

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



### INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA      Tratta MILANO – VERONA  
Lotto funzionale Brescia-Verona

### PROGETTO ESECUTIVO

### GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06)

DA PK 114+565 A PK 115+990

### Relazione di monitoraggio

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio <b>Cepav due</b> Consorzio Cepav due Il Direttore del Consorzio (Ing. T. Taranta) Data: _____	Valido per costruzione Data: _____

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA/DISCIPLINA	PROGR	REV
I N O R	1 1	E	E 2	R O	G A 0 6 0 0	0 0 3	A

PROGETTAZIONE						IL PROGETTISTA	
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Data	
A	Emissione	LUCIA	22/11/18	MEGLINI	22/11/18	22/11/18	 Data: 22/11/18
B							
C							

CIG. 751447334A

File: INOR11EE2ROGA0600003A.doc



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP: F81H91000000008

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
11Codifica Documento  
E E2 RO GA 060 0 003Rev.  
AFoglio  
2 di 34**INDICE**

1	INTRODUZIONE .....	4
1.1	OGGETTO E SCOPO .....	4
1.2	BREVE DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....	4
2	ELABORATI DI RIFERIMENTO .....	5
3	NORMATIVE E SPECIFICHE DI RIFERIMENTO .....	10
3.1	NORMATIVE.....	10
3.2	SPECIFICHE TECNICHE DI RIFERIMENTO.....	10
4	GENERALITA' SUL SISTEMA DI MONITORAGGIO .....	11
5	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	12
5.1	OPERE PROVVISORIALI.....	12
5.2	OPERE DEFINITIVE .....	14
6	MONITORAGGIO DELLE PARATIE.....	18
6.1	MISURE TOPOGRAFICHE .....	19
6.1.1	<i>Rapporto d'inflessione (<math>\Delta L</math>) e distorsione angolare <math>\beta</math> tra due pilastri.....</i>	<i>19</i>
6.1.2	<i>Rilievo cedimenti S - procedura.....</i>	<i>21</i>
6.1.3	<i>Definizione della deformata dell'edificio e calcolo dei valori d'inflessione <math>\Delta</math>.....</i>	<i>21</i>
6.1.4	<i>Calcolo dei valori di rapporto di inflessione <math>\Delta L</math>.....</i>	<i>21</i>
6.1.5	<i>Calcolo della distorsione angolare <math>\beta</math>.....</i>	<i>22</i>
6.2	MISURE PIEZOMETRICHE .....	23
6.3	FREQUENZA DELLE MISURE.....	23
7	CARATTERISTICHE STRUMENTAZIONE .....	24
7.1	MIRE OTTICHE.....	24
7.2	CAPOSALDI TOPOGRAFICI .....	24
7.3	CELLE DI CARICO TOROIDALI.....	25
7.4	PIEZOMETRO A TUBO APERTO .....	25
8	VALORI DI ATTENZIONE E DI ALLARME DERIVANTI DALLE ANALISI NUMERICHE .....	27
8.1	OPERE PROVVISORIALI ED EDIFICI .....	27

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 RO GA 060 0 003

Rev.  
A

Foglio  
3 di 34

8.2	GALLERIE METODO MILANO.....	31
9	SUPERAMENTO DEI VALORI DI SOGLIA.....	32
10	RACCOLTA, TRASMISSIONE, ELABORAZIONE DEI DATI E GESTIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO.....	32
10.1	ELABORAZIONE DEI DATI.....	32
10.2	GESTIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO.....	33
10.2.1	<i>Unità operativa</i> .....	33
10.2.2	<i>Unità di supporto tecnico alla Direzione Lavori</i> .....	33
11	CONCLUSIONI .....	34

## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 Oggetto e scopo

Nella presente relazione si descrive la strumentazione di monitoraggio che si rende necessaria per la realizzazione della galleria artificiale Lonato Ovest (GA06) sia per quanto riguarda il controllo del corretto funzionamento delle opere di contenimento delle terre sia per garantire la funzionalità degli edifici posti vicino agli scavi prevista nel progetto della linea A.V. – A.C. Torino – Venezia lungo la tratta Milano – Verona.

### 1.2 Breve descrizione del progetto

Nell'ambito del tracciato della linea ferroviaria Alta Velocità/ Alta Capacità Milano-Verona, la galleria Lonato, comprende la galleria naturale a doppia canna più lunga della tratta, con una lunghezza complessiva di circa 4.8 km. L'opera complessiva, compresa tra le progressive 114+535 e 122+250 riferite all'asse del binario pari, è suddivisa in principalmente in sette parti d'opera distinte (WBS):

- TRINCEA DI APPROCCIO LONATO OVEST (TR04), corrispondente a una trincea di muri ad U, della lunghezza di 30 m, di approccio alla galleria artificiale ovest;
- IMBOCCO LONATO OVEST (GI03), corrispondente ad una paratia di pali tirantata e un consolidamento a tergo delle paratie di uscita della fresa;
- GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06), corrispondente ad una galleria artificiale di lunghezza complessiva pari a 1425 m, con un primo tratto monocanna, a doppio binario, con sezione scatolare, ed un secondo tratto a canne separate con sezione scatolare;
- GALLERIA NATURALE LONATO (GN02), corrispondente ad una galleria naturale a doppia canna a singolo binario, scavata in meccanizzato con lunghezze di 4782 m e 4748 m, tra le progressive 115+990 e 120+772;
- IMBOCCO LONATO EST (GI05), corrispondente ad una paratia di pali tirantata, un consolidamento a tergo delle paratie di uscita della fresa e delle opere di scavo del versante a tergo della paratia;
- GALLERIA ARTIFICIALE LONATO EST (GA07), corrispondente ad una galleria artificiale di lunghezza complessiva pari a 1356 m, con un primo tratto monocanna, a doppio binario, con sezione scatolare, ed un secondo tratto a canne separate con sezione scatolare;
- TRINCEA DI APPROCCIO LONATO EST (TR05), corrispondente a una trincea di muri ad U e una trincea a cielo aperto, della lunghezza di 121 m, di approccio alla galleria artificiale est;

Per quanto concerne l'opera principale costituita dalla galleria naturale, il cui scavo è previsto con l'impiego di una TBM del tipo EPB.

La Galleria Lonato è ubicata poco a sud dell'omonimo abitato di Lonato in adiacenza ad una zona industriale; il tracciato ferroviario interferisce dopo circa 350 m dal primo inizio (nel verso delle progressive crescenti) con l'Autostrada A4 Milano – Venezia, al di sotto della quale dovranno passare le due canne della galleria Lonato con una copertura, rispetto all'autostrada, di circa 10 m.

Il rivestimento della galleria sarà realizzato in conci prefabbricati, che fungono anche da rivestimento definitivo, posti in opera dalla macchina immediatamente dopo ogni fase di avanzamento, ad una ridotta distanza dal fronte.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
11Codifica Documento  
E E2 RO GA 060 0 003Rev.  
AFoglio  
5 di 34

## 2 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Nel seguito si riporta l'elenco elaborati della WBS GA06, di cui la presente relazione di monitoraggio costituisce parte integrante.

Codifica documento	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06)
INOR11EE2F6GA0600001	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Profilo geologico e geotecnico
INOR11EE2ROGA0600001	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Relazione di confronto PD/PE
INOR11EE2ROGA0600002	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Relazione Generale
INOR11EE2CLGA0601001	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Relazione di calcolo opere provvisionali
INOR11EE2CLGA0601002	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Relazione di calcolo opere provvisionali - allegati numerici
INOR11EE2CLGA0600001	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Relazione di calcolo galleria
INOR11EE2CLGA0600002	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Relazione di calcolo galleria - allegati numerici
INOR11EE2ROGA0600003	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Relazione di monitoraggio
INOR11EE2CLGA0600003	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Dimensionamento pali gallerie artificiali realizzate con il metodo top-down
INOR11EE2P7GA0600001	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Planimetria (TAV. 1/2)
INOR11EE2P7GA0600002	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Planimetria (TAV. 2/2)
INOR11EE2F7GA0600001	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Profilo longitudinale BP (TAV. 1/2)
INOR11EE2F7GA0600002	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Profilo longitudinale BP (TAV. 2/2)
INOR11EE2F7GA0600003	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Profilo longitudinale BD (TAV. 1/2)
INOR11EE2F7GA0600004	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Profilo longitudinale BD (TAV. 2/2)
INOR11EE2P9GA0605001	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Pianta P.F. vista dall'alto e sez. long.(TAV. 1/9)
INOR11EE2P9GA0605002	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Pianta P.F. vista dall'alto e sez. long.(TAV. 2/9)
INOR11EE2P9GA0605003	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Pianta P.F. vista dall'alto e sez. long.(TAV. 3/9)
INOR11EE2P9GA0605004	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Pianta P.F. vista dall'alto e sez. long.(TAV. 4/9)
INOR11EE2P9GA0605005	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Pianta P.F. vista dall'alto e sez. long.(TAV. 5/9)
INOR11EE2P9GA0605006	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Pianta P.F. vista dall'alto e sez. long.(TAV. 6/9)
INOR11EE2P9GA0605007	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Pianta P.F. vista dall'alto e sez. long.(TAV. 7/9)
INOR11EE2P9GA0605008	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Pianta P.F. vista dall'alto e sez. long.(TAV. 8/9)
INOR11EE2P9GA0605009	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Pianta P.F. vista dall'alto e sez. long.(TAV. 9/9)
INOR11EE2P8GA0601001	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Scavi - Planimetria parte Ovest - Fasi 1 e 2 (Tav. 1/3)
INOR11EE2P8GA0601002	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Scavi - Planimetria parte Ovest - Fasi 3 e 4 (Tav. 2/3)
INOR11EE2P8GA0601003	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Scavi - Planimetria parte Ovest - Fasi 5 e 6 (Tav. 3/3)
INOR11EE2P8GA0601004	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Scavi - Planimetria parte Centrale (Feralpi) - Fasi 1 e 2 (Tav. 1/3)
INOR11EE2P8GA0601005	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Scavi - Planimetria parte Centrale (Feralpi) - Fasi 3 e 4 (Tav. 2/3)
INOR11EE2P8GA0601006	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Scavi - Planimetria parte Centrale (Feralpi) - Fasi 5 e 6 (Tav. 3/3)
INOR11EE2P8GA0601007	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Scavi - Planimetria parte Est - Fasi 1 e 2 (Tav. 1/3)

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
11Codifica Documento  
E E2 RO GA 060 0 003Rev.  
AFoglio  
6 di 34

Codifica documento	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06)
INOR11EE2P8GA0601008	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Scavi - Planimetria parte Est - Fasi 3 e 4 (Tav. 2/3)
INOR11EE2P8GA0601009	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Scavi - Planimetria parte Est - Fasi 5 e 6 (Tav. 3/3)
INOR11EE2P8GA0601012	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Scavi - Planimetria parte Centrale (Feralpi) - Fasi realizzative piazzale (Tav. 1/2)
INOR11EE2P8GA0601013	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Scavi - Planimetria parte Centrale (Feralpi) - Fasi realizzative piazzale (Tav. 2/2)
INOR11EE2W9GA0601001	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Scavi di prima fase per realizzazione solettone - Sezioni (Tav. 1/3)
INOR11EE2W9GA0601002	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Scavi di prima fase per realizzazione solettone - Sezioni (Tav. 2/3)
INOR11EE2W9GA0601003	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Scavi di prima fase per realizzazione solettone - Sezioni (Tav. 3/3)
INOR11EE2W9GA0601004	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Scavi di seconda fase per avanzamento a foro cieco - Sezioni (Tav. 1/3)
INOR11EE2W9GA0601005	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Scavi di seconda fase per avanzamento a foro cieco - Sezioni (Tav. 2/3)
INOR11EE2W9GA0601006	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Scavi di seconda fase per avanzamento a foro cieco - Sezioni (Tav. 3/3)
INOR11EE2P9GA0601001	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sviluppata paratie provvisionali A e B
INOR11EE2P9GA0601002	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sviluppata paratia provvisoriale C
INOR11EE2P9GA0601003	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sviluppata paratia provvisoriale D pk 115+639,81
INOR11EE2PZGA0601001	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sviluppata paratia provvisoriale E pk 115+223
INOR11EE2BZGA0601001	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sviluppata paratia provvisoriale F e armatura pali pk 114+566
INOR11EE2PZGA0601002	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sviluppata paratia e particolari costruttivi zona cvf IV30
INOR11EE2BZGA0601002	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sviluppata paratia e particolari costruttivi zona Wierer
INOR11EE2BZGA0601003	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sviluppata paratia e particolari costruttivi zona Feralpi Tav (1/2)
INOR11EE2BZGA0601010	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sviluppata paratia e particolari costruttivi zona Feralpi Tav (2/2)
INOR11EE2BZGA0601004	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sviluppata paratia e particolari costruttivi zona piazzola di sosta
INOR11EE2P9GA0600001	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sviluppata pali sezioni top-down (Tav. 1/7)
INOR11EE2P9GA0600002	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sviluppata pali sezioni top-down (Tav. 2/7)
INOR11EE2P9GA0600003	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sviluppata pali sezioni top-down (Tav. 3/7)
INOR11EE2P9GA0600004	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sviluppata pali sezioni top-down (Tav. 4/7)
INOR11EE2P9GA0600005	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sviluppata pali sezioni top-down (Tav. 5/7)
INOR11EE2P9GA0600006	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sviluppata pali sezioni top-down (Tav. 6/7)
INOR11EE2P9GA0600007	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sviluppata pali sezioni top-down (Tav. 7/7)
INOR11EE2BZGA0601005	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Armatura pali paratia A e B
INOR11EE2BZGA0601006	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Armatura pali paratia C
INOR11EE2BZGA0601007	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Armatura pali paratia D pk 115+639,81

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
11Codifica Documento  
E E2 RO GA 060 0 003Rev.  
AFoglio  
7 di 34

Codifica documento	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06)
INOR11EE2BZGA0601008	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Armatura pali paratia E pk 115+223
INOR11EE2P8GA0601010	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Planimetria e sezioni monitoraggio paratie e scavi Tav 1/3
INOR11EE2P8GA0601011	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Planimetria e sezioni monitoraggio paratie e scavi Tav 2/3
INOR11EE2PZGA0601003	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Planimetria e sezioni monitoraggio paratie e scavi Tav 3/3
INOR11EE2BZGA0601009	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Particolari costruttivi opere provvisionali
INOR11EE2P8GA0600001	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sistemazione finale - planimetria (Tav. 1/3)
INOR11EE2P8GA0600002	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sistemazione finale - planimetria (Tav. 2/3)
INOR11EE2P8GA0600003	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sistemazione finale - planimetria (Tav. 3/3)
INOR11EE2W9GA0600001	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sistemazione finale - sezioni (Tav. 1/4)
INOR11EE2W9GA0600002	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sistemazione finale - sezioni (Tav. 2/4)
INOR11EE2W9GA0600003	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sistemazione finale - sezioni (Tav. 3/4)
INOR11EE2W9GA0600004	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sistemazione finale - sezioni (Tav. 4/4)
INOR11EE2BZGA0600001	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo S1 - Carpenteria
INOR11EE2BZGA0600024	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M4 - Carpenteria
INOR11EE2BZGA0600002	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M1 conci 3, 4, 6, 7, 8 - Carpenteria
INOR11EE2BZGA0600034	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M1 conci 9, 10, 11, 13, 14 - Carpenteria
INOR11EE2BZGA0600022	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M3bis conci 28, 29, 31 - Carpenteria
INOR11EE2BZGA0600042	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M3 conci dal 32 al 39 - Carpenteria
INOR11EE2BZGA0600003	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M2bis conci dal 15 al 23 - Carpenteria
INOR11EE2BZGA0600004	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Scatolare di transizione binario dispari - Carpenteria 1/2
INOR11EE2BZGA0600005	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Scatolare di transizione binario dispari - Carpenteria 2/2
INOR11EE2BZGA0600018	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Scatolare di transizione binario pari - Carpenteria 1/2
INOR11EE2BZGA0600019	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Scatolare di transizione binario pari - Carpenteria 2/2
INOR11EE2BZGA0600006	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - By pass 2 - carpenteria
INOR11EE2BZGA0600007	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo S1 - Carpenteria Nicchie
INOR11EE2BZGA0600043	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M4 - Carpenteria Nicchie NLF+NRDG+FG
INOR11EE2BZGA0600044	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M4 - Carpenteria Nicchie TT
INOR11EE2BZGA0600023	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M1 - Carpenteria Nicchie concio 2
INOR11EE2BZGA0600045	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M1 - Carpenteria Nicchie concio 5
INOR11EE2BZGA0600046	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M1 - Carpenteria Nicchie concio 12
INOR11EE2BZGA0600025	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M1 - Concio n°1 cvf IV42 - Carpenteria
INOR11EE2BZGA0600047	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M2bis - Concio n°24 - Carpenteria

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
11Codifica Documento  
E E2 RO GA 060 0 003Rev.  
AFoglio  
8 di 34

Codifica documento	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06)
INOR11EE2BZGA0600026	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M3bis - Concio n°25 - Carpenteria
INOR11EE2BZGA0600027	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M3bis - Concio n°26 - Carpenteria
INOR11EE2BZGA0600028	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M3bis - Concio n°27 - Carpenteria
INOR11EE2BZGA0600029	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M3bis - Concio n°30 - Carpenteria
INOR11EE2BZGA0600030	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Bypass 1 - Concio n°40 - Carpenteria (Tav. 1/2)
INOR11EE2BZGA0600048	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Bypass 1 - Concio n°40 - Carpenteria (Tav. 2/2)
INOR11EE2BZGA0600031	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M4 - Conci n°42.d e 42.p - Carpenteria
INOR11EE2BZGA0600049	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Particolari costruttivi - Carpenterie
INOR11EE2BZGA0600008	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo S1 - Armatura
INOR11EE2BZGA0600032	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M4 - Armatura
INOR11EE2BZGA0600009	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M1 conci 3, 4, 6, 7, 8 - Armatura
INOR11EE2BZGA0600050	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M1 conci 9, 10, 11, 13, 14 - Armatura
INOR11EE2BZGA0600010	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M2bis conci dal 15 al 21 - Armatura
INOR11EE2BZGA0600059	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M2bis conci 22 e 23 - Armatura
INOR11EE2BZGA0600011	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M3bis conci 28, 29, 31 - Armatura
INOR11EE2BZGA0600051	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M3 conci dal 32 al 39 - Armatura
INOR11EE2BZGA0600012	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Scatolare di transizione binario dispari - Armatura 1/2
INOR11EE2BZGA0600013	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Scatolare di transizione binario dispari - Armatura 2/2
INOR11EE2BZGA0600020	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Scatolare di transizione binario pari - Armatura 1/2
INOR11EE2BZGA0600021	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Scatolare di transizione binario pari - Armatura 2/2
INOR11EE2BZGA0600014	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - By pass 2 - armatura
INOR11EE2BZGA0600052	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo S1 - By pass 2 - armatura di rinforzo
INOR11EE2BZGA0600015	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo S1 - Nicchie NLF+NRDG+FG - armatura
INOR11EE2BZGA0600016	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo S1 - Nicchie TT - armatura
INOR11EE2BZGA0600033	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M1 - Nicchie concio 2 - armatura
INOR11EE2BZGA0600053	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M1 - Nicchie concio 5 - armatura
INOR11EE2BZGA0600054	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M1 - Nicchie concio 12 - armatura
INOR11EE2BZGA0600055	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M4 - Nicchie NLF+NRDG+FG - armatura
INOR11EE2BZGA0600056	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M4 - Nicchie TT - armatura
INOR11EE2BZGA0600035	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M1 - Concio n°1 cvf IV42 - Armatura
INOR11EE2BZGA0600057	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M2bis - Concio n°24 - Armatura
INOR11EE2BZGA0600036	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M3bis - Concio n°25 - Armatura



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
11Codifica Documento  
E E2 RO GA 060 0 003Rev.  
AFoglio  
9 di 34

Codifica documento	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06)
INOR11EE2BZGA0600037	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M3bis - Concio n°26 - Armatura
INOR11EE2BZGA0600038	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M3bis - Concio n°27 - Armatura
INOR11EE2BZGA0600039	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M3bis - Concio n°30 - Armatura
INOR11EE2BZGA0600040	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Bypass 1 - Concio n°40 - Armatura Tav (1/2)
INOR11EE2BZGA0600058	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Bypass 1 - Concio n°40 - Armatura Tav (2/2)
INOR11EE2BZGA0600041	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sezione tipo M4 - Conci n°42.d e 42.p - Armatura
INOR11EE2BZGA0609001	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Impermeabilizzazione e opere di drenaggio. Particolari costruttivi transizione Galleria Artificiale
INOR11EE2BZGA0609002	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Impermeabilizzazione e opere di drenaggio. Particolari costruttivi sezione S1 e M4
INOR11EE2BZGA0609003	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Impermeabilizzazione e opere di drenaggio. Particolari costruttivi sezione M1, M2bis e M3bis-M3
INOR11EE2P8GA0606001	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sistema di smaltimento delle acque meteoriche esterne. Fase provvisoria. Planimetria (Tav. 1/2)
INOR11EE2P8GA0606002	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sistema di smaltimento delle acque meteoriche esterne. Fase provvisoria. Planimetria (Tav. 2/2)
INOR11EE2P8GA0606003	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sistema di smaltimento delle acque meteoriche esterne. Fase definitiva. Planimetria (Tav. 1/2)
INOR11EE2P8GA0606004	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Sistema di smaltimento delle acque meteoriche esterne. Fase definitiva. Planimetria (Tav. 2/2)
INOR11EE2PZGA0609001	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Cabina elettrica - Piante e sezioni
INOR11EE2PBGA0609001	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Cabina elettrica - Prospetti
INOR11EE2BZGA0609005	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Cabina elettrica - Armatura elevazioni
INOR11EE2BZGA0609004	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Cabina elettrica - Armatura travi e solaio
INOR11EE2PBGA0609002	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Torrini di ventilazione - Piante e sezioni
INOR11EE2BZGA0609006	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Torrini di ventilazione - Armatura elevazioni
INOR11EE2BZGA0609007	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Torrini di ventilazione - Armatura travi e solaio
INOR11EE24TGA0600001	GALLERIA ARTIFICIALE LONATO OVEST (GA06) - DA PK 114+565 A PK 115+990 - Tabella materiali

Codifica documento	GALLERIA NATURALE LONATO (GN02)
INOR11EE2RBGN0200001	GALLERIA LONATO (GA06 - GI03 - GN02 - GI05 - GA07 - TR05) - Da Pk 114+565.00 a Pk 122+197.10 - Relazione geotecnica

### 3 NORMATIVE E SPECIFICHE DI RIFERIMENTO

#### 3.1 Normative

Il quadro normativo alla base della presente revisione progettuale viene nel seguito riportato:

- **D. M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 (NTC 2008)** "Nuove Norme tecniche per le costruzioni"
- **CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617** "Istruzione per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008"
- **Legge 05.11.1971 n. 1086** "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"
- **UNI EN 1992-1-1 novembre 2005 (EC2)** "Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1: Regole generali e regole per edifici"
- **UNI EN 1998-5 gennaio 2005 (EC8)** "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica– Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici"
- **Regolamento U.E. nr. 1299/2014 della commissione del 18 novembre 2014** relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea. Pubblicato su Gazzetta Ufficiale anno 156° n°10 del 5 febbraio 2015.
- **Regolamento U.E. nr. 1303/2014 della commissione del 18 novembre 2014** relativo alla specifica tecnica di interoperabilità concernente la «sicurezza nelle gallerie ferroviarie» del sistema ferroviario dell'Unione europea (*norma STI*)

#### 3.2 Specifiche Tecniche di Riferimento

La presente revisione progettuale, fa riferimento al nuovo Manuale di Progettazione RFI.

- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 4 – Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 A). Emissione 30/12/2016;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 3 – Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 A). Emissione 30/12/2016;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 6 – Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 A). Emissione 30/12/2016;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 2 – Ponti e strutture (RFI DTC SI PS MA IFS 001 A). Emissione 30/12/2016;
- Specifica funzionale per il sistema di protezione e controllo accessi delle Gallerie Ferroviarie (RFI DPO PA LG A). Emissione 5/5/2008

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 RO GA 060 0 003

Rev.  
A

Foglio  
11 di 34

#### 4 GENERALITA' SUL SISTEMA DI MONITORAGGIO

Nel presente documento si espongono i criteri progettuali per l'allestimento e la messa in esercizio del sistema di monitoraggio strutturale della galleria artificiale "Lonato Ovest".

I terreni di fondazione sono caratterizzati da buone caratteristiche meccaniche, e le principali problematiche sono connesse con la realizzazione delle gallerie metodo Milano e delle opere di sostegno provvisorio in affiancamento agli edifici Wierer e Feralpi nonché alla vicinanza con l'autostrada.

I principali obiettivi progettuali sono quelli di consentire l'esecuzione degli scavi in assoluta sicurezza con minimizzazione delle perturbazioni nell'intorno; ovvero di non arrecare alcun danneggiamento agli edifici ed infrastrutture poste nell'intorno dell'opera.

Il progetto delle strutture di sostegno è quindi mirato a ridurre le deformazioni orizzontali e quindi quelle verticali indotte, a valori del tutto trascurabili, compatibili con la tolleranza delle strutture e delle infrastrutture circostanti.

A tal fine è previsto un apposito sistema di monitoraggio finalizzato alla verifica sperimentale, in corso d'opera, delle ipotesi progettuali.

Nella presente Relazione Tecnica viene descritto il sistema di monitoraggio delle strutture di perimetrazione e delle zone retrostanti, individuandone le caratteristiche e la cadenza delle misure contestualmente alle fasi esecutive.

## 5 DESCRIZIONE DELL'OPERA

### 5.1 Opere provvisionali

Per l'esecuzione della GA06 sono necessarie una serie di opere provvisionali:

- Scavi provvisori di pendenza 3(o)/2(v) lato autostrada e lato Nord;
- Paratia A, B, C: paratie di pali con due ordini di tiranti;
- Paratia D pk 115+890 e 115+640: paratie di pali con un ordine di tiranti;
- Paratia E 115+223: paratia di pali con un ordine di puntoni in testa;
- Paratia F 114+565: paratia di pali non tirantata;
- Palancola a protezione Cvf IV30: paratia di palancole con un ordine di tiranti;
- Palancola a protezione Wierer: paratia di palancole con un ordine di tiranti;
- Palancola a protezione piazzale Feralpi: paratia di palancole con un ordine di tiranti;
- Palancola a protezione autostrada: paratia di palancole non tirantate.

Le opere provvisorie prima elencate si possono raggruppare tipologicamente in 3 sezioni:

- Paratia di pali o palancole con uno o due ordini di tiranti;
- Paratie non tirantate;
- Paratia con un ordine di puntoni su trave di testa;
- Scavi provvisori.

Tali opere sono distribuite lungo il tracciato in modo da garantire la protezione delle opere adiacenti in accordo con la fasistica di progetto e verranno monitorate in maniera tale da garantire gli standard di sicurezza durante le lavorazioni della struttura.

Doc. N.

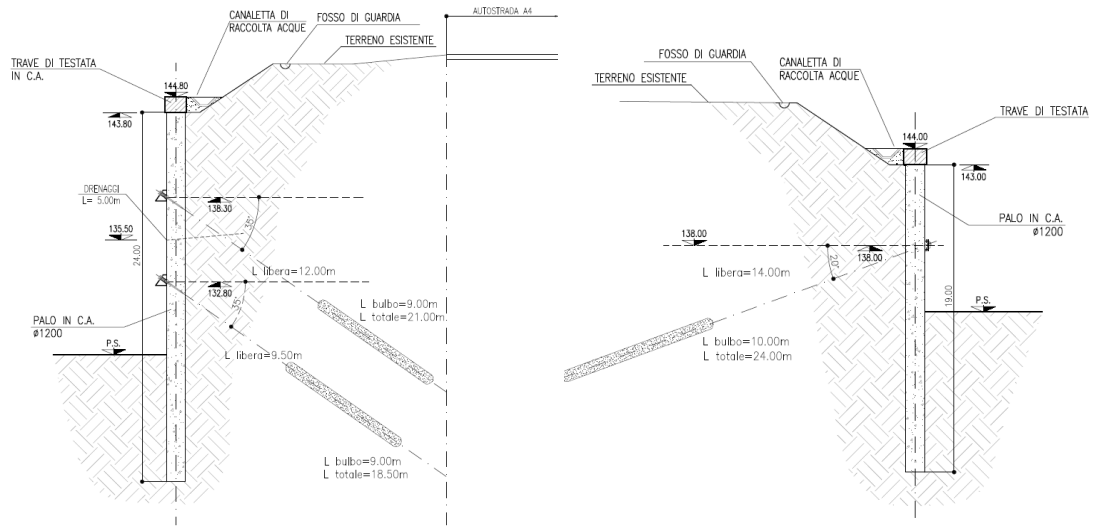
Progetto  
INOR

Lotto  
11

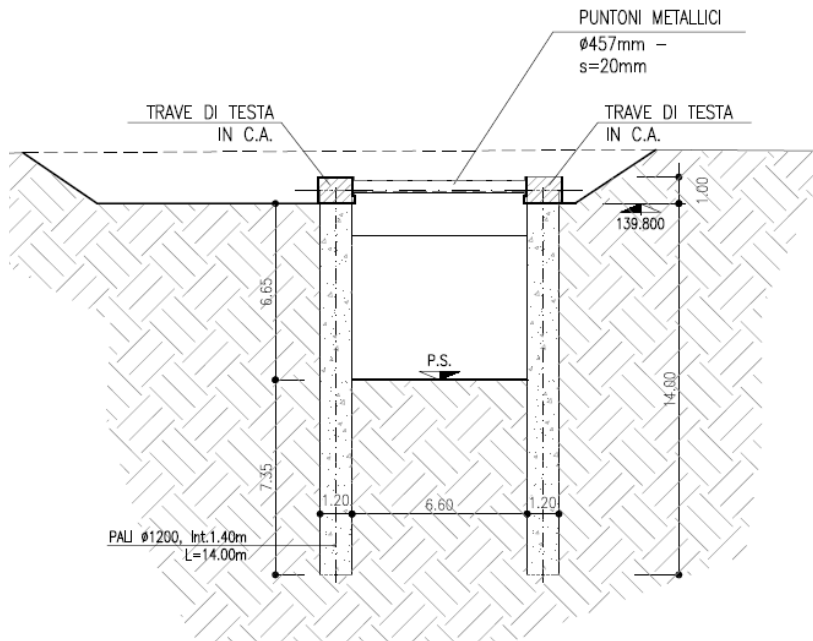
Codifica Documento  
E E2 RO GA 060 0 003

Rev.  
A

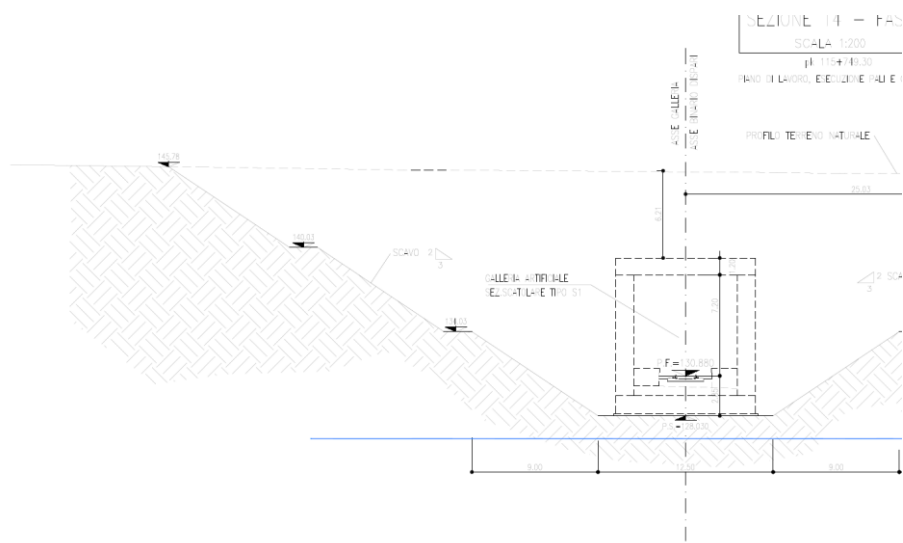
Foglio  
13 di 34



**Figura 1: Sezione tipo con 2 ordini di tiranti (a sinistra) e con 1 ordine di tiranti (a destra)**



**Figura 2: Sezione tipo con puntone**



**Figura 3: Sezione con scavo provvisorio a cielo aperto**

## 5.2 Opere Definitive

Le sezioni tipologiche delle gallerie metodo Milano presenti lungo la tratta sono le seguenti:

- Sezione tipo M4: sezione monocanna singolo binario a larghezza interna costante pari a 7,4m per coperture superiori a 5m; composta da 2 file di pali laterali  $\phi 1200$  disposti a passo 1,4m collegati da un cordolo di spessore 1m. La distanza tra le file è costante pari a 9,3m. La soletta superiore è spessa 1,0m mentre lo spessore della soletta di fondazione è pari a 1,3m.

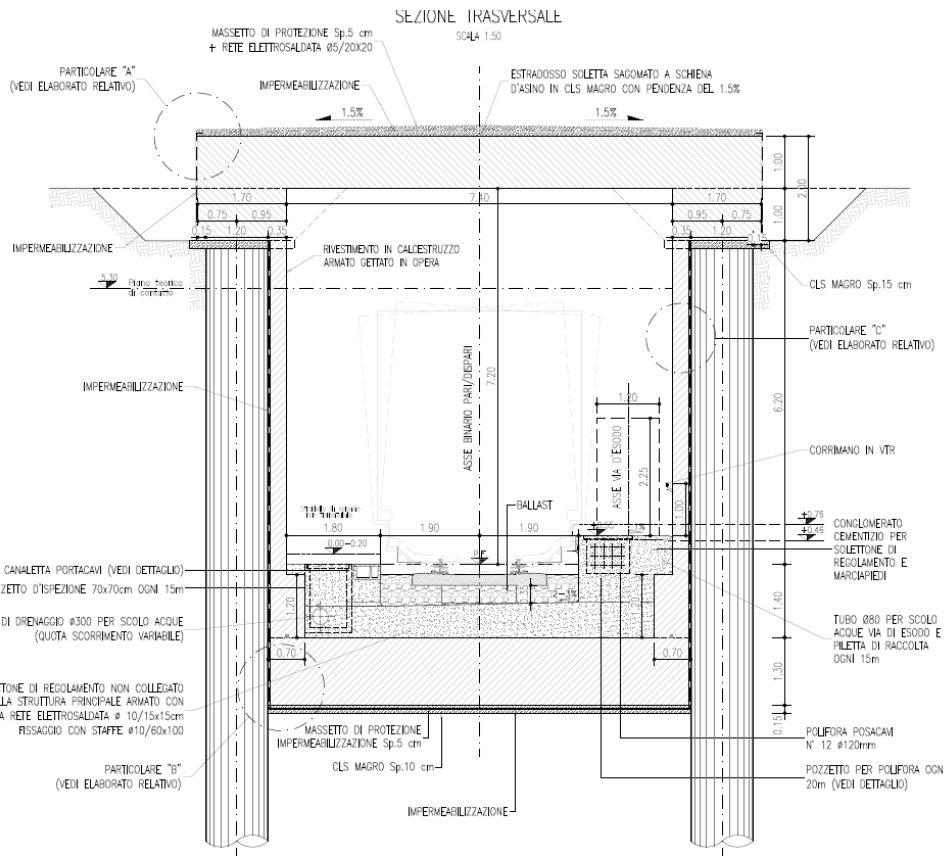


Figura 5.1 – Sezione tipica M4 monocanna singolo binario

- Sezioni tipo M3bis e M3: sezione doppia canna con setto centrale continuo e larghezza interna variabile; La sