



**NOUVELLE LIGNE LYON TURIN – NUOVA LINEA TORINO LIONE  
PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE – PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE  
CUP C11J05000030001  
Lotto Costruttivo 1 – Opera anticipatoria propedeutica**

**Chantier Opérationnel 04 – Cantiere Operativo 04  
CIG Ze11ed230d**

**Travaux de réalisation des niches de retournement et d'aménagement intérieur de la galerie de La Maddalena, transport et mise en dépôt des matériaux excavés  
Lavori di realizzazione delle nicchie di interscambio e di sistemazione interna della galleria La Maddalena, trasporto e messa a deposito del materiale di scavo**

**Projet Exécutif – Progetto Esecutivo  
Génie civil – Opere civili  
Programme de maintenance – Piano di manutenzione**

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérfié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	29.04.2020	Première diffusion/Prima emissione	G. LODIGIANI	M. GATTI	G. CASSANI
A	12.05.2020	Révision suite aux commentaires / Revisione a seguito commenti	G. LODIGIANI	M. GATTI	G. CASSANI
B	13.05.2020	Élaboré approuvé/Elaborato approvato	G. LODIGIANI	M. GATTI	G. CASSANI
C	28.05.2020	Elaboré approuvé avec transposition Commentaires TELT/ Elaborato approvato con recepimento commenti TELT	G. LODIGIANI	M. GATTI	G. CASSANI

0	4	A	1	7	3	5	7	0	0	0	0	-	-	0	Z	
Cantiere Operativo Chantier Opérationnel			Contratto Contrat				Opera Ouvrage			Tratta Tronçon	Parte Partie					

E	R	E	G	N	0	6	0	1	C
Fase Phase	Tipo documento Type de document		Oggetto Objet		Numero documento Numéro de document			Indice	

-
Scala / Echelle

A	P
Stato / Statut	

Indirizzo / Adresse GED			

Il progettista / Le designer

L'appaltatore / L'entrepreneur

Il Direttore dei Lavori / Le Maître d'Oeuvre



## SOMMAIRE / INDICE

1	INTRODUZIONE.....	5
2	INQUADRAMENTO GENERALE DELL’OPERA.....	6
2.1	Caratteristiche del cunicolo La Maddalena .....	6
2.2	Lavori di realizzazione delle nicchie.....	8
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	9
3.1	Quadro normativo di riferimento.....	9
3.2	Documenti di progetto .....	9
3.3	Disposizioni relative alla sicurezza.....	13
4	SCOPO E STRUTTURA DEL PIANO DI MANUTENZIONE .....	15
4.1	Manuale d’uso .....	15
4.2	Manuale di manutenzione.....	15
4.3	Programma di manutenzione .....	16
5	MANUALE D’USO.....	17
5.1	Realizzazione delle nicchie di interscambio .....	17
5.1.1	Descrizione delle opere .....	17
5.1.2	Elementi manutenibili e modalità d’uso corretto .....	25
5.2	Sistemazione interna della galleria.....	25
5.2.1	Elementi manutenibili e modalità d’uso corretto .....	29
5.3	Impianti.....	30
5.3.1	Elementi manutenibili e modalità d’uso corretto .....	30
5.4	Caratteristiche dei materiali .....	31
6	MANUALE DI MANUTENZIONE.....	32
6.1	Modalità di controllo .....	32
6.1.1	Ispezioni visive .....	32
6.1.2	Ispezioni strumentali .....	34
6.1.3	Sistema di monitoraggio.....	36
6.2	Rilevamento dati.....	39
6.2.1	Scheda: Caratteristiche geometriche delle opere d’arte .....	39
6.2.2	Scheda: Anomalie Ricontrate.....	39
6.2.3	Scheda: Giudizio .....	42
6.2.4	Scheda: Correlazione Anomalie-Interventi-Priorità di Attuazione.....	42
6.2.5	Scheda: Dati Storici.....	43
6.2.6	Individuazione degli interventi .....	43
6.2.7	Analisi dei vincoli e delle priorità.....	45
6.3	Operazioni manutentive .....	46
7	PROGRAMMA DI MANUTENZIONE .....	47
7.1	Sottoprogramma dei controlli .....	47
7.2	Sottoprogramma degli interventi .....	49
8	APPENDICI.....	50
8.1	Appendice A: Catalogo anomalie riscontrabili .....	50
8.1.1	Strutture in calcestruzzo.....	50
8.1.2	Strutture in acciaio .....	51

8.1.3	Elementi di sostegno (bulloni tipo swellex, chiodature, ecc.).....	52
8.1.4	Tubi e condotte in PVC .....	53
8.1.5	Elementi idraulici di raccolta acque .....	53
8.1.6	Sovrastruttura stradale.....	54
8.2	Appendice B: Catalogo delle ispezioni visive.....	55
8.2.1	Strutture in calcestruzzo.....	55
8.2.2	Strutture in acciaio .....	55
8.2.3	Elementi di sostegno (bulloni tipo swellex, chiodature, ecc.).....	55
8.2.4	Elementi idraulici di raccolta acque .....	56
8.2.5	Sovrastruttura stradale.....	56
8.3	Appendice C: Catalogo delle ispezioni strumentali .....	57
8.3.1	Prove non distruttive nelle strutture in calcestruzzo .....	57
8.3.2	Prove non distruttive nelle strutture in acciaio.....	59
8.3.3	Prove non distruttive su tubi e condotte in PVC o acciaio .....	59
8.3.4	Prove non distruttive sulla sovrastruttura stradale .....	60
8.3.5	Prove distruttive sulla sovrastruttura stradale.....	60
8.3.6	Prove distruttive .....	60
8.4	Appendice D: Catalogo interventi elementari.....	62
8.4.1	Strutture in calcestruzzo.....	62
8.4.2	Strutture in acciaio .....	62
8.4.3	Tubi in PVC.....	62
8.4.4	Canalette.....	62
8.4.5	Bulloni tipo swellex e chiodature di sostegno.....	63
8.4.6	Tubazioni in acciaio.....	63
8.4.7	Pozzetti in calcestruzzo.....	63
8.4.8	Sovrastruttura stradale.....	63
8.5	Appendice E: Modello schede “Caratteristiche geometriche delle opere d’arte” ..	64
8.6	Appendice F: Modello schede “Anomalie riscontrate” .....	67
8.7	Appendice G: Modello schede “Giudizio” .....	68
8.8	Appendice H: Modello schede “Anomalie-Interventi-Priorita’ d’attuazione” .....	69
8.9	Appendice I: Modello schede “Dati storici” .....	70
8.10	Appendice L: Sottoprogramma dei controlli .....	72
8.11	Appendice M: Sottoprogramma degli interventi .....	76

## RESUME / RIASSUNTO

Ce rapport présente le Plan de maintenance des travaux de génie civil des niches d'échange du tunnel de La Maddalena dans le cadre de la Nouvelle liaison ferroviaire Turin-Lyon. Il se compose des trois documents opérationnels :

- a) le manuel de l'utilisateur ;
  - b) le manuel de maintenance ;
  - c) le programme de maintenance ;
- en détail décrites ci-dessous.

Nella presente relazione si presenta il Piano di Manutenzione delle opere civili delle nicchie di interscambio della galleria La Maddalena nell'ambito del Nuovo Collegamento Ferroviario Torino-Lione. E' costituito dai tre documenti operativi:

- a) il Manuale d'uso;
  - b) il Manuale di manutenzione;
  - c) il Programma di manutenzione;
- in dettaglio descritto nel seguito.

## 1 INTRODUZIONE

Il presente documento rappresenta il Piano di Manutenzione delle opere civili delle nicchie di interscambio della galleria La Maddalena nell'ambito del Nuovo Collegamento Ferroviario Torino-Lione.

Le sezioni tipo di scavo e consolidamento delle nicchie, come pure le attività di completamento del pre-rivestimento del cunicolo, sono rivestimenti di prima fase, che, secondo le vigenti Norme Tecniche sulle Costruzioni (D.M. 17/01/2018), sono inquadrabili come Strutture in fase costruttiva (Art. 2.4.1- Tabella 2.4.I) e presentano Vita utile Nominale (Vn) al massimo di 10 anni dalla loro installazione.

Resta inteso che le suddette Vn presuppongono che tutte le attività di controllo e manutenzione vengano effettuate in accordo con le prescrizioni riportate nel presente piano di manutenzione.

Il Piano ha la finalità di prevedere, pianificare e programmare l'attività di manutenzione al fine di mantenere nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico delle opere oggetto dell'intervento. Il documento è stato redatto attenendosi a quanto previsto dal Decreto Legislativo 12 Aprile 2006 n. 163, art. 93 e dal D.P.R. 5 Ottobre 2010 n. 207 art. 38.

Il Piano è da intendersi valido per le opere così come concepite in progetto e realizzate, pertanto, qualora dovessero essere apportate alle stesse modifiche successive al termine dei lavori il presente documento dovrà essere revisionato di conseguenza. In ogni caso il documento verrà aggiornato in corso d'opera in funzione di quanto realizzato e delle eventuali problematiche effettivamente riscontrate.

## 2 INQUADRAMENTO GENERALE DELL'OPERA

### 2.1 Caratteristiche del cunicolo La Maddalena

Gli interventi oggetto del Presente Progetto verranno realizzati all'interno del cunicolo esplorativo La Maddalena, realizzato con precedente lotto di appalto (contratto C5011) e il cui scavo è terminato nel Febbraio 2017. La galleria si sviluppa per una lunghezza di 7020 m all'interno del massiccio dell'Ambin a partire dall'imbocco posto nel comune di Chiomonte (TO) al di sotto del viadotto autostradale della A32 Torino-Bardonecchia.

Da un punto di vista planimetrico il tracciato si compone come segue:

- Km 0+000,00 ÷ 0+300,00: rettilineo
- Km 0+300,00 ÷ 1+117,08: curva (raggio 1500 m)
- Km 1+117,08 ÷ 3+072,76: rettilineo
- Km 3+072,76 ÷ 3+668,27: curva (raggio 1000 m)
- Km 3+668,27 ÷ 7+020,00: rettilineo



Figura 1 – Stralcio planimetrico del cunicolo

Altimetricamente il tracciato è invece costituito da 4 differenti livellette, opportunamente raccordate:

- Km 0+000,00 ÷ 1+500,00: salita con pendenza 0.343%
- Km 1+500,00 ÷ 4+090,97: discesa con pendenza 3.312%
- Km 4+090,97 ÷ 6+979,66: salita con pendenza 1.102%
- Km 6+979,66 ÷ 7+020,00: discesa con pendenza 3.94%

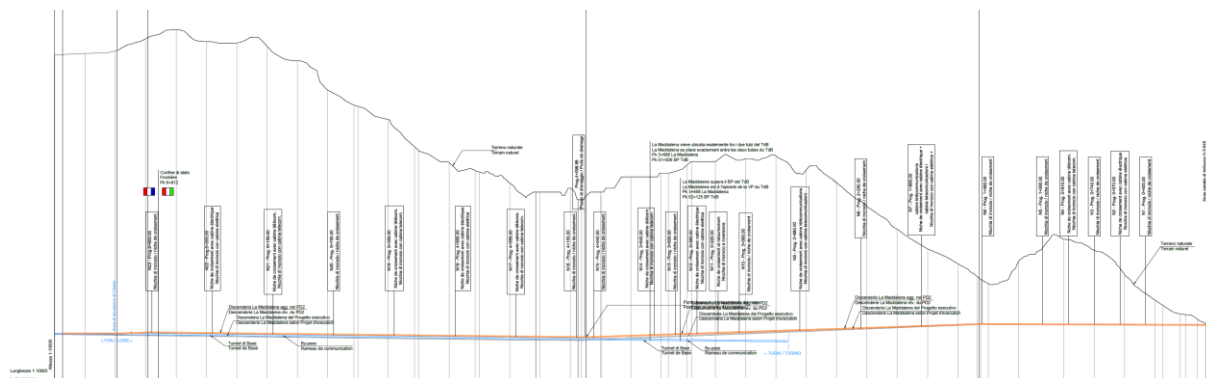


Figura 2 – Profilo altimetrico del cunicolo

La galleria è stata scavata per i primi 198 m in tradizionale, per attraversare i depositi glaciali e fluvioglaciali nella zona dell’imbocco e successivamente fino alla progressiva finale per mezzo di una TBM aperta, con diametro di scavo pari a 6,30 m.

Nel tratto scavato in tradizionale il rivestimento di prima fase è già stato realizzato e, parzialmente, anche il rivestimento definitivo. Al contrario la tratta scavata in meccanizzato ha previsto l’applicazione di sezioni tipo di scavo con bullonature radiali sporadiche o sistematiche, bullonature radiali e posa di rete elettrosaldata e centinino in calotta, o posa di rete elettrosaldata (o barre metalliche) e centine su tutto il perimetro di scavo, senza l’esecuzione sistematica di un rivestimento in calcestruzzo proiettato (vedi esempio in Figura 3). Gli interventi di sostegno risultano quindi al momento “a vista”.

All’interno della galleria sono presenti due nicchie, scavate in tradizionale a paramento destro, alle progressive 2805 e 4130 m. La nicchia alla progressiva 4130 m si trova nel punto più basso della galleria e al suo interno sono allocate due vasche per l’accumulo delle acque di falda drenate dalla galleria e le pompe per l’evacuazione delle acque. La nicchia alla progressiva 2805 m ospita anch’essa due vasche intermedie per il rilancio dell’acqua al di fuori della galleria.

Alle progressive 587 m e 1420 m sono presenti due nicchie geognostiche realizzate per poter eseguire indagini di caratterizzazione in sito e senza ulteriori future finalità.

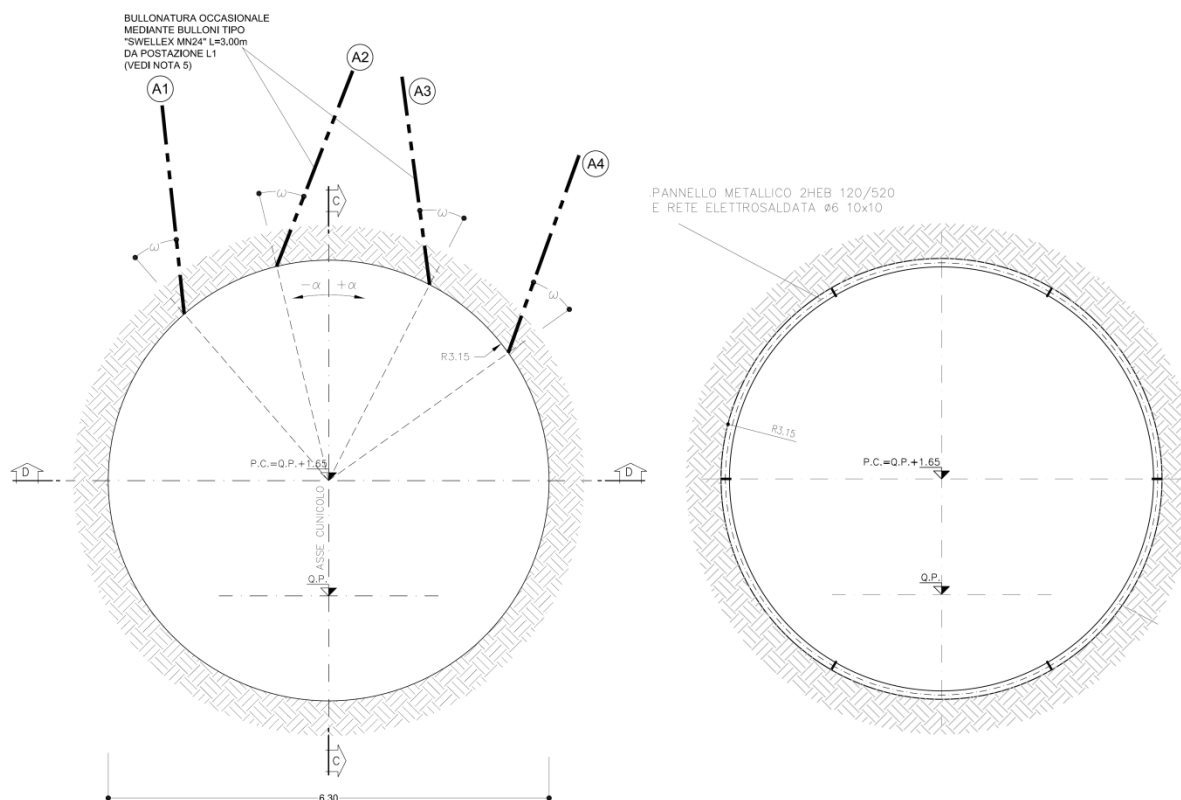


Figura 3 – Esempi di sezioni di scavo del cunicolo bullonate (a sinistra) e centinate (a destra)

## 2.2 Lavori di realizzazione delle nicchie

Il Progetto Esecutivo dei “Lavori di realizzazione delle nicchie di interscambio e di sistemazione interna della galleria La Maddalena, trasporto e messa a deposito del materiale di scavo” prevede la realizzazione di nicchie di interscambio da eseguirsi all’interno dell’esistente cunicolo esplorativo La Maddalena e la posa in opera del rivestimento di prima fase all’interno della galleria stessa, per tutto il tratto scavato con TBM (sia il primo tratto, che verrà successivamente utilizzato per l’accesso dei veicoli bimodali e di soccorso al Tunnel di Base, che per il secondo tratto destinato allo stoccaggio irreversibile delle rocce verdi provenienti dallo scavo del Tunnel di Base. Il tratto iniziale del cunicolo, scavato in tradizionale, è già stato rivestito).

Nello specifico lungo il primo tratto del cunicolo sono previste 7 nicchie di incrocio dei veicoli (di cui 2 equipaggiate di cabina elettrica e 2 di cabina telecomunicazioni) a cui se ne aggiunge un’ottava all’innesto con la galleria di connessione 1 (anch’essa da equipaggiarsi con cabina telecomunicazioni). Il secondo tratto prevede invece la realizzazione di 14 nicchie per la logistica di stoccaggio.

Le nicchie verranno realizzate secondo una specifica scansione dei lavori in tratte da 1500 m, prevedendo l’allargamento della sezione del cunicolo secondo differenti sezioni tipo di scavo, definite in funzione del contesto geomeccanico e di copertura di volta in volta incontrato.



L'intervento sarà quindi completato mediante la posa in opera del rivestimento di prima fase del cunicolo, costituito da uno strato di spritz beton di 15 cm di spessore, fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata.

Le lavorazioni oggetto del presente Progetto saranno eseguite esclusivamente in sotterraneo. Non sono previste quindi modifiche all'area di cantiere in corrispondenza dell'imbocco, che rimarrà sostanzialmente invariata rispetto a quanto previsto in fase di scavo del cunicolo stesso.

### 3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

#### 3.1 Quadro normativo di riferimento

Nel progetto è stato fatto riferimento alle seguenti Normative ed Istruzioni:

**a) D.M. 17/01/2018:** "Norme Tecniche per le Costruzioni" (pubblicato sulla G.U. n.42 –Suppl. Ordinario n.8 – del 20 febbraio 2018).

**b) Circolare 21/01/2019:** "Istruzione C.S.LL.PP. per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 Gennaio 2018".

**c) UNI EN 206-1 ottobre 2006** – "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità"

**d) Capitolato Tecnico dell'opera parte dei documenti di appalto**

#### 3.2 Documenti di progetto

I documenti di progetto a cui fa riferimento la presente relazione sono sintetizzati nella tabella seguente:

CODICE									TITOLO
		OO --							
		OO --	0						
		OO --	0	Z				0100	<b>GENERALE</b>
04A	1735700	OO --	0	Z	E	EL	GN	0101	Elenco Elaborati
04A	1735700	OO --	0	Z	E	RE	GN	0102	Relazione Generale
04A	1735700	OO --	0	Z	E	RE	GN	0103	Relazione di confronto tra PRV e Progetto Esecutivo
04A	1735700	OO --	0	Z	E	RE	GN	0104	Relazione generale di ottemperanza alle prescrizioni delle delibere CIPE
04A	1735700	OO --	0	Z	E	PL	GN	0105	Corografia generale
04A	1735700	OO --	0	Z	E	PL	GN	0106	Planimetria Generale
04A	1735700	OO --	0	Z	E	PF	GN	0107	Profilo Longitudinale Generale
04A	1735700	OO --	0	Z	E	PL	GN	0108	Planimetria ubicazione nicchie
04A	1735700	OO --	0	Z	E	PL	GN	0109	Sovrapposizione proprietà TELT e ANAS con il progetto delle nicchie
		OO --	0	Z				0200	<b>AMBIENTE</b>
04A	1735700	OO --	0	Z	E	RE	AM	0201	Piano di Gestione Ambientale
04A	1735700	OO --	0	Z	E	PL	AM	0202	Planimetria con indicazione dei punti di monitoraggio del PGA
04A	1735700	OO --	0	Z	E	PL	AM	0203	Tavola delle mitigazioni e apprestamenti di cantiere
04A	1735700	OO --	0	Z	E	RE	AM	0204	Piano di gestione terre

