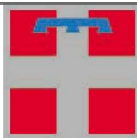


# REGIONE PIEMONTE



## UNIONE MONTANA VALSESIA PROVINCIA DI VERCELLI

### LAVORI DI COMPLETAMENTO PERCORSO CICLO-PEDONALE DELLA VALSESIA NEL COMUNE DI SCOPA

PSR 2014-2020 Mis7 - Sottomisura 7.5 - Operazione 7.5.1  
Infrastrutture turistico ricreative ed informazione

## PROGETTO ESECUTIVO

TIMBRO DELL'ENTE

.....

Il Presidente  
(legale rappresentante dell'Ente)

.....

VISTO  
Il tecnico

.....

ELAB.

SCALA

E11

-

### PIANO DI MANUTENZIONE DELLE OPERE

COD.

REV.

DATA

DESCRIZIONE

106\_16

00

LUGLIO 2018

EMISSIONE

**STUDIO ARPS**  
**INGEGNERIA CIVILE-IDRAULICA**  
**Ing. Rossana Appendino**

Via Vignati, n.14 - 10040 San Gillio (TO)  
Tel.-Fax 011/9840854 Cell. 335 8379321  
E-mail: ing.appendino@studioarps.it

**REGIONE PIEMONTE****PROVINCIA DI VERCELLI****UNIONE MONTANA VALSESIA**

**PSR 2014-2020 Mis7 - Sottomisura 7.5 - Operazione 7.5.1**  
**Infrastrutture turistico ricreative ed informazione**

**LAVORI DI COMPLETAMENTO PERCORSO CICLO-PEDONALE**  
**DELLA VALSESIA NEL COMUNE DI SCOPA**

**PROGETTO ESECUTIVO****PIANO DI MANUTENZIONE DELLE OPERE****SOMMARIO**

<b>PREMESSA</b>	<b>2</b>
<b>DOCUMENTI DEL PIANO DI MANUTENZIONE</b>	<b>2</b>
<b>MANUALE D'USO – OPERE STRUTTURALI</b>	<b>3</b>
<b>MANUALE DI MANUTENZIONE – OPERE STRUTTURALI</b>	<b>3</b>
<b>PROGRAMMA DI MANUTENZIONE – OPERE STRUTTURALI</b>	<b>4</b>
<b>VISITE DI CONTROLLO</b>	<b>4</b>
VISITE PERIODICHE	4
VISITE STRAORDINARIE	4
<b>MODALITA' DELLE VISITE DI CONTROLLO</b>	<b>5</b>
<b>INTERVENTI MANUTENTIVI</b>	<b>6</b>
<b>MANUALE D'USO – OPERE STRADALI</b>	<b>7</b>
<b>MANUALE DI MANUTENZIONE – OPERE STRUTTURALI</b>	<b>7</b>
<b>PROGRAMMA DI MANUTENZIONE – OPERE STRUTTURALI</b>	<b>8</b>
<b>RILEVAMENTO DEI DATI</b>	<b>8</b>
<b>DATI DI PROGETTO</b>	<b>8</b>
<b>RILIEVI PERIODICI</b>	<b>8</b>
<b>CATALOGO DELLE DEGRADAZIONI PER PAVIMENTAZIONI FLESSIBILI</b>	<b>8</b>
<b>CADENZA DEI CONTROLLI</b>	<b>11</b>
<b>SOGLIE DI INTERVENTO</b>	<b>11</b>
<b>TECNICHE DI RIPARAZIONE PER LE PAVIMENTAZIONI STRADALI</b>	<b>13</b>
<b>FRESATURA E RICOSTRUZIONE DEI CONGLOMERATI BITUMINOSI</b>	<b>13</b>
<b>RIGENERAZIONE DELL'ADERENZA – PULIZIA DELLE SUPERFICI (SVERNICIATURA, SGOMMATURA, ETC.)</b>	<b>13</b>
<b>RAPPEZZI E SIGILLATURA DELLE FESSURE</b>	<b>13</b>
<b>TRATTAMENTI SUPERFICIALI</b>	<b>13</b>
<b>TAPPETI DI RICOPERTURA</b>	<b>14</b>
<b>RICICLAGGIO DEI MATERIALI</b>	<b>14</b>
<b>INTERVENTI RADICALI DI RAFFORZAMENTO O RISANAMENTO</b>	<b>15</b>
<b>PIANIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI E CADENZA CONTROLLI / OPERAZIONI DI MANUTENZIONE</b>	<b>16</b>

## PREMESSA

Il presente documento fornisce un'indicazione dell'entità dei lavori di manutenzione necessari per una corretta e longeva gestione dell'opera in progetto.

La corretta e puntuale manutenzione di tutte le parti costituenti le opere in oggetto rappresenta l'indispensabile premessa di piena funzionalità nel tempo.

Il piano di manutenzione si riferisce, pertanto, alla corretta gestione di un tratto di pista ciclo-pedonale localizzata nel tratto di banchina sul lato di monte della Strada Provinciale n.299, nel Comune di Scopa, tra le frazioni di Muro e Scopetta, in particolare il tratto oggetto di intervento è posto tra la progressiva km 68+065 (inizio) e la progressiva km 68+585 (fine).

## DOCUMENTI DEL PIANO DI MANUTENZIONE

I documenti costituenti il Piano di Manutenzione sono:

- Il manuale d'uso;
- il manuale di manutenzione;
- il programma di manutenzione.

**Il manuale d'uso** si riferisce all'uso delle parti significative del bene, ed in particolare degli impianti tecnologici. Il manuale contiene l'insieme delle informazioni atte a permettere all'utente di conoscere le modalità per la migliore utilizzazione del bene, nonché tutti gli elementi necessari per limitare quanto più possibile i danni derivanti da un'utilizzazione impropria, per consentire di eseguire tutte le operazioni atte alla sua conservazione che non richiedono conoscenze specialistiche e per riconoscere tempestivamente fenomeni di deterioramento anomalo al fine di sollecitare interventi specialistici.

Il manuale d'uso è così strutturato:

- a) la collocazione nell'intervento delle parti menzionate;
- b) la rappresentazione grafica;
- c) la descrizione;
- d) le modalità di uso corretto.

**Il manuale di manutenzione** si riferisce alla manutenzione delle parti significative del bene ed in particolare degli impianti tecnologici. Esso fornisce, in relazione alle diverse unità tecnologiche, alle caratteristiche dei materiali o dei componenti interessati, le indicazioni necessarie per la corretta manutenzione nonché per il ricorso ai centri di assistenza o di servizio.

Il manuale di manutenzione contiene le seguenti informazioni:

- a) la collocazione nell'intervento delle parti menzionate;
- b) la rappresentazione grafica;
- c) la descrizione delle risorse necessarie per l'intervento manutentivo;
- d) il livello minimo delle prestazioni;
- e) le anomalie riscontrabili;
- f) le manutenzioni eseguibili direttamente dall'utente;
- g) le manutenzioni da eseguire a cura di personale specializzato.

**Il programma di manutenzione** prevede un sistema di controlli ed interventi ad eseguire, a scadenze temporali o altrimenti prefissate, al fine di una corretta gestione dell'opera e delle sue parti nel corso degli anni. Esso si articola, nei casi dove si ritiene applicabile tale metodologia, in sottoprogrammi delle prestazioni, dei controlli e degli interventi.

Il programma di manutenzione è costituito da:

- a) il sottoprogramma delle prestazioni, che prende in considerazione, per classe di requisito, le prestazioni fornite dal bene e dalle sue parti nel corso del suo ciclo di vita;
- b) il sottoprogramma dei controlli, che definisce il programma delle verifiche comprendenti, ove necessario, anche quelle geodetiche, topografiche e fotogrammetriche, al fine di rilevare il livello prestazionale (qualitativo e quantitativo) nei successivi momenti della vita del bene, individuando la dinamica della caduta delle prestazioni aventi come estremi il valore di collaudo e quello minimo di norma;
- c) il sottoprogramma degli interventi di manutenzione, che riporta in ordine temporale i differenti interventi di manutenzione, al fine di fornire le informazioni per una corretta conservazione del bene.

Il programma di manutenzione, ed il manuale di manutenzione redatti in fase di progettazione, in considerazione delle scelte effettuate dall'esecutore in sede di realizzazione dei lavori e delle eventuali varianti approvate dal direttore dei lavori, che ha verificato validità e rispondenza alle prescrizioni contrattuali, sono sottoposte a cura del direttore dei lavori medesimo al necessario aggiornamento, al fine di rendere disponibili, all'atto della consegna delle opere ultimate, tutte le informazioni necessarie sulle modalità per la relativa manutenzione e gestione di tutte le sue parti, delle attrezzature e degli impianti.

Le cadenze riportate nei documenti del Piano di Manutenzione dell'opera e delle sue parti sono indicative ad opere analoghe e potranno subire variazioni in merito a particolari esigenze manutentive in fase di esercizio dell'opera.

