteristiche dichiarate.

Sui profili costituenti i montanti che non risultino "prodotti qualificati" ai sensi DM 09/01/96 "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche", e ss.mm.ii., devono essere effettuate tutte le prove meccaniche e chimiche previste dalle norme UNI in numero atto a fornire un'idonea conoscenza delle proprietà di ogni singolo lotto di fornitura e comunque almeno tre saggi per ogni 20 t di ogni singolo profilo.

Tutti i singoli valori sperimentali devono rispettare le prescrizioni di cui ai prospetti 2-I e 2-II del DM citato per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche e, alle tabelle UNI corrispondenti, per quanto riguarda le caratteristiche chimiche.

### 33 Montanti in calcestruzzo armato

I montanti in calcestruzzo armato sono, normalmente, elementi prefabbricati; essi devono essere realizzati con calcestruzzo rispondente agli stessi requisiti prescritti al paragrafo 28 per i pannelli in calcestruzzo armato.

I montanti risultano predisposti, al proprio interno, per gli eventuali dispositivi per l'ancoraggio delle pannellature prefabbricate.

### 34 Porte di ispezione e sicurezza

Le porte di ispezione e di sicurezza devono essere poste ad una distanza non superiore a 300 m l'una dall'altra; la distanza è da considerarsi quale valore massimo e pertanto è lasciato al progettista il corretto distanziamento delle vie d'uscita in relazione al contesto ambientale, morfologico, ecc. in cui viene inserita la protezione acustica.

Le porte devono rispettare le seguenti prescrizioni:

- Larghezza libera:  $\geq 85$  cm.
- Altezza libera:  $\geq 190$  cm.

Le caratteristiche antifoniche delle porte devono corrispondere a quelle delle pareti. A tal fine le porte devono essere realizzate con un pannello dello stesso tipo di quelli utilizzati per le pareti, montato su opportuno telaio. Particolare attenzione deve essere posta nella realizzazione delle giunzioni tra parti fisse e parte mobile, facendo in modo che i coefficienti di assorbimento e di isolamento dell'intera parete non siano pregiudicati.

Le porte devono essere provviste di maniglione di apertura di tipo antipanico, apribile solo dall'interno; dall'esterno l'apertura deve essere possibile solo con apposita chiave in dotazione ai posti di manutenzione.

La segnalazione delle porte deve essere seguita secondo le norme per le uscite di sicurezza.

Le porte devono essere facilmente apribili anche in caso di gelo.

Le porte possono essere sostituite da interruzioni della barriera secondo le indicazioni del progettista.

### 35 Sigillanti e guarnizioni

Sigillanti e guarnizioni devono garantire nel tempo l'ermeticità acustica e devono quindi resistere all'invecchiamento da agenti naturali (raggi UV, variazioni di temperatura, ecc.).

Il fornitore deve specificare preventivamente le caratteristiche tecniche dei materiali utilizzati per i sigillanti e le guarnizioni specie per quanto riguarda la qualità dell'elemento elastico e la sua resistenza all'invecchiamento. Detti materiali devono inoltre rispettare le seguenti prescrizioni della norma DIN 53571:

Caratteristica	Esigenza minima
----------------	-----------------

Allungamento alla rottura a + 20°C	Almeno 380%
Allungamento alla rottura a – 20°C	Almeno 350%
Resistenza alla rottura a + 20°C	Superiore a 10 N/mm <sup>2</sup>

Tabella 10 Caratteristiche specifiche di sigillanti e guarnizioni

Il profilo della guarnizione deve essere studiato in modo tale da evitare la fuoriuscita del pannello nel momento di maggiore sollecitazione e contemporaneamente ammortizzare le vibrazioni dello stesso.

Le guarnizioni da utilizzare con i pannelli in policarbonato o in metacrilato devono essere realizzate con materiale compatibile con tali prodotti e non devono contenere acido acetico.

La D.L. avrà la facoltà di eseguire le prove che riterrà opportune per la verifica di tali caratteristiche.

### **36 Accessori metallici**

Tutti gli elementi metallici non precedentemente contemplati (viti, dadi, rivetti, rondelle elastiche, distanziatori, tirafondi, ecc.) devono essere in acciaio inossidabile AISI 306 o AISI 430 o in acciaio zincato a caldo per immersione in accordo alle Norme UNI EN 10142/92, 10143/92, 10147/93, per uno spessore non inferiore a 60 µm (ad eccezione delle piastre di base per le quali vale quanto indicato per i montanti in acciaio zincato).

Nel caso di pannelli in lega leggera possono essere usati elementi metallici sia in acciaio inox che in alluminio.

Per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche, valgono le seguenti prescrizioni:

- Tirafondi: il materiale deve avere caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle del tipo Fe37BkB della Norma UNI 7356/76.
- Piastre di base: sono realizzate con acciaio con caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle del tipo Fe 360B secondo la Norma UNI 7070.
- Bulloni: devono appartenere alla classe di resistenza 8.8 della UNI 3740 associata nel modo indicato nel prospetto 2 –III della CNR-UNI 10011/85.

### **37 Caratteristiche costruttive generali delle barriere artificiali**

La geometria degli schermi acustici risulta indicata negli elaborati grafici di progetto, redatti secondo gli schemi tipologici allegati, che devono essere sottoposti all'approvazione della D.L..