CODICE									TITOLO
04A	1735700	OO --	0	Z	E	RE	AM	0205	Piano di Utilizzo delle terre ai sensi del DM 161/2012
04A	1735700	OO --	0	Z	E	PL	AM	0206	Planimetria delle aree di deposito temporaneo dei materiali
04A	1735700	OO --	0	Z	E	RE	AM	0210	Piano di Gestione Rifiuti ai sensi del D. Lgs. 152/2006
04A	1735700	OO --	0	Z	E	RE	AM	0211	Piano Gestione in caso di materiali contenenti amianto
04A	1735700	OO --	0	Z	E	RE	AM	0212	Piano di lavoro tipologico in caso di presenza amianto
04A	1735700	OO --	0	Z	E	RE	AM	0213	Linee Guida in caso di materiale radioattivo al fronte
04A	1735700	OO --	0	Z	E	RE	AM	0214	Piano di lavoro tipologico in caso di radiazioni ionizzanti
04A	1735700	OO --	0	Z	E	RE	AM	0215	Relazione paesaggistica
04A	1735700	OO --	0	Z	E	RE	AR	0216	Relazione archeologica
04A	1735700	OO --	0	Z	E	RE	IN	0217	Relazione di impatto acustico e vibrazioni della fase di cantiere
04A	1735700	OO --	0	Z	E	PL	IN	0218	Mitigazione acustiche di cantiere
		OO --	0	Z				<b>0300</b>	<b>TECNICO AMMINISTRATIVI</b>
04A	1735700	OO --	0	Z	E	EL	CX	0301	Elenco prezzi unitari
04A	1735700	OO --	0	Z	E	TB	CX	0302	Analisi nuovi prezzi
04A	1735700	OO --	0	Z	E	TB	CX	0303	Computo metrico
04A	1735700	OO --	0	Z	E	CE	CX	0304	Computo metrico estimativo
04A	1735700	OO --	0	Z	E	TB	CX	0305	Quadro Economico
04A	1735700	OO --	0	Z	E	TB	CX	0306	Tabella di percentualizzazione delle opere a corpo
04A	1735700	OO --	0	Z	E	TB	PN	0307	Cronoprogramma generale dei lavori
		OO --	0	Z				<b>0400</b>	<b>TRACCIAMENTI</b>
04A	1735700	OO --	0	Z	E	PL	GN	0401	Planimetria di tracciamento nicchie - Tav. 1/3
04A	1735700	OO --	0	Z	E	PL	GN	0402	Planimetria di tracciamento nicchie - Tav. 2/3
04A	1735700	OO --	0	Z	E	PL	GN	0403	Planimetria di tracciamento nicchie - Tav. 3/3
04A	1735700	OO --	0	Z	E	PF	GN	0404	Profilo di tracciamento nicchie - Tav. 1/3
04A	1735700	OO --	0	Z	E	PF	GN	0405	Profilo di tracciamento nicchie - Tav. 2/3
04A	1735700	OO --	0	Z	E	PF	GN	0406	Profilo di tracciamento nicchie - Tav. 3/3
		OO --	0	Z				<b>0500</b>	<b>MONITORAGGI</b>
04A	1735700	OO --	0	Z	E	RE	GN	0501	Monitoraggio - Relazione Tecnica
04A	1735700	OO --	0	Z	E	SE	GN	0502	Monitoraggio in fase di scavo - Sezioni
04A	1735700	OO --	0	Z	E	SE	GN	0503	Monitoraggio - Sezioni
04A	1735700	OO --	0	Z	E	PL	GN	0504	Monitoraggio - Planimetria
		OO --	0	Z				<b>0600</b>	<b>PIANO DI MANUTENZIONE</b>
04A	1735700	OO --	0	Z	E	RE	GN	0601	Piano di manutenzione
			0					<b>0700</b>	<b>GEOLOGIA, GEOTECNICA E CALCOLO</b>
04A	1735700	OO --	0	Z	E	RE	GE	0701	Relazione geologica ed idrogeologica
04A	1735700	OO --	0	Z	E	RE	GE	0702	Relazione geomeccanica
04A	1735700	OO --	0	Z	E	RE	GC	0703	Relazione di calcolo nicchie
04A	1735700	OO --	0	Z	E	RE	GC	0704	Relazione tecnica nicchie
04A	1735700	OO --	0	Z	E	PF	GE	0705	Profilo geomeccanico di dettaglio – Tav. 1/4
04A	1735700	OO --	0	Z	E	PF	GE	0706	Profilo geomeccanico di dettaglio – Tav. 2/4
04A	1735700	OO --	0	Z	E	PF	GE	0707	Profilo geomeccanico di dettaglio – Tav. 3/4
04A	1735700	OO --	0	Z	E	PF	GE	0708	Profilo geomeccanico di dettaglio – Tav. 4/4

CODICE								TITOLO	
			0					0800	<b>FASI DI INTERVENTO</b>
04A	1735700	OO --	0	Z	E	PR	GN	0801	Fasi generali di intervento - Tav. 1/3
04A	1735700	OO --	0	Z	E	PR	GN	0802	Fasi generali di intervento - Tav. 2/3
04A	1735700	OO --	0	Z	E	PR	GN	0803	Fasi generali di intervento - Tav. 3/3
		<b>GN20</b>							<b>GALLERIA NATUTALE MADDALENA</b>
		<b>GN20</b>	<b>N</b>					<b>1000</b>	<b>NICCHIE</b>
		<b>GN20</b>	<b>N</b>	<b>2</b>					<b>Scavo e consolidamenti</b>
04A	1735700	GN20	N	2	E	PR	GC	1001	Sezione tipo S1-1 - Fasi esecutive di scavo e consolidamento
04A	1735700	GN20	N	2	E	PR	GC	1002	Sezione tipo S1-2 - Fasi esecutive di scavo e consolidamento
04A	1735700	GN20	N	2	E	PR	GC	1003	Sezione tipo S1-3 - Fasi esecutive di scavo e consolidamento
04A	1735700	GN20	N	2	E	PR	GC	1004	Sezione tipo S2-1 - Fasi esecutive di scavo e consolidamento
04A	1735700	GN20	N	2	E	PR	GC	1005	Sezione tipo S2-2 - Fasi esecutive di scavo e consolidamento
04A	1735700	GN20	N	2	E	PR	GC	1006	Sezione tipo S2-2 - Fasi esecutive di scavo e consolidamento in corrispondenza di sezione F5
04A	1735700	GN20	N	2	E	PR	GC	1007	Nicchie NLS4 - Fasi esecutive di scavo e consolidamento
04A	1735700	GN20	N	2	E	PR	GC	1008	Nicchie NLS9 - Fasi esecutive di scavo e consolidamento
		<b>GN20</b>	<b>N</b>	<b>3</b>					<b>Sostegni</b>
04A	1735700	GN20	N	3	E	SE	GC	1009	Sezione tipo S1-1 - Sezione tipo di sostegno
04A	1735700	GN20	N	3	E	SE	GC	1010	Sezione tipo S1-1 - Sezione tipo di sostegno - Sezione d'attacco
04A	1735700	GN20	N	3	E	SE	GC	1011	Sezione tipo S1-2 - Sezione tipo di sostegno
04A	1735700	GN20	N	3	E	SE	GC	1012	Sezione tipo S1-2 - Sezione tipo di sostegno - Sezione d'attacco
04A	1735700	GN20	N	3	E	SE	GC	1013	Sezione tipo S1-3 - Sezione tipo di sostegno
04A	1735700	GN20	N	3	E	SE	GC	1014	Sezione tipo S1-3 - Sezione tipo di sostegno - Sezione d'attacco
04A	1735700	GN20	N	3	E	SE	GC	1015	Sezione tipo S2-1 - Sezione tipo di sostegno
04A	1735700	GN20	N	3	E	SE	GC	1016	Sezione tipo S2-1 - Sezione tipo di sostegno - Sezione d'attacco
04A	1735700	GN20	N	3	E	DD	ST	1017	Sezione tipo S2-1 - Carpenteria centina
04A	1735700	GN20	N	3	E	SE	GC	1018	Sezione tipo S2-2 - Sezione tipo di sostegno
04A	1735700	GN20	N	3	E	SE	GC	1019	Sezione tipo S2-2 - Sezione tipo di sostegno - Sezione d'attacco
04A	1735700	GN20	N	3	E	SE	GC	1020	Sezione tipo S2-2 - Sezione tipo di sostegno - Sezione d'attacco in corrispondenza di sezione F5
04A	1735700	GN20	N	3	E	DD	ST	1021	Sezione tipo S2-2 - Carpenteria centina
04A	1735700	GN20	N	3	E	SE	GC	1022	Sezioni tipo S1-S2 - Sostegno pareti di fondo
04A	1735700	GN20	N	3	E	SE	GC	1023	Nicchie NLS4 - Ramo - Sezioni di sostegno
04A	1735700	GN20	N	3	E	SE	GC	1024	Nicchia NLS9 - Sezione tipo S1-3* - Sezioni di sostegno
04A	1735700	GN20	N	3	E	SE	GC	1025	Nicchie NLS9 - Ramo - Sezioni di sostegno
04A	1735700	GN20	N	3	E	DD	ST	1026	Nicchie NLS4-NLS9 - Carpenteria centina
04A	1735700	GN20	N	3	E	SE	GC	1027	Nicchie NLS4-NLS9 - Ramo - Sostegno pareti di fondo

CODICE									TITOLO
		GN20	K						<b>DISCENDERIA</b>
		GN20	K	Z				<b>2000</b>	<b>Piano stradale provvisorio</b>
04A	1735700	GN20	K	Z	E	SE	GC	2001	Tratto da pk 0+000 a pk 0+198 - Piano stradale provvisorio
04A	1735700	GN20	K	Z	E	SE	GC	2002	Tratto da pk 0+198 a pk 4+130 - Piano stradale provvisorio
04A	1735700	GN20	K	Z	E	SE	GC	2003	Tratto da pk 4+130 a pk 7+020 - Piano stradale provvisorio
04A	1735700	GN20	K	Z	E	SE	GC	2004	Nicchie - Piano stradale provvisorio
		GN20	K	Z				<b>3000</b>	<b>Rivestimento provvisorio</b>
04A	1735700	GN20	K	Z	E	SE	GC	3001	Tratta scavata in TBM - Sezioni tipo F1, F2 e F3 - Completamento rivestimento provvisorio
04A	1735700	GN20	K	Z	E	SE	GC	3002	Tratta scavata in TBM - Sezioni tipo F3c1 - Completamento rivestimento provvisorio
04A	1735700	GN20	K	Z	E	SE	GC	3003	Tratta scavata in TBM - Sezioni tipo FMV - Completamento rivestimento provvisorio
04A	1735700	GN20	K	Z	E	SE	GC	3004	Tratta scavata in TBM - Sezioni tipo F4 - Completamento rivestimento provvisorio
04A	1735700	GN20	K	Z	E	SE	GC	3005	Tratta scavata in TBM - Sezioni tipo F5 - Completamento rivestimento provvisorio
04A	1735700	GN20	K	Z	E	PL	ID	3006	Sistema di drenaggio acque - Planimetria e Profilo longitudinale
04A	1735700	GN20	K	Z	E	SE	ID	3007	Sistema di drenaggio acque - Sezioni
		GN20	K	Z				<b>4000</b>	<b>Impianti</b>
04A	1735700	GN20	K	Z	E	RE	IM	4001	Impianto di ventilazione e di raffrescamento - Relazione
04A	1735700	GN20	K	Z	E	RE	IM	4002	Gestione della ventilazione durante le lavorazioni - Relazione
04A	1735700	GN20	K	Z	E	PL	ID	4003	Sistema di drenaggio acque - Sistema di drenaggio piazzale
04A	1735700	GN20	K	Z	E	PL	IM	4004	Impianto di ventilazione e di raffrescamento – Planimetria generale
04A	1735700	GN20	K	Z	E	SE	IM	4005	Impianto di ventilazione e di raffrescamento – Sezioni trasversali
04A	1735700	GN20	K	Z	E	PL	IM	4006	Gestione della ventilazione durante le lavorazioni – Pianta con sezioni tipo e particolari di installazione della cortina d'acqua
		GN28							<b>CONNESSIONE MADDALENA 1</b>
		GN28	W					<b>5000</b>	<b>Caverna d'intersezione</b>
		GN28	W	2					<b>Scavo e consolidamenti</b>
04A	1735700	GN28	W	2	E	PR	GC	5001	Nicchia NS8 - Fasi esecutive di scavo e consolidamento
		GN28	W	3					<b>Sostegni</b>
04A	1735700	GN28	W	3	E	SE	GC	5002	Nicchia NS8 - Sezione tipo di sostegno 1/2
04A	1735700	GN28	W	3	E	SE	GC	5003	Nicchia NS8 - Sezione tipo di sostegno 2/2
04A	1735700	GN28	W	3	E	SE	GC	5004	Nicchia NS8 - Sezione tipo di sostegno - Sezione d'attacco 1/2
04A	1735700	GN28	W	3	E	SE	GC	5005	Nicchia NS8 - Sezione tipo di sostegno - Sezione d'attacco 2/2
04A	1735700	GN28	W	3	E	PL	GC	5006	Nicchia NS8 - Planimetria
04A	1735700	GN28	W	3	E	DD	ST	5007	Nicchia NS8 - Carpenteria centina
04A	1735700	GN28	W	3	E	SE	GC	5008	Nicchia NS8 - Sostegno pareti di fondo

CODICE								TITOLO
		CN24					6000	CANTIERE LA MADDALENA
		CN24	0					
		CN24	0	Z				
04A	1735700	CN24	0	Z	E	RE	IN	6001 Relazione sulla cantierizzazione
04A	1735700	CN24	0	Z	E	PL	IN	6002 Planimetria area di cantiere
		SI02					7000	SICUREZZA
		SI02	1					
		SI02	1	Z				
04A	17333400	SI02	1	Z	E	RE	SI	7001 PSC - Piano di sicurezza e coordinamento - Parte generale
04A	17333400	SI02	1	Z	E	RE	SI	7002 PSC - ALLEGATO 01 - Regole operative comuni Italo-Francesi / RESTA INVARIATO
04A	17333400	SI02	1	Z	E	RE	SI	7003 PSC - ALLEGATO 02a - Elaborati grafici - Planimetrie di cantierizzazione - esterno
04A	17333400	SI02	1	Z	E	RE	SI	7004 PSC - ALLEGATO 02b - Elaborati grafici - Planimetrie di emergenza - galleria
04A	17333400	SI02	1	Z	E	RE	SI	7005 PSC - ALLEGATO 02c - Elaborati grafici - Planimetrie di emergenza - esterno
04A	17333400	SI02	1	Z	E	RE	SI	7006 PSC - ALLEGATO 02d - Elaborati grafici - Planimetrie di cantierizzazione - galleria
04A	17333400	SI02	1	Z	E	RE	SI	7007 PSC - ALLEGATO 03 - Elaborati grafici - Schede Analisi di fase
04A	17333400	SI02	1	Z	E	RE	SI	7008 PSC - ALLEGATO 04 - Cronoprogramma dei lavori
04A	17333400	SI02	1	Z	E	RE	SI	7009 PSC - ALLEGATO 05 - Computo metrico estimativo degli oneri della sicurezza
04A	17333400	SI02	1	Z	E	RE	SI	7010 PSC - ALLEGATO 06 - Schede di fase di dettaglio
04A	17333400	SI02	1	Z	E	RE	SI	7011 PSC - ALLEGATO 07 - Elenco Elaborati di progetto
04A	17333400	SI02	1	Z	E	RE	SI	7012 PSC - ALLEGATO 08 – Integrazione PSC per il contenimento della diffusione del virus Covid-19
04A	17333400	SI02	1	Z	E	RE	SI	7013 Fascicolo tecnico dell'opera
								<b>AMBIENTE</b>
000	C173690	MA	-	-	E	RE	AM	0001 Piano di Monitoraggio Ambientale - Relazione metodologica
000	C173690	MA	-	-	E	PL	AM	0002 Piano di Monitoraggio Ambientale - Relazione metodologica - Album: Localizzazione dei punti e delle aree di monitoraggio
000	C173690	MA	-	-	E	RE	AM	0003 Piano di Monitoraggio Ambientale - Relazione di ottemperanza alle prescrizioni CIPE
000	C173690	MA	-	-	E	RE	AM	0004 Piano di Monitoraggio Ambientale - Monitoraggio ambientale in continuità con le fasi precedente
000	C173690	MA	-	-	E	RE	AM	0005 Piano di Monitoraggio Ambientale - Relazione descrittiva Cantiere Operativo 04 - Fase di Corso d'Opera

### 3.3 Disposizioni relative alla sicurezza

I requisiti legati alla sicurezza sono indicati nel Piano di sicurezza e coordinamento redatto dal CSE e nei relativi allegati, come indicato nella seguente tabella:

<b>SICUREZZA (a cura CSE)</b>
-------------------------------

SICUREZZA (a cura CSE)										
04A	17333400	SI02	1	Z	E	RE	SI	7001	PSC - Piano di sicurezza e coordinamento - Parte generale	
04A	17333400	SI02	1	Z	E	RE	SI	7002	PSC - ALLEGATO 01 - Regole operative comuni Italo-Francesi / RESTA INVARIATO	
04A	17333400	SI02	1	Z	E	RE	SI	7003	PSC - ALLEGATO 02a - Elaborati grafici - Planimetrie di cantierizzazione - esterno	
04A	17333400	SI02	1	Z	E	RE	SI	7004	PSC - ALLEGATO 02b - Elaborati grafici - Planimetrie di emergenza - galleria	
04A	17333400	SI02	1	Z	E	RE	SI	7005	PSC - ALLEGATO 02c - Elaborati grafici - Planimetrie di emergenza - esterno	
04A	17333400	SI02	1	Z	E	RE	SI	7006	PSC - ALLEGATO 02d - Elaborati grafici - Planimetrie di cantierizzazione - galleria	
04A	17333400	SI02	1	Z	E	RE	SI	7007	PSC - ALLEGATO 03 - Elaborati grafici - Schede Analisi di fase	
04A	17333400	SI02	1	Z	E	RE	SI	7008	PSC - ALLEGATO 04 - Cronoprogramma dei lavori	
04A	17333400	SI02	1	Z	E	RE	SI	7009	PSC - ALLEGATO 05 - Computo metrico estimativo degli oneri della sicurezza	
04A	17333400	SI02	1	Z	E	RE	SI	7010	PSC - ALLEGATO 06 - Schede di fase di dettaglio	
04A	17333400	SI02	1	Z	E	RE	SI	7011	PSC - ALLEGATO 07 - Elenco Elaborati di progetto	
04A	17333400	SI02	1	Z	E	RE	SI	7012	PSC - ALLEGATO 08 – Integrazione PSC per il contenimento della diffusione del virus Covid-19	
04A	17333400	SI02	1	Z	E	RE	SI	7013	Fascicolo tecnico dell'opera	

## 4 SCOPO E STRUTTURA DEL PIANO DI MANUTENZIONE

Il presente “Piano di Manutenzione” è costituito dai tre documenti operativi:

- a) il Manuale d'uso;
- b) il Manuale di manutenzione;
- c) il Programma di manutenzione;

di seguito richiamati, con le specifiche finalità sinteticamente descritte.

### 4.1 Manuale d'uso

Il Manuale d'Uso, di cui al successivo capitolo 5, fornisce un insieme d'informazioni che permettono di conoscere le modalità di fruizione e gestione del bene. Il suddetto documento operativo è stato realizzato secondo i seguenti obiettivi:

- indicare gli elementi utili a limitare danni causati da un uso improprio del bene;
- consentire di eseguire le operazioni necessarie alla conservazione del bene, che non richiedano “conoscenze specialistiche”;
- consentire di riconoscere con tempestività gli anomali fenomeni di deterioramento del bene, al fine di intervenire anche con operazioni di tipo “specialistico”.

Per redigere il manuale d'uso relativo alle strutture previste nel presente Progetto Esecutivo sono state identificate le seguenti opere principali:

- Nicchie di interscambio;
- Nicchie di interscambio con rami di inversione e nicchia speciale NS8;
- Completamento del rivestimento di prima fase del cunicolo
- Piano stradale

Al capitolo 2 sono riportate informazioni inerenti la localizzazione, le caratteristiche principali e le modalità di uso. Nel capitolo 3 sono riportati gli elaborati progettuali di riferimento.

### 4.2 Manuale di manutenzione

Il “Manuale di Manutenzione” , riportato al capitolo 6, fornisce le indicazioni necessarie alla corretta manutenzione dell'opera e delle sue unità tecnologiche in relazione agli elementi manutenibili presenti.

Dal punto di vista operativo, il “Manuale di Manutenzione” dopo aver individuato il livello minimo delle prestazioni che il bene deve assicurare e le anomalie prevedibili nel corso della sua vita utile, definisce quali debbano essere gli interventi necessari e le modalità di esecuzione degli stessi. Per il raggiungimento di tali obiettivi, prevede l'istituzione d'ispezioni di controllo, pianificandone le modalità esecutive e normalizzando l'acquisizione e l'interpretazione dei dati riscontrati, al fine di tenere il bene sotto controllo con continuità e conoscerne costantemente lo stato di conservazione. Saranno in dettaglio definiti:

- Livello minimo delle prestazioni;
- Anomalie riscontrabili;
- Controlli;
- Modalità di classificazione e archiviazione degli esiti dei controlli;

- Interventi da attuare periodicamente o in presenza di eventi accidentali.

### 4.3 Programma di manutenzione

Il “Programma di Manutenzione”, di cui al successivo Capitolo 7, indica le tempistiche e le modalità nelle quali eseguire i controlli e gli interventi necessari alla corretta gestione dell’opera e delle sue parti nel corso della loro vita utile.

La procedura manutentiva permette di prevedere le possibili avarie e di predisporre un insieme di attività programmate per la risoluzione delle stesse. Inoltre, stabilisce le modalità con cui far fronte a situazioni eccezionali in presenza di eventi accidentali. Gli obiettivi da perseguire con la stesura del programma di manutenzione sono l’individuazione di strategie di manutenzione consone alle caratteristiche del bene da mantenere e volte a ridurre gli impatti negativi in caso di non funzionamento.

Il Programma di Manutenzione si articola secondo tre sottoprogrammi:

- a. il sottoprogramma delle prestazioni, che prende in considerazione, 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 dei controlli al fine di rilevare il livello prestazionale durante la 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.

Grazie ad una serie di schede di rilevazione dati, riportate in appendice al presente documento, gli operatori delle attività di manutenzione potranno predisporre i controlli e gli interventi necessari alla corretta gestione dell’opera.



## 5 MANUALE D'USO

Nei paragrafi seguenti sono fornite le informazioni che permettono di conoscere le adeguate modalità di fruizione e gestione del bene al fine di evitarne il degrado anticipato.

Le principali parti di progetto sono:

- Realizzazione delle nicchie di interscambio
- Sistemazione interna della galleria (piano viabile, integrazione del rivestimento di prima fase della galleria e sistema di drenaggio).

### 5.1 Realizzazione delle nicchie di interscambio

#### 5.1.1 Descrizione delle opere

La posizione delle nicchie di interscambio lungo il cunicolo è sintetizzata nella seguente Tabella 1. In rosso sono indicate le posizioni modificate rispetto alla precedente soluzione di PRV, con indicazione anche dell'entità degli spostamenti effettuati (con segno positivo sono indicati gli spostamenti verso progressive crescenti mentre con segno negativo quelli verso l'imbocco della galleria).

Nicchia	da pk	a pk	Lunghezza	Spostamento	Interdistanza
	km	km			
NS1	385	415	30		
NS2	544	596	52		170
NS3	722.5	757.5	35		170
NS4	892.5	927.5	35		170
NS5	1065	1095	30		170
NS6	1462.5	1497.5	35		400
NS7	1854	1906	52		400
NS8	2180	2245	65		332.5
NLS1	2632	2667	35	-30.5	437
NLS2	3005	3040	35	-57.5	373
NLS3	3123	3158	35	-79.5	118
NLS4	3272	3307	35	-70.5	149
NLS5	3421	3456	35	-61.5	149
NLS6	3570	3605	35	-52.5	149
NLS7	4022.5	4057.5	35		452.5
NLS8	4279.5	4314.5	35	-103.0	257
NLS9	4782.5	4817.5	35		503
NLS10	5182.5	5217.5	35		400
NLS11	5582.5	5617.5	35		400
NLS12	6022.5	6057.5	35		440
NLS13	6382.5	6417.5	35		360
NLS14	6760	6795	35	-22.5	377.5

Tabella 1 – Posizione nicchie

Si è considerato ammissibile prevedere lo spostamento di alcune nicchie a condizione di garantire la visibilità tra una nicchia e la successiva, così da consentire la gestione in

sicurezza del transito dei mezzi nel corso delle fasi di lavoro, come riportato nella Relazione Generale di progetto.

La sagoma delle nicchie è costante (a meno di una differenza di 5cm sul profilo di scavo, dettata dal diverso spessore del prerivestimento previsto per le sezioni tipo S1 [20cm] ed S2 [25cm]) ed è rappresentata nella seguente Figura. In particolare ciascuna nicchia avrà un'altezza di circa 6,40m ed una larghezza massima, in corrispondenza del piano dei centri, di circa 9,70m.