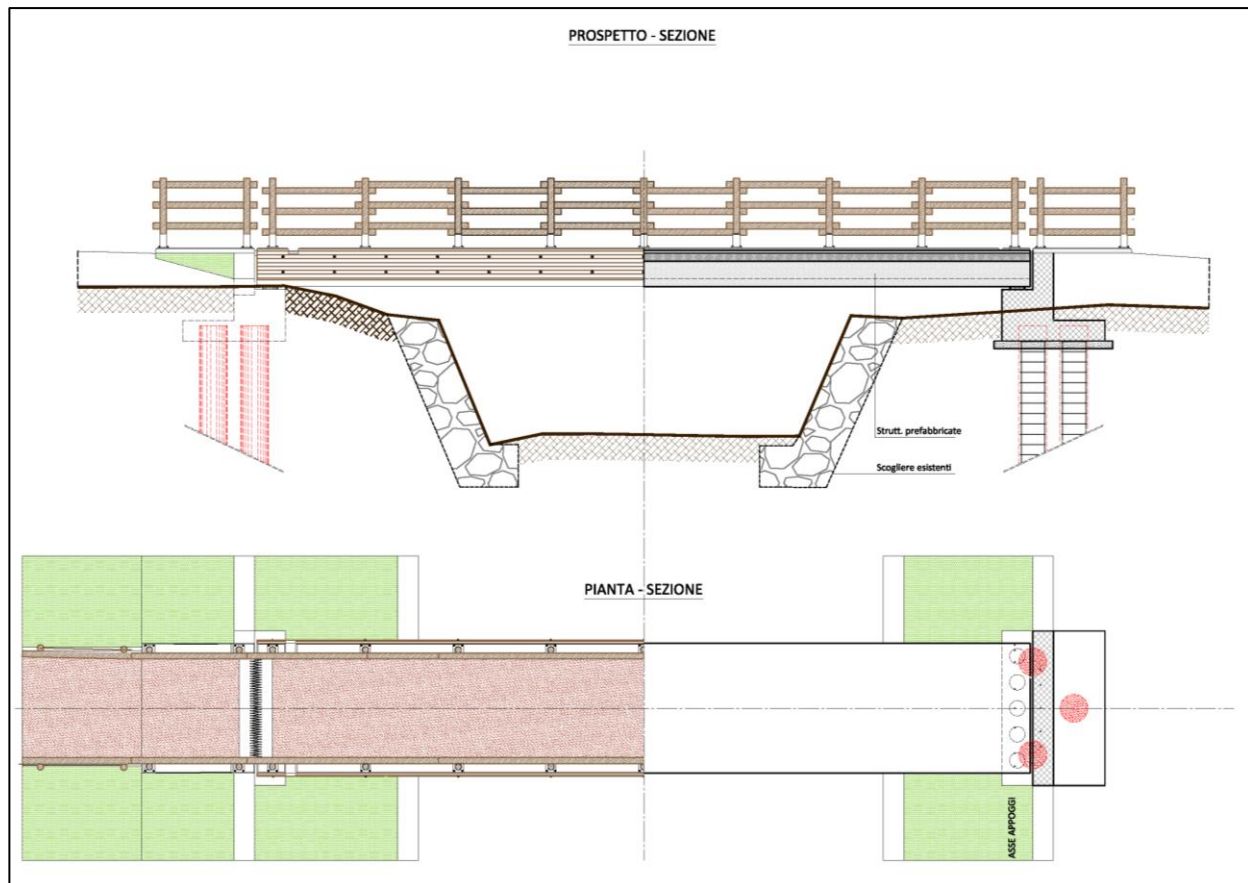
Il programma di manutenzione è redatto sulla base delle indicazioni relative allo stato dell'arte ed alla normativa tecnica, ed è atto a garantire la conservazione dell'opera e lo svolgimento corretto delle funzioni per la quale è destinata, rendendo minimi i disagi per l'utente.

## MANUALE D'USO - OPERE STRUTTURALI

### Descrizione

La passerella ha la funzione di consentire l'attraversamento del rio Oriolaccio Piccolo.

### Rappresentazione grafica



### Modalità di uso corrente.

E' necessario che si verifichi l'assenza di eventuali anomalie che possono anticipare l'insorgere di eventi di dissesto rilevanti quali le lesioni esterne e lo stato di protezione superficiale del calcestruzzo.

## MANUALE DI MANUTENZIONE - OPERE STRUTTURALI

**Resistenza agli agenti aggressivi:** le strutture di elevazione non devono subire dissoluzioni o disgregazioni e mutamenti di aspetto a causa dell'azione di agenti aggressivi chimici.

**Prestazioni:** le strutture di elevazione devono conservare nel tempo, sotto l'azione di agenti chimici (anidride carbonica, solfati, ecc...) presenti in ambiente, le proprie caratteristiche funzionali.

**Livello minimo delle prestazioni:** lo spessore del copriferro minimo è previsto pari a 5 cm.

**Resistenza al gelo:** le strutture in elevazione non devono subire disgregazioni e variazioni dimensionali e di aspetto in conseguenza della formazione di ghiaccio.

**Prestazioni:** le strutture in elevazione devono conservare nel tempo le proprie caratteristiche funzionali se sottoposte a cicli di gelo/disgelo e rispetto alle pressioni interne che ne provocano la degradazione.

**Livello minimo delle prestazioni:** i valori minimi variano in funzione del materiale impiegato. La resistenza al gelo può essere determinata mediante prove di laboratorio su provini di calcestruzzo (proveniente da getti effettuati in cantiere, confezionato in

laboratorio o ricavato da calcestruzzo già indurito) sottoposti a cicli alternati di gelo (in aria raffreddata) e disgelo (in acqua termistatizzata). Le misurazioni della variazione del modulo elastico, della massa e della lunghezza ne determinano la resistenza al gelo.

**Resistenza meccanica:** le strutture di elevazione dovranno essere in grado di contrastare le eventuali manifestazioni di deformazioni e cedimenti rilevanti dovuti all'azione di determinate sollecitazioni (carichi, forze sismiche, ecc. ...).

**Prestazioni:** le strutture di elevazione, sotto l'effetto di carichi statici, dinamici e accidentali devono assicurare stabilità e resistenza.

**Livello minimo delle prestazioni:** per i valori minimi sono relativi alle prescrizioni di legge e di normativa vigenti in materia.

**Riferimenti normativi principali:** NTC 2018.

**Anomalie riscontrabili:** alveolature - cavillature superficiali - crosta - deposito superficiale - disgregazione - distacco - efflorescenze - erosione superficiale - esposizione dei ferri di armature - fessurazioni - macchie - mancanza (caduta e perdita di parti del materiale del manufatto) - patina biologica - penetrazione di umidità - presenza di vegetazione - rigonfiamento - scheggiature.

**Controlli eseguibili da personale specializzato:**

controllo dell'integrità delle strutture mediante individuazione della presenza di eventuali anomalie quali fessurazioni, disgregazioni, distacchi, riduzioni del copriferro e relativa esposizione a processi di corrosione dei ferri d'armatura. Verifica dello stato del calcestruzzo e controllo del degrado e/o eventuali processi di carbonatazione.

**Manutenzioni eseguibili da personale specializzato** gli interventi riparatori dovranno effettuarsi in funzione del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato.

## PROGRAMMA DI MANUTENZIONE - OPERE STRUTTURALI

Nel presente capitolo sono analizzati tutti i controlli che è necessario eseguire sulle opere edili in genere.

In particolare, le opere oggetto delle valutazioni descritte nei successivi paragrafi sono le opere in calcestruzzo cementizio armato. Inoltre, sono analizzate le tipologie e le modalità delle visite di controllo in relazione al tipo di opera ed agli aspetti peculiari che la caratterizzano.

### VISITE DI CONTROLLO

Le disposizioni contenute nei successivi riguardano:

- la frequenza e le modalità delle visite di controllo;
- la tenuta delle registrazioni sullo stato di conservazione delle principali opere d'arte.

Le visite di controllo si distinguono in:

- visite periodiche;
- visite straordinarie.

#### Visite periodiche

Le visite periodiche dovranno essere eseguite annualmente per quelle opere riscontrate nella precedente visita perfettamente integre in relazione alla sicurezza ed alla stabilità; almeno semestralmente, invece, per le opere in cui sono state riscontrate anomalie o deficienze ovvero che sono tenute in esercizio con particolari limitazioni e cautele.

La frequenza delle visite di controllo è, pertanto, determinata in relazione alla gravità dei dissesti riscontrati, frequenza che, per particolari gravi anomalie, dovrà essere non superiore a due mesi, fatta salva, all'occorrenza, la decisione di presenziamento continuato.

#### Visite straordinarie

Dovranno essere effettuate al verificarsi di periodi molto piovosi o a seguito di eventi calamitosi con le stesse modalità di cui al punto precedente.