In caso di montaggio scalettato, la distanza da terra del bordo superiore dei pannelli deve essere ovunque non inferiore a quella ottimale prevista per l'attenuazione richiesta.

Le barriere devono essere poste ad una distanza dal ciglio stradale così come indicato nei disegni tipologici e tale da consentire un agevole uso delle infrastrutture stradali e da ottimizzare l'abbattimento di energia sonora.

I materiali costituenti le barriere devono essere forniti nei colori indicati sugli elaborati progettuali. Fra i montanti e i pannelli e tra pannello e pannello devono essere previste guarnizioni acusticamente ermetiche, descritte negli elaborati di progetto, mentre tra pannelli e fondazioni in calcestruzzo devono essere previsti elementi sigillanti.

Tutta la barriera deve essere costruita in modo da evitare in ogni punto il ristagno dell'acqua. In particolare per i pannelli composti l'acqua deve fuoriuscire facilmente dai singoli pannelli e non

ristagnare sia fra pannello e pannello sia tra pannello inferiore della parete e superficie di appoggio.

Le soluzioni costruttive devono consentire la rimozione senza che occorra la demolizione della relativa fondazione. I getti di bloccaggio devono essere effettuati con idonee malte cementizie di tipo reoplastico.

Il materiale fonoassorbente deve essere assicurato in modo tale da evitarne spostamenti e piegature e deve essere protetto in modo che non possa impregnarsi d'acqua e non possa essere facilmente danneggiato.

Devono inoltre essere previsti dei dispositivi atti a impedire l'asportazione dei pannelli.

I vincoli obbligatori quali: interasse dei montanti, tipologia di fondazione, pannelli e parti speciali, devono essere indicati sui disegni tipologici.

### **38** *Barriere sui ponti e viadotti*

Nella zona di giunto dei ponti e viadotti deve essere prevista una doppia parete su due lati degli elementi affiancati ravvicinati il più possibile, ma sempre in modo da permettere le libere dilatazioni dell'opera d'arte. Le due pareti dovranno avere una sovrapposizione pari all'escursione massima del giunto maggiorata di almeno 50 cm e dovranno essere vincolate alle strutture in modo che non sia impedito il movimento di dilatazione del ponte o del viadotto.

Nel caso di insonorizzazione di ponti metallici la struttura portante dei pannelli deve preferibilmente essere distinta da quella delle travate metalliche e intorno ad esse e ai relativi apparecchi d'appoggio deve essere lasciato spazio sufficiente per l'effettuazione delle ispezioni e degli interventi di manutenzione.

Si deve inoltre tenere conto delle deformazioni delle travate metalliche sia per effetto dei sovraccarichi che delle dilatazioni termiche.

Per dilatazioni inferiori a 5 cm, deve essere disposto un giunto in neoprene tra i due montanti della barriera o un idoneo sistema atto a consentire la libera dilatazione del manufatto.

I vincoli obbligatori quali: interasse dei montanti, tipologia di fondazione, pannelli e parti speciali, devono essere indicati sui disegni tipologici.

### **39** *Protezione elettrica*

I montanti metallici vanno ancorati al basamento di calcestruzzo proteggendone la parte immersa e, per almeno 10 cm, anche la parte che fuoriesce dal basamento mediante un opportuno mezzo isolante in modo da ostacolare il passaggio di correnti vaganti tra terra e barriera.

I singoli pannelli ed i montanti metallici devono essere collegati attraverso un cavo in rame di opportune dimensioni che corre lungo tutta la barriera.

Per le modalità di messa a terra e per il dimensionamento del suddetto cavo si dovrà fare riferimento alla Norma CEI 9.6 vigente.

Se la barriera viene posta in opera su un viadotto in c.a. la continuità metallica sia della barriera che del cavo in rame deve essere interrotta in corrispondenza dei giunti di dilatazione delle travate del viadotto ed il cavo dovrà essere collegato elettricamente all'armatura metallica del cemento armato in un solo punto per ogni travata.

## 40 Schermi totali con grigliati acustici

Si definiscono schermi totali le coperture a cielo aperto con griglia a deflettori (baffles), in grado di garantire riduzioni di rumore anche ai piani alti degli edifici consentendo al tempo stesso una buona illuminazione ed areazione dell'infrastruttura. Lo schermo è costituito da una struttura di supporto principale alla quale sono fissati i pannelli deflettori.

## 41 Elementi anti-diffrattivi

L'efficacia in sito di uno schermo acustico è, in gran parte, limitata dal fenomeno della diffrazione sullo spigolo superiore: per ridurre questo fenomeno è possibile installare sulla sommità di barriere antifoniche o su manufatti esistenti degli appositi dispositivi antidiffrattivi.

Tali dispositivi consentono, grazie alle loro caratteristiche di fonoassorbenza, di ridurre l'altezza di una qualsiasi barriera con benefici economici e di impatto ambientale.

## 42 Valutazione delle caratteristiche acustiche degli elementi anti-diffrattivi

L'importanza del fenomeno della diffrazione dipende dalla localizzazione della sorgente acustica e del punto di misura rispetto allo schermo acustico.