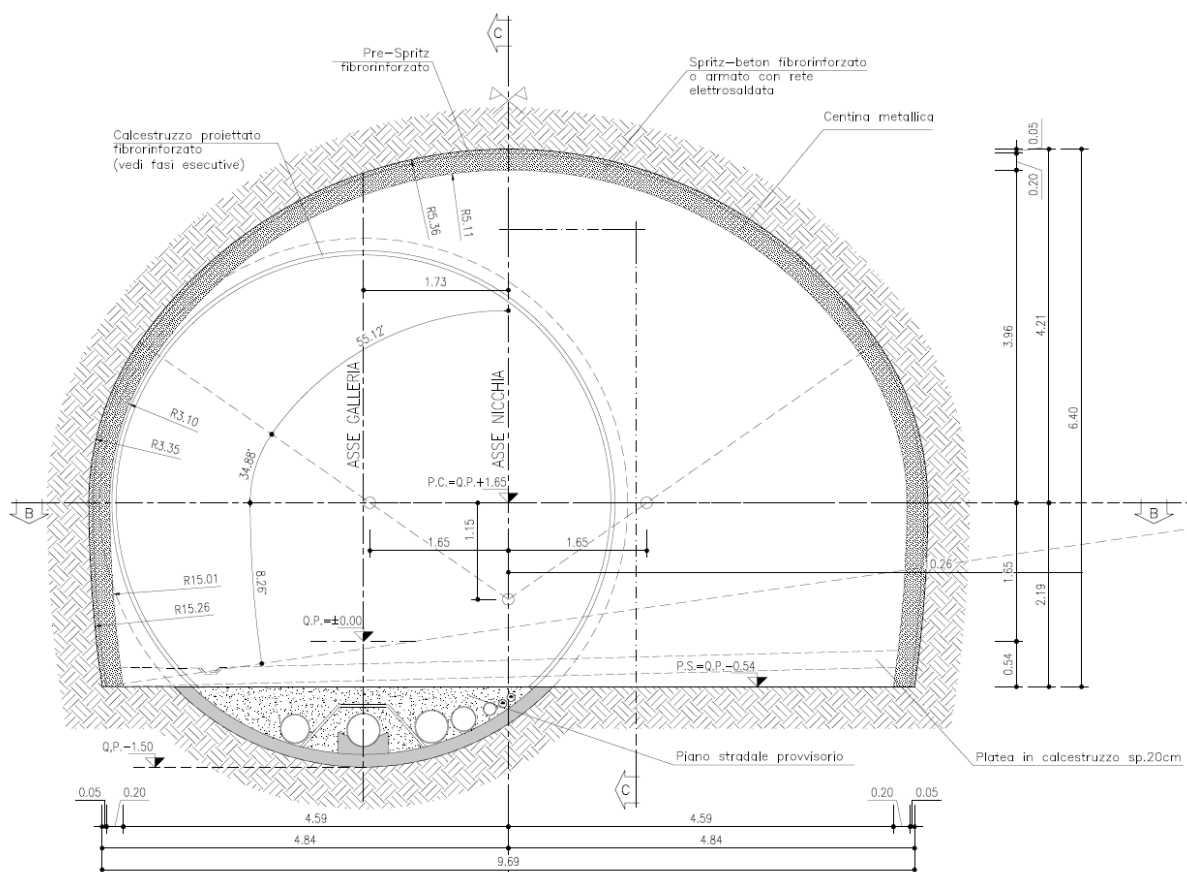


Figura 4 – Sagoma corrente nicchie

L'unica eccezione è rappresentata dalla nicchia NS8, prevista in corrispondenza del futuro innesto con la galleria di connessione 1, che verrà realizzata con una sagoma allargata, come indicato nella seguente figura.

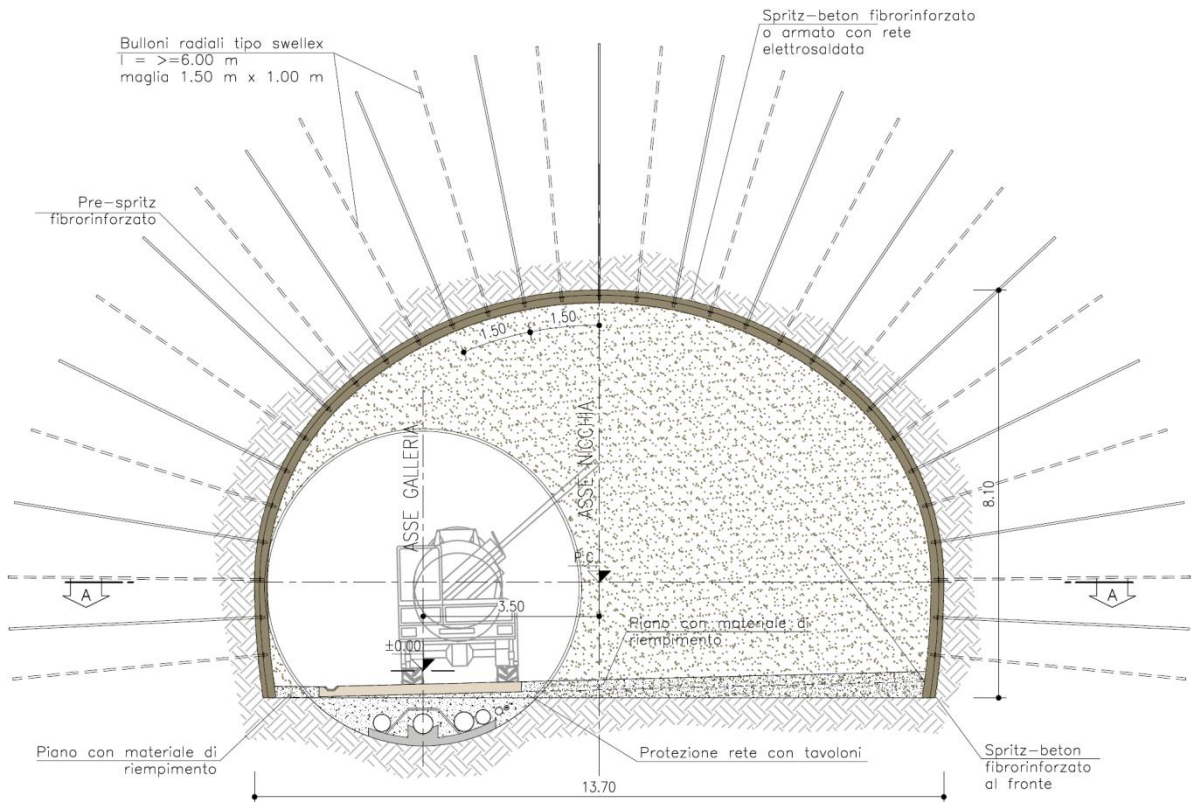


Figura 5 – Sagoma nicchia NS8

Va inoltre segnalato che in corrispondenza delle due nicchie NLS4 e NLS9 verrà realizzato un ramo ortogonale alla nicchia, con estensione pari a 15m, per consentire l’inversione dei mezzi d’opera impegnati nelle lavorazioni.

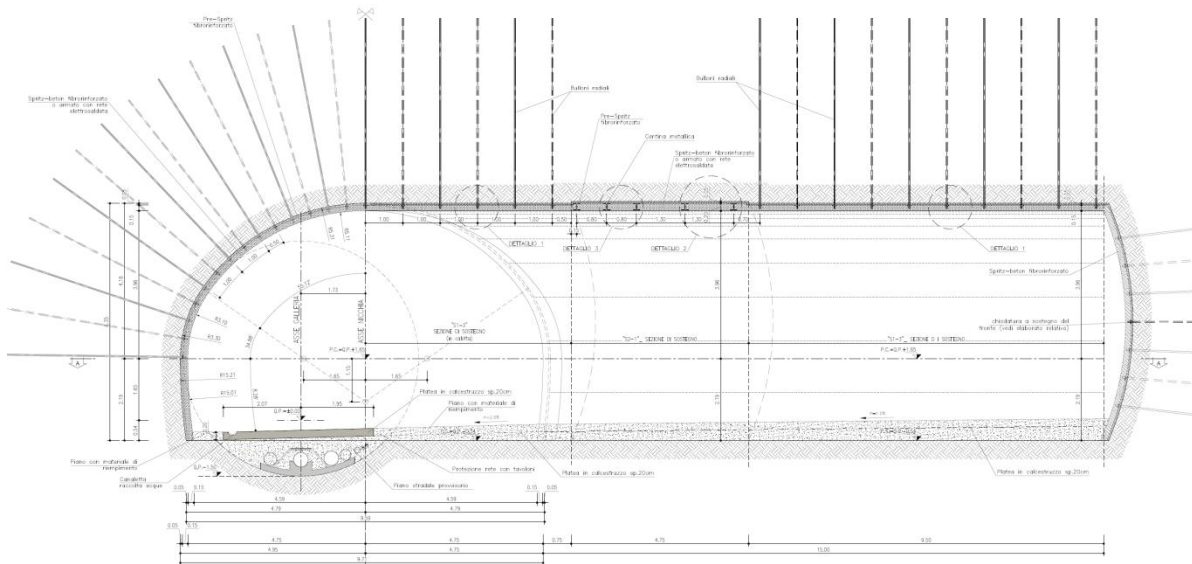
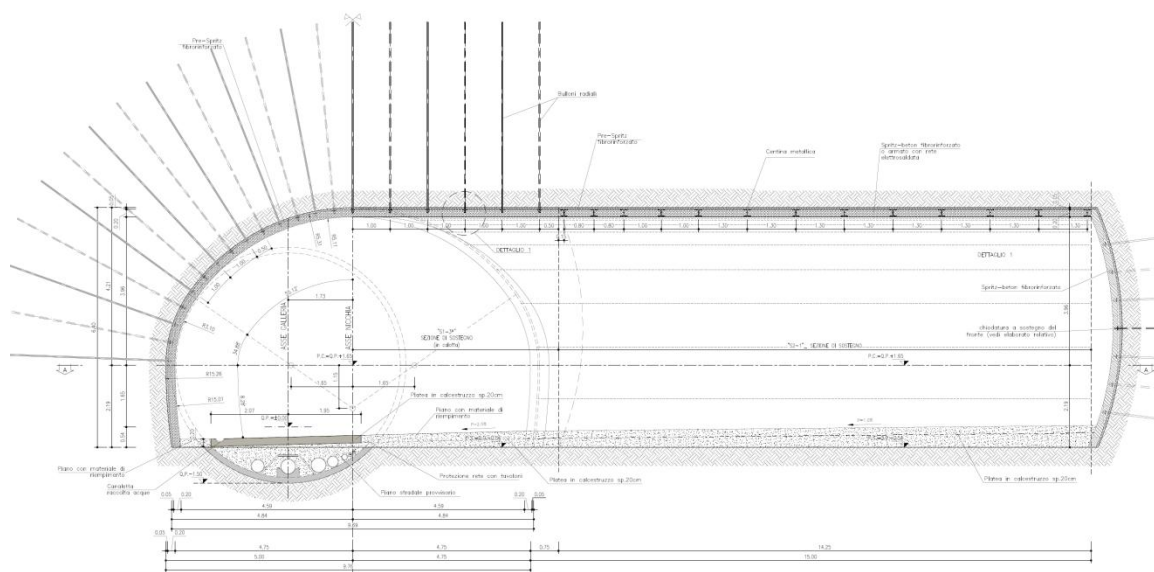


Figura 6 – Scavo ramo nicchia NLS4



**Figura 7 – Scavo ramo nicchia NLS9**

Nel seguito si riportano le principali caratteristiche dei rivestimenti di prima fase delle nicchie in funzione delle modalità esecutive adottate; al riguardo la seguente tabella indica i criteri di previsione per l'applicazione delle sezioni tipo. Per le fasi esecutive si rimanda ai documenti progetto, riportati al Capitolo 3.

Nicchia	PK inizio	PK fine	Lunghezza	Applicazione sezioni tipo											
				S1-1		S1-2		S1-3		S1-3*		S2-1		S2-2	
				[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]
NS1	385	415	30	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
NS2	544	596	52	85%	15%	8	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
NS3	722.5	757.5	35	74%	26%	9	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
NS4	892.5	927.5	35	49%	34%	12	17%	6	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
NS5	1065	1095	30	13%	87%	26	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
NS6	1462.5	1497.5	35	11%	89%	31	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
NS7	1854	1906	52	0%	38%	20	62%	32	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
NS8	2180	2245	65	<b>sez. chiodata (1/2)</b>		49.89	77%	<b>sez. centinata (2/2)</b>		15.11	23%	0%	0%	0%	
NLS1	2632	2667	35	0%	63%	22	37%	13	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
NLS2	3005	3040	35	0%	63%	22	37%	13	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
NLS3	3123	3158	35	0%	0%	18	51%	18	0%	0%	17	49%	0%	0%	
NLS4	3272	3307	35	0%	0%	28.65	82%	28.65	0%	0%	6.35	18%	0%	0%	
		RAMO	15	0%	0%	10.25	68%	10.25	0%	0%	4.75	32%	0%	0%	
NLS5	3421	3456	35	0%	0%	28	80%	28	0%	0%	7	20%	0%	0%	
NLS6	3570	3605	35	0%	0%	30	86%	30	0%	0%	5	14%	0%	0%	
NLS7	4022.5	4057.5	35	0%	51%	17	49%	17	0%	0%	5	14%	0%	0%	
NLS8	4279.5	4314.5	35	0%	0%	30	86%	30	0%	0%	5	14%	0%	0%	
NLS9	4782.5	4817.5	35	0%	0%	11	0%	11	31%	24	69%	0%	0%	0%	
		RAMO	15	0%	0%	0.75	0%	0.75	5%	14.25	95%	0%	0%	0%	
NLS10	5182.5	5217.5	35	0%	0%	6	0%	6	0%	0%	18	51%	17	49%	
NLS11	5582.5	5617.5	35	0%	0%	35	100%	35	0%	0%	35	100%	0%	0%	
NLS12	6022.5	6057.5	35	0%	0%	35	100%	35	0%	0%	35	100%	0%	0%	
NLS13	6382.5	6417.5	35	0%	0%	17	49%	17	0%	0%	17	49%	18	51%	
NLS14	6760	6795	35	0%	0%	13	37%	13	0%	0%	13	37%	22	63%	

Tabella 2 – Previsione applicazione nicchie

### 5.1.1.1 Sezione tipo S1-1

#### Campo di applicazione

La sezione tipo S1-1 è prevista per scavi all'interno dello Gneiss di Ambin per le situazioni geologiche e geomeccaniche più favorevoli, laddove in fase di scavo del cunicolo si sono rilevati valori di GSI pari a 80-90, che hanno richiesto un'applicazione sporadica di interventi di bullonatura. La sezione potrà essere applicata anche nei primi tratti all'interno del Complesso di Clarea, con coperture di 300-400 m circa, nei tratti in cui si sono rilevati valori di GSI pari a circa 80. In particolare la sezione verrà applicata laddove l'ammasso non evidenzia alcuna criticità geologica quali fenomeni di instabilità (dislocazioni di cunei rocciosi, rilasci tensionali) né la presenza (se non eventualmente molto localizzata) di zone tettonizzate e/o faglie.

#### Interventi previsti

La sezione tipo S1-1 è costituita dai seguenti interventi:

- Bulloni radiali tipo Swellex Pm 24, di lunghezza  $L \geq 4.00$  m, maglia 2.0m (trasv.) x 2.0 m (long.);
- Spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata al contorno sp. 20,0 cm (5.0 cm + 15.0 cm);
- Spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata al fronte di scavo sp.  $\geq 5.0$  cm a fine sfondo (profondità massima pari a 4.0 m).

### 5.1.1.2 Sezione tipo S1-2

#### Campo di applicazione

La sezione tipo S1-2 è prevista per scavi sia all'interno del Complesso di Ambin che del Complesso di Clarea in presenza di un ammasso con buone caratteristiche geologico-geomeccaniche, caratterizzato da valori di GSI superiori a 60 e limitati fenomeni deformativi e/o di instabilità, che hanno richiesto nel corso dello scavo del cunicolo l'applicazione di sezioni tipo semplicemente bullonate, a varia intensità di bullonatura e, localmente, con installazione di rete elettrosaldata sul profilo di scavo (F1, F2, F3c) ovvero sezioni bullonate prevedenti, ad integrazione, l'installazione di rete e centine full round UPN 120 quale ulteriore intervento di presidio nei confronti dei fenomeni di rilascio gravitativo (F3c1).

#### Interventi previsti

La sezione tipo S1-2 è costituita dai seguenti interventi:

- Bulloni radiali tipo Swellex Pm 24, di lunghezza  $L \geq 5.00$  m, maglia 1.5m (trasv.) x 2.0 m (long.);
- Spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata al contorno sp. 20,0 cm (5.0 cm + 15.0 cm);
- Spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata al fronte di scavo sp.  $\geq 5.0$  cm a fine sfondo (profondità massima pari a 2.0 m).

### 5.1.1.3 Sezione tipo S1-3

#### Campo di applicazione

La sezione tipo S1-3 è prevista per scavi all'interno del Complesso di Clarea in presenza di un ammasso con caratteristiche geologico-geomeccaniche intermedie, caratterizzato da valori

di GSI prossimi a 60 e con potenziale rischio di formazione di cunei e/o fenomeni di splaccaggio. La sezione verrà applicata in contesti che hanno richiesto nel corso dello scavo del cunicolo l'applicazione di interventi di bullonatura al contorno accoppiati con centine UPN 120 quale ulteriore intervento di presidio nei confronti di possibili fenomeni di rilascio gravitativo (F3c1).

#### Interventi previsti

La sezione tipo S1-3 è costituita dai seguenti interventi:

- Bulloni radiali tipo Swellex Pm 24, di lunghezza  $L \geq 5.00$  m, maglia 1.0 m (trasv.) x 1.0 m (long.);
- Spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata al contorno sp. 20,0 cm (5.0 cm + 15.0 cm);
- Spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata al fronte di scavo sp.  $\geq 5.0$  cm a fine sfondo (profondità massima pari a 2.0 m).

#### **5.1.1.4 Sezione tipo S2-1**

##### Campo di applicazione

La sezione tipo S2-1 è prevista per le tratte scavate nel Complesso di Clarea in contesti ad elevate coperture, superiori ai 1000m, ma in presenza di condizioni geomeccaniche intermedie-buone, caratterizzate da valori di GSI  $\geq 60$ . La sezione verrà applicata prevalentemente in contesti che, anche per l'elevato stato tensionale indotto dalla configurazione di copertura, hanno richiesto nel corso dello scavo del cunicolo la messa in opera sistematica di centine e pannellature metalliche full round (con campo di variabilità degli interventi che spazia dalla sezione tipo FMV – con centine HEB 120 passo 1.35 m - alla sezione tipo F4, con pannelli di profondità nell'ordine del mezzo metro - costituiti da doppia centina HEB 120 - posti ad interasse di 1,40m).

#### Interventi previsti

La sezione tipo S2-1 è costituita dai seguenti interventi:

- Centina metallica 1 HEB 180 a passo 1.30 m;
- Spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata al contorno sp. 25,0 cm (5.0 cm + 20.0 cm);
- Spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata al fronte di scavo sp.  $\geq 5.0$  cm a fine sfondo (profondità massima pari a 1.3 m).

#### **5.1.1.5 Sezione tipo S2-2**

##### Campo di applicazione

La sezione tipo S2-2 è prevista per le tratte in cui le caratteristiche dell'ammasso roccioso risultano più scadenti, con un GSI compreso tra 50 e 60 o inferiore. In queste condizioni possono insorgere, in seguito allo scavo, fenomeni di plasticizzazione più estesi al contorno del cavo, con convergenze e fenomeni di instabilità più marcati. La sezione verrà applicata prevalentemente in contesti che hanno richiesto nel corso dello scavo del cunicolo la messa in opera sistematica di centine e pannellature metalliche full round (con campo di variabilità degli interventi che spazia dalla sezione tipo FMV – con centine HEB 120 passo 1.35 m - alla sezione tipo F5, con pannelli di profondità nell'ordine del mezzo metro - costituiti da doppia centina HEB 120 - posti in adiacenza a costituire un blindaggio continuo).

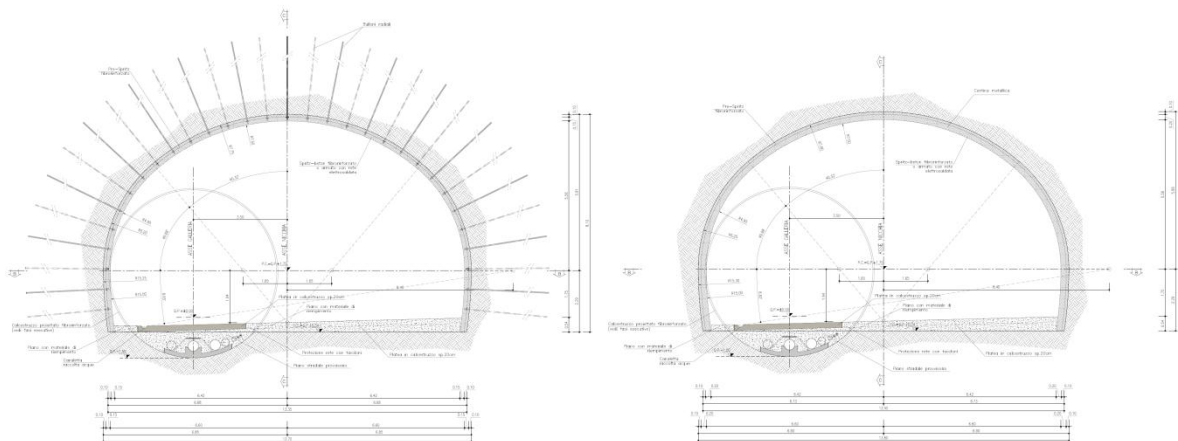
## Interventi previsti

La sezione tipo S2-2 è costituita dai seguenti interventi:

- Centina metallica 1 HEB 180 a passo 1.00 m;
- Spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata al contorno sp. 25,0 cm (5.0 cm + 20.0 cm);
- Spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata al fronte di scavo sp.  $\geq$  5.0 cm a fine sfondo (profondità massima pari a 1.0 m).

### **5.1.1.6 Sezioni tipo particolari**

La nicchia NS8 si sviluppa longitudinalmente per 65m tra la progressiva 2180 e la progressiva 2245 e, come anticipato, verrà realizzata con una sagoma maggiorata rispetto a quella prevista per le altre 21 nicchie, in modo tale da favorire la connessione in obliquo con la galleria di connessione 1 di futura realizzazione. Si prevede l'applicazione di due possibili sezioni di scavo, sviluppate sulla falsariga di quanto previsto per le nicchie correnti. Si avrà quindi una sezione che prevede l'impiego di bullonatura radiale (sezione tipo 1/2) ed una sezione che prevede invece la posa in opera di centine metalliche (sezione tipo 2/2).



**Figura 8 – Nicchia NS8 – Sezioni di scavo**

### Sezione tipo 1/2 - Interventi previsti

La sezione tipo 1/2 è costituita dai seguenti interventi:

- Bulloni radiali tipo Swellex Pm 24, di lunghezza  $L \geq 6.00$  m, maglia 1.5 m (trasv.) x 1.0 m (long.);
- Spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata al contorno sp. 25,0 cm (10.0 cm + 15.0 cm);
- Spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata al fronte di scavo sp.  $\geq$  10.0 cm a fine sfondo (profondità massima pari a 2.0 m).