#### Visite speciali (con particolare riguardo alle ai giunti ed agli appoggi)

I ponti di nuova costruzione o interessati da lavori di parziale o totale ricostruzione dovranno essere visitati tra il 3° e il 6° mese dalla attivazione.

Data la particolare tipologia delle strutture previste, le operazioni di manutenzione sono riconducibili alle seguenti attività:

- Monitoraggio scorrimento dei giunti ed eventuale pulizia con cadenza annuale;
- Verifica scorrimento appoggi;
- Verifica stato generale degli appoggi e relativa pulizia con cadenza biennale;
- Verifica stato generale di conservazione del c.a. dell'impalcato e delle spalle
- Verifica formazione ruggine agli attacchi di parapetti, barriere, pali, etc.

## MODALITA' DELLE VISITE DI CONTROLLO

Finalità delle visite è il controllo sistematico delle condizioni statiche dei manufatti, in relazione alla sicurezza e regolarità dell'esercizio.

Il controllo dovrà fornire probanti elementi di giudizio sulle condizioni di stabilità e di conservazione dell'opera, al fine di adottare tutti i provvedimenti atti ad assicurare l'efficienza della struttura e delle varie parti accessorie, nonché sulle eventuali modificazioni dello stato dei luoghi, per cause naturali ovvero antropiche, che possono influenzare la stabilità dell'opera stessa o, comunque, comprometterne l'efficienza. Le visite di controllo sono da condurre con ogni attenzione ed impegno, con i criteri e gli accorgimenti suggeriti dalle caratteristiche e dal tipo di manufatto, dalla particolarità del luogo e dalla cronistoria degli eventi e degli interventi effettuati. E' necessario che i sopralluoghi siano integrati, all'occorrenza, con opportune misure e verifiche strumentali.

In primo luogo il personale incaricato delle visite di ispezione provvederà ad un *esame di superficie di tutta la struttura in calcestruzzo cementizio armato* e delle opere accessorie visibili onde accertare ogni evento nuovo e l'insorgere di anomalie (lesioni, fessurazioni, rigonfiamenti, deformazioni, distacchi, cedimenti, infiltrazioni d'acqua, ecc.).

Per i manufatti in conglomerato cementizio armato si dovrà porre particolare attenzione alla tipologia dell'eventuale *stato fessurativo*, alla sua localizzazione ed al relativo evolversi, al fine di poter addivenire ad una valutazione dell'efficienza del manufatto, agli effetti statici, in relazione alle caratteristiche strutturali ed ai materiali costituenti la struttura.

Si dovrà analizzare con dettaglio lo *stato delle fondazioni*, per valutare la presenza di eventuali variazioni del piano di appoggio e/o cedimenti differenziali.

Particolare attenzione dovrà porsi nel controllo dello stato di fessurazione, anche capillare, delle strutture in cemento armato, in relazione al pericolo di aggressione delle armature da parte degli agenti atmosferici e delle caratteristiche dei terreni.

Inoltre, dovranno essere analizzate con dettaglio le condizioni del calcestruzzo cementizio armato costituente le fondazioni del macchinario, affinché non si manifesti *detensionamento e/o riduzione della portanza delle fondazioni* stesse.

Si dovrà verificare la corretta configurazione superficiale atta al rapido allontanamento delle acque, l'efficienza dei sistemi di drenaggio posti in opera per evitare infiltrazioni e progressivo ammaloramento del calcestruzzo.

Dovrà essere verificata, con idonea strumentazione, l'assenza di pericolo di *aggressione delle armature* da parte di eventuali correnti vaganti.

Le visite dovranno essere integrate, all'occorrenza, con la misurazione degli eventuali abbassamenti e rotazioni permanenti delle strutture portanti rispetto a capisaldi esterni ai manufatti, con verifica dell'ampiezza di eventuali lesioni, per le occorrenti valutazioni anche in relazione all'evolversi dei fenomeni.

In merito alla stabilità strutturale, si dovrà verificare che la medesima non sia pregiudicata da variazioni della spinta delle terre sui paramenti verticali.

### Modalità di visita ai ponti

In primo luogo il personale incaricato delle visite di ispezione ai ponti provvederà ad un esame di superficie di tutte la strutture visibili onde accertare ogni fatto nuovo e l'insorgere di anomalie (lesioni, fessurazioni, rigonfiamenti, deformazioni, distacchi, cedimenti).

Per i manufatti in conglomerato cementizio semplice, in cemento armato e in cemento armato precompresso, dovrà farsi particolare attenzione alla tipologia dell'eventuale stato fessurativo, alla sua localizzazione ed al relativo evolversi al fine di poter addivenire ad una valutazione dell'efficienza del manufatto, agli effetti statici, in relazione alle caratteristiche strutturali ed ai materiali costituenti le strutture.

Particolare attenzione dovrà porsi nel controllo dello stato di fessurazione, anche capillare, delle strutture in cemento armato ed in cemento armato precompresso, in relazione al pericolo di aggressione delle armature da parte degli agenti atmosferici.

Per gli impalcati in cemento armato precompresso dovrà porsi particolare cura nell'ispezione delle travate e degli ancoraggi delle armature principali in cavi o in barre; inoltre, per quelli realizzati mediante cassoni chiusi, dovrà essere effettuata una visita anche all'interno dei cassoni stessi, onde accertare lo stato fessurativo, in particolare della soletta superiore, e l'eventuale presenza di infiltrazioni d'acqua.

Per ciascun ponte, sia in c.a., sia in c.a.p., sia in ferro, dovrà, inoltre, verificarsi l'efficienza della messa a terra ove prevista, il corretto assetto degli apparecchi di appoggio, l'efficienza degli eventuali strati di impermeabilizzazione e degli eventuali giunti, la corretta configurazione superficiale atta al rapido allontanamento delle acque, l'efficienza dei pluviali, la presenza dei piazzoletti di rifugio e l'agibilità dei medesimi, l'efficienza dei parapetti e dei camminamenti.

Dovrà essere verificata, con idonea strumentazione, l'assenza di pericolo di aggressione delle armature da parte di eventuali correnti vaganti.

Le visite dovranno essere integrate, all'occorrenza, con la misurazione degli eventuali abbassamenti e rotazioni permanenti delle strutture portanti rispetto a capisaldi esterni al manufatto, con verifica dell'ampiezza di eventuali lesioni, per le occorrenti valutazioni anche in relazione all'evolversi dei fenomeni.

Per quanto attiene i ponti in corrispondenza di corsi d'acqua, si deve tener presente che la loro stabilità può essere pregiudicata da variazioni di portata o di direzione della corrente o da abbassamenti, erosioni e modifiche dell'alveo, ovvero da degradazioni ed erosioni delle murature costituenti le fondazioni, fenomeno assai frequente nei manufatti più vetusti.

Pertanto, nelle visite periodiche e negli ulteriori accertamenti che si rendessero opportuni in presenza di particolari situazioni, dovrà essere posta attenzione alle modifiche subite nel tempo dal corso d'acqua, estendendo l'esame morfologica ad un congruo intorno a monte ed a valle dell'insediamento ferroviario, effettuando rilievi dell'andamento planimetrico del corso d'acqua, delle quote di fondo in corrispondenza delle pile, da comparare con rilievi analoghi effettuati nelle visite precedenti.

Dovrà, peraltro, essere rilevato se le cause di tali modificazioni siano imputabili a nuove opere di terzi oppure ai prelievi (spesso abusivi ed indiscriminati) di inerti dal letto dei corsi d'acqua, per le opportune segnalazioni alle Autorità competenti, da interessare, dei pari sollecitamente, quando, anche derivando dette modificazioni da cause naturali, si ravvisi la necessità di interventi esulanti dalla competenza della Società.

## **INTERVENTI MANUTENTIVI**

Sulla base delle rilevazioni effettuate durante le visite dovranno essere eseguiti gli interventi necessari a ripristinare le condizioni di stabilità ed efficienza delle opere al fine di garantire la pubblica sicurezza e la durata nel tempo delle opere stesse.

In primo luogo, è necessario che tecnici abilitati e professionalmente competenti analizzino le cause che hanno indotto lo stato di dissesto e, in seguito ad una dettagliata analisi del problema, dovranno essere formulate le ipotesi di intervento.