Quindi, contrariamente alla trasmissione e all'assorbimento, la diffrazione non è una caratteristica intrinseca: così le distanze relative sorgente–schermo e schermo–punto di misura, hanno una notevole importanza nei confronti della prestazione del sistema antidiffrattivo provato.

Peraltro è molto importante essere in grado di caratterizzare questo fenomeno in condizioni di riferimento al fine di consentire da una parte la qualificazione in fabbrica e dall'altra il confronto dei prodotti in condizioni simili.

Come è stato detto la diffrazione non è una caratteristica intrinseca del materiale, perciò è necessario analizzare il contesto in cui la barriera sarà messa in opera: inserita come rialzo della barriera (ed esempio su una barriera esistente), mantenendo fissa l'altezza massima oppure ancora dimensionando la barriera di efficacia equivalente nel caso di nuove barriere.

Le tre tipologie di analisi sono mostrate nello schema:

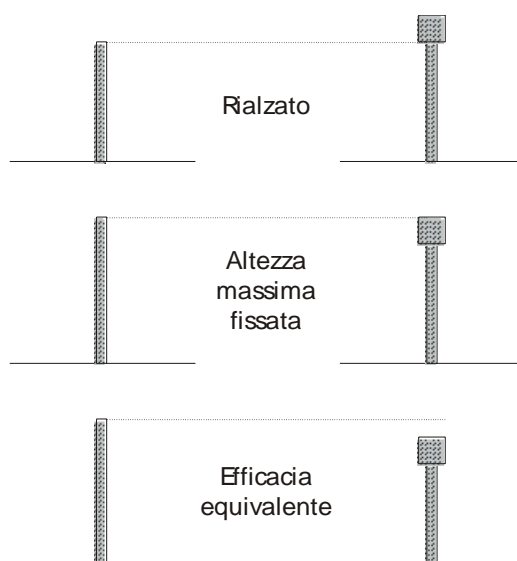


Figura 4 Tipologie di analisi sugli elementi antidiffrattivi

### 43 Metodologia e modalità di esecuzione della prova

La metodologia di prova descritta segue la prima tipologia di analisi.

La prova consiste nell'adottare il metodo impulsivo (largamente sperimentato in Francia), al fine di determinare il parametro  $IL$  (*Insertion Loss*, perdita di energia in diffrazione):

$$IL_{AD} = IL_1 - IL_2$$

dove:

$IL_1$  = attenuazione della barriera con l'aggiunta dell'elemento antidiffrattivo

$IL_2$  = attenuazione ottenuta dalla sola barriera

$IL_1$  e  $IL_2$  sono ottenuti dalla formula:

$$IL = 20 \cdot \log\left(\frac{P_d}{P_i}\right) - 20 \cdot \log\left(\frac{d_2}{d_1}\right)$$

dove:

$P_d$  = pressione acustiche diffratta dallo spigolo superiore

$P_i$  = pressione acustica incidente

$d_1$ ,  $d_2$  = distanze sorgente–microfono secondo il seguente schema:

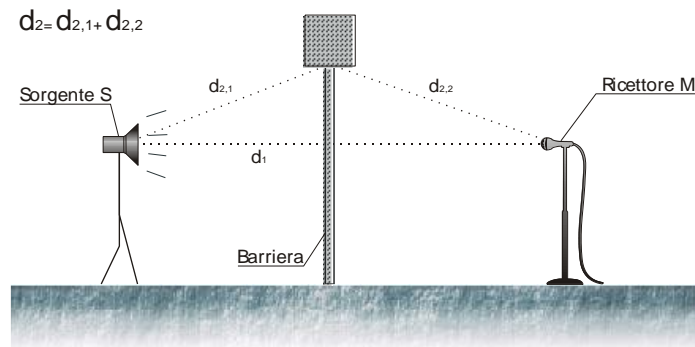


Figura 5 Schema per il calcolo dei valori di  $IL$

Il parametro  $IL$  è di solito positivo: ciò vuol dire che l'inserimento del dispositivo antidiffrattivo permette normalmente di ottenere una diminuzione di livello sonoro al di là dello schermo; può essere negativo in alcuni casi marginali.

La sorgente sonora è costituita da un generatore di rumore rosa in un campo di frequenza compreso fra 100 e 5000 Hz.

L'efficacia in diffrazione dipende fortemente dalla frequenza, come la trasmissione (debole alle basse frequenze e forte alle alte frequenze), e anche dall'altezza del microfono rispetto allo schermo.

La prova consiste nel mettere in opera uno o più pannelli preferibilmente in calcestruzzo in modo da formare una barriera lunga 8 m, come indicato sullo schema in Fig. 6.

Lo spazio davanti e dietro deve essere libero per permettere il posizionamento dei microfoni.

La prova va eseguita in una zona con superficie piana il più possibile riflettente (ad esempio battuto di cemento, asfalto non drenante o simili), privo di ostacoli acustici nel raggio di almeno 50 m dalla barriera, dalle sorgenti e dai punti di misura; su autorizzazione della D.L. potrà essere effettuata in un prato piano con erba o vegetazione di altezza non superiore a 5 cm.

L'altezza della barriera deve essere di 3 m al fine di conservare la coerenza con le misure di trasmissione e di assorbimento.

E necessario ripetere l'esperimento per almeno 5 altezze dei microfoni in modo da avere una caratterizzazione completa dell'irraggiamento acustico.