### Sezione tipo 2/2 - Interventi previsti

La sezione tipo S2-2 è costituita dai seguenti interventi:

- Centina metallica 1 HEB 180 a passo 0.80m - 1.00 m – 1.30 m in funzione della posizione;
- Spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata al contorno sp. 30,0 cm (10.0 cm + 20.0 cm);



- Spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata al fronte di scavo sp.  $\geq$  10.0 cm a fine sfondo (profondità massima pari a 1.30 m).

### 5.1.2 Elementi manutenibili e modalità d'uso corretto

In seguito sono elencati gli elementi manutenibili presenti nelle opere descritte nei paragrafi precedenti:

- Strutture in calcestruzzo: spritz-beton
- Strutture in acciaio: centine, piastre di collegamento e bulloni, saldature ...
- Bulloni e chiodature di sostegno

Le nicchie di inversione sono caratterizzate dalla presenza del solo rivestimento di prima fase costituito dagli interventi di sostegno dello scavo. Questi ultimi sono stati realizzati in dipendenza dalle caratteristiche dell'ammasso roccioso attraversato e comprendono diverse tipologie di elementi strutturali come precedentemente descritto.

A tal merito si evidenzia che i suddetti interventi di sostegno in acciaio, essendo provvisori, presentano una vita utile pari a 10 anni dal momento della loro messa in opera. Gli interventi devono garantire la stabilità del cavo e protezione contro fenomeni di distacco di porzioni di roccia.

Un corretto uso dell'opera presuppone dei controlli periodici da attuarsi con la finalità di mantenere inalterate le caratteristiche di durabilità e meccaniche di tutte le strutture presenti. I suddetti controlli riguardano in particolare la determinazione di eventuali distacchi, lesioni, dissesti e instabilità negli elementi strutturali, nonché il riscontro di infiltrazioni d'acqua.

È fondamentale verificare la presenza d'instabilità al contorno di scavo con pericolo di distacco blocchi e il corretto funzionamento delle bullonature di sostegno di tipo Swellex. Si precisa che questi ultimi debbano lavorare con sollecitazioni inferiori ai valori di resistenza meccanica previsti nei documenti di progetto (si veda la relazione di calcolo) e da quanto desumibile dai campi prova da farsi durante i lavori.

Inoltre, durante lo scavo della galleria naturale è prevista l'installazione di un sistema di monitoraggio che rimarrà operativo anche durante la fase di esercizio dell'opera. Quest'ultimo, avente come finalità principale quella di monitorare il comportamento dell'ammasso roccioso e degli interventi di sostegno dello scavo, è descritto nel seguito.

I dati raccolti dal sistema di monitoraggio relativi alle nicchie dovranno essere integrati con quanto osservato all'inizio dei lavori dal sistema di controllo già predisposto per il controllo del cunicolo esistente. Variazioni di carico sugli elementi di sostegno o il verificarsi di deformazioni considerevoli nell'ammasso roccioso, costituiscono fenomeni da tener sotto controllo e per cui è necessario intraprendere dei provvedimenti per limitarne lo sviluppo nel tempo.

Si precisa che il presente Piano di Manutenzione sarà al riguardo integrato e aggiornato al termine della realizzazione delle opere tenendo conto delle evidenze allo scavo.

## 5.2 Sistemazione interna della galleria

Si prevede anche un intervento di sistemazione interna del cunicolo, con formazione di una pista carrabile propedeutica all'esecuzione dei lavori e posa in opera del rivestimento di prima fase lungo tutto lo sviluppo del cunicolo.

La configurazione attuale della galleria è rappresentata schematicamente nella seguente figura. Come si può osservare per il tratto scavato in tradizionale risulta già realizzato il pre-rivestimento e buona parte del rivestimento definitivo (arco rovescio e parte del rivestimento di calotta), mentre nel tratto scavato in TBM non è stato eseguito sistematicamente alcun tipo di rivestimento. Sono presenti inoltre, sul paramento destro della galleria, tre tubazioni per l'evacuazione delle acque (diametro  $\varnothing 400$ ,  $\varnothing 350$  e  $\varnothing 300$ ), il sistema di illuminazione, due cavi elettrici a media tensione e la tubazione anti-incendio ( $\varnothing 160$ ). Dalla pk 4+130 fino alla progressiva finale della galleria alla pk 7+020, la sezione di consegna prevede la presenza a paramento destro del solo impianto di illuminazione della galleria. È inoltre presente il condotto di ventilazione lungo tutto lo sviluppo della galleria.

Dalla pk 0+198 fino alla pk 4+130 ca. le tubazioni e i cavi di media tensione saranno spostati in corrispondenza dell'arco rovescio della galleria già realizzata e ricoperti con materiale di riempimento del piano stradale (misto 30/50) e con una platea provvisoria in calcestruzzo di spessore pari a 20cm.

Dalla pk 4+130 ca. fino alla pk 7+020 (progressiva finale di scavo della galleria) non sono presenti installazioni in galleria. In questa tratta verrà installata solamente la tubazione antincendio in corrispondenza dell'arco rovescio in galleria e quindi realizzata la platea in calcestruzzo.

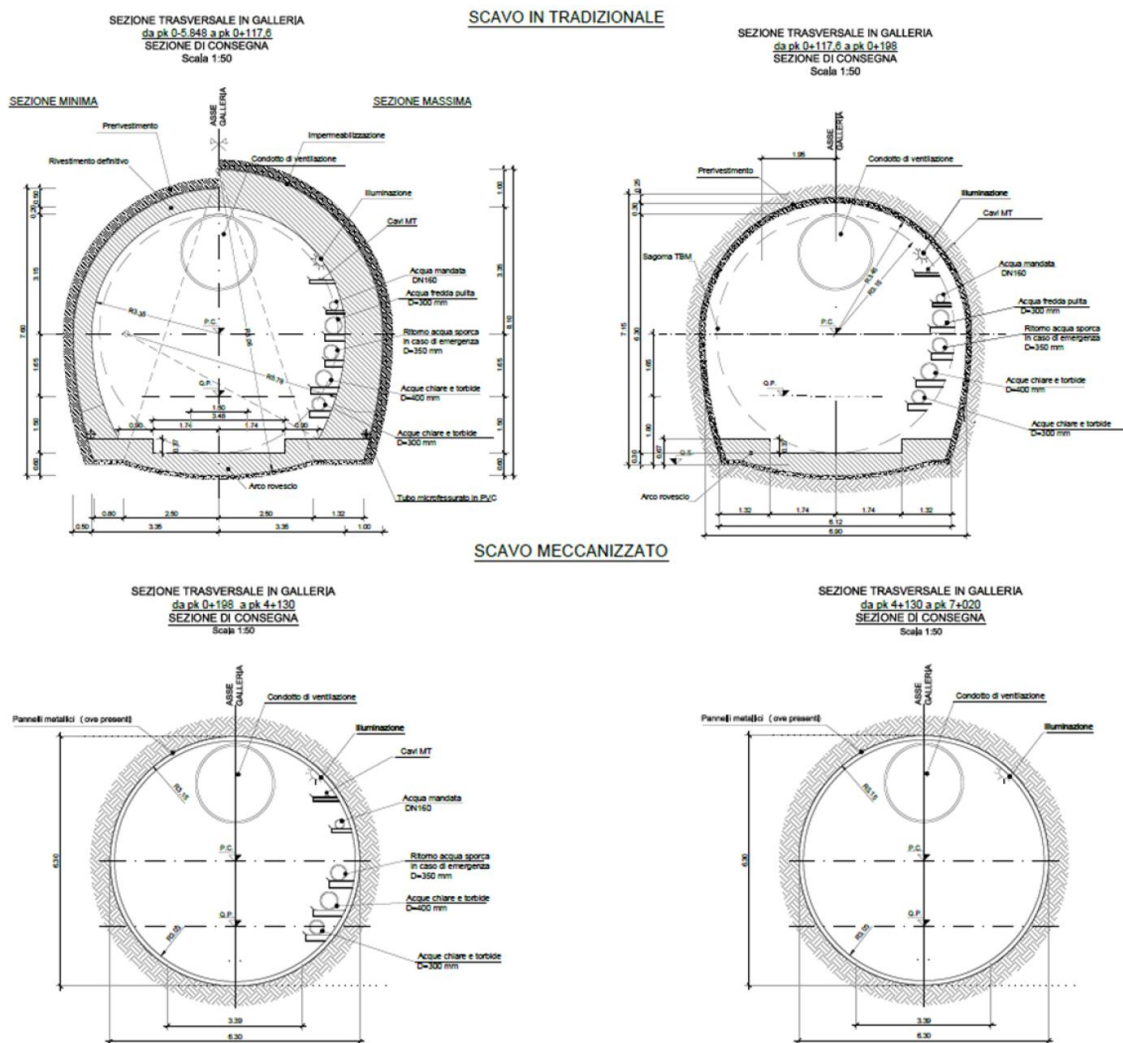


Figura 9 – Cunicolo La Maddalena – configurazione ante-operam

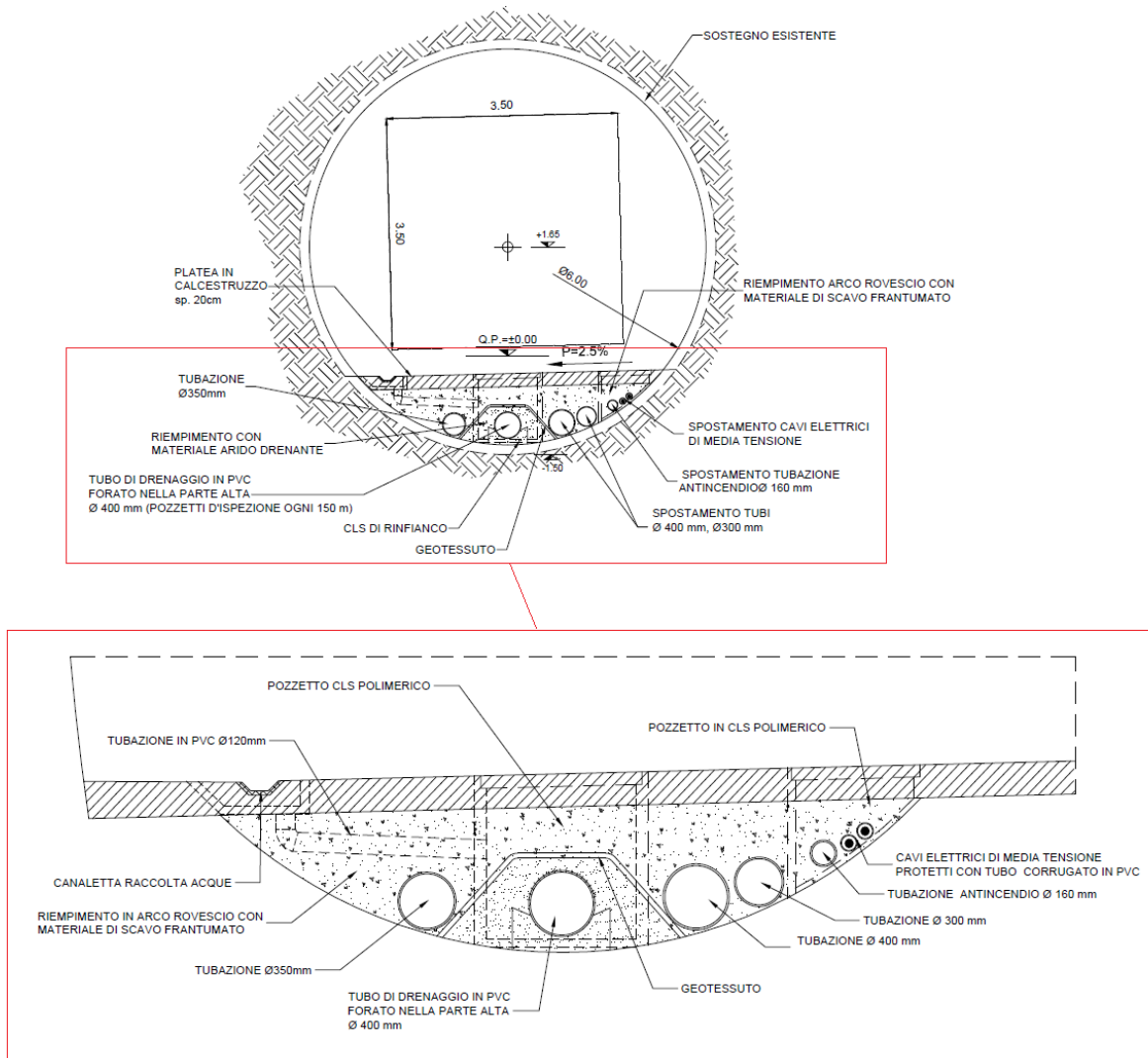


Figura 10 – Sistemazione interna – Realizzazione pista carrabile – fino a pk 4+130 circa

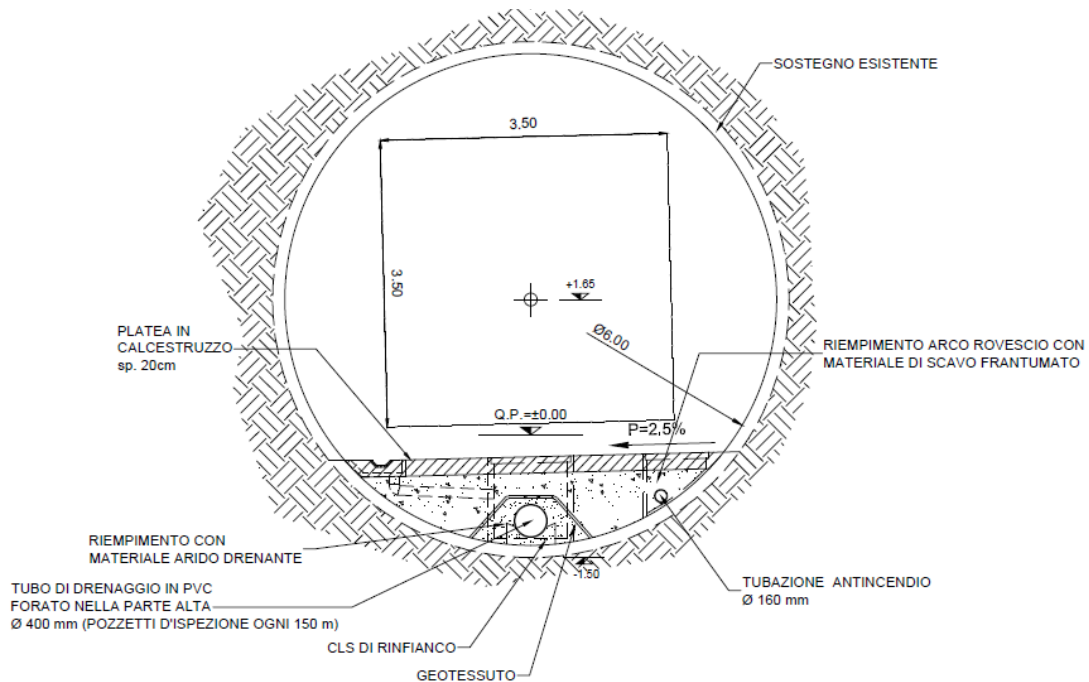


Figura 11 – Sistemazione interna – Realizzazione pista carrabile – dopo pk 4+130 circa

Successivamente alla realizzazione della platea carrabile, secondo la scansione delle attività indicata nel cronoprogramma, si potrà procedere con l'esecuzione del rivestimento di prima fase della galleria, che sarà costituito da uno strato di 15 cm di spritz beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata.

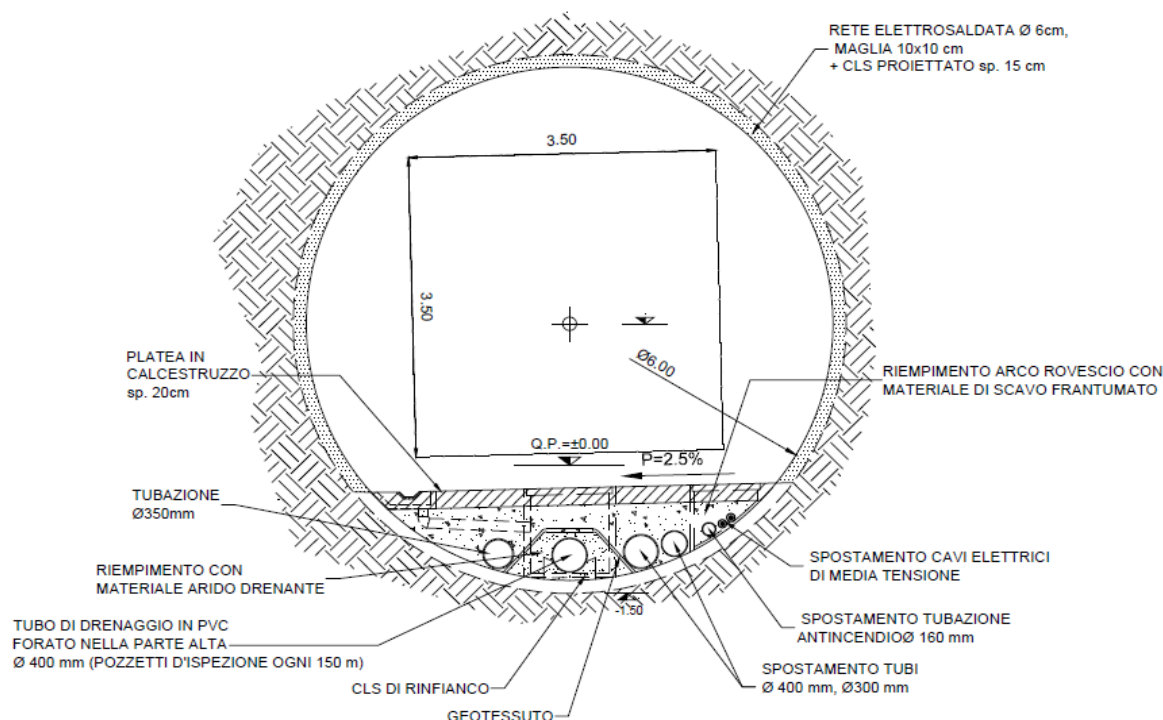


Figura 12 – Sistemazione interna – esecuzione del rivestimento di prima fase

Infine la platea carrabile in c.a. sarà fornita di un'apposita canaletta per il drenaggio delle acque di piattaforma, come illustrato nella seguente Figura.

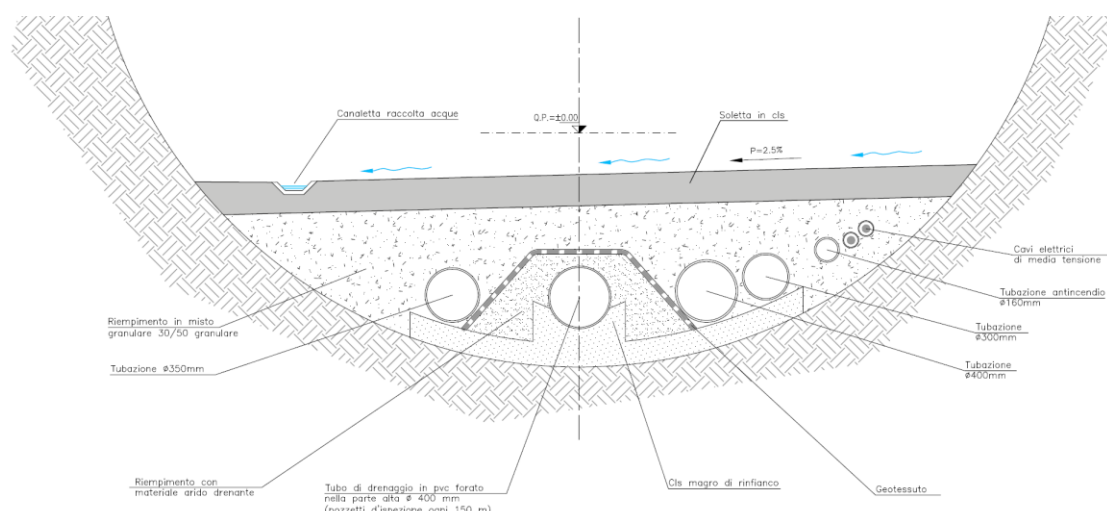
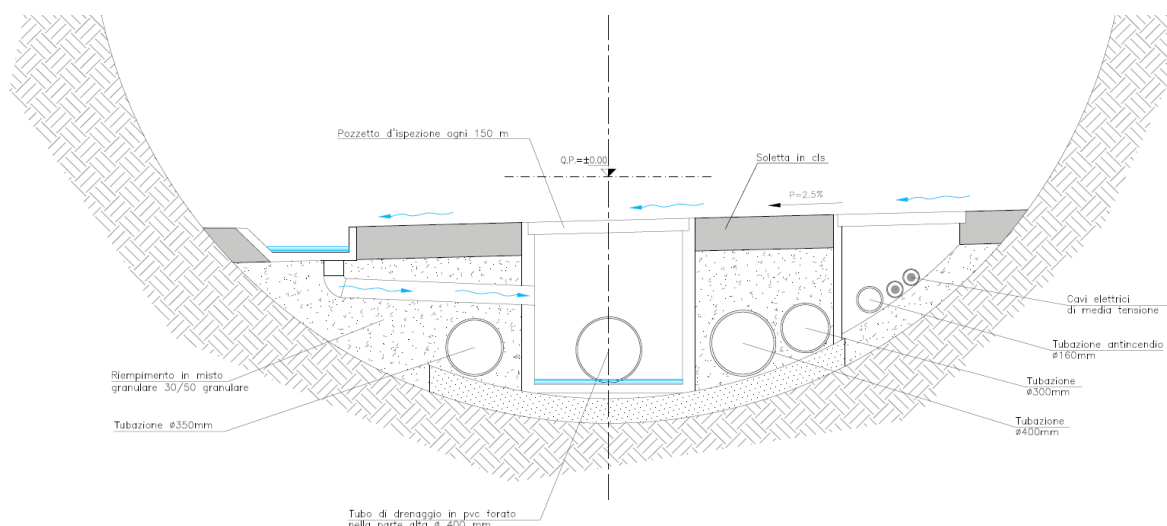


Figura 13 – Canaletta per il drenaggio delle acque di piattaforma

Sfruttando la pendenza della galleria l'acqua correrà lungo la canaletta per essere successivamente convogliata nel tubo di drenaggio posto in arco rovescio al di sotto del piano stradale mediante appositi collegamenti realizzati ogni 150m, in corrispondenza dei pozzetti di ispezione).



**Figura 14 – Collegamenti con il tubo di drenaggio**

L'acqua verrà quindi convogliata all'esterno del cunicolo (per essere poi condotta all'impianto di depurazione) sfruttando la pendenza dello stesso o per mezzo delle tubazioni opportunamente posizionate al di sotto del piano stradale, sfruttando l'azione delle vasche di rilancio ubicate in corrispondenza delle nicchie esistenti NE2 (progr. Km 4+130) e NE1 (progr. Km 2+805).

### 5.2.1 Elementi manutenibili e modalità d'uso corretto

Nelle opere descritte nei paragrafi precedenti è possibile individuare i seguenti elementi manutenibili:

- Strutture in calcestruzzo: spritz-beton (fibrorinforzato o con rete elettrosaldata)
- Platea in cls, quale pavimentazione stradale
- Tubazioni in PVC e/o acciaio;
- Canalette laterali platea
- Pozzetti in calcestruzzo.