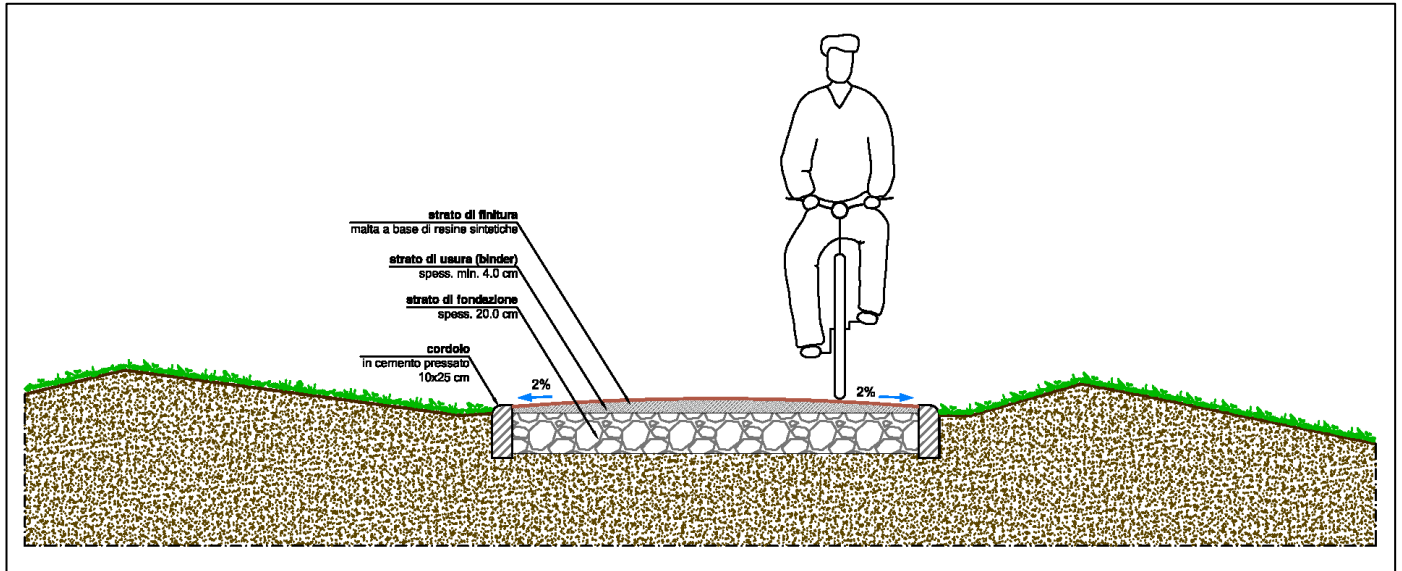
In merito agli interventi da effettuarsi sulle strutture in calcestruzzo cementizio armato e sulle opere accessorie, questi dovranno essere commissionati a personale specializzato (in grado di certificare l'intervento) e valutati con molta attenzione al fine di non alterare le condizioni di progetto dell'opera stessa e per le quali è stata verificata la stabilità dell'opera.

## MANUALE D'USO - OPERE STRADALI

### Descrizione

La pista ha la funzione di collegamento ciclo-pedonale tra le frazioni di Muro e Scopetta e si inserisce nel tracciato ciclo-pedonale dell'Alta Valsesia.

### Rappresentazione grafica



### Modalità di uso corrente.

E' necessario che si verifichi l'assenza di eventuali anomalie che possono anticipare l'insorgere di eventi di dissesto rilevanti lungo la pavimentazione stradale.

## MANUALE DI MANUTENZIONE - OPERE STRUTTURALI

**Resistenza agli agenti aggressivi:** la resina di rivestimento non deve subire dissoluzioni o disgregazioni e mutamenti di aspetto a causa dell'azione di agenti aggressivi chimici.

**Prestazioni:** la pavimentazione deve conservare nel tempo, sotto l'azione di agenti chimici (anidride carbonica, solfati, ecc....) presenti in ambiente, le proprie caratteristiche funzionali.

**Livello minimo delle prestazioni:** resistenza agli agenti atmosferici e chimici.

**Resistenza al gelo:** la resina di rivestimento e la sottostante pavimentazione in bitume non devono subire disgregazioni e variazioni dimensionali e di aspetto in conseguenza della formazione di ghiaccio.

**Prestazioni:** la resina di rivestimento e la sottostante pavimentazione in bitume devono conservare nel tempo le proprie caratteristiche funzionali se sottoposte a cicli di gelo/disgelo e rispetto alle pressioni interne che ne provocano la degradazione.

**Livello minimo delle prestazioni:** i valori minimi variano in funzione del materiale impiegato. La resistenza al gelo può essere determinata mediante prove di laboratorio sottoposti a cicli alternati di gelo e disgelo. Le misurazioni della variazione del modulo elastico, della massa e della lunghezza ne determinano la resistenza al gelo.

**Resistenza meccanica:** la resina di rivestimento e la sottostante pavimentazione in bitume dovranno essere in grado di contrastare le eventuali manifestazioni di deformazioni e cedimenti dovuti all'azione di determinate sollecitazioni indotte dai carichi transitori.

**Prestazioni:** la resina di rivestimento e la sottostante pavimentazione in bitume sotto l'effetto di carichi statici, dinamici e accidentali devono assicurare stabilità e resistenza.

**Livello minimo delle prestazioni:** per i valori minimi sono relativi alle prescrizioni di legge e di normativa vigenti in materia.

**Riferimenti normativi principali:** B.U. CNR n. 125.

**Anomalie riscontrabili:** alveolature - cavillature superficiali - crosta - deposito superficiale - disgregazione - distacco - efflorescenze - erosione superficiale - esposizione dei ferri di armature - fessurazioni - macchie - mancanza (caduta e perdita di parti del materiale del manufatto) - patina biologica - penetrazione di umidità - presenza di vegetazione - rigonfiamento - scheggiature.

**Controlli eseguibili da personale specializzato:**



controllo dell'integrità delle strutture mediante individuazione della presenza di eventuali anomalie quali: ondulazioni longitudinali, ondulazioni trasversali (ormaie), depressioni localizzate, avvallamenti di vaste superfici o diffusi (subsidenza), diminuzione della rugosità superficiale, fessurazioni, sfondamenti, ondulazioni longitudinali, alterazioni delle pendenze trasversali, risalita di materiali fini.

**Manutenzioni eseguibili da personale specializzato** gli interventi riparatori dovranno effettuarsi in funzione del tipo di anomalia riscontrata e previa diagnosi delle cause del difetto accertato.

## PROGRAMMA DI MANUTENZIONE - OPERE STRUTTURALI

Nel presente capitolo sono analizzati tutti i controlli che è necessario eseguire sulle opere edili in genere.

### RILEVAMENTO DEI DATI

#### DATI DI PROGETTO

Il rilevamento dati deve cominciare durante la realizzazione della sovrastruttura, in modo da costruire la "banca dati di riferimento", contenente la morfologia essenziale delle opere (quote di tracciamento, piani di finito), tipo e spessore degli strati costituenti, norme e caratteristiche di sottofondo, ecc.; tali dati devono naturalmente coincidere con quelli di progetto.

#### RILIEVI PERIODICI

Dalla data di avvio in esercizio della sovrastruttura, è necessario procedere periodicamente al rilevamento della degradazione delle caratteristiche superficiali e profonde della strada.

Il rilievo delle degradazioni può essere di due tipi:

- visivo
- strumentale.

L'adozione di una sola delle due sistematiche è possibilmente da evitarsi in quanto difficilmente si ottiene una conoscenza esauriente dello stato della pavimentazione. Una campagna di rilevamento ottimale deve essere costituita complementariamente integrando i due sistemi.

Strumento operativo di indispensabile riferimento è il catalogo standardizzato delle degradazioni visibili delle pavimentazioni riferito specificamente alle pavimentazioni flessibili riportato sul già citato B.U. CNR n. 125.

#### CATALOGO DELLE DEGRADAZIONI PER PAVIMENTAZIONI FLESSIBILI

Si riporta innanzitutto una tabella delle principali degradazioni raggruppante in funzione della caratteristica funzionale della pavimentazione che esse vanno ad interessare, cioè regolarità, aderenza, rumorosità e portanza (Tab.I).

Le degradazioni possono tuttavia essere classificate in funzione delle loro dimensioni o meglio delle lunghezze d'onda legate alle stesse irregolarità superficiali ( $\lambda$ ).

In Tab.II sono infatti riportati per quattro campi di variabilità di  $\lambda$  le irregolarità e l'influenza sulle caratteristiche del traffico, dei veicoli, dei pneumatici e dell'ambiente.

Risulta comunque più comodo definire le degradazioni in rapporto alle sole caratteristiche funzionali perché a queste ultime sono legati i criteri tradizionali di intervento.

Nel seguito si prendono in considerazione le più importanti tra le degradazioni elencate in Tab. I, cioè:

##### degradazioni della regolarità

- ondulazioni longitudinali;
- ondulazioni trasversali (ormaie)
- depressioni localizzate
- avvallamenti di vaste superfici o diffusi (subsidenza)

##### degradazioni della aderenza

- diminuzione della rugosità superficiale

##### degradazioni della portanza

- fessurazioni
- sfondamenti
- ondulazioni longitudinali
- alterazioni delle pendenze trasversali
- risalita di materiali fini

##### degradazioni della portanza

- varie (da codificare con l'amministrazione)

Nel catalogo che segue (tab. III, IV, V) per ciascuna delle degradazioni si riporta:

- una breve descrizione (più descrizioni nel caso la voce sia riassuntiva di degradazioni similari);
- il metodo per la loro misurazione;
- la misurazione specialistica in grado di definirla e lo strumento di misura più adatto.

**Tab. I**

Caratteristiche delle pavimentazioni	Principali degradazioni
1. – Regolarità = rispetto della quota dei piani di progetto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ondulazioni longitudinali</li> <li>- Ondulazioni trasversali</li> <li>- Deformazioni trasversali (ormaie)</li> <li>- Depressioni localizzate (buche)</li> <li>- Avvallamenti</li> <li>- Alterazione delle pendenze trasversali causanti lame d'acqua e ristagni</li> <li>- Fessurazioni e buche</li> </ul>
2. – Aderenza = da garantirsi in ogni condizione (atmosferica e di guida) per il contatto pneumatico-strada	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diminuzione della rugosità (micro e/o macrorugosità) che contribuisce al formarsi dell'aderenza.</li> </ul>
3. – Rumorosità = tipo di rumore generato dal passaggio del veicolo (prescindendo da quello del motore) rumore di rotolamento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variazione del tipo ed intensità del rumore (la rumorosità dei manti è spesso legata alle caratteristiche di tessitura geometrica che favoriscono l'aderenza sotto forti intensità di pioggia. In certe zone, però, simili tessiture, che generano forti rumori di rotolamento, non sono compatibili con l'ambiente, le caratteristiche superficiali devono in questi casi essere adeguate in modo da contenere il rumore di rotolamento senza influenzare negativamente l'aderenza del manto)</li> </ul>
4. – Portanza = attitudine a sopportare i carichi stradali e la loro ripartizione nel tempo. La portanza è collegata:	<p>Negli strati non legati:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- perdita di elementi lapidei e/o di compattezza</li> <li>- plasticizzazione</li> <li>- formazione di fessure sotto traffico</li> </ul> <p>Negli strati legati:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- accumulo di deformazioni non elastiche</li> <li>- fessurazione a diversi stadi</li> <li>- risalita di materiali fini o di legante</li> </ul> <p>Nella struttura:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- alterazione della rigidità dei singoli strati e delle forze di accoppiamento tra i singoli strati con conseguente rottura per fatica ed alterazione anche per le caratteristiche superficiali.</li> </ul>
- alla deformabilità visco-plasto-elastica dei diversi strati;	
- alla sequenza delle rigidità del corpo della struttura;	
- ai modi di accoppiamento tra strato e strato.	

$\lambda$  è la misura delle dimensioni delle discontinuità delle superfici, denominata convenzionalmente lunghezza d'onda delle discontinuità secondo la teoria unificata del profilo stradale.

**Tab. II - Terminologia per la tessitura e per le irregolarità della superficie stradale**

Definizione	Campo di lunghezze delle ondulazioni superficiali $\lambda$	Caratteristiche fisiche superficiali	Caratteristiche influenzate (traffico, veicolo, ambiente, pneumatici)
MICROTESSITURA	$\lambda < 0,5 \text{ mm}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- tessitura superficiale dei singoli inerti;</li> <li>- asperità (punte) dell'aggregato</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aderenza, particolarmente in condizione di pavimentazione asciutta o mediamente bagnata;</li> <li>- usura pneumatico;</li> <li>- rumore esterno</li> </ul>
MACROTESSITURA	$0,5 \text{ mm} < \lambda < 50 \text{ mm}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dimensione, forma e distribuzione degli inerti;</li> <li>- drenaggio superficiale (deriva da quanto detto sopra);</li> <li>- asperità (punte) dell'aggregato;</li> <li>- sottigliezza dei giunti;</li> <li>- numero delle fessure;</li> <li>- striature.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aderenza, particolarmente nei riguardi del pericolo di aquaplaning;</li> <li>- usura pneumatico;</li> <li>- resistenza al rotolamento;</li> <li>- rumore esterno dovuto al contatto pneumatico-strada;</li> <li>- rumore interno dovuto al contatto pneumatico-strada;</li> <li>- riflessione della luce.</li> </ul>

Definizione	Campo di lunghezze delle ondulazioni superficiali $\lambda$	Caratteristiche fisiche superficiali	Caratteristiche influenzate (traffico, veicolo, ambiente, pneumatici)
MEGATESSITURA (è una sottodivisione del campo relativo alle irregolarità)	$50 \text{ mm} < \lambda < 5 \text{ m}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- buche;</li> <li>- ondulazioni della superficie stradale;</li> <li>- singoli fori sulla pavimentazione ammalorata;</li> <li>- larghezza giunti (nelle pavimentazioni in cls);</li> <li>- dimensione dei blocchetti nelle pavimentazioni in pietra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aderenza (perdita di contatto fra pneumatico e strada);</li> <li>- controllo del veicolo;</li> <li>- danneggiamento pneumatico;</li> <li>- danneggiamento e deterioramento del veicolo;</li> <li>- comfort di guida (vibrazioni 10-350 Hz)</li> <li>- rumore esterno intermittente;</li> <li>- rumore interno dovuto al contatto pneumatico-strada;</li> <li>- resistenza al rotolamento</li> </ul>
IRREGOLARITA'	$0,5 \text{ m} < \lambda < 40 \text{ m}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- come per la megatessitura, con l'aggiunta di:</li> <li>- irregolarità dovute alla posa in opera, danni da gelo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- come per la megatessitura, con l'aggiunta di:</li> <li>- comfort di guida (vibrazioni 0,1-350 Hz);</li> <li>- ultrasuoni (internamente);</li> <li>- danneggiamenti agli edifici dovuti alle vibrazioni.</li> </ul>

Tab. III

DEGRADAZIONI DELLA REGOLARITA'			
TIPO	DESCRIZIONE	NORME DI MISURA UBICAZIONE (ESTENSIONE)	GRANDEZZA CARATTERISTICA STRUMENTALE
Ondulazioni longitudinali	Successioni di onde d'urto con lunghezza d'onda variabile	Sulla corsia (o semicarreggiata); lunghezza in metri	Coefficiente di regolarità ARAN PSR; analizzatore APL
Ondulazioni trasversali	Depressioni sotto la traccia delle ruote accompagnate o no da rifluimenti trasversali (ormaie). Avvallamenti della sovrastruttura per cedimento delle fondazioni e del sottofondo.	Sulla corsia (o semicarreggiata): <ul style="list-style-type: none"> <li>- lunghezza in metri di strada;</li> <li>- profondità (&gt; di 10 mm)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- rilievo ARAN</li> <li>- Profilografo trasversale</li> </ul>
Depressioni localizzate	Cedimenti di limitata dimensione (alcuni m <sup>2</sup> ) Vere e proprie buche Protuberanze, guasti localizzati	Sulla corsia (o semicarreggiata): <ul style="list-style-type: none"> <li>- % di superficie interessata rispetto al totale;</li> <li>- lunghezza in metri della zona interessata.</li> </ul>	Coefficiente regolarità ARAN; PSR; APL
Avvallamenti su vaste superfici o diffusi	Deformazioni (assestamenti) di vaste superfici. Cedimenti sulle sponde tali da essere avvertiti al passaggio dei veicoli.	Sulla carreggiata in metri lineari e ubicati (da Km a Km)	Coefficiente di Regolarità ARAN , PSR

Tab. IV

DEGRADAZIONI DELL'ADERENZA			
TIPO	DESCRIZIONE	NORME DI MISURA UBICAZIONE (ESTENSIONE)	GRANDEZZA CARATTERISTICA STRUMENTALE
Diminuzione della rugosità	Levigatura degli inerti, risalita di bitume, perdita di tessitura geometrica	Sulla corsia o semicarreggiata in metri lineari	Coefficiente SCRIM B.P.N. Mu number Altezza in sabbia HS Texture meter TRRL

Tab. V

DEGRADAZIONI DELLA PORTANZA			
TIPO	DESCRIZIONE	NORME DI MISURA (ESTENSIONE)	GRANDEZZA CARATTERISTICA STRUMENTALE
Fessurazioni	Longitudinali lungo i giunti di costruzione	Sulla corsia o semicarreggiata indicare i metri se presenti da sole	Rilievo visivo (può essere diretto o mediato da sistemi fotografici o televisivi)
	Ramificate - leggere - gravi	Indicare i metri di sviluppo (metri lineari con presenza del fenomeno)	Rilievo visivo misure F.W.D. Deflettografo Lacroix
Sfondamenti	Cedimenti della pavimentazione (con o senza fessure) con risalita di materiale fino	Indicare i metri di sviluppo (metri lineari con presenza del fenomeno)	- FWD - Lacroix
Sconfigurazioni piano viabile	Ondulazioni con lunghezza d'onda variabile	Indicare i metri di sviluppo (metri lineari con presenza del fenomeno)	- F.W.D. - Lacroix
	Alterazione delle pendenze trasversali	Indicare i metri di sviluppo (metri lineari con presenza del fenomeno)	- F.W.D. - Lacroix
	Presenza continua di buche e avvallamenti	Indicare i metri di sviluppo (metri lineari con presenza del fenomeno)	- F.W.D. - Lacroix
	Presenza continua di rappezzati	Indicare i metri di sviluppo (metri lineari con presenza del fenomeno)	- F.W.D. - Lacroix

Per quanto riguarda la degradazione relativa al rumore bisogna fare riferimento alla vigente normativa, che stabilisce i criteri in base ai quali definire gli standard di qualità acustica del territorio interessato e i limiti massimi di immissione ed emissione di rumore.