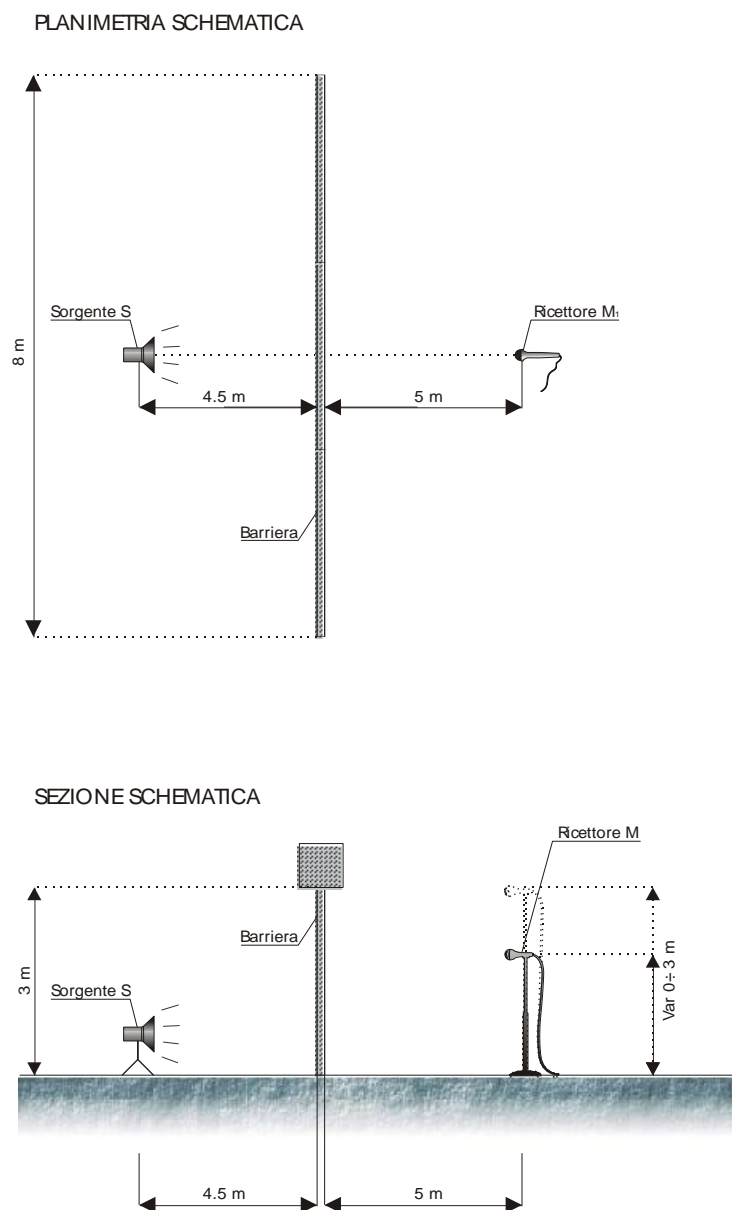


Figura 6 Schema della prova su elementi antidiffrattivi



#### **44 Caratteristiche dei materiali**

Gli apparecchi antidiffrattivi sono normalmente realizzati in elementi lineari con le seguenti caratteristiche:

- Elemento esterno, costituito da componenti in lamiera di acciaio zincato o di alluminio opportunamente sagomati e forati;
- Elemento interno fono isolante, costituito da un elemento tubolare in acciaio zincato di adeguato spessore;
- Materiale fonoassorbente, interposto tra i due elementi interno ed esterno, costituito da lana minerale;
- Coprigiunti ed elementi terminali, che consentono la giunzione e la chiusura dei dispositivi antidiffrattivi;
- Strutture di sostegno, che consentono il fissaggio dei dispositivi antidiffrattivi alle barriere o ad altri manufatti.

I componenti in acciaio zincato e in alluminio, così come i materiali fonoassorbenti devono essere conformi a quanto richiesto per le parti omologhe dei pannelli fonoassorbenti metallici (si vedano il paragrafo 17) per quanto riguarda caratteristiche meccaniche, di durezza, di protezione dalla corrosione, ecc.

#### **45 Biomuri**

I biomuri sono costituiti da strutture a sezione trapezoidale o rettangolare, formate da un reticolo portante tridimensionale, drenante, realizzato mediante sovrapposizione di appositi elementi prefabbricati in c.a.v. o in legno opportunamente trattato, in modo da formare dei contenitori aventi larghe superfici aperte ed al cui interno viene insilato del materiale inerte terroso, che permette l'impianto di essenze vegetali rampicanti e/o cespugli.

Possono anche essere posati in modo da formare un muro di sostegno, disposto in adiacenza all'infrastruttura stradale, che sostiene un terrapieno che si ricongiunge dal lato opposto, con varie forme e pendenze, al piano campagna.

La realizzazione del muro consiste nella fornitura e posa in opera degli elementi prefabbricati, comprese le basi di appoggio, il riempimento con il terreno, il rinverdimento effettuato con essenze resistenti e sempreverdi, nonché tutte le opere ed i lavori necessari per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

La struttura normalmente risulta composta da spazi aperti o nicchie esposte all'acqua piovana ma deve essere attentamente valutata la necessità di un sistema di irrigazione da alimentare in modo opportuno.