La platea di cls, quale piano viario, andrà controllata e mantenuta periodicamente al fine di verificarne la percorribilità. Le superfici stradali dovranno essere mantenute in buono stato per garantire un uso sicuro dell'infrastruttura. Anche i dispositivi di smaltimento delle acque dovranno mantenere la loro funzione durante la vita utile della strada.

Per le tubazioni: il sistema di smaltimento è stato concepito con la finalità di convogliare le acque intercettate del Cunicolo nella Doria Riparia dopo un adeguato trattamento all'interno dell'impianto di depurazione, non oggetto del presente progetto e della presente relazione. Occorrerà periodicamente verificare lo stato di funzionamento delle tubazioni, verificando se sono presenti o meno problematiche sullo stato di conservazione delle condizioni originarie dell'opera. I pozzetti idraulici dovranno essere controllati periodicamente al fine di individuare preventivamente eventuali manifestazioni di degrado (fessurazioni, perdite di fluido, ossidazione ecc.). È indispensabile controllare periodicamente la funzionalità dei pozzetti, delle caditoie ed eliminare eventuali depositi e detriti ed altre ostruzioni che possono compromettere il corretto deflusso delle acque. È inoltre necessario verificare e valutare la prestazione dei pozzetti e delle caditoie durante la vita del sistema.

Occorre prestare attenzione durante l'utilizzo della struttura a rispettare le destinazioni d'uso previste nel progetto evitando sovrappressioni della condotta.

### 5.3 Impianti

Per la gestione del cantiere nel corso dell'esecuzione dei lavori si provvederà alla predisposizione di un impianto di ventilazione e di un impianto di raffrescamento.

Alla luce dei risultati di specifiche simulazioni termofluidodinamiche si è verificato che il ventilatore attualmente presente in cantiere non è in grado di soddisfare da solo il massimo fabbisogno d'aria richiesto fino a fondo scavo. Il nuovo sistema è stato quindi integrato con una nuova unità ventilante al portale, sfruttando il ventilatore presente con funzione di rilancio.

L'impianto di ventilazione sarà predisposto in modo tale da rimanere operativo e garantire un'adeguata ventilazione lungo tutta la galleria per tutto il periodo dei lavori, in particolare durante le fasi di scavo delle nicchie. Con riferimento in particolare a queste fasi si prevederà l'installazione di un setto/tampone di separazione ad una distanza idonea dalla progressiva finale di scavo della nicchia in fase di realizzazione, sufficiente a permettere il riflusso della ventilazione durante la fase di sfumo. Il setto separatore sarà costituito da una cortina d'acqua posizionata trasversalmente ed in corrispondenza della serranda di regolazione in linea del circuito di ventilazione che creerà, durante le fasi di abbattimento con esplosivo, una separazione tra l'area di lavoro e la successiva parte di galleria impedendo la circolazione dei fumi in quest'ultima a seguito del brillamento delle cariche esplosive.

Il cunicolo sarà inoltre apprestato con un impianto di raffrescamento mediante refrigeratori d'acqua monoblocco che consentirà di mantenere una temperatura massima di 26°C in corrispondenza dei posti di lavoro in galleria.

Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati di progetto.

#### 5.3.1 *Elementi manutenibili e modalità d'uso corretto*

Nelle opere descritte nei paragrafi precedenti è possibile individuare i seguenti elementi manutenibili:

- Impianto di ventilazione e rilanci.

Occorrerà controllare periodicamente il corretto funzionamento dell'impianto secondo quanto contenuto nelle relazioni e documenti di progetto.

## 5.4 Caratteristiche dei materiali

Le principali caratteristiche dei materiali utilizzati negli interventi di progetto sono sintetizzate di seguito:

- **Calcestruzzo e miscele cementizie:**

- Spritz beton: fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata  
C 25/30  
 $R_{ck} \geq 30$  MPa
- Calcestruzzo soletta: RCC  
C20/25  
 $R_{ck} \geq 25$  MPa

- **Acciaio:**

- Rete elettrosaldata: B450 C  
 $f_{yk} \geq 450$  MPa
- Centine: S 355  
 $f_{yk} \geq 355$  MPa
- Fibre per spritz beton: Con estremità sagomate ad uncino  
Realizzate con filo ottenuto per trafilatura di acciaio a basso contenuto di carbonio  
Lunghezza 20-40mm  
Diametro  $\varnothing 0.55$ mm  
 $L/D = 60$   
Tensione di rottura  $f \geq 1200$  MPa  
Dosaggio minimo  $30 \text{ Kg/m}^3$

- **Bulloni:**

- Swellex: Mn 24 o equivalente  
Diametro  $\varnothing 54$ mm  
Spessore 3mm  
Diametro di perforazione  $\varnothing 43-52$ mm  
 $F_{uk} \geq 200$  KN  
 $F_{yk} \geq 180$  MPa  
Piastra 151x151mm  
Spessore 3,8mm

Foro 39x44mm

$F_{uk} \geq 89$  KN ASTM grade 2

In funzione delle esigenze operative dell'impresa i bulloni tipo swellex potranno essere sostituiti con bulloni autoperforanti (IBO) a condizione che siano garantite le medesime prestazioni (o superiori).

## 6 MANUALE DI MANUTENZIONE

Il “Manuale di Manutenzione” fornisce le indicazioni necessarie alla corretta manutenzione dell'opera in relazione agli elementi manutenibili presenti, già descritti nel precedente capitolo.

Dopo aver individuato il livello minimo delle prestazioni che il bene deve assicurare e le anomalie prevedibili nel corso della sua vita utile, esso definisce operativamente gli interventi necessari e le modalità di esecuzione degli stessi. Per il raggiungimento di tali obiettivi, prevede l'istituzione d'ispezioni di controllo, pianificandone le modalità esecutive e normalizzando l'acquisizione e l'interpretazione dei dati riscontrati, al fine di tenere il bene sotto controllo con continuità e conoscerne costantemente lo stato di conservazione, con riferimento al livello delle prestazioni indicate in progetto.

- Livello minimo delle prestazioni;
- Anomalie riscontrabili;
- Controlli;
- Modalità di classificazione e archiviazione degli esiti dei controlli;
- Descrizione delle risorse necessarie per l'intervento manutentivo;
- Manutenzioni eseguibili direttamente dall'utente;
- Manutenzioni da eseguire a cura di personale specializzato.

### 6.1 Modalità di controllo

Su ciascun elemento manutenibile devono essere eseguiti dei controlli al fine di verificarne lo stato e individuare l'eventuale presenza di degradi e/o anomalie. Il controllo dell'opera può essere attuato mediante le tre seguenti modalità:

- Ispezione visiva;
- Ispezione strumentale.
- Sistema di monitoraggio.

Nel paragrafi seguenti sono descritte le modalità di controllo precedentemente menzionate.

#### 6.1.1 Ispezioni visive

L'esame visivo è la prima operazione da prevedere per un'indagine corretta, il cui scopo sia l'individuazione e la diagnosi dei fenomeni di degrado e la progettazione del conseguente intervento di restauro strutturale.

Per esempio, durante l'ispezione di una struttura in cls, è opportuno esaminare le superfici delle strutture visibili, degli elementi costituenti le stesse, onde accertare ogni fatto nuovo e l'insorgere di eventuali anomalie esterne; in tal caso si dovrà annotare in maniera convenzionale tutti le anomalie dell'opera, dalle microfessurazioni alle macchie di ruggine, dallo stato di ossidazione del



ferro alle delaminazioni ed ai distacchi del calcestruzzo, il tutto adeguatamente supportato da un'accurata documentazione fotografica.

Nel caso in cui l'opera presentasse segni di gravi anomalie, il tecnico dovrà promuovere ulteriori controlli specialistici e nel frattempo adottare direttamente, in casi di urgenza, eventuali limitazioni all'esercizio dell'opera.

Il controllo visivo, da eseguire sistematicamente e periodicamente su tutte le opere, riveste un'importanza basilare per l'individuazione di eventuali anomalie dei manufatti, pur presentando dei limiti connessi alla non semplice individuazione di difettosità o ammaloramenti per le parti non accessibili dell'opera (es. strutture di fondazione) o comunque per le anomalie che nella fase incipiente non manifestano alcun segno esteriore di degrado.

I principali controlli visivi riguardano:

#### **6.1.1.1 Strutture in calcestruzzo**

- Controllare la presenza di lesioni, distacchi, erosioni superficiali, disgregazioni, rigonfiamenti, micro fessure da ritiro, fenomeni di spalling e di alveolizzazione.
- Controllare eventuali deformazioni e/o spostamenti dell'elemento strutturale che ne alterano la normale configurazione.
- Controllare la presenza di macchie di umidità, patine biologiche, superfici dilavate, percolazioni, efflorescenze ed esfoliazioni.
- Controllare la presenza di ferri di armatura esposti.
- Controllare la presenza di schiacciamenti, fuori piombo e dissesti strutturali, in seguito ad eventi straordinari.

#### **6.1.1.2 Strutture in acciaio**

- Controllare la presenza di lesioni e distacco di materiale o percolazioni nell'area di posizionamento dell'elemento;
- Per le porzione visibili, controllare la presenza di lesioni e distacco di materiale dagli elementi strutturali;
- Per le porzione visibili, controllare la presenza di eventuali deformazioni, spostamenti, instabilità globale o locale dell'elemento strutturale che ne alterano la normale configurazione.
- Per le porzione visibili, controllare la presenza di fenomeni di corrosione o ossidazione.

#### **6.1.1.3 Bulloni di tipo Swellex e chiodature di sostegno**

- Controllare la presenza di lesioni e distacco di materiale o percolazioni nell'area di posizionamento dell'elemento;
- Per le porzione visibili, controllare la presenza di deformazioni e/o rotture nella zona d'ammasso roccioso in prossimità dell'elemento di sostegno.
- Per le porzione visibili, controllare la presenza di deformazioni e spostamenti nella piastra di ripartizione.
- Per le porzione visibili, controllare la presenza di fenomeni corrosivi o di ossidazione nella piastra di ripartizione.

Oltre i controlli di cui sopra si prescrive il controllo visivo dello stato generale dei rivestimenti lungo lo sviluppo del Cunicolo, avente la finalità di rilevare:

- Zone dell'ammasso roccioso al contorno instabili;
- Elementi strutturali metallici danneggiati che compongono le sezioni tipo;
- Bulloni tipo swellex danneggiati;
- Lesioni evidenti nel calcestruzzo proiettato;
- Presenza di venute d'acqua;
- Presenza di oggetti/materiale che ostruiscono il sistema di smaltimento delle acque;
- Presenza di oggetti/materiale che ostruisca la regolare viabilità.

#### **6.1.1.4 Pozzetti in calcestruzzo**

- Valutare la possibile presenza d'infiltrazioni;
- Controllare la presenza di ostruzioni.
- Controllare la presenza di lesioni, distacchi, erosioni superficiali, disgregazioni, rigonfiamenti.
- Controllare eventuali deformazioni e/o spostamenti dell'elemento strutturale dovuti a cause esterne che ne alterano la normale configurazione.
- Controllare la presenza di patine biologiche o vegetazione.
- Controllare la presenza di schiacciamenti, fuori piombo e dissesti strutturali, in seguito ad eventi straordinari.

#### **6.1.1.5 Elementi idraulici di raccolta acque**

- Controllare la presenza di detriti e vegetazione che ostruiscono gli elementi di raccolta acque o eventuali difetti di pendenza.
- Controllare la presenza di accumuli d'acqua
- Controllare la presenza di lesioni, rotture, deformazioni e difetti di pendenza

#### **6.1.1.6 Platea in cls**

- Controllare lo stato superficiale della sovrastrutturale stradale lungo tutto lo sviluppo valutando la presenza di buche, disgregazioni, distacchi, fessurazioni, lesioni, rigonfiamenti e depressioni localizzate, ormaie, corrugamenti ed essudazioni di bitume.
- Controllare la presenza di vegetazione e depositi indesiderati lungo la strada.

### **6.1.2 *Ispezioni strumentali***

L'esecuzione sistematica d'ispezioni visive e la conseguente analisi dei dati, non sono sempre sufficienti per individuare qualsiasi difetto o per comprendere chiaramente le cause di determinati degradi, né per valutare oggettivamente il grado di "pericolo" di una situazione e il rimedio anche provvisorio più idoneo. I necessari approfondimenti diagnostici, che dal punto di vista prettamente operativo sono stati fatti rientrare fra le operazioni di manutenzione ordinaria, richiedono l'esecuzione di prove strumentali che possono essere sia di tipo puntuale (relative all'esame di punti "critici") che di tipo "globale" (relative all'esame generale della

struttura), mediante le quali è possibile stimare e valutare caratteristiche e parametri, relativi allo stato dei materiali costituenti le opere.

Tali attrezzature devono essere gestite da tecnici specializzati nel loro utilizzo, da ingegneri ed eventualmente possono essere utilizzati sistemi informatizzati di analisi dei dati, che sappiano correttamente interpretare i dati raccolti.

Al fine di integrare le informazioni ottenute dall'ispezione visiva effettuata per il controllo delle opere d'arte, ci si avvale, anche, di strumenti e tecniche diagnostiche, per la rilevazione periodica di determinate grandezze geometriche e meccaniche, che consentono di dare un quadro più completo e preciso, riguardo allo "Stato di fatto" dei manufatti, nonché, di individuare eventuali anomalie non riscontrabili visivamente.

La metodologia d'intervento, prevede, a cadenze da definire, l'esecuzione di controlli strumentali sistematici o su campioni di prova selezionati all'interno di gruppi omogenei, non escludendo tuttavia controlli ad hoc in corrispondenza di anomalie accertate che richiedano indagini puntuali e approfondite (es. per cedimenti differenziali in fondazione, etc).

Generalmente, sono impiegati in modo sistematico i controlli di tipo non distruttivo (o moderatamente distruttivo), ricorrendo soltanto a poche prove distruttive, per calibrare le prime. Nel seguito si riporta un elenco di possibili prove da effettuare sui differenti elementi; in corso d'opera le eventuali prove (anche differenti rispetto a quelle elencate) verranno comunque definite in dettaglio a seconda delle effettive finalità dell'indagine:

#### **6.1.2.1 Strutture in calcestruzzo**

- Prove ad ultrasuoni;
- Misura del potenziale di corrosione;
- Termografia;
- Indagini georadar;

#### **6.1.2.2 Strutture in acciaio**

- Spessimetro a ultrasuoni;
- Magnetoscopio;
- Ispezione con liquidi penetranti (Metodo LPI);
- Valutazione della corrosione;
- Prova penetrometrica (durometro);

#### **6.1.2.3 Bulloni di tipo Swellex e chiodature di sostegno**

- Valutazione della corrosione;
- Magnetoscopio;
- Ispezione con liquidi penetranti (Metodo LPI);

#### **6.1.2.4 Tubazioni in PVC**

- Videoispezione avente la finalità di:
  - Controllare la presenza di ostruzioni che ne alterano il funzionamento.
  - Controllare la presenza di difetti nei raccordi dei tubi.

- Controllare la presenza di patina biologica.
- Controllare la presenza di lesioni, interruzioni o cedimenti dovuti a cause esterne, che ne alterano la normale configurazione e ne impediscono il corretto funzionamento.

#### 6.1.2.5 Tubazioni in acciaio

- Videoispezione avente la finalità di:
  - Controllare la presenza di ostruzioni che ne alterano il funzionamento.
  - Controllare la presenza di difetti nei raccordi dei tubi.
  - Controllare la presenza di patina biologica.
  - Controllare la presenza di lesioni, interruzioni o cedimenti dovuti a cause esterne, che ne alterano la normale configurazione e ne impediscono il corretto funzionamento.
  - Controllare la presenza di fenomeni corrosivi

#### 6.1.2.6 Pozzetti in calcestruzzo

- Misura del potenziale di corrosione

### 6.1.3 Sistema di monitoraggio

Il Progetto esecutivo delle nicchie prevede un sistema di monitoraggio, descritto nel seguito, che si intende adottare sia per il controllo tenso-deformativo in corso d’opera dell’ammasso interessato dagli scavi che per la valutazione della stabilità delle opere nel tempo.

Per la descrizione dettagliata delle caratteristiche e le modalità esecutive del programma predisposto si rimanda agli appositi documenti di progetto:

MONITORAGGIO											
04A	1735700	OO	--	0	Z	E	RE	GN	0501	0	Monitoraggio - Relazione Tecnica
04A	1735700	OO	--	0	Z	E	SE	GN	0502	0	Monitoraggio in fase di scavo - Sezioni
04A	1735700	OO	--	0	Z	E	SE	GN	0503	0	Monitoraggio - Sezioni
04A	1735700	OO	--	0	Z	E	PL	GN	0504	0	Monitoraggio - Planimetria

Per la corretta e sicura gestione delle operazioni di allargo del cunicolo si renderà necessaria la messa in servizio di un sistema di monitoraggio topografico delle convergenze su tutta la tratta interessata dai lavori.

In particolare si prevede l’installazione di una sezione di misura, costituita da 4 mire topografiche, ogni 20 m circa per tutta l’estensione della futura nicchia, prevedendo inoltre due ulteriori sezioni prima e dopo l’area interessata dagli scavi.

La frequenza di esecuzione delle misure sarà indicativamente di una lettura al giorno, ma potrà essere calibrata in relazione agli avanzamenti giornalieri, al fine di valutare potenziali comportamenti anomali dell’ammasso e/o della struttura e poter eventualmente intervenire con adeguati interventi integrativi sugli specifici settori che ne risultino interessati.

In corrispondenza delle tratte in cui in fase di scavo del cunicolo si è resa necessaria la posa in opera di elementi metallici di blindaggio, alla misura delle convergenze si accoppierà il controllo dello stato tensionale delle centine costituenti i pannelli di blindaggio, mediante

posa in opera di barrette estensimetriche (sempre in numero di 4 per sezione) che consentano di verificare possibili effetti sui rivestimenti indotti dalle operazioni di scavo, associati a modificazioni dello stato tensionale nell'ammasso nell'immediato contorno della galleria.

Il sistema di monitoraggio verrà esteso anche successivamente allo scavo delle nicchie, con la definizione di 3 differenti sezioni di monitoraggio definite come indicato nel seguito:

- Sezione di monitoraggio convergenze  
5 mire ottiche per la misura di convergenza del cavo;
- Sezione di monitoraggio dello stato tensionale del prerivestimento  
3 strain gauges montati sulle ali delle centine
- Sezione di monitoraggio delle deformazioni al contorno del cavo  
2 estensimetri multibase, di lunghezza non inferiore a 12 m, per la misura delle deformazioni e dell'estensione della fascia plastica al contorno della sagoma di scavo.

La frequenza di lettura dovrà essere giornaliera fino al raggiungimento della stabilizzazione delle misure. Successivamente dovrà prevedersi una lettura a settimana (per 4 settimane dopo la stabilizzazione delle misure) ed infine una lettura mensile fino all'esecuzione del rivestimento definitivo. Le frequenze potranno in ogni caso essere rimodulate in corso d'opera in funzione delle misure rilevate. Letture dovranno essere eseguite anche al termine dei lavori così da valutare nel tempo la prestazione dei rivestimenti.

Le sezioni verranno messe in opera ad una distanza massima di 1.0 m dal fronte di scavo e provvedendo all'immediata esecuzione della lettura di zero, minimizzando quindi l'entità delle deformazioni scontate dalla struttura prima dell'inizio del monitoraggio.

Si prevede in progetto che:

- Le sezioni di monitoraggio delle convergenze saranno previste in corrispondenza di ciascuna nicchia, collocando le sezioni ad un interasse pari a circa 20m e mantenendo attive anche le sezioni prima e dopo l'allargo poste in opera in fase di scavo. Una sezione di convergenza sarà prevista anche in corrispondenza di ciascuno dei due rami di inversione presenti alle nicchie NLS4 e NLS9.
- Le sezioni di monitoraggio dello stato tensionale saranno previste in corrispondenza di ogni nicchia in cui lo scavo verrà effettuato con posa in opera di centine metalliche (n°1 sezione per ogni nicchia). Si prevedrà inoltre una sezione in corrispondenza di ciascuno dei gruppi di 3 centine ravvicinate poste in opera ai lati degli innesti dei rami e della galleria di connessione, per un totale di 6 sezioni ulteriori.
- Le sezioni di monitoraggio delle deformazioni al contorno del cavo verranno ubicate in corrispondenza delle seguenti nicchie:
  - **Nicchia NS8**, in cui è localizzato l'innesto con la galleria di connessione 1, data la sezione più grande e la presenza di un innesto tra due differenti cunicoli;

- **Nicchie NLS4 e NLS9** in cui verranno realizzati i due rami di inversione per i mezzi d’opera;
- **Nicchie NLS3 e NLS 14** a cui, secondo quanto rilevato nel corso degli scavi del cunicolo, corrispondono valori minimi di GSI.

Una sintesi delle sezioni previste è riportata nella seguente tabella:

Nicchia	Pk inizio	Pk fine	Lunghezza	Sezione Cunicolo	Monitoraggio		
					Mire e prismi	Strain gauges	Estensimetro multibase
					[n° sezioni]	[n° sezioni]	[n° sezioni]
NS1	385	415	30	F1	2		
NS2	544	596	52	F1-F2	3		
NS3	722.5	757.5	35	F1-F2	2		
NS4	892.5	927.5	35	F1-F2-F3c	2		
NS5	1065	1095	30	F1-F2	2		
NS6	1462.5	1497.5	35	F1-F2	2		
NS7	1854	1906	52	F3c	3		
NS8	2180	2245	65	F3a-F3c-F3c1	4	2.00	1
NLS1	2632	2667	35	F3c-F3c1	2		
NLS2	3005	3040	35	F3c	2		
NLS3	3123	3158	35	F3c1-F5	2	1	1
NLS4	3272	3307	35	F3c-F3c1	2	2	1
	RAMO		15		1		
NLS5	3421	3456	35	F3c1	2		
NLS6	3570	3605	35	F3c1	2		
NLS7	4022.5	4057.5	35	F3c1	2		
NLS8	4279.5	4314.5	35	F3c1	2		
NLS9	4782.5	4817.5	35	F4	2	3	1
	RAMO		15		1		
NLS10	5182.5	5217.5	35	FMV-F4	2	1	
NLS11	5582.5	5617.5	35	FMV	2	1	
NLS12	6022.5	6057.5	35	FMV	2	1	
NLS13	6382.5	6417.5	35	FMV	2	1	
NLS14	6760	6795	35	FMV	2	1	1
<b>TOTALE</b>					<b>50</b>	<b>13</b>	<b>5</b>

Tabella 3 – Sintesi strumentazione di monitoraggio

## 6.2 Rilevamento dati

Gli operatori che devono svolgere i controlli saranno forniti di schede, i cui modelli sono riportati in appendice al presente documento, sulle quali trascriveranno quanto osservato.

Tali schede sono state create al fine di eseguire operazioni di controllo con facilità ed efficacia e in modo tale da consentire una raccolta dati utile alla pianificazione delle operazioni manutentive successive.

L'insieme della documentazione acquisita nel tempo, deve poter essere consultata con estrema semplicità, per ottenere in prima istanza, per ciascuna opera, i seguenti documenti fondamentali:

- Rapporto dell'ispezione periodica attraverso la redazione delle specifiche schede di raccolta dati dell'opera o di sue parti specifiche;
- Scheda dati storici che riporta le caratteristiche strutturali e la storia delle ispezioni.