Tale normativa comprende:

- D.P.C.M. 1 marzo 1991 "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno".
- Legge 26 Ottobre 1995, n. 447 "Legge Quadro sull'Inquinamento Acustico".
- D.P.C.M. 14 novembre 1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti di rumore".

## CADENZA DEI CONTROLLI

La cadenza con cui effettuare i controlli dei seguenti parametri sarà la seguente:

- Controlli speditivi a vista a cadenza annuale su tutte le strade;
- Controlli completi strumentali ogni 5 anni sulle strade principali ad elevata percentuale di traffico pesante;
- Controlli completi strumentali ogni 10 anni sulle strade principali a bassa percentuale di traffico pesante;
- Interventi su chiamate del cittadino o su segnalazione degli organi di Pubblica Sicurezza.

## SOGLIE DI INTERVENTO

Sono legate alle soglie di accettazione delle singole caratteristiche degradate, riportate nelle tabelle seguenti, da concordarsi comunque con il competente Ufficio tecnico dell'Ente gestore.

**Tab. VIII - Soglie di accettazione della REGOLARITA'**

	Indicatore di stato: Coefficiente di regolarità ARAN
SOGLIA DI ALLARME	6
SOGLIA DI INTERVENTO	4

**Tab. IX - Soglie di accettazione dell'ADERENZA**

	Indicatore di stato: Coefficiente di attrito trasversale (CAT) misurato allo S.C.R.I.M.
SOGLIA DI ALLARME	0,40
SOGLIA DI INTERVENTO	0,30

**Tab. X - Soglie di accettazione della PORTANZA**

	Indicatore di stato: FWD (rilevatore indiretto di Md)
SOGLIA DI ALLARME	*

SOGLIA DI INTERVENTO	*
----------------------	---

Corrispondono al 75% dei valori iniziali misurati al termine della realizzazione.

## TECNICHE DI RIPARAZIONE PER LE PAVIMENTAZIONI STRADALI

### FRESATURA E RICOSTRUZIONE DEI CONGLOMERATI BITUMINOSI

Si tratta dell'asportazione degli strati ammalorati con attrezzature che fresano la superficie, in genere con rulli porta utensili ruotanti attorno a piani orizzontali. Tali fresatrici possono o no essere precedute da apparati per il riscaldamento del materiale da asportare. Le fresatrici a caldo sono da usare solo in lavori da compiere nella buona stagione. Lo spessore del materiale asportato dipende dalla potenza della fresatrice. Si possono però ottenere egualmente spessori rilevanti ripetendo l'operazione sullo stesso punto. Le larghezze di fresatura variano da 0,5 a 4,5 m. Alle operazioni di fresatura segue in genere la stesa di materiale fresco (o riciclato in impianto) previa accurata pulizia e stesa di mano d'ancoraggio sulla superficie fresata.

Le fresatrici a freddo si possono usare, senza la ricopertura, per ridare rugosità agli strati superficiali (vedi tab. XI).

### RIGENERAZIONE DELL'ADERENZA - PULIZIA DELLE SUPERFICI (sverniciatura, sgommatura, etc.)

Fra i trattamenti di irruvidimento effettuati con sistemi meccanici, particolare importanza riveste la bocciardatura. Essa viene eseguita con l'ausilio di una idonea attrezzatura munita di dischi al widia o altri utensili fresanti disposti in modo da ottenere una tessitura preferibilmente non orientata secondo solchi longitudinali.

Possono essere utilizzate in alternativa irradiatrici con proiezioni e recupero del materiale abrasivo con lunghezze di lavoro anche inferiori ad 80 cm.

La superficie trattata dovrà presentare caratteristiche di uniformità e regolarità in tutte le direzioni (dovranno essere particolarmente evitati gradini od affossamenti in corrispondenza dei bordi delle singole strisciate).

La tessitura geometrica, intesa come macrorugosità superficiale misurata con il sistema dell'altezza in sabbia HS (B.U. CNR n. 94/15.10.1983) o mediante il misuratore ("mini texture meter") (WDM-TRRL), deve essere maggiore o uguale a 0,5 mm.

Qualora ai fini del controllo venga utilizzato il "mini texture meter", il valore di riferimento deve essere determinato calcolando la media dei quattro valori ottenuti su quattro strisciate longitudinali, distanziate in senso trasversale di 50 cm, preferibilmente ubicate nelle zone più battute delle ruote.

Ciascuno dei quattro valori deve essere misurato su una lunghezza di strisciata pari a 50 m.

Nella tabella XI vengono indicati altri tipi di intervento atti a rigenerare le caratteristiche di aderenza delle pavimentazioni flessibili.

### RAPPEZZI E SIGILLATURA DELLE FESSURE

Si tratta di operazioni di tipo provvisorio che vengono fatte per mantenere agibile la strada in attesa di interventi più definitivi.

Il rappezzo deve essere fatto risagomando i bordi delle degradazioni da sistemare. E' consigliabile l'uso di piccole fresatrici a freddo per la creazione dei vani necessari se le superfici da sistemare sono di estensione elevata.

Se si interviene su fondi molto fessurati è consigliabile inserire un tessuto o una guaina bituminosa leggera sul fondo del rappezzo dopo aver messo in opera una buona e abbondante mano di ancoraggio (emulsione bituminosa cationica al 65% o bitume a caldo). Per effettuare un rappezzo duraturo è preferibile usare materiali a caldo, da rullare con idonei rulli metallici.

Per le strade a grande traffico è preferibile non usare materiali legati con bitumi liquidi o emulsioni. Le miscele saranno di tipo diverso a seconda del tipo di rappezzo e del suo spessore.

Per quel che riguarda la sigillatura delle fessure, questa tecnica si applica solo se queste ultime hanno larghezze superiori ai 2-3 mm.

Si tratta di riempire le fessure stesse con emulsione bituminosa cationica al 65% fluida (eventualmente riscaldata) e di saturare il legante con sabbia fine, anche al fine di rendere meno scivoloso il bitume che permane sulla pavimentazione. Per la messa in opera dell'emulsione è preferibile usare ugelli di forma appropriata oppure collegati a raschietti che "guidino" il legante dentro la fessura.

Questo genere di interventi, se la quantità di fessure da sigillare per m<sup>2</sup> sono elevate, va subito seguito dalla stesa di uno strato di copertura.

Per strade a grande traffico questo genere di intervento può essere eseguito con piccole macchine di riciclaggio in situ.

### TRATTAMENTI SUPERFICIALI

Sotto questo nome è indicata una serie di tecniche diverse sia per il tipo di legante impiegato, sia per il numero delle volte che il legante e gli inerti vengono stesi sulla pavimentazione.

In genere è un tipo di intervento poco durevole se i supporti sono deformabili in quanto gli inerti nuovi vengono fatti penetrare dentro il vecchio manto dal traffico pesante.

Nei casi di supporti più rigidi detti trattamenti possono essere usati anche su strade a grande traffico con buoni risultati per il ripristino delle caratteristiche di aderenza e per impermeabilizzare manti lievemente fessurati.

Si preferiscono in questo caso i doppi strati a doppia granigliatura con leganti bituminosi modificati con elastomeri o con resine epossidiche per interventi più costosi su ponti e viadotti. Questi ultimi sono anche molto vantaggiosi per le loro qualità fonoassorbenti (riducono cioè notevolmente il rotolamento ed anche gli altri rumori dei veicoli).

Le graniglie da usare devono avere caratteristiche di resistenza all'urto ed alla levigatura molto elevate; è possibile usare materiali pregiati perché il consumo per unità di superficie è basso.

Occorre aprire al traffico con limitazione di velocità (50-60 km/h) il tratto per permettere l'eliminazione degli aggregati non perfettamente legati e per migliorarne l'incastro. In caso di pioggia l'apertura verrà rinviata alla cessazione delle precipitazioni.

## TAPPETI DI RICOPERTURA

Sono i tipi di intervento (ricopertura) più diffusi per le pavimentazioni flessibili. Essi sono consigliati quando si deve intervenire sulla totalità della sezione; nei casi in cui gli ammaloramenti sono localizzati in alcune corsie è preferibile intervenire con fresature e ricostruzioni.