#### **46 Certificazione acustica dei biomuri**

Per i biomuri deve essere eseguita una prova di attenuazione in campo libero, dalla quale l'indice di isolamento acustico deve risultare superiore o uguale a 24 dB. Il suo valore sarà determinato secondo la norma ISO 140/3-1978 e la ISO 717/1-1982 e successivi aggiornamenti.

Inoltre, per quanto riguarda la messa in opera, la costruzione della barriera deve risultare acusticamente ermetica, in particolare in corrispondenza dei giunti di dilatazione, delle uscite di sicurezza, dei raccordi di manufatti, ecc. Questa proprietà deve essere assicurata mediante un

corretto montaggio degli elementi e un corretto insilaggio del terreno, nonché mediante l'impianto di adeguate essenze vegetali rampicanti e/o cespugli.

#### **47 Certificazione dei materiali e caratteristiche dei biomuri**

I materiali che costituiscono l'opera di sostegno del biomuro sono:

- elementi che formano il reticolo di sostegno, che possono essere prefabbricati in c.a.v., oppure in legno trattato;
- terreno di riempimento.

Gli elementi di sostegno ed il terreno di riempimento occorrente per la costruzione delle opere devono risultare rispondenti, inoltre, ai requisiti di cui ai punti seguenti.

#### **48 Elementi prefabbricati**

Gli elementi prefabbricati costituenti il muro devono essere modulari e vincolabili, atti a qualsivoglia configurazione planimetrica, comprese le curvilinee, e devono permettere la realizzazione dell'opera con paramento verticale o a scarpa.

Importante è la giusta valutazione della proporzione tra quantità di terreno e di cemento armato; inoltre, visto che il cemento armato riflette l'energia sonora, nel formare il paramento esposto del manufatto si deve fare in modo di ridurre al minimo indispensabile la struttura in cemento armato a vista infittendo quanto più possibile la vegetazione oppure rivestendo le superfici esposte in modo che risultino almeno parzialmente fonoassorbenti.

Le dimensioni e la forma geometrica di questi elementi prefabbricati variano sia per la funzione da loro esplicata nell'ambito della struttura reticolare, sia per le diverse esigenze produttive delle case costruttrici; in ogni caso i singoli elementi dovranno presentare gli appositi alloggiamenti necessari per garantire il loro incastro durante la realizzazione del muro, e devono rispettare i requisiti riportati nella specifica e nei disegni di progetto.

Le caratteristiche geometriche degli elementi e le modalità esecutive della struttura devono essere tali da impedire la fuoriuscita del materiale di riempimento.

La struttura reticolare così formata deve avere una modularità costante, componibile tridimensionalmente, in modo da poter realizzare muri cellulari di sezione anche variabile il cui peso, al netto del materiale di riempimento, deve essere non inferiore a 300 Kg/m<sup>3</sup>.

La configurazione e le dimensioni delle opere da realizzare devono essere uniformi ai disegni di progetto allegati o che in corso d'opera saranno forniti dalla D.L.

Gli elementi del muro cellulare sono prefabbricati mediante specifico macchinario che consente la produzione a sforno immediato, ovvero ad immediata scasseratura dell'elemento prefabbricato, subito dopo l'esecuzione delle operazioni di getto e di vibratura.

Particolare cura deve essere adottata nella fondazione degli elementi principali portanti specialmente se si sta operando sui bordi dei rilevati: si potranno utilizzare micropali stabilizzati o fondazioni a platea, a seguito degli opportuni calcoli statici.

Detti elementi prefabbricati, prodotti in dimensioni e forma diverse a seconda delle funzioni esplicate nell'ambito della struttura, devono avere una adeguata armatura metallica, secondo le norme tecniche costruttive relative alle opere di calcestruzzo armato di cui alla Legge 5.11.1971 n. 1086 e successive modificazioni, e una resistenza caratteristica del conglomerato cementizio a 28 gg C25/30 al fine di poter sostenere tutte le sollecitazioni derivanti dalle spinte delle terre sia interne che esterne in zona sismica di prima categoria.

I materiali che costituiscono i singoli elementi prefabbricati devono avere le seguenti caratteristiche:

Caratteristica	Esigenza
Barre e reti elettrosaldate di armatura	Acciaio FeB 38K controllato o FeB 44K controllato.
Tipo di cemento	325 o superiore, dosato a 400 kg/m <sup>3</sup> impasto
Rapporto acqua/cemento	0.45
Vibratura	9000 Hz
Resistenza alla compressione	C28/35

Tabella 11 Caratteristiche specifiche di elementi prefabbricati dei biomuri

Prima dell'inizio dei lavori la D.L. si riserva la facoltà di accettare l'idoneità (dimensionale e costruttiva) degli elementi componenti la struttura.

#### **49 Elementi in legno trattato**

Per quanto riguarda la fornitura degli elementi modulari prefabbricati e in legno, l'Impresa fornitrice è tenuta a produrre adeguata certificazione che ne comprovi le caratteristiche fisiche e meccaniche.

La gabbia in legno deve essere costituita da elementi modulari a incastro trattati con miscela preservante CCA, a carico di ritenzione di 16 l/m<sup>3</sup>, densità umida di 8 kN/m<sup>3</sup>.

#### **50 Caratteristiche del terreno di riempimento**

I migliori valori di fonoassorbimento si ottengono con composta completamente matura, terra vegetale ricca di humus o con miscuglio di queste due terre. Un terriccio completamente maturo oltre ad aumentare la caratteristica fonoassorbente permette infatti una vegetazione permanente. La premessa da soddisfare è il tenore di sostanze organiche convertibili e, come già accennato, un elevato tenore di humus.

Le caratteristiche di un terriccio completamente fermentato che determinano la sua particolare attitudine come materiale di riempimento sono le seguenti:

- elevata percentuale di sostanza organica per il bilancio dell'humus;
- elevato volume delle porosità;
- elevato ritenimento idrico;
- elevato contenuto di organismi del terreno;
- quote di elementi principali ed oligoelementi;
- elevata capacità di scambio di ioni (potere di fissare le sostanze nutritive);
- insensibile all'erosione;
- insensibile agli assestamenti del terreno;
- buona ventilazione.

Per ulteriori caratteristiche prescritte per i terreni vegetali si rimanda all'apposita sezione all'interno delle "Norme tecniche per le opere a verde".

Per l'accettazione del terreno di riempimento, in considerazione dei requisiti previsti in progetto, la D.L. potrà richiedere l'esecuzione di analisi granulometriche, limiti di Attenberg e prove di taglio diretto con scatola di Casagrande.

Dopo la messa in opera di ogni strato la Direzione lavori potrà richiedere la verifica del grado di costipamento mediante prove di controllo della densità in sito e della densità di riferimento in laboratorio. Le prove geotecniche in sito ed in laboratorio dovranno essere eseguite da un laboratorio ufficiale approvato dalla D.L.

### **51** *Essenze vegetali*

Per la scelta della tipologia di piante si rimanda al progetto esecutivo mentre per il reperimento, le modalità di piantumazione e manutenzione si rimanda alle disposizioni riportate nella sezione "opere a verde".

### **52** *Caratteristiche costruttive dei biomuri*

Il piano di fondazione sarà di norma realizzato in conglomerato cementizio avente  $R'_{ck} > 15 \text{ N/mm}^2$  e dovrà essere livellato per un più agevole posizionamento delle basi di appoggio degli elementi modulari.

Per realizzare in elevazione il muro cellulare inizialmente occorrerà mettere in opera perfettamente in piano le basi di appoggio, quindi si procederà al montaggio sistematico degli elementi modulari incastrandoli tra loro sia longitudinalmente, sia trasversalmente, sfruttando gli appositi alloggiamenti presenti sugli elementi stessi, si otterrà così la caratteristica forma reticolare.

Una volta eseguita la struttura in elevazione occorrerà procedere al riempimento del reticolo così montato, stendendo il materiale di riempimento parallelamente al paramento esterno ed a strati di spessore costante in modo da agevolare la successiva compattazione qualora il riempimento della struttura reticolo venga eseguito con materiale terroso reperibile in loco.

Lo spessore della strato, allo stato sciolto, sarà stabilito di volta in volta dalla D.L. o da quanto riportato nei disegni di progetto, in ragione delle caratteristiche dei materiali e delle modalità di compattazione.

Per tale operazione devono essere sottoposte alla preventiva approvazione della D.L. il tipo, le caratteristiche ed il numero dei mezzi di compattazione nonché le modalità esecutive di dettaglio (numero di passate, velocità operativa, frequenza). Per il modesto sviluppo planimetrico dei manufatti e per l'esiguità degli spazi disponibili si useranno mezzi di compattazione leggeri quali piastre vibranti e costipatori vibranti azionati a mano.

Ogni strato verrà messo in opera con un grado di Compattazione pari al 90% del valore fornito dalla prova Proctor modificato (ASTM D1557).

### **53** *Dune e rimodellamenti morfologici*

I rimodellamenti morfologici utilizzati come barriere al rumore emesso dall'infrastruttura stradale possono essere realizzati per mezzo di:

- terrapieni a pendenza naturale;
- strutture in terra rinforzata o geosacchi.

Le barriere di questo tipo sono chiamate anche naturali perché in esse l'elemento naturale (terra, vegetazione, humus) assolve sia al ruolo funzionale che alla funzione estetica.

## **54 Terrapieni a pendenza naturale**

I terrapieni a pendenza naturale integrati da vegetazione presentano ottime prestazioni acustiche e di inserimento paesaggistico, ma hanno lo svantaggio di una notevole occupazione planimetrica.

Il terrapieno deve essere progettato, all'interno del progetto esecutivo, secondo calcoli di stabilità sviluppati sulla base delle caratteristiche geotecniche del terreno.

Per quanto riguarda le modalità di esecuzione di scavi e sbancamenti, di preparazione o sagomatura dei pendii, nonché la eventuale predisposizione di elementi drenanti alla base, il reperimento del materiale costituente il rilevato ed ogni altra categoria accessoria di lavoro si rimanda alle disposizioni della sezione "Movimenti di Terra" delle presenti Norme tecniche; per il ciclo di idrosemina si rimanda invece alle prescrizioni della sezione "opere in verde".