Almeno una volta all'anno, è necessario che un ingegnere esegua un rapporto di controllo in cui vengano evidenziate ed analizzate le varie anomalie riscontrate.

L'archiviazione e l'interpretazione dei dati è compito della struttura coordinata dal conduttore del servizio di manutenzione.

Nei paragrafi seguenti sono descritte le varie tipologie di schede messe a punto per attuare la procedura di manutenzione.

### 6.2.1 Scheda: Caratteristiche geometriche delle opere d'arte

La prima tappa della pianificazione di un sistema di gestione e manutenzione delle opere d'arte di un'infrastruttura consiste nella schedatura delle loro caratteristiche geometriche e strutturali. Nel presente Piano di Manutenzione ciò è previsto grazie alla scheda denominata "Caratteristiche geometriche delle opere d'arte" riportata in appendice al presente documento.

La stesura delle suddette schede è da effettuare in tutt'uno con gli elaborati architettonici e strutturali di progetto e/o la realizzazione dell'opera, prevedendo il loro aggiornamento in fase di esercizio.

La catalogazione delle opere d'arte, pur essendo eseguita in forma schematica, dovrà essere significativamente rappresentativa dalla geometria della struttura, al fine di agevolare la pianificazione degli interventi di manutenzione.

### 6.2.2 Scheda: Anomalie Ricontrate

Data la difficoltà e la delicatezza della fase d'ispezione, i controlli dovranno essere eseguiti secondo una sequenza ben definita al fine di limitare l'aleatorietà di valutazione dovuta alla soggettività del rilevatore.

L'operatore della struttura preposta che conduce l'ispezione visiva può riassumere le sue osservazioni sull'apposita scheda denominata "Scheda Anomalie Ricontrate", riportata in Appendice al presente documento.

Tale scheda, la cui struttura è la medesima per ogni opera, contiene in una prima sezione generale l'identificazione dell'opera esaminata, il numero d'ordine, la data d'ispezione e l'indicazione di chi ha eseguito il controllo, mentre nelle successive sezioni possono essere documentate le anomalie riscontrate in corrispondenza delle parti manutenibili dell'opera.

Tali schede sono strutturate in modo da poter localizzare l'esatta posizione ed estensione dell'anomalia su schemi grafici che riportano la geometria dell'opera d'arte.

Le suddette dovranno, altresì, essere integrate con gli esiti delle ispezioni strumentali e i dati forniti dal monitoraggio permanente (se presenti).

Al fine di poter individuare in modo immediato i singoli difetti riscontrabili nelle singole opere d'arte è possibile avvalersi del "Catalogo Anomalie Riscontrabili" riportato in APPENDICE al presente documento.

Nel dettaglio, queste possono essere le principali anomalie riscontrate:

#### **6.2.2.1 Strutture in calcestruzzo**

- Alveolizzazione
- Deformazioni e spostamenti
- Disgregazione
- Distacco di materiale
- Efflorescenze
- Esposizione dei ferri di armatura
- Instabilità strutturale
- Lesioni
- Macchie di umidità
- Patina biologica
- Percolazione attraverso fessure e/o giunti
- Presenza di detriti superficiali
- Rigonfiamento

#### **6.2.2.2 Strutture in acciaio**

- Corrosione
- Deformazioni/spostamenti
- Distacco di materiale
- Imbozzamento locale
- Lesioni
- Ossidazione

#### **6.2.2.3 Bulloni di tipo Swellex e chiodature di sostegno**

- Perdita di efficacia
- Piastra di ripartizione non allineata
- Presenza di instabilità nella zona sostenuta
- Degrado della piastra di ripartizione



#### **6.2.2.4 Tubazioni in PVC**

- Deformazioni
- Difetti ai raccordi o alle connessioni
- Difetti di pendenza
- Lesioni
- Occlusione
- Patina biologica

#### **6.2.2.5 Tubazioni in acciaio**

- Deformazioni
- Difetti ai raccordi o alle connessioni
- Lesioni
- Occlusione
- Patina biologica
- Ossidazione
- Corrosione

#### **6.2.2.6 Pozzetti in calcestruzzo**

- Disgregazione
- Distacco di materiale
- Esposizione dei ferri di armatura
- Efflorescenze
- Lesioni
- Patina biologica
- Rigonfiamento
- Presenza di detriti

#### **6.2.2.7 Platea cls per transito mezzi**

- Bleeding
- Buche
- Cedimenti
- Difetti di pendenza
- Disgregazione
- Distacco
- Fessurazioni
- Lesioni
- Rigonfiamenti o depressioni localizzati

- Formazioni di ormaie
- Corrugamenti
- Presenza di depositi
- Presenza vegetazione

#### **6.2.2.8 Canalette laterali**

- Difetti di pendenza
- Ostruzione
- Deformazioni
- Lesioni

### **6.2.3 Scheda: Giudizio**

La fase dell'ispezione visiva sarà conclusa dalla compilazione di una scheda denominata "Scheda giudizio", compilata per singola opera d'arte, mediante la quale il tecnico incaricato del rilevamento esprimerà il suo punto di vista in merito a:

- Sicurezza strutturale;
- Sicurezza d'esercizio;
- Stato di conservazione;
- Comfort dell'utente,
- Estetica dell'opera;

Ad ognuno dei suddetti parametri l'operatore potrà riportare uno dei seguenti giudizi associati ad una scala di valori che va da 0 a 4:

0. Non Sufficiente
1. Sufficiente
2. Buono
3. Distinto
4. Ottimo

Un esempio della "Scheda Giudizio" è riportato in APPENDICE al presente documento.

### **6.2.4 Scheda: Correlazione Anomalie-Interventi-Priorità di Attuazione**

La procedura per stesura del programma di manutenzione prevede una fase di analisi che associa gli interventi da attuare alle anomalie riscontrate, definendone le priorità di attuazione.

Tale fase trova riscontro nella compilazione della " Scheda di correlazione Anomalie-Interventi- Priorità di Attuazione" riportata in APPENDICE al presente documento.

Il suddetto strumento permette di conoscere per ogni singola opera le operazioni manutentive da eseguire e permette di pianificarne l'attuazione nel tempo in relazione al loro grado di pericolosità.

### 6.2.5 Scheda: Dati Storici

Con i dati raccolti tramite i controlli verrà aggiornata una “Scheda dati storici”, riportata in allegato al presente documento, inserendo la data della visita e le eventuali nuove anomalie insorte.

Tale scheda, avente finalità di raccogliere tutti i dati conoscitivi a partire dal progetto e dalle modalità di realizzazione dell’opera, sino allo stato attuale, è redatta ed aggiornata periodicamente per ciascuna parte strutturale di ogni opera, e contiene le seguenti informazioni:

- Individuazione dell’opera.
- Periodo di costruzione e vicende ad esso collegate.
- Materiali costituenti la parte strutturale dell’opera e, per ciascuno di essi, indicazione delle caratteristiche, dimensioni, tipologia, ecc. (cls, acciaio, altro).
- Altre informazioni riguardanti l’ubicazione, lo schema statico, la data d’inizio del degrado, ecc.
- Successione cronologica delle ispezioni, per ciascuna delle quali è riportata la data, le parti della struttura in cui sono state riscontrate anomalie rispetto all’ispezione precedente, numero delle schede di rilevamento delle suddette anomalie.
- Successione cronologica degli interventi significativi di manutenzione, con la relativa data, tipologia e ubicazione.

### 6.2.6 Individuazione degli interventi

In tale fase, devono essere individuati gli elementi sui quali intervenire e deve essere prevista e definita la tipologia dei lavori da eseguire. La scelta da attuare deve prevedere in primo luogo, quando possibile, la rimozione delle cause di degrado; in secondo luogo, occorre definire obiettivi e tecniche esecutive dei lavori.

Poiché le conoscenze e le tecnologie disponibili consentono più alternative tecniche per ogni tipo di intervento, il confronto tra diverse soluzioni va eseguito tenendo presenti sia le condizioni di fattibilità dello specifico intervento, sia la sua efficacia.

Tale efficacia deve essere valutata non solo in relazione alle prestazioni del sistema subito dopo le operazioni di manutenzione, ma anche in relazione alle sue prestazioni nel tempo.

Diventano allora essenziali i requisiti di affidabilità, capacità del sistema di mantenere le proprie prestazioni entro un range di valori prefissato, per un dato periodo di tempo ed in determinate condizioni d’uso, di sollecitazione, di manutenibilità e di attitudine ad essere oggetto di manutenzione.

Al fine di poter individuare in modo immediato l’intervento più idoneo all’anomalia riscontrata, è stato redatto il “Catalogo Anomalie-Interventi Elementari”, riportato in APPENDICE al presente documento, che riporta, per opera e anomalia riscontrabile, le operazioni di manutenzione ritenute adeguate.

I principali interventi per le opere in esame sono:

#### 6.2.6.1 Strutture in calcestruzzo

- Rimozione di detriti dalle superfici;
- Demolizione della parte di calcestruzzo ammalorata;

- Applicazione di prodotti specifici anti corrosione alle armature;
- Ripristino delle superfici dilavate.
- Trattamento con prodotti idrorepellenti
- Ripristino del copriferro con apposita malta a ritiro bilanciato.
- Posa in opera di interventi strutturali;
- Iniezioni di consolidamento nel calcestruzzo;
- Esecuzione o rifacimento di spritz beton;
- Posa in opera di rete elettrosaldata
- Posa in opera di impermeabilizzazione.

#### **6.2.6.2 Strutture in acciaio**

- Messa in opera di nuovi elementi strutturali, attrezzature speciali, opere provvisoriale.
- Spazzolatura delle superfici degli elementi metallici
- Sabbature ed in generale interventi di rimozione della ruggine o di sostanze estranee eventualmente presenti sulla superficie dell'elemento strutturale, da effettuarsi manualmente o con mezzi meccanici.
- Messa in opera di prodotti antiruggine e/o passivanti
- Sostituzione dell'elemento metallico danneggiato o deteriorato
- Messa in opera di elementi per il rinforzo locale delle sezioni indebolite.

#### **6.2.6.3 Bulloni di tipo Swellex e chiodature di sostegno**

- Rafforzamento zona sostenuta con aggiunta di nuovi bulloni o chiodature;
- Spazzolature, sabbature ed in generale opere ed interventi di rimozione della ruggine, o di sostanze estranee eventualmente presenti sulla superficie della piastra di ripartizione, da effettuarsi manualmente o con mezzi meccanici;
- Messa in contrasto della piastra di ripartizione.

#### **6.2.6.4 Tubazioni in PVC**

- Ripristino dell'elemento in presenza di lesioni che compromettono l'esercizio regolare dell'opera.
- Sostituzione dell'elemento in presenza di rotture che compromettono l'esercizio regolare dell'opera.
- Pulizia delle condotte.

#### **6.2.6.5 Tubazioni in acciaio**

- Ripristino dell'elemento in presenza di lesioni che compromettono l'esercizio regolare dell'opera.
- Pulizia delle condotte.
- Applicare prodotti antiruggine e/o passivanti, vernici, prodotti specifici per la

rimozione della ruggine.

- Sostituzione di elementi della condotta in presenza di rotture che possono alterarne il normale funzionamento dell'opera.

#### **6.2.6.6 Pozzetti in calcestruzzo**

- Demolizione delle parti di calcestruzzo deteriorate;
- Rimozione dei detriti superficiali;
- Ripristino delle superfici di calcestruzzo;
- Rimozione dei detriti superficiali;
- Sabbiatura dei ferri armatura e trattamento con vernici contenenti inibitori di corrosione;
- Ricostituzione del copriferro con malte a ritiro compensato fortemente adesive e ad alta resistenza;
- Pulizia delle superfici con getto d'aria.

#### **6.2.6.7 Platea in cls**

- Asportazione dello strato e ripristino con materiale delle medesime caratteristiche
- Rimozione dei depositi di materiale lungo presenti lungo la strada.
- Rimozione della vegetazione

#### **6.2.6.8 Canalette**

- Ripristino/sostituzione dell'elemento anomalo
- Rimozione della vegetazione
- Rimozione di detriti che possono ostruire gli elementi di raccolta delle acque
- Pulizia degli elementi di raccolta delle acque

### **6.2.7 *Analisi dei vincoli e delle priorità***

L'esecuzione degli interventi può essere soggetta a vincoli di varia natura, ossia a condizioni che devono essere rispettate e opportunamente valutate. I principali vincoli sono dovuti all'interferenza tra le attività di manutenzione, al clima e, più in generale, alla circostanza di dover intervenire su di un sistema che offre un servizio che è sempre preferibile non interrompere.

Le operazioni di manutenzione, vanno classificate secondo una lista di priorità che tenga conto del livello e delle conseguenze del degrado e, talvolta, anche di particolari esigenze dell'Amministrazione; in tal modo, si possono distinguere tre classi principali di interventi:

- A. Il degrado di un elemento non comporta innesco di fenomeni di degrado in altri componenti e pericoli per la sicurezza: l'intervento può essere dilazionato nel tempo in funzione della severità e dell'estensione del degrado.
- B. Il degrado di un elemento comporta l'innesco di fenomeni patologici in altri componenti (senza la compromissione immediata del requisito di sicurezza), con conseguente aumento dei costi di manutenzione nel caso in cui non si intervenga

tempestivamente: l'intervento deve essere eseguito con una certa urgenza.

- C. Il degrado porta alla compromissione del requisito di sicurezza: l'intervento deve essere eseguito al più presto.

I tre livelli di priorità associabili alle tre classi di interventi precedentemente definite sono:

- Dilazonato: sicurezza non compromessa ma possibile innesco fenomeni di degrado su altri elementi;
- Urgente: sicurezza non compromessa e non comporta degrado di altri elementi;
- Immediato: sicurezza compromessa.

Attraverso la Scheda di correlazione “Anomalie-Interventi-Priorità di Attuazione”, riportata in APPENDICE al presente documento, sarà possibile per l'operatore definire una priorità di attuazione dell'intervento associato all'anomalia riscontrata.

### 6.3 Operazioni manutentive

Gli interventi di manutenzione vanno distinti in operazioni periodiche su opere “funzionanti” ed in operazioni straordinarie su opere più o meno compromesse nel loro funzionamento o da adeguare strutturalmente in dipendenza di fattori esterni (nuove prescrizioni normative, variazione del grado di sismicità della zona, ecc.).

Tanto per le prime, quanto per le seconde occorre operare non solo nell'ottica della pura e semplice riparazione, ma anche e soprattutto in quella della prevenzione; vanno quindi considerati fondamentali quegli interventi necessari ad allungare la vita utile dell'opera, per realizzare i quali potrebbe essere anche necessario “sacrificare” delle parti ancora integre dell'opera.

La manutenzione è svolta attraverso le seguenti attività:

- **Verifica**: s'intende un'attività finalizzata alla corretta applicazione di tutte le indicazioni e modalità dettate dalla buona norma di manutenzione dei vari componenti edilizi.
- **Pulizia**: s'intende un'azione manuale o meccanica di rimozione di sostanze fuoriuscite o prodotte. L'operazione di pulizia comprende anche lo smaltimento delle suddette sostanze, da effettuarsi nei modi conformi alla legge;
- **Sostituzione-riparazione**: la sostituzione e/o riparazione viene effettuata in caso di non corretto funzionamento del componente o dopo un certo tempo di funzionamento dello stesso tramite smontaggio e rimontaggio o sostituzione di materiali.

Tali operazioni sono alla base del servizio proposto e del calcolo delle risorse umane stimate necessarie con conseguente calcolo economico della gestione.

Le operazioni di manutenzione saranno eseguite secondo le cadenze e le modalità indicate nelle schede di manutenzione relative ad ogni singolo componente o impianto.

Qualora non siano specificate all'interno dei singoli capitoli delle diverse opere, le principali operazioni di manutenzione eseguibili sono le seguenti:

- Pulizia semplice con mezzi meccanici o con operazioni manuali; asportazione di materiali estranei come sporcizia o vegetazione parassite e attività similari;
- Sostituzione di elementi deteriorati con semplici operazioni di smontaggio e

montaggio;

- Piccoli risarcimenti, stuccature, riparazioni con malte cementizie o malte sintetiche o malte bicomponenti;
- Riparazioni localizzate di pavimentazioni
- Riparazioni localizzate dei sistemi di raccolta acque;

I risultati degli interventi di manutenzione, devono essere controllati verificando che siano conformi agli obiettivi prestazionali prestabiliti; in caso di difformità, è opportuno prevedere la pianificazione ed esecuzione di azioni correttive.

Occorre segnalare che tutti i dati riguardanti l'esecuzione delle operazioni di manutenzione eseguite (dai risultati delle analisi, ai risultati dei controlli), costituiscono il feedback necessario per la programmazione dei futuri interventi.

Un elenco degli interventi previsti nel presente Piano di Manutenzione è riportato nel "Catalogo Interventi elementari" in APPENDICE al presente documento.

## 7 PROGRAMMA DI MANUTENZIONE

Il "Programma di Manutenzione" indica le tempistiche e le modalità nelle quali eseguire i controlli e gli interventi necessari alla corretta gestione dell'opera e delle sue parti nel corso della loro vita utile. La procedura manutentiva permette di prevedere le possibili avarie e predisporre un insieme di attività programmate per la risoluzione delle stesse e stabilisce le modalità con cui far fronte a situazioni eccezionali in presenza di eventi accidentali.

Il Programma di Manutenzione si articola secondo tre sottoprogrammi:

- 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 e dei controlli al fine di rilevare il livello prestazionale (qualitativo e quantitativo) durante la 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.

Per il sottoprogramma delle prestazioni si rimanda alle specifiche di progetto ed a quanto contenuto nel capitolo 5 del presente documento. Il sottoprogramma dei controlli e degli interventi è descritto nel seguito.

### 7.1 Sottoprogramma dei controlli

La necessità di individuare con immediatezza eventuali anomalie e di tenere in efficienza le parti soggette a deterioramento, rende indispensabile la programmazione d'interventi manutentivi a guasto e la pianificazione preventiva di un insieme di controlli periodici.

Le attività d'ispezione da eseguire sull'opera dovranno essere raggruppate in base alle seguenti linee guida:

- Ottimizzare gli itinerari delle ispezioni in modo da minimizzare i tempi di spostamento e i relativi costi del personale ispettivo;
- Distinguere i controlli che mirano alla determinazione dell'usura degli elementi e

dei materiali, per i quali, potrebbe essere sufficiente effettuare un sopralluogo a cadenza annuale, da quelli più frequenti, per verificare l'efficienza di elementi soggetti ad anomalie;

- Predisporre professionalità differenti a diverse tipologie di controllo:
  - Per gli operai, nel caso in cui la verifica e la riparazione sono operazioni previste all'interno della stessa mansione, si procederà tramite un'ispezione diretta che rientra nelle competenze dell'operaio, che prevede l'esecuzione immediata dell'intervento correttivo senza bisogno di alcuna istruzione particolare; successivamente dovranno essere effettuate altre ispezioni di controllo per accertare che il lavoro sia stato eseguito correttamente;
  - per i tecnici, in possesso di appropriate conoscenze e di un'ampia esperienza pratica a cui è affidata la responsabilità della gestione complessiva delle ispezioni; si richiede normalmente un corso particolare di addestramento sull'individuazione di guasti e/o anomalie, sulla diagnostica e sulla capacità di indicare gli interventi correttivi necessari;
  - per gli specialisti, per quanto concerne le ispezioni che comportano l'impiego di particolari strumenti o l'interpretazione di normative e aspetti assicurativi; occorrerà individuare le responsabilità nella definizione dei cicli di ispezione, nell'esecuzione dei controlli e nell'esame diretto delle anomalie più gravi.

Le ispezioni vengono effettuate per diversi scopi o finalità quali:

- Conoscere le condizioni d'uso e conservazione delle varie parti da sottoporre a manutenzione;
- Determinare eventuali scostamenti dagli standard prestabiliti e dei guasti incipienti che possono provocare ulteriori scostamenti prima dell'ispezione successiva;
- Accertarsi delle cause di tali scostamenti in modo tale da determinare l'entità dell'intervento manutentivo necessario e per evitare che l'anomalia si riproduca;
- Controllare che il lavoro precedente sia stato eseguito in conformità alle istruzioni e verificare l'adeguatezza dell'intervento al difetto riscontrato.

I principali vantaggi che derivano dalle ispezioni programmate si possono così sintetizzare:

- Aggiornamento delle condizioni complessive della struttura con un corrispondente miglioramento dei profili di manutenzione;
- Previsione più esatta degli interventi manutentori occorrenti e, di conseguenza, un miglior controllo sul bilancio preventivo;
- Possibilità di programmare una maggiore quantità d'interventi omogenei;
- Ridurre il rischio di anomalie che potrebbero compromettere l'efficienza della struttura e provocare danni o inconvenienti dal punto di vista economico;
- Tempestiva esecuzione degli interventi di manutenzione che consente di prolungare la durata di alcuni elementi e di ridurre il rischio di un danneggiamento degli elementi adiacenti.

Per ogni opera oggetto del presente Piano di manutenzione è stato elaborato il "Sottoprogramma dei Controlli", che definisce la periodicità delle ispezioni da eseguire per



ciascun elemento mantenibile, i parametri da controllare e la strumentazione necessaria per attuare l'ispezione.

Dall'insieme dei controlli, si trarranno i dati utili alla definizione dello stato d'uso e conservazione delle strutture, formulato sulla base di una diagnosi il più possibile corretta ed esaustiva, fondata sull'interpretazione dei dati, alla luce delle conoscenze tecniche specifiche.

I dati rilevati, con cadenza prefissata, delle ispezioni visive e delle eventuali indagini strumentali, nonché i dati acquisiti dal monitoraggio permanente, saranno riportati sulle cosiddette "Schede Anomalie riscontrate", integrate altresì da una "Scheda Giudizio", per ciascuna opera d'arte, mediante il quale il tecnico incaricato del rilevamento esprimerà il suo punto di vista in merito alla sicurezza strutturale ed al livello di funzionalità dell'opera.

Nel "Sottoprogramma dei Controlli", riportato tra le tabelle riassuntive del "Programma di manutenzione", è mostrata la frequenza dei controlli periodici stabiliti per ciascun elemento mantenibile e le circostanze che possono indurre a eseguire controlli occasionali a causa del verificarsi di eventi accidentali.

## 7.2 Sottoprogramma degli interventi

Il "Sottoprogramma degli interventi" costituisce un documento fondamentale del Piano di manutenzione poiché definisce gli intervalli temporali previsti nella pianificazione degli interventi nel rispetto della strategia adottata nell'attività manutentiva.

Per ognuno degli interventi previsti nel suddetto documento, è possibile definire le seguenti caratteristiche:

- Elemento mantenibile interessato dall'intervento;
- Tipologia dell'intervento periodico;
- Frequenza dell'intervento periodico;
- Anomalie riscontrabili;
- Tipologia dell'intervento "a guasto";

In particolare, per pianificare la frequenza di ogni intervento è stato necessario tener conto dei seguenti fattori:

- Nel caso in cui avvengono eventi straordinari, si procede a interventi definiti in seguito "a guasto".
- La frequenza di alcuni interventi può essere stabilita a livello normativo e/o contrattuale;
- La frequenza di alcuni interventi potrebbe adeguarsi allo stato di usura del bene e quindi al decadimento naturale delle prestazioni e all'invecchiamento naturale dei materiali.

I suddetti aspetti, saranno poi essenziali per determinare il costo dell'intervento, comprensivo di materiali, attrezzature e risorse umane.

Il Sottoprogramma degli interventi, oltre alle tempistiche di attuazione permette di definire le tipologie di operatori addetti e l'eventuale necessità di strumentazioni idonee per l'attuazione dell'intervento.

L'analisi attenta delle schede "Giudizio" e delle schede di correlazione "Anomalie Ricontrabili – Interventi – Priorità d'attuazione", appositamente predisposte, permette, non solo di definire i possibili interventi manutentivi corrispondenti a specifiche anomalie, ma anche di

programmare le successive fasi di esecuzione degli interventi sui manufatti dell'intera infrastruttura.

Alla base della programmazione degli interventi deve quindi necessariamente anteporsi la caratterizzazione dei possibili interventi elementari ossia riferiti a uno specifico elemento manutenibile dell'opera.

L'individuazione dei suddetti interventi elementari sarà eseguita sulla base dell'analisi attenta sia di un Catalogo "Interventi Elementari", appositamente predisposto.

In ogni caso, comunque, dopo aver definito lo stato di conservazione dell'opera d'arte, per procedere alla programmazione degli interventi, riferita non più solo alla singola struttura, ma generalizzata alla totalità dei manufatti presenti nel tronco in esame, occorre fissare alcuni criteri procedurali che consentano di individuare la strategia ottimale di intervento sull'insieme delle opere.

## 8 APPENDICI

### 8.1 Appendice A: Catalogo anomalie riscontrabili

#### 8.1.1 *Strutture in calcestruzzo*

##### Alveolizzazione

Degradazione che si manifesta con la formazione di cavità di forme e dimensioni variabili. Gli alveoli sono spesso interconnessi e hanno distribuzione non uniforme. Nel caso particolare in cui il fenomeno si sviluppa essenzialmente in profondità con andamento a diverticoli, si può usare il termine alveolizzazione a caratura.

##### Corrosione armature

Decadimento delle armature metalliche all'interno del calcestruzzo a causa della combinazione con sostanze presenti nell'ambiente (ossigeno, acqua, anidride carbonica, ecc.).

##### Deformazioni e spostamenti

Deformazioni e spostamenti dovuti a cause esterne che alterano la normale configurazione dell'elemento.

##### Distacco di materiale

Disgregazione e distacco di parti del materiale.

##### Efflorescenze

Formazione di sostanze di colore biancastro e aspetto cristallino, o polverulento o filamentoso sulla superficie del manufatto.

##### Esfoliazione

Degrado che si manifesta con distacco, spesso seguito da caduta, di uno o più strati subparalleli tra loro. Generalmente causato da effetti gelivi.

##### Esposizione dei ferri di armatura

Esposizione dei ferri di armatura dovuta a rottura e distacco del copriferro.

### Fuori piombo

Perdita della corretta posizione di verticalità di un elemento o di una sua parte.

### Lesioni

Interruzione delle superficie dell'elemento strutturale, con caratteristiche, andamento e ampiezza di entità variabile che ne individuano la gravità.

### Macchie di umidità

Presenza di macchie sulle superfici del calcestruzzo dovute all'assorbimento d'acqua da parte del materiale.

### Microfessurazioni da ritiro

Formazioni di fessure filiformi nello strato superficiale del calcestruzzo causate dal ritiro del materiale.

### Percolazione attraverso fessure e/o giunti

Consiste nel passaggio, anche a velocità ridotte, di un flusso d'acqua attraverso i punti di giunzione o attraverso le fessure formatesi nel manufatto.

### Patina biologica

Formazione di uno strato sottile, morbido e omogeneo, aderente alla superficie e di evidente natura biologica, di colore variabile, per lo più verde. La patina biologica è costituita prevalentemente da microrganismi cui possono aderire polvere e terriccio.

### Rigonfiamento

Variazione della sagoma che interessa l'intero spessore del materiale e che si manifesta soprattutto in elementi nastriformi, ben riconoscibile essendo dato dal tipico andamento "a bolla" combinato all'azione della gravità.

### Spalling

Avviene attraverso lo schiacciamento e l'esplosione interna con il conseguente sfaldamento di inerti dovuto ad alte temperature nei calcestruzzi.

### Schiacciamento

Fenomeni di schiacciamento della struttura in seguito ad eventi straordinari quali frane, smottamenti, ecc..

### Subefflorescenza

Formazione di sostanze, generalmente di colore biancastro e di aspetto cristallino all'interno del materiale provocando spesso il distacco delle parti più superficiali.

### Superfici dilavate

Asportazione di matrice cementizia dovuta all'azione meccanica dell'acqua sulle superfici di calcestruzzo.

## **8.1.2 Strutture in acciaio**

### Corrosione

Corrosione e conseguente decadimento dei materiali metallici a causa della combinazione con sostanze presenti nell'ambiente quali, ossigeno, acqua, anidride carbonica, ecc..

#### Deformazioni/spostamenti

Deformazioni e spostamenti dovuti a cause esterne che alterano la normale configurazione dell'elemento.

#### Difetti ai raccordi o alle connessioni

Perdite del fluido in prossimità di raccordi delle condotte in acciaio.

#### Distacco di materiale

Disgregazione e distacco di parti del materiale.

#### Imbozzamento locale

Fenomeno d'instabilità locale che si può manifestare negli elementi metallici, i quali s'imbozzano fuori dal piano piegandosi e corrugandosi.

#### Instabilità strutturale globale

Fenomeni d'instabilità globale dell'elemento strutturale in seguito ad eventi straordinari quali, frane, smottamenti, ecc..

#### Lesioni

Interruzione delle superficie dell'elemento strutturale, con caratteristiche, andamento e ampiezza di entità variabile che ne individuano la gravità.

#### Ossidazione

Processo che genera la formazione di ruggine sulla superficie di un elemento metallico, in conseguenza di una prolungata esposizione all'aria e all'umidità.

#### Occlusione

Ostruzione della condotta in acciaio che di solito comporta l'interruzione di un flusso.

#### Patina biologica

Formazione di uno strato sottile, morbido e omogeneo, aderente alla superficie e di evidente natura biologica, di colore variabile, per lo più verde. La patina biologica è costituita prevalentemente da microrganismi cui possono aderire polvere e terriccio.

### **8.1.3 Elementi di sostegno (bulloni tipo swellex, chiodature, ecc.)**

#### Perdita di efficacia

Perdita di efficacia dell'intervento dovuta a eccessive deformazioni della zona sostenuta o al superamento delle caratteristiche di resistenza meccanica dell'elemento stesso.

#### Piastra di ripartizione non allineata o deformata

Piastra di ripartizione non allineata al profilo di scavo generato da fissaggio non idoneo o dovuto a manifestazioni d'instabilità locali nella zona sostenuta dal sostegno.

#### Presenza di instabilità nella zona sostenuta

Presenza di zone instabili in prossimità dell'intervento di sostegno.

#### Degrado della piastra di ripartizione

Degrado della piastra di ripartizione in seguito a fenomeni corrosivi o di ossidazione dell'elemento metallico

#### **8.1.4 Tubi e condotte in PVC**

##### Alterazioni cromatiche

Presenza di macchie con conseguente variazione della tonalità dei colori e scomparsa del colore originario.

##### Deformazioni

Cambiamento della forma iniziale con imbarcamento degli elementi e relativa irregolarità della sovrapposizione degli stessi.

##### Difetti ai raccordi o alle connessioni

Perdite del fluido in prossimità di raccordi dovute a errori o sconnessioni delle giunzioni.

##### Difetti di pendenza

Errori di pendenza che causano un riflusso delle acque con conseguente ristagno delle stesse.

##### Lesioni

Interruzione delle superficie dell'elemento strutturale, con caratteristiche, andamento e ampiezza di entità variabile che ne individuano la gravità.

##### Occlusione

Ostruzione che di solito comporta l'interruzione di un flusso.

##### Patina biologica

Formazione di uno strato sottile, morbido e omogeneo, aderente alla superficie e di evidente natura biologica, di colore variabile, per lo più verde. La patina biologica è costituita prevalentemente da microrganismi cui possono aderire polvere e terriccio.

#### **8.1.5 Elementi idraulici di raccolta acque**

##### Difetti di pendenza

Consiste in un'errata pendenza longitudinale degli elementi idraulici dovuta a cause esterne o ad errata esecuzione che possono interferire con il corretto deflusso delle acque.

##### Ostruzione

Ostruzione degli elementi di deflusso delle acque dovuto ad accumuli di materiale di natura variabile.

##### Deformazioni

Cambiamento della forma iniziale con imbarcamento degli elementi e relativa irregolarità della sovrapposizione degli stessi.

##### Lesioni

Interruzione delle superficie dell'elemento strutturale, con caratteristiche, andamento e ampiezza di entità variabile che ne individuano la gravità.

### Presenza vegetazione

Presenza di vegetazione costituita da piante, muschi o licheni lungo lo sviluppo degli elementi idraulici di smaltimento.

### Rottura

Rottura di parti degli elementi costituenti il sistema di deflusso delle acque meteoriche lungo il loro sviluppo.

## **8.1.6 Sovrastruttura stradale**

### Buche

Mancanza di materiale dalla superficie del manto stradale a carattere localizzato e con geometrie e profondità irregolari talvolta fino a raggiungere gli strati inferiori.

Si possono formare quando, a causa del traffico veicolare, vengono asportate piccole porzioni di pavimentazione. La pavimentazione continua a rovinarsi a causa dell'insufficiente protezione del manto stradale, o a causa della presenza di punti deboli negli strati sottostanti, o a causa di un eccessivo progredire di fessure a ragnatela.

### Cedimenti

Variazione della sagoma stradale caratterizzata da avvallamenti e crepe localizzate per cause di diversa natura (frane, diminuzione e/o insufficienza della consistenza degli strati sottostanti, ecc.).

### Difetti di pendenza

Consiste in un'errata pendenza longitudinale o trasversale della superficie stradale per difetti di esecuzione o cause esterne di varia natura.

### Disgregazione

Sgranamento della superficie a causa di perdita di inerti. Il fenomeno può interessare la superficie in modo diffuso o puntuale.

### Distacco

Distacco di parti notevoli del materiale che compone la sovrastruttura stradale.

### Fessurazioni

Presenza di discontinuità nel materiale con formazione di fessure rilevabili a vista che possono compromettere l'impermeabilità del manto stradale.

### Lesioni

Presenza di discontinuità significative nel materiale con formazione di crepe che ne compromettono impermeabilità, viabilità e sicurezza.

### Rigonfiamenti o depressioni localizzati

Piccoli e bruschi spostamenti localizzati della pavimentazione verso l'alto (bumps) o verso il basso (sags).

### Formazioni di ormaie

Formazione di depressioni lungo le traiettorie percorse dalle ruote dei veicoli, dovute alle deformazioni permanenti che si generano negli strati della pavimentazione a causa del

maggior costipamento del materiale dovuto ai carichi di traffico. La pavimentazione intorno alle ormaie può sollevarsi.

#### Presenza di depositi

Accumulo di materiale estraneo lungo lo sviluppo stradale quale fogliame o detriti di varia natura. Possono costituire intralcio alla regolare circolazione o alle operazioni di manovra degli autoveicoli.

#### Corrugamenti

Serie di creste e avvallamenti perpendicolari alla direzione di traffico dovute ad azioni tangenziali o all'instabilità della superficie stradale o degli strati sottostanti.

#### Presenza vegetazione

Formazione di vegetazione costituita da piante, muschi o licheni in corrispondenza della banchina.

## **8.2 Appendice B: Catalogo delle ispezioni visive**

### **8.2.1 Strutture in calcestruzzo**

- Controllare la presenza di lesioni, distacchi, erosioni superficiali, disgregazioni, rigonfiamenti, micro fessure da ritiro, fenomeni di spalling e di alveolizzazione.
- Controllare eventuali deformazioni e/o spostamenti dell'elemento strutturale che ne alterano la normale configurazione.
- Controllare la presenza di macchie di umidità, patine biologiche, superfici dilavate, percolazioni, efflorescenze ed esfoliazioni.
- Controllare la presenza di ferri di armatura esposti.
- Controllare la presenza di schiacciamenti, fuori piombo e dissesti strutturali, in seguito ad eventi straordinari.
- Controllare eventuali smottamenti nelle zone circostanti alla struttura che possano essere indicatori di cedimenti strutturali.
- Valutare la possibile presenza d'infiltrazioni;
- Controllare la presenza di ostruzioni nei pozzetti idraulici.

### **8.2.2 Strutture in acciaio**

- Controllare la presenza di lesioni e/o distacco di materiale;
- Controllare la presenza di eventuali deformazioni, spostamenti, instabilità globale o locale dell'elemento strutturale che ne alterano la normale configurazione.
- Controllare la presenza di fenomeni di corrosione o ossidazione.
- Controllare possibili alterazioni occorse alle strutture circostanti che possano presupporre una modifica strutturale non direttamente visibile.

### **8.2.3 Elementi di sostegno (bulloni tipo swellex, chiodature, ecc.)**

- Controllare la presenza di fenomeni corrosivi o di ossidazione nella piastra di ripartizione.

- Controllare la presenza di difetti o deformazioni in corrispondenza delle piastre di ripartizione.
- Controllare presenza d'instabilità e/o rotture in prossimità della zona consolidata.

#### **8.2.4** *Elementi idraulici di raccolta acque*

- Controllare la presenza di detriti e vegetazione che ostruiscono gli elementi di raccolta acque o eventuali difetti di pendenza.
- Controllare la presenza di accumuli d'acqua.
- Controllare la presenza di lesioni, distacchi, erosioni superficiali, disgregazioni, e rigonfiamenti.
- Controllare eventuali deformazioni e/o spostamenti dell'elemento strutturale dovuti a cause esterne che ne alterano la normale configurazione.

#### **8.2.5** *Sovrastruttura stradale*

- Controllare lo stato superficiale della sovrastruttura stradale lungo tutto lo sviluppo valutando la presenza di buche, disgregazioni, distacchi, fessurazioni, lesioni, rigonfiamenti e depressioni localizzate, ormaie e corrugamenti.
- Controllare la presenza di vegetazione e depositi indesiderati lungo la strada.



## 8.3 Appendice C: Catalogo delle ispezioni strumentali

### 8.3.1 Prove non distruttive nelle strutture in calcestruzzo

#### Prove a ultrasuoni

Prova non distruttiva che si basa sulla teoria della trasmissione delle onde elastiche di compressione nei mezzi continui; questa velocità è funzione delle caratteristiche elastiche del mezzo (modulo di elasticità e coeff. di Poisson dinamici) e della sua densità.

Le suddette onde, generate da un emettitore in un punto dell'elemento vengono captate da un ricevitore posizionato in un altro punto del manufatto, e trasmesse ad un dispositivo di amplificazione e trattamento del segnale, per la determinazione del tempo  $t$  intercorso tra emissione e ricezione; nota la distanza  $D$  tra i due punti, si ricava la velocità di propagazione delle onde elastiche nel calcestruzzo.

Eventuali disomogeneità (fessure, zone degradate, cavità, ecc.) variando la velocità di propagazione, riflettendo e rifrangendo l'onda di vibrazione, e attenuandola secondo determinate direzioni, possono essere indagate indirizzando tali processi.

In sintesi, le indagini con ultrasuoni consentono di:

- Fornire indicazioni sull'omogeneità del calcestruzzo, e in particolare, sulla presenza di vespai e lesioni e con relativa stima delle dimensioni;
- Stimare, in combinazione con altre determinazioni, il modulo di resistenza del calcestruzzo.

#### Sclerometria

Tradizionale prova non distruttiva, con la quale, attraverso la lettura dell'indice di rimbalzo, è possibile valutare l'omogeneità del calcestruzzo in sito, delimitare regioni superficiali nelle strutture con calcestruzzo degradato e di qualità scadente, stimare le variazioni nel tempo delle proprietà del calcestruzzo, come ad esempio, quelle provocate dall'idratazione del cemento.

La resistenza del calcestruzzo può essere stimata approssimativamente solo in presenza di una curva sperimentale di taratura, determinata secondo quanto riportato dalla UNI 9189, che correla la resistenza del calcestruzzo in esame e l'indice di rimbalzo.

Le condizioni dello strato superficiale del calcestruzzo (umidità, alterazioni da carbonatazione o aggressioni chimiche, microfessurazioni, ecc.) influiscono sul valore del suddetto indice.

Per ovviare a tali inconvenienti, la prova sclerometrica è integrata con altre determinazioni quali, ad esempio, le prove con gli ultrasuoni.

Difatti la durezza superficiale del calcestruzzo, misurata con la prova sclerometrica, dà valori crescenti con l'aumentare della carbonatazione, mentre la velocità di propagazione delle onde ultrasoniche decresce all'aumentare della profondità di carbonatazione; ne segue che i due errori parzialmente si compensano.

Si ricorda, inoltre, che le superfici di prova devono essere opportunamente preparate, secondo quanto riportato dalla menzionata UNI 9189.

### Pull-out

Prova moderatamente distruttiva che fornisce indicazioni sulla resistenza del calcestruzzo misurando la forza necessaria per estrarre un inserto metallico di opportune caratteristiche, inserito (prima o dopo il getto) nel calcestruzzo. È utilizzata prevalentemente dove non è possibile eseguire prove a ultrasuoni per trasparenza (ad esempio su elementi tozzi).

La suddetta forza di estrazione è correlata alla resistenza a compressione del calcestruzzo, per mezzo di taratura. I risultati delle prove di estrazione sono calibrati, per mezzo dei risultati di prove di schiacciamento diretto di carote prelevate in adiacenza ai punti di esecuzione di prove di pull-out.

Si ricorda che per ciascun punto di misura sono effettuate tre estrazioni e la media aritmetica è assunta come forza di estrazione. Occorre assicurarsi dell'inserimento del tassello in posizione adeguata affinché la sua estrazione non sia contrastata da eventuali tondini o maglie elettrosaldate.

### Windsor probe test

Simile alla prova "PULL-OUT" ma non distruttiva, la prova Windsor consiste nella misura della penetrazione di un chiodo sparato da una pistola standard nel calcestruzzo. Da tale misura, con curve sperimentali di correlazione, si risale alla resistenza a compressione.

### Misura del potenziale di corrosione

Tra le zone nelle quali avvengono i processi anodici e catodici che determinano la corrosione delle armature, si stabilisce una differenza di potenziale elettrico con un conseguente flusso di corrente elettrica nel calcestruzzo. E' quindi possibile individuare le zone di corrosione attraverso la misura con un millivoltmetro delle differenze di potenziale elettrico che si manifestano sulla superficie del calcestruzzo avendo collegato un polo dello strumento ad una barra di armatura scoperta e l'altro polo ad un elettrodo di riferimento a potenziale costante.

### Termografia

La termografia è una tecnica che permette di eseguire misure di temperatura superficiale con notevole precisione (differenze di temperatura di 0,1 °C) mediante il rilevamento delle radiazioni infrarosse emesse spontaneamente da tutti i corpi.

Se il calcestruzzo (in particolare la soletta dell'impalcato) presenta dei vuoti o distacchi, questi punti si portano in genere a temperature diverse da quelle della massa del calcestruzzo integro e sono rilevati dall'apparecchiatura.

### Indagini georadar

Il metodo georadar si basa sulla propagazione delle onde elettromagnetiche nelle strutture in c.a. e c.a.p, le quali a seguito di discontinuità ed ostacoli ritornano in superficie con echi riflessi. I principi derivano dalla teoria delle onde elettromagnetiche e della ottica geometrica.

L'indagine georadar avviene trascinando il trasduttore lungo il profilo, avente direzione e distanza dipendente dal dettaglio richiesto.

La strumentazione attraverso le antenne, trasmette nelle strutture un segnale elettromagnetico con impulsi da 1 a 3 nanosecondi e con frequenza centrale di emissione compresa tra 80 e 100 Mhz.

Il segnale così trasmesso viene riflesso dalle superfici di discontinuità presenti nelle strutture e registrato con adeguato campionamento. L'indagine dovrà essere effettuata con antenna da 900/1000 Mhz.

L'interpretazione dei profili georadar dovrà essere effettuata mediante adeguato software eseguito da un tecnico laureato.

L'indagine dovrà essere mirata a determinare lo spessore del copriferro e la disposizione delle armature, nonché la presenza di eventuali anomalie e discontinuità.

### **8.3.2 Prove non distruttive nelle strutture in acciaio**

#### Spessimetro a ultrasuoni

Consente di conoscere lo spessore degli strati di rivestimento degli elementi in acciaio (zincatura, verniciatura) a partire dalle velocità degli impulsi ad ultrasuoni emessi dallo strumento.

#### Magnetoscopio

Controllo non distruttivo per la ricerca di difetti superficiali o sub superficiali su elementi metallici.

#### Ispezione con liquidi penetranti (Metodo LPI)

Metodo particolarmente efficace per evidenziare e localizzare discontinuità superficiali, quali cricche, porosità, ripiegature, in modo veloce ed economico con grande accuratezza.

#### Prova penetrometrica (durometro)

L'indagine permette, in maniera semplice e veloce, la misura della durezza di un materiale. La prova consiste nella penetrazione di uno strumento, il durometro, sull'elemento da indagare e nella successiva misura dell'impronta lasciata dall'impatto.

Tale prova permette la stima della durezza (resistenza alla deformazione permanente e della resistenza a trazione dell'elemento (misura indiretta).

#### Videoispezione

Controllo con impianti di videoispezione all'interno di condotte in acciaio aventi la finalità di:

- Controllare la presenza di ostruzioni che ne alterano il funzionamento.
- Controllare la presenza di difetti nei raccordi dei tubi.
- Controllare la presenza di patina biologica.
- Controllare la presenza di lesioni, interruzioni o cedimenti dovuti a cause esterne, che ne alterano la normale configurazione e ne impediscono il corretto funzionamento.
- Controllare la presenza di fenomeni di ossidazione e/o corrosione dell'acciaio.

### **8.3.3 Prove non distruttive su tubi e condotte in PVC o acciaio**

#### Videoispezione

Controllo con impianti di videoispezione all'interno di tubi in PVC aventi la finalità di:

- Controllare la presenza di ostruzioni che ne alterano il funzionamento.
- Controllare la presenza di difetti nei raccordi dei tubi.
- Controllare la presenza di patina biologica.

- Controllare la presenza di lesioni, interruzioni o cedimenti dovuti a cause esterne, che ne alterano la normale configurazione e ne impediscono il corretto funzionamento.
- Controllare la presenza di fenomeni corrosivi

### **8.3.4 Prove non distruttive sulla sovrastruttura stradale**

#### Skid Resistance Test

Il grado di aderenza tra pneumatico e strada può essere determinato mediante l'utilizzo di pendolo britannico, uno strumento costituito da un braccio oscillante e da un supporto per un pattino in gomma di caratteristiche prefissate. La resistenza allo slittamento è correlata all'altezza raggiunta dal dispositivo oscillante. In assenza di attrito il braccio si muoverà liberamente descrivendo una traiettoria semicircolare, fermandosi in un punto prestabilito segnalato da un ago indicatore mobile che si sposta in funzione del movimento del pendolo. L'intervallo di misura, che insiste su angolo inferiore ai 90°, è tarato con tacche di riferimento con valori convenzionali di unità di resistenza allo slittamento (SRT). L'oscillazione ottenuta dal pendolo è inversamente proporzionale all'energia cinetica assorbita nel contatto dinamico tra i materiali. La prova ha come obiettivo la simulazione dello slittamento tra la ruota bloccata del veicolo e la strada in condizioni di bagnato alla velocità di 50 km/h. Sotto i 5° e i 40° si sconsiglia l'esecuzione della prova; per temperature comprese tra i 5° e i 40° sono previsti dei fattori di correzione per le unità SRT.

### **8.3.5 Prove distruttive sulla sovrastruttura stradale**

#### Prova di carico su piastra

La prova consiste nel caricare una porzione limitata di superficie della sovrastruttura stradale mediante l'utilizzo di un cilindro idraulico poggiato su una piastra di acciaio. A 120° dal perimetro della piastra vengono posizionati tre trasduttori elettronici di spostamento opportunamente solidali ad un telaio di riferimento indipendente dal sistema di carico. Il cilindro idraulico viene contrastato utilizzando un compressore o un autocarro. Vengono eseguiti uno o più cicli di carico e scarico. Dal rapporto tra incremento di carico e cedimento dello strato si determina il modulo elastico della sovrastruttura stradale.

### **8.3.6 Prove distruttive**

#### Carotaggio

Tra i controlli moderatamente distruttivi il principale è senz'altro quello del carotaggio.

Le carote estratte (normalmente del diametro di 10 cm) forniscono informazioni attendibili su diverse grandezze meccaniche e chimiche rilevabili in laboratorio.

Si tratta del modulo elastico, della resistenza a rottura per compressione (od eventualmente per trazione se si impiega la prova brasiliana), della densità, della profondità di carbonatazione, della presenza di ioni cloro ecc.

Con prove alquanto complesse si può risalire anche alla quantità e qualità del cemento.

Un'evoluzione interessante di questa prova è costituita dal microcarotaggio, con prelievo di campioni di appena 3 cm di diametro e quindi con modestissimo danno alla struttura.

### Prelievo di campioni di armatura

Mediante il prelievo di campione d'armatura si può procedere in laboratorio a prove meccaniche di trazione, piegamento e raddrizzamento, nonché ad analisi della composizione chimica dell'acciaio impiegato.

### Martinetti piatti

Mediante tale prova viene rilevato lo stato tensionale in un determinato punto della struttura esaminata.

A tal scopo è eseguito un taglio normale alla superficie dell'elemento strutturale. Il rilascio delle tensioni, nel caso di stato tensionale di compressione, provocherà la chiusura del taglio.

Per mezzo di un martinetto piatto, sarà ripristinata la configurazione preesistente al taglio, mediante la convergenza di due punti di misura, predisposti all'inizio della prova.

La pressione che viene a determinarsi, quindi, all'interno del martinetto sarà uguale alla pressione preesistente nell'elemento strutturale a meno di una costante moltiplicativa, ottenuta mediante prove di calibrazione.

## 8.4 Appendice D: Catalogo interventi elementari

### 8.4.1 Strutture in calcestruzzo

- Rimozione dei detriti superficiali dalle superfici in calcestruzzo
- Pulizia delle superfici di calcestruzzo con getto d'aria e/o acqua in pressione
- Demolizione delle parti di calcestruzzo deteriorate
- Ripristino delle superfici di calcestruzzo
- Ricostituzione del copriferro con malte a ritiro compensato fortemente adesive e ad alta resistenza
- Trattamento con prodotti idrorepellenti
- Sabbatura dei ferri armatura e trattamento con vernici contenenti inibitori di corrosione
- Posa in opera di rete elettrosaldata
- Rifacimento o esecuzione di spritz beton
- Iniezioni di consolidamento del calcestruzzo
- Posa in opera di Impermeabilizzazione
- Messa in opera di nuovi elementi strutturali, attrezzature speciali, opere provvisoriale.

### 8.4.2 Strutture in acciaio

- Sabbature ed in generale interventi di rimozione della ruggine o di sostanze estranee eventualmente presenti sulla superficie dell'elemento strutturale, da effettuarsi manualmente o con mezzi meccanici.
- Pulizia delle superfici metalliche
- Applicazione di prodotti passivanti e/o specifici per la rimozione della ruggine negli elementi metallici
- Sostituzione dell'elemento metallico danneggiato o deteriorato
- Messa in opera di elementi per il rinforzo locale delle sezioni indebolite
- Posa in opera d'interventi strutturali

### 8.4.3 Tubi in PVC

- Pulizia dei tubi in PVC in caso di ostruzione
- Riparazione di elementi o raccordi di tubi in PVC;
- Sostituzione di elementi o raccordi di tubi in PVC

### 8.4.4 Canalette

- Rimozione dei detriti
- Intervento di ripristino delle pendenze
- Ripristino o rifacimento della canaletta

#### **8.4.5 Bulloni tipo swellex e chiodature di sostegno**

- Rafforzamento zona di roccia sostenuta con aggiunta di nuovi bulloni di tipo Swellex o chiodature;
- Spazzolature, sabbiature ed in generale opere ed interventi di rimozione della ruggine, o di sostanze estranee eventualmente presenti sulla superficie della piastra di ripartizione dell'elemento di sostegno, da effettuarsi manualmente o con mezzi meccanici
- Messa un contrasto della piastra di ripartizione dell'elemento di sostegno.

#### **8.4.6 Tubazioni in acciaio**

- Applicare prodotti antiruggine e/o passivanti, vernici, prodotti specifici per la rimozione della ruggine nelle tubazioni in acciaio
- Pulizia delle condotte in caso di ostruzione
- Sostituzione di elementi della condotta
- Ripristino dell'elemento danneggiato

#### **8.4.7 Pozzetti in calcestruzzo**

- Pulizia delle superfici con getto d'aria e/o acqua in pressione
- Intervento di ripristino dei pozzetti in calcestruzzo in seguito a lesioni, rotture o fenomeni di decadimento che ne compromettono il normale funzionamento.
- Rimozione dei detriti

#### **8.4.8 Sovrastruttura stradale**

- Ripristini localizzati della sovrastruttura con bitumi stradali previa demolizione, asportazione e pulizia dell'area interessata.
- Sigillatura di fessure stradali con nebulizzazione d'emulsione bituminosa.
- Sigillatura di lesioni stradali con bitumi liquidi o conglomerati bituminosi
- Riciclaggio superficiale a freddo del materiale della pavimentazione con aggiunta di sostanze stabilizzanti (cementizie, emulsioni bituminose, bitume espanso..).
- Costruzione di strati supplementari (di materiale granulare e/o asfalto) sulla parte alta del manto preesistente.
- Idropulizia a pressione elevata.
- Rimozione dei depositi di materiale lungo presenti lungo la strada.
- Rimozione della vegetazione

## 8.5 Appendice E: Modello schede “Caratteristiche geometriche delle opere d’arte”



Nicchie											
Progressiva (km)		Sezione tipo applicata	Elementi di sostegno			Elementi idraulici		Piano carrabile	Presenza di Rami	Elementi manutenibili	Sezione tipo di monitoraggio
Iniziale	Finale		Bulloni tipo swellex	Centine metalliche	Spritz beton	Canaletta	Pozzetto di ispezione				

Galleria Naturale											
Progressiva (km)		Sezione tipo applicata	Elementi di sostegno			Elementi idraulici		Piano carrabile	Presenza di Rami	Elementi manutenibili	Sezione tipo di monitoraggio
Iniziale	Finale		Bulloni tipo swellex	Centine metalliche	Spritz beton	Canaletta	Pozzetto di ispezione				

### 8.6 Appendice F: Modello schede “Anomalie riscontrate”

<b>SCHEDA ANOMALIE RISCONTRATE</b>			
Opera	<i>Nicchia/Galleria Naturale</i>		
Operatore:		Data:	Rilievo n°:
Elemento manutenibile:		Progressiva km:	
Anomalia riscontrata:			
Descrizione			
Rappresentazione grafica			
Annotazioni			

**8.7 Appendice G: Modello schede “Giudizio”**

SCHEDA GIUDIZIO					
Opera	Nicchie/Galleria Naturale				
Operatore:		Data:		Rilievo n°:	
Progressiva (km)					
Elemento manutenibile	Punto di vista				
	Sicurezza strutturale	Sicurezza d'esercizio	Stato di conservazione	Estetica	Varie
Giudizi		Annotazioni			
0	Non sufficiente				
1	Sufficiente				
2	Buono				
3	Distinto				
4	Ottimo				

## 8.8 Appendice H: Modello schede “Anomalie-Interventi-Priorita’ d’attuazione”

<b>SCHEDA ANOMALIE RISCONTRATE - INTERVENTI - PRIORITA' D'ATTUAZIONE</b>			
Opera	<i>Nicchie/Galleria Naturale</i>		
Operatore:		Data:	Rilievo n°:
Elemento manutenibile:			Progressiva km
Anomalia riscontrata	Interventi		Priorità di attuazione
Elemento manutenibile:			Progressiva km
Anomalia riscontrata	Interventi		Priorità di attuazione
Elemento manutenibile:			Progressiva km
Anomalia riscontrata	Interventi		Priorità di attuazione
Elemento manutenibile:			Progressiva km
Anomalia riscontrata	Interventi		Priorità di attuazione
Elemento manutenibile:			Progressiva km
Anomalia riscontrata	Interventi		Priorità di attuazione
Priorità d'attuazione			
1	Dilazonato	Sicurezza non compromessa ma possibile innesco fenomeni di degrado su altri elementi	
2	Urgente	Sicurezza non compromessa e non comporta degrado di altri elementi	
3	Immediato	Sicurezza compromessa	

### 8.9 Appendice I: Modello schede “Dati storici”

<b>SCHEDA DATI STORICI</b>	
Opera	<i>Nicchie</i>
<b>A - Periodo di costruzione</b>	
Data inizio costruzione:	Data fine costruzione:
Contestazioni in corso d'opera	
Note	
<b>B - Materiali Impiegati</b>	
<b>B1 - Calcestruzzo</b>	
Rck	
Lavorabilità	
Dosaggio	
Tipo di cemento	
Tipo di aggregato	
Tipo di additivo	
Altre caratteristiche	
Trattamenti superficiali	
<b>B2 - Ferri d'armatura</b>	
Tipo	
Utilizzati	
Altre caratteristiche	
<b>B3 - Strutture in acciaio</b>	
Centine	
Bulloni di collegamento	
Saldature	
Barre metalliche	
Rete elettrosaldata	
<b>B4 - Elementi di sostegno</b>	
Bulloni tipo Swellex	
Chiodature	
<b>B5 - Altri materiali</b>	
impermeabilizzazione	
Resine	
Tubazioni in PVC	

SCHEDA DATI STORICI			
Opera	Nicchie		
<b>C - Altre informazioni</b>			
Posizione geografica			
Condizioni climatiche			
Carichi statici			
Carichi dinamici			
Ambiente circostante			
Data primo degrado			
<b>D - Ispezioni Eseguite</b>			
Data:		Rilievo n°	
Parti della struttura con anomalie variate rispetto all'ispezione precedente			
Data:		Rilievo n°	
Parti della struttura con anomalie variate rispetto all'ispezione precedente			
Data:		Rilievo n°	
Parti della struttura con anomalie variate rispetto all'ispezione precedente			
Data:		Rilievo n°	
Parti della struttura con anomalie variate rispetto all'ispezione precedente			
<b>E - Interventi di manutenzione</b>			
Data:		Operatore:	
Tipologia e ubicazione dell'intervento			
Data:		Operatore:	
Tipologia e ubicazione dell'intervento			
Data:		Operatore:	
Tipologia e ubicazione dell'intervento			
Data:		Operatore:	
Tipologia e ubicazione dell'intervento			

## 8.10 Appendice L: Sottoprogramma dei controlli



Sottoprogramma dei controlli	
Opera	<i>Galleria naturale e Nicchie</i>
Ispezione visiva <b>giornaliera</b> da attuarsi lungo lo sviluppo del tracciato	
<i>Principali grandezze da rilevare</i>	
Lesioni evidenti nei rivestimenti	
Zone dell'ammasso roccioso instabili	
Elementi strutturali metallici danneggiati	
Bulloni di tipo Swellex danneggiati	
Presenza di venute d'acqua considerevoli	
Lesioni evidenti negli elementi costitutivi il sistema di smaltimento delle acque	
Presenza di oggetti/materiale che ostruiscono il sistema di smaltimento delle acque	
Lesioni evidenti nel piano stradale	
Presenza di oggetti/materiale che impediscono la regolare viabilità all'interno del cunicolo esplorativo	

Sottoprogramma dei controlli						
Opera	Galleria naturale e nicchie					
Elemento manutenibile	Ispezione visiva		Sistema di monitoraggio	Ispezione strumentale		
	Grandezza da rilevare	Frequenza		Grandezza da rilevare	Strumento	Frequenza
Strutture in calcestruzzo	Controllare la presenza di lesioni, distacchi, erosioni superficiali, disgregazioni, rigonfiamenti, micro fessure da ritiro, fenomeni di spalling e di alveolizzazione.	3 mesi	Il sistema di monitoraggio prevede il controllo dello stato tenso-deformativo dei rivestimenti. In fase definitiva è prevista una frequenza di letture di 1/mese da tararsi eventualmente in funzione delle evidenze rilevate. Per dettagli si rimanda agli elaborati specifici.	Presenza di vespai e lesioni	Prove ad ultrasuoni	secondo necessità
	Controllare eventuali deformazioni e/o spostamenti dell'elemento strutturale che ne alterano la normale configurazione.	3 mesi		Potenziale di corrosione	Millivoltmetro	"
	Controllare la presenza di macchie di umidità, patine biologiche, superfici dilavate, percolazioni, efflorescenze ed esfoliazioni.	3 mesi		Zone di calcestruzzo degradato Proprietà del calcestruzzo dopo fenomeni di idratazione Tensione di rottura	Sclerometro	"
	Controllare la presenza di ferri di armatura esposti.	3 mesi		Presenza di vuoti o distacchi	Termografia	"
	Controllare la presenza di schiacciamenti, fuori piombo e dissesti strutturali, in seguito ad eventi straordinari.	secondo necessità		Resistenza a compressione	Windsor probe test	"
				Spessore copriferro Presenza di discontinuità Disposizione armature	Indagini georadar	"
Strutture in acciaio	Controllare la presenza di lesioni e distacco di materiale dagli elementi strutturali.	3 mesi		Difetti superficiali	Magnetoscopio Metodo LPI	secondo necessità
	Controllare la presenza di eventuali deformazioni, spostamenti, instabilità globale o locale dell'elemento strutturale che ne alterano la normale configurazione.	3 mesi		Spessore strati degli elementi metallici, zincatura, verniciatura.	Spessimetro a ultrasuoni	"
	Controllare la presenza di fenomeni di corrosione o ossidazione.	3 mesi		Caratteristiche meccaniche	Prova penetrometrica	"
Bulloni di tipo Swellex e chiodature di sostegno	Controllare la presenza di deformazioni e/o rotture nella zona d'ammasso roccioso in prossimità dell'elemento di sostegno.	3 mesi		Difetti superficiali nella piastra di ripartizione	Magnetoscopio Metodo LPI	secondo necessità
	Controllare la presenza di deformazioni e spostamenti nella piastra di ripartizione.	3 mesi				
	Controllare la presenza di fenomeni corrosivi o di ossidazione nella piastra di ripartizione.	1 anno				
Tubazioni in PVC o in acciaio	Controllare la presenza di rotture e interruzioni dovuti a cause esterne che ne alterano la normale configurazione.	3 mesi		Ispezione avente finalità di: Controllare la presenza di ostruzioni Controllare la presenza di difetti nei raccordi dei tubi. Controllare la presenza di patina biologica. Controllare la presenza di lesioni, interruzioni o cedimenti.		1 anno
	Controllare la presenza di ostruzioni che ne alterano il funzionamento.	3 mesi				
	Controllare la presenza di difetti nei raccordi dei tubi	3 mesi				
	Controllare la presenza di patina biologica.	3 mesi				

Sottoprogramma dei controlli						
Opera	Galleria naturale e nicchie					
Elemento manutenibile	Ispezione visiva		Sistema di monitoraggio	Ispezione strumentale		
	Grandezza da rilevare	Frequenza		Grandezza da rilevare	Strumento	Frequenza
Piano stradale	Controllare lo stato superficiale della sovrastruttura stradale lungo tutto lo sviluppo valutando la presenza di buche, disgregazioni, distacchi, fessurazioni, lesioni, rigonfiamenti e depressioni localizzate, ormaie, corrugamenti ed essudazioni di bitume	6 mesi		Prove di carico su piastra		Secondo necessità
	Controllare eventuali deformazioni e/o spostamenti dell'elemento strutturale che ne alterano la normale configurazione.	3 mesi				
	Controllare la presenza di macchie di umidità, patine biologiche, superfici dilavate, percolazioni, efflorescenze ed esfoliazioni.	6 mesi				
	Controllare la presenza di ferri di armatura esposti.	6 mesi				
Elementi di raccolta acque	Controllare la presenza di detriti che ostruiscono gli elementi di raccolta acque o eventuali difetti di pendenza	3 mesi				
	Controllare la presenza di accumuli d'acqua.	3 mesi				
	Controllare la presenza di lesioni, distacchi, erosioni superficiali, disgregazioni, e rigonfiamenti.	3 mesi				
	Controllare eventuali deformazioni e/o spostamenti dell'elemento strutturale dovuti a cause esterne che ne alterano la normale configurazione.	6 mesi				
	Controllare la presenza di patine biologiche o vegetazione.	3 mesi				
				-		-

## 8.11 Appendice M: Sottoprogramma degli interventi

Sottoprogramma degli interventi				
Opera	Galleria naturale e nicchie			
Elemento manutenibile	Interventi periodici		Interventi "a guasto"	
	Interventi	Frequenza	Anomalia riscontrabile	Interventi
Strutture in calcestruzzo	Pulizia delle superfici con getto d'aria e/o acqua in pressione	5 anni	Disgregazione Distacco di materiale	1. Demolizione delle parti di calcestruzzo deteriorate 2. Rimozione dei detriti superficiali 3. Ripristino delle superfici di calcestruzzo
			Macchie di umidità Percolazione attraverso fessure e/o giunti Efflorescenze	1. Demolizione delle parti di calcestruzzo deteriorate 2. Pulizia delle superfici con getto d'aria 3. Posa in opera di Impermeabilizzazione 4. Trattamento con prodotti idrorepellenti 5. Ripristino delle superfici di calcestruzzo
			Esposizione dei ferri di armatura	1 Rimozione dei detriti superficiali 2. Sabbatura dei ferri armatura e trattamento con vernici contenenti inibitori di corrosione 3. Ricostituzione del copriferro con malte a ritiro compensato fortemente adesive e ad alta resistenza
	Rimozione dei detriti superficiali	1 anno	Deformazioni e spostamenti Schiacciamento Instabilità strutturale	Iniezioni di consolidamento del calcestruzzo Posa in opera di interventi strutturali
			Lesioni	1. Rimozione dei detriti superficiali 2. Pulizia delle superfici con getto d'aria 3. Ripristino delle superfici di calcestruzzo con malte a ritiro compensato fortemente adesive e ad alta resistenza
			Presenza di detriti superficiali	Rimozione dei detriti superficiali
			Patina biologica	Pulizia delle superfici con getto d'aria
Strutture in acciaio	Applicazione di prodotti passivanti e/o specifici per la rimozione della ruggine negli elementi metallici soggetti a condizioni ambientali particolarmente aggressive.	5 anni	Corrosione Ossidazione	1. Sabbatura superficie metallica 2. Applicazione di prodotti passivanti e/o specifici per la rimozione della ruggine negli elementi metallici
			Lesioni	Sostituzione dell'elemento metallico danneggiato o deteriorato
			Imbozzamento locale	1. Rinforzo locale delle sezioni indebolite degli elementi metallici. 2. Posa in opera di interventi strutturali
	Pulizia di superfici metalliche	1 anno	Distacco di materiale	1. Pulizia di superfici metalliche 2. Applicazione di prodotti passivanti e/o specifici per la rimozione della ruggine negli elementi metallici
			Deformazioni Spostamenti	1. Rinforzo locale delle sezioni indebolite degli elementi metallici. 2. Posa in opera di interventi strutturali
			Instabilità strutturale globale	Posa in opera di interventi strutturali

Sottoprogramma degli interventi				
Opera	Galleria naturale e nicchie			
Elemento manutenibile	Interventi periodici		Interventi "a guasto"	
	Interventi	Frequenza	Anomalia riscontrabile	Interventi
Bulloni di tipo Swellex e chiodature di sostegno	Applicazione di prodotti antiruggine e/o anticorrosivi alle piastre di ripartizione soggette a condizioni ambientali particolarmente aggressive.	5 anni	Presenza di instabilità nella zona sostenuta Perdita di efficacia	Rafforzamento zona sostenuta con aggiunta di nuovi bulloni o chiodature;
			Piastra di ripartizione non allineata	Messa in contrasto della piastra di ripartizione
			Degrado della piastra di ripartizione	Spazzolature, sabbature ed in generale opere ed interventi di rimozione della ruggine, o di sostanze estranee eventualmente presenti sulla superficie della piastra di ripartizione, da effettuarsi manualmente o con mezzi meccanici.
Tubazioni in PVC o acciaio	Pulizia delle condotte.	2 anni	Lesioni Deformazioni	Ripristino dell'elemento danneggiato
			Difetti ai raccordi o alle connessioni Difetti di pendenza	Sostituzione di elementi della condotta
			Patina biologica Occlusione	Pulizia delle condotte
			Corrosione Ossidazione	Applicare prodotti antiruggine e/o passivanti, vernici, prodotti specifici per la rimozione della ruggine.
Piano stradale	Pulizia delle superfici con getto d'aria / acqua in pressione	2 anni	Alveolizzazione Distacco di materiale Esfoliazioni Esposizione dei ferri di armatura	1. Rimozione dei detriti superficiali 2. Ripristino delle superfici del calcestruzzo mediante applicazione di malta premiscelata a ritiro compensato Eventuale applicazione di rete elettrosaldata
			Corrosione armature	1. Spazzolatura delle armature metalliche 2. Sabbatura dei ferri di armatura e trattamento con vernici contenenti inibitori di corrosione 3. Ripristino delle superfici del calcestruzzo mediante applicazione di malta premiscelata a ritiro compensato
			Percolazione attraverso fessure e/o giunti	1. Pulizia delle superfici con getto d'aria 2. Sigillatura con malta cementizia fluida 3. Trattamento con prodotti idrorepellenti delle superfici
			Lesioni Microfessurazioni da ritiro	1. Pulizia delle superfici con getto d'aria 2. Sigillatura con malta cementizia fluida
			Superfici dilavate Rigonfiamenti Subefflorescenze	1. Demolizione delle parti di calcestruzzo deteriorate 2. Pulizia delle superfici con getto d'aria 3. Ripristino delle superfici del calcestruzzo mediante applicazione di malta premiscelata a ritiro compensato
			Macchie d'umidità	1. Pulizia delle superfici con getto d'aria 2. Trattamento con prodotti idrorepellenti
			Patina biologica Efflorescenze	1. Pulizia delle superfici con getto d'acqua a pressione 2. Pulizia delle superfici con getto d'aria
			Elementi idraulici di raccolta acque	Pulizia elementi di raccolta acque
Presenza vegetazione	Rimozione della vegetazione			
Ostruzione	Rimozione detriti e pulizia degli elementi			