Molto curate devono essere le mani di ancoraggio alle vecchie pavimentazioni. La composizione dei tappeti varia molto a seconda dello scopo per cui sono eseguiti. Le tecniche di stesa sono quelle tradizionali; per la rullatura si devono preferire i rulli gommati da non usare solo se la temperatura è molto bassa.

Si consigliano nell'ambito dei tappeti di copertura solo i tre seguenti tipi:

- conglomerati bituminosi tradizionali (spessore 4-5 mm) usati a scopo riprofilatura, rafforzamento e miglioramento della rugosità superficiale (a seconda del contenuto dei vuoti di queste miscele si possono ottenere conglomerati drenanti che riducono i fenomeni di spray (nebulizzazione dell'acqua che riduce la visibilità in fase di sorpasso) e quelli di rumore di rotolamento, senza diminuire tuttavia l'aderenza in caso di pioggia);
- asfalti colati (spessore 2-3 cm) usati per impermeabilizzare e, se irruviditi, anche per migliorare la rugosità superficiale;
- microtappeti: conglomerati (spessore fino a 2 cm) usati per riprofilare e uniformare le superfici rappezzate ma sempre con funzioni provvisorie date le loro scarse caratteristiche di rugosità superficiale.

### Campi di applicazione delle diverse tecniche di rigenerazione dell'aderenza

Tecnica		Applicazione su conglomerato bituminoso
1.	Bocciardatura	Si, ma la durata dei buchi o delle striature è relativamente breve.
2.	Fresatura o simili	SI
3.	Acido cloridrico	NO
4.	Sabbiatura	Si, preferibilmente con recupero dell'abrasivo
5.	Decappaggio alla fiamma	NO
6.	Trattamento superficiale con legante sintetico	Si, nelle zone ad alto rischio
7.	Trattamento superficiale con legante bituminoso modificato con elastomeri	Si, anche per traffico pesante
8.	Trattamento superficiale con emulsioni bituminose	Si, con traffici non elevati.
9.	Tappetino in conglomerato bituminoso	Si, meglio se in presenza di altre degradazioni.
10.	Tappetino in conglomerato bituminoso.	Si, in caso di trasudamento di legante (strade con traffici non elevati)
11.	Idropolitura a pressione	Si, ma asporta una parte corticale dello strato

## RICICLAGGIO DEI MATERIALI

Esistono due branche principali di riciclaggio:

- quella effettuata in situ con o senza aggiunta di materiale fresco (filler e legante solamente, oppure con modifica della curva preesistente);
- quella effettuata in impianto sempre con l'impiego di materiali freschi. In questo caso si ha una maggiore possibilità di fissare la percentuale di materiale nuovo da impiegare (l'apporto dei nuovi inerti varia tra il 30 ed il 70%).

La tecnica del riciclaggio si basa sui seguenti criteri:

- 1) correzione granulometrica;
- 2) scelta del tipo di legante da aggiungere, scelta del "tenore" di legante.

Per quanto riguarda la prima operazione è necessario considerare la variazione granulometrica che verrà subito dagli inerti nella fase di asportazione del materiale specialmente nel caso di riciclaggio in situ. Per la rigenerazione del bitume, è chiaro come essa sia legata al ripristino delle proprietà reologiche e chimiche del legante, al quale possono essere additivati a tal fine bitumi aromatici (ad alta penetrazione), ringiovanenti (oli tensioattivi) e polimeri. Il quantitativo aggiunto ai bitumi invecchiati è in funzione della viscosità finale richiesta della miscela legante-additivo.

Per l'ottimizzazione delle miscele può essere effettuata una prova di creep statico (norma CNR n. 106 del 10.4.86) sui materiali prima e dopo il riciclaggio al fine di comparare nei due casi i diversi parametri determinati nelle prove ( $J_1$ ,  $\infty$ ,  $J_p$ ) cioè il grado di elasticità della miscela riciclata e la sua attitudine a resistere alle deformazioni viscoplastiche (ormai).

E' necessario in questo caso sapere se l'intervento di riciclaggio è stato richiesto per la presenza di deformazione permanente (cioè valori di  $J_p$  elevati) o per la presenza di fenomeni di fatica (alcune volte associati ad eccessiva rigidità del conglomerato). Indicazioni meno sofisticate, ma non sempre sufficienti, possono essere date attraverso prove di trazione indiretta insieme alla prova Marshall. Attualmente è possibile miscelare gli inerti in situ similmente a quanto avviene in un impianto fisso, garantendo così l'omogeneità della produzione ed una intima distribuzione del nuovo legante e dei nuovi inerti nella vecchia miscela, operazioni effettuate a temperatura controllata senza bruciare il conglomerato e che portano ad un addensamento tale da offrire proprietà meccaniche elevate sia per quanto riguarda il comportamento a fatica che ai fini della deformabilità permanente. Se i materiali risultano però troppo ricchi in sabbia (più del 50%) è possibile, per problemi di scivolosità, passare al riciclaggio in impianto, che meglio permette la correzione delle miscele.

Il riciclaggio in impianto permette di riutilizzare tutti i materiali provenienti dalla fresatura; si preferiscono prodotti fresati a freddo. Aggiungendo pezzature diverse di aggregati "freschi" è possibile ottenere miscele idonee a strati di base, collegamento ed usura. Il materiale riciclato in impianto può essere quindi usato come se fosse un materiale fresco; è molto conveniente l'impiego nei risanamenti profondi di pavimentazioni sfondate (vedi punto 4.7) per le quali viene reimpiegato il materiale originale, dopo idoneo trattamento a cemento degli strati inferiori.

Per il ripristino delle caratteristiche superficiali è consigliabile, anche per impieghi su strade a grande traffico, la tecnica del riciclaggio in situ. Nell'eseguire tale tipo di intervento occorre prestare la dovuta attenzione al posizionamento e conformazione dei tombini.

Combinazioni diverse con operazioni di fresatura e riciclaggio possono essere effettuate da una sola attrezzatura. Una metodologia molto seguita (ma le varianti possono essere adattate al singolo caso) è la seguente:

- asportazione dello strato superficiale degradato o troppo ricco in materiale fino con fresatura;
- riciclaggio a spessore variabile della parte sottostante (5-10 cm);
- ricopertura con nuovo strato in materiale "fresco" del riciclaggio in situ, in modo da riprofilare la strada.

Questa tecnica permette di rafforzare pavimentazioni deboli con il massimo del rinforzo localizzato, senza intervenire nelle corsie laterali e senza la formazione di gradini fra le zone trattate e quelle non trattate, evitando l'innalzamento del piano viabile.

## INTERVENTI RADICALI DI RAFFORZAMENTO O RISANAMENTO

Oltre alle tecniche descritte esistono tipi di intervento più radicali da applicare su pavimentazioni molto ammalorate, cioè allo stadio di esaurimento della vita utile. Si tratta dei rafforzamenti di grosso spessore e dei risanamenti profondi. I primi consistono nella stesa di almeno 15-20 cm di materiali freschi (o riciclati in impianto) sulla pavimentazione preesistente in almeno due strati, ambedue costituiti da conglomerati bituminosi.

Questo tipo di intervento può richiedere una serie di interventi aggiuntivi quali sollevamento guard-rail, sistemazioni di cunette e può dare dei problemi in caso di presenza di cavalcavia, per l'ovvia riduzione dell'altezza libera.

Meno costoso e più adatto a pavimentazioni di strade a più corsie, che in genere si ammalorano di più nella sola corsia di marcia dei veicoli pesanti, è il risanamento profondo. Esso consiste nell'asportare la pavimentazione nella zona ammalorata (per una larghezza di 4,5:4,75 m), fino agli strati di fondazione. Si interviene poi su questi ultimi miscelandoli in situ con leganti idraulici (scorie di altoforno granulate, cemento) se essi non sono costituiti da materiali legati. Si ricostruiscono poi in conglomerato bituminoso gli strati superiori fino a livello con la vecchia pavimentazione anche con materiali preesistenti, riciclati in impianto. Si stende poi su tutta la larghezza della carreggiata un nuovo strato di usura.

Molta cura deve essere dedicata ai due giunti longitudinali che si formano in questo modo, spingendo a fondo le rullature sui bordi e provvedendo alla loro sistemazione fresando il giunto e ricostruendo un tampone a cavallo della fessura, avendo prima steso sul fondo del cavo una guaina bituminosa armata e autoadesiva.

Questi due tipi di intervento, che consistono praticamente nel rifacimento della sovrastruttura, si effettuano al termine della "vita utile" a fatica delle vecchie pavimentazioni.



## PIANIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI E CADENZA CONTROLLI / OPERAZIONI DI MANUTENZIONE

La cadenza con cui effettuare le visite di controllo sul tronco stradale in progetto sarà la seguente:

- 1) controlli speditivi a vista con cadenza annuale;
- 2) controlli completi strumentali ogni 5 anni.

Per quanto concerne, invece, la programmazione degli interventi di manutenzione, le operazioni da fare saranno:

- 1) Rinnovo della segnaletica orizzontale da prevedersi ogni 2 anni;
- 2) Interventi di manutenzione programmata della pavimentazione da prevedersi minimo ogni 3 anni;
- 3) Interventi di manutenzione programmata da prevedersi minimo ogni 10 anni sulle stradine di servizio;
- 4) Interventi su chiamate del cittadino o su segnalazione degli organi di Pubblica Sicurezza.

Le Tabelle seguenti (Tab. XII e XIII), tratto da BU CNR 125, rappresentano schematicamente per ciascuna caratteristica degradata gli interventi più opportuni e la loro relativa priorità in funzione dell'estensione dell'ammaloramento.

**Tabella XII - Esempi di prescrizioni per la pianificazione degli interventi**

Problema	Degradazione	Condizioni dell'ammaloramento (A)	Intervento	Priorità (C)
<b>Aderenza</b>	Pavimentazione scivolosa (lucidatura, perdita di rugosità) CAT SCRIM<35 con raggio inferiore o uguale a 1000 m, ed in zone ad alto tasso di incidentalità od in zone di probabile frenatura (rampe con probabile rallentamento di mezzi pesanti, zone di svincolo, etc.); CAT SCRIM<33 in curva con raggio superiore a 1000 m; CAT SCRIM<30 in rettilineo (B).	- lunghezza del tratto scivoloso sulla corsia di marcia > 2 km	- Trattamento superficiale 1= 10m - bocciardatura o irradiazione (D) l= 4 m - riciclaggio in situ (h= 5 cm; l=4 m. - fresatura superficiale e riempimento superficiale (h= 5 cm; l= 4,5 m) - tappeto d'usura (h= 4 cm; l= 10 m) (E)	1 2 (*) 2 (**) 3 4
	OPPURE macrorugosità misurata con il sistema dell'altezza in sabbia o mediante il misuratore minitexture meter = con valori inferiori a: - 0,30 mm (media su 4 valori misurati trasversalmente) dove sono possibili ristagni di acqua In presenza di curva occorre verificare la pendenza trasversale che è prioritaria rispetto al valore di aderenza.	- lunghezza del tratto scivoloso sulla corsia di marcia compreso tra 1 km e 2 km lunghezza del tratto scivoloso sulla corsia di marcia inferiore ad 1 km	- bocciardatura o irradiazione (D); - riciclaggio in situ; - fresatura superficiale e riempimento - bocciardatura o sabbiatura con abrasivo metallico (D)	1 2 3 1

(A) Le lunghezze vengono indicate per una scelta di tipo operativo (tipo di cantiere, redditività dell'organizzazione). Per questo motivo le lunghezze sono solo indicative in quanto oltre alla lunghezza in continuità della zona degradata occorre considerare anche la successione di zone degradate inferiori ma che sono molto vicine tra loro in questo caso. La lunghezza del tratto da considerare è pari alla somma dei singoli tratti degradati.

(B) Soglia convenzionale;

(C) 1 = priorità alta,..... 4 = priorità bassa;

(D) Nella scelta fra i due tipi di intervento occorre tener presente, oltre al rendimento giornaliero, che l'irradiazione non si può effettuare su superfici bagnate e che quindi è preferibile per gallerie impermeabilizzate, specialmente se la pavimentazione esistente è ottenuta con inerti chiari.

(E) La curva granulometrica del tappeto di usura dovrà essere del tipo W1 (vedi tab. 4), con passante al setaccio 2 mm pari a circa il 35%, in modo da avere una buona rugosità superficiale.

(\*) Preferibile se la scivolosità è legata principalmente alla lucidatura degli aggregati.

(\*\*) Preferibile se la scivolosità è legata ad eccesso di legante o se sono presenti fessurazioni superficiali.

Tabella XIII - Esempi di prescrizioni per la pianificazione degli interventi

Problema	Degradazione	Condizioni dell'ammaloramento (A)	Intervento	Priorità (E)
Portanza	Pavimentazioni fessurate con fessure ramificate medie e con sfondamenti. Dalle prove del FWD è possibile valutare la differente portanza degli strati legati cioè del manto (rinforzi, usura e collegamento) e della base per cui si può individuare quale è lo strato carente; da una elaborazione dei risultati è inoltre possibile ricavare lo spessore integro e quello degradato degli strati legati.	fessure e sfondamenti presenti sulla corsia di marcia: - se di estensione > 800 m - se fondazione e sottofondo di buone capacità portanti (B)  - se fondazione di cattiva portanza e sottofondo di buona portanza oppure fondazione buona e sottosuolo cattivo oppure fondazione cattiva e sottofondo cattivo	fresatura profonda e ricostruzione con inserimento di strati legati a cemento e con utilizzo di materiale riciclato in impianto (C)  risanamento profondo con misto cementato (utilizzo di materiale riciclato in impianto) (D)	1
		- se di estensione tra 100 m ed 800 m	fresatura profonda 1 = 4,7 m	1
		- se di estensione inferiore a 100 m	rappezzi	1

(A) Vedi nota tabella XII

(B) La valutazione della capacità portante deve essere fatta con sistemi non distruttivi (richiedere le misure del FWD).

(C) Altri tipi di intervento (fresatura subcorticale) sono di tipo provvisorio con durata più o meno misurabili sempre con il FWD; anche nel caso di fondazioni e sottofondo di buone capacità, in caso di sfondamenti, conviene inserire strati legati a cemento in quanto a fronte di un leggero aumento dei costi si ottiene una pavimentazione più duratura (spessore strati legati di circa 51 cm).

(D) Il risanamento profondo dovrà essere fatto generalmente in modo che venga miscelato lo strato di fondazione con il cemento per almeno 25 cm (con eventuale integrazione di granulare o conglomerato bituminoso di base fresato, se necessario) ricoperto successivamente da 15 cm di base riciclata, e 7 cm di binder riciclato in impianto, fino a raggiungere la quota del piano viabile e da uno strato di usura dello spessore di 3-4 cm di materiale fresco su tutta la carreggiata; la lunghezza dell'intervento dovrà essere almeno di 4,7 m in modo da ottenere un corretto funzionamento a piastra.

(E) 1 = priorità alta, .... 4 = priorità bassa

**Regolarità':**

In mancanza dell'ARAN (°) procedere con criteri tradizionali: imbottitura + tappeto di usura.

(°) L'ARAN può misurare la necessità di intervento secondo soglie scientifiche e può essere usato per misurare la qualità degli interventi fatti (anche non legati alla sola regolarità). In tal senso può essere inserito nelle norme tecniche d'appalto. Indicativamente:

RCI &gt; 7,5 pavimentazione con regolarità buona

RCI &lt; 5,0 pavimentazione con regolarità mediocre

RCI &lt; 3,5 pavimentazione con regolarità scarsa (presenza di sfondamenti, giunti di viadotti, etc.).

Esaminando i dati di regolarità occorre considerare le tratte con valori di RCI &lt; 5; queste zone possono presentare punti singolari con buche o giunti difettosi sui viadotti e richiedere quindi interventi puntuali.

Per individuare la necessità di intervento per regolarità occorre esaminare tratte di lunghezza superiore a 200 m con RCI &lt; 3,5.

Tabella XIV - Altri ammaloramenti

Degradazioni	TECNICHE DI RIPARAZIONE					
	Fresatura riempimento	Sigillatura	Trattamenti superficiali	Tappeti d'usura	Riciclaggio in situ	Drenaggio (*)
Fessure longitudinali: - giunti di costruzione - per fatica	○ ■	● ○ □		○ ■	● (**) ● (**)	○
Fessure ramificate sottili	○ ■		○ ■	○ ■	○ □	○
Deformazione viscoplastiche (ormaie di tipo superficiale)	○			○ □	●	
Spogliamenti, sgranature	●			●		
INTERVENTI PROVVISORI ○ INT. RADICALI ● VALIDITA' BUONA ■ VALIDITA' MEDIA □						

(\*) consigliati soprattutto in caso di trincea a scopo preventivo per rallentare le degradazioni; occorre naturalmente verificare la possibilità di scarico longitudinale e laterale per lunghezze elevate;

(\*\*) limitato alla zona ammalorata; in alternativa al riciclaggio potrà essere effettuata la riparazione delle lesioni longitudinali formatesi in corrispondenza dei giunti di strisciata.

**AMMALORAMENTI SU PAVIMENTI SPECIALI**

Pavimentazioni di viadotti → impermeabilizzazione a conglomerati bituminosi ad alta durabilità e legante modificato (binder + usura)

strato di usura ottenuto con inerte calcareo locale bianco (con coefficiente di levigatezza accelerato CLA &gt; 0,37) impiegato per l'80-85% della pezzatura 5-15, trattato immediatamente dopo con irradiazione e controllato periodicamente dal punto di vista dell'aderenza con lo SCRIM e o con la prova di altezza in sabbia, direttamente o con il Texture Meter.