Il terreno di riempimento può provenire sia da scavi precedentemente eseguiti (se ritenuto qualitativamente idoneo), sia da cave di prestito, e deve appartenere ai gruppi A1-a, A3, A2-4 e A2-5 della classificazione UNI 10006 con esclusione di pezzature superiori a 25 cm. I gruppi A2-6 A2-7 possono essere impiegati purché l'indice plastico  $I_p$  sia inferiore a 30; per i materiali con passante al setaccio n. 200 (0.0074 mm) maggiore del 35% è necessario che il passante ai 20 micron (0.020 mm) sia inferiore al 40% e l'indice plastico  $I_p < 30$ . Qualora siano richiesti particolari capacità drenanti al manufatto, il materiale deve appartenere alla classi A1, A3.

In ogni caso saranno esclusi i materiali che, presentino angoli di resistenza al taglio minori di quelli previsti in progetto e comunque inferiori a 25°; il peso di volume del terreno di riempimento deve essere superiore a 1.7 t/m<sup>3</sup>.

## **55 Strutture in terra rinforzata**

Il rimodellamento morfologico consiste nella realizzazione di rilevato o terrapieno a scarpata stabilizzata, con paramento esterno rinverdito, armato mediante manufatti a struttura regolare detti "geogriglie", costituiti da polietilene ad alta densità o polipropilene stabilizzato od altri polimeri, aventi elevata resistenza meccanica, chimica e fisica e stabilizzati all'azione di raggi U.V., con inclinazione fino a 90° rispetto al piano orizzontale.

Il terrapieno deve essere progettato secondo calcoli di stabilità sviluppati sulla base delle caratteristiche geotecniche del terreno da utilizzare per il rilevato e deve essere realizzato secondo la conseguente configurazione. La tipologia e le caratteristiche meccaniche delle georeti nonché il loro posizionamento devono essere conformi alle risultanze dei calcoli sviluppati.

La realizzazione avviene mediante la formazione di strati successivi con sequenze ripetitive di posa della geogriglia, stesa e compattamento del materiale a strati sovrapposti ognuno di altezza non superiore a 25 cm.

Le geogriglie da impiegarsi devono avere una struttura regolare formata dalla stiratura mono-biassiale di un foglio continuo ed avere aperture, geometria, costole e giunzioni nelle sezioni di incrocio tali da permettere un significativo collegamento meccanico con il materiale da rinforzare. Devono inoltre avere una elevata rigidità a flessione ed un elevato modulo elastico in relazione al materiale da rinforzare, ed una elevata continuità della resistenza elastica lungo tutte le costole e giunzioni della struttura.

Le geogriglie devono essere resistenti al degrado dovuto ai raggi ultravioletti, ai danneggiamenti durante una normale posa in opera, ed a tutte le forme di degrado chimico o biologico normalmente incontrate nel materiale che deve essere consolidato. Il livello di sollecitazione e le caratteristiche delle geogriglie devono essere certificate per una vita di oltre 120 anni.

Per le modalità di esecuzione di scavi e sbancamenti, di preparazione o sagomatura dei pendii, nonché per la eventuale predisposizione di elementi drenanti alla base si rimanda alle disposizioni della sezione "Movimenti di Terra" delle presenti Norme tecniche.

Per le caratteristiche del terreno di riempimento si rimanda a quanto descritto al per i terrapieni a pendenza naturale.

Una variante di questo sistema consiste nell'utilizzo dei "geosacchi": si procede alla realizzazione di una parete con sacchi sovrapposti di tessuto non tessuto riempiti di miscela di terreno vegetale e concimi. Il lato della parete rivolto verso l'infrastruttura può essere quasi verticale mentre l'altro lato forma con il piano d'appoggio un angolo acuto.

Le superfici esterne delle pareti devono essere adeguatamente trattate al fine di ottenere un rivestimento vegetante in un periodo massimo di 180 giorni.

Le modalità costruttive e la conformazione del terrapieno consentono di considerare questo tipo di barriera come una struttura monolitica appoggiata al suolo, quindi devono essere verificate le consuete condizioni di stabilità al ribaltamento, allo scivolamento e allo schiacciamento. La scarpata o il rilevato stradale devono essere predisposti alla posa dei geosacchi mediante livellamento e/o gradonatura. Alla base del piano di posa possono essere realizzati drenaggi longitudinali per la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche per impedire il ruscellamento della scarpata.

Il sacco contiene terriccio di alta qualità con l'aggiunta di semi di varie essenze, oligoelementi ed attivanti della flora batterica. L'involucro è costituito da tessuto non tessuto imputrescibile, cucito a forma di sacco e con numerosi tagli per consentire una migliore germinazione e la fuoriuscita delle plantule. Le dimensioni e il peso di ciascun geosacco devono consentire una facile lavorabilità al fine di un'agevole costruzione della barriera.

## **56 Ulteriori tipologie di intervento**

### **57 Barriere vegetali (Fasce boscate)**

Le barriere vegetali sono schermature costituite da vegetazione specializzata per tipo di essenza e sesto di impianto, le quali, pur in misura modesta, consentono di deviare, assorbire, riflettere e rifrangere il rumore.

Per la scelta della tipologia di piante ed il sesto d'impianto si rimanda al progetto esecutivo mentre per la reperimento, la modalità di piantumazione e manutenzione si rimanda alle disposizioni riportate nella sezione "opere a verde".

### **58 Pavimentazioni antirumore**

Le pavimentazioni antirumore sono classificate secondo le seguenti tipologie:

- microtappeti realizzati con conglomerati bituminosi aventi granulometria fine o molto fine ed inerti porosi, oppure tramite trattamenti superficiali a base di resina epossidica;
- rivestimenti con conglomerati bituminosi drenanti, di spessore sottile (da 3 a 8 cm) e porosità variabile costituiti da una miscela di pietrischetti frantumati, sabbie ed eventuale additivo impastato a caldo con bitume modificato;

- rivestimenti con conglomerati bituminosi drenanti o conglomerati di calcestruzzo poroso, di spessore medio-alto (da 15 a 50 cm) e porosità crescente dal basso verso l'alto;
- pavimentazioni eufoniche costituite da uno strato di conglomerato bituminoso drenante di spessore 4÷6 cm posto al di sopra di una piastra continua in conglomerato di cemento armato comprendente elementi idonei a migliorare l'assorbimento alle basse frequenze.

Le caratteristiche di assorbimento acustico delle pavimentazioni ad effetto antirumore possono essere verificate con i seguenti metodi:

- in laboratorio applicando il metodo ad onde stazionarie (attrezzatura denominata "tubo di Kundt") in condizioni di incidenza normale su carote di 10 cm di diametro, prelevate in situ dopo il 15° giorno dalla stesa del conglomerato
- in situ applicando il metodo dell'impulso riflesso (Norme ISO 11819-1 e 2, ISO 13472-1 e 2 per misure in situ) con una incidenza radente di 30°.

Relativamente ai requisiti acustici in opera, tali pavimentazioni mediamente garantiscono i coefficienti di fonoassorbimento riportati nella seguente tabella.

Incidenza normale ( $\theta = 90^\circ$ )				Incidenza radente ( $\theta = 30^\circ$ )			
Hz	400-630	800-1600	2000-2500	Hz	400-630	800-1600	2000-2500
$\alpha_s >$	0.10	0.30	0.50	$\alpha_s >$	0.25	0.50	0.25

## 59 Giunti silenziosi

Si definiscono giunti silenziosi i giunti che generano incrementi del livello sonoro equivalente, rispetto ai tratti adiacenti, inferiori ai seguenti valori:

Giunti a piccola escursione (< 50 mm)	
Tipo di veicolo	dB(A)
Leggero	1,5
Pesante	2,0

Giunti a grande escursione (> 50 mm)	
Tipo di veicolo	dB(A)
Leggero	2,5
Pesante	3,0

Tabella 12 Caratteristiche acustiche di giunti silenziosi

## 60 Rivestimenti fonoassorbenti in galleria

L'intervento consiste nella posa di pannelli prefabbricati in calcestruzzo con spessore di 10 ÷ 20 cm. Nella parte superiore i pannelli sono opportunamente sagomati in modo da poter ottenere l'alloggiamento per il corpo illuminante ed una piccola plancia per l'appoggio dei cavi di alimentazione delle lampade stesse e di tutte le apparecchiature elettriche necessarie.

La superficie in vista del pannello deve essere finita a calcestruzzo canettato colore naturale, risultante dal getto su matrice in gomma.

L'appoggio del pannello deve essere costituito da un cordolo guida in calcestruzzo prefabbricato, da posarsi su letto di compensazione in malta di cemento ed ancorato alla sottostante struttura



della sede viaria o del marciapiede mediante la posa di spinotti in acciaio, inghisati con malta antiritiro.

Gli ancoraggi alla parete strutturale della galleria sono ottenuti con accessori metallici in acciaio inox posti nella parte superiore, costituiti da profili, staffe, barre tirafondo, dadi, rondelle antisvitamento, ecc. in parte gettati nel prefabbricato ed in parte ancorati alle strutture della galleria mediante uso di malte antiritiro e di resine epossidiche.

## **61 Intervento diretto sui ricettori**

Qualora non si raggiungano i limiti prefissati con l'adozione di tutti i possibili interventi di cui sopra, possono essere eccezionalmente adottati provvedimenti di protezione acustica nei singoli locali all'interno delle abitazioni, ricorrendo per esempio a finestre antirumore autoventilate, ad intonaci, cavità o oggetti fonoassorbenti ecc. Tali provvedimenti devono essere giustificati e motivati con apposita relazione tecnica, in cui risulti la compatibilità con la normativa vigente.

## **62 Pannelli per fase di cantiere**

L'intervento consiste nella posa di pannelli fonoassorbenti e fonoisolanti, modulari e componibili, montati su recinzione preesistente o con montanti verticali di sostegno

I pannelli devono poter essere montato senza discontinuità, in modo da poter risultare utile anche come schermatura visiva e barriera per il contenimento delle polveri del cantiere.

L'isolamento acustico deve risultare  $R_w \text{ min} = 10 \text{ dB}$  certificato in laboratorio secondo prova UNI EN ISO 140-3 2006 + UNI EN ISO 717-1 2007.

I pannelli potranno essere costituiti da un involucro esterno in telo di PVC armato e presentare un lato perforato. All'interno deve essere alloggiato un materassino fonoassorbente in fibra di poliestere ad alta densità. Il materiale non deve temere l'umidità, essere anallergico ed antimuffa e non degradare nel tempo. I materiali impiegati devono essere in classe (1) di reazione al fuoco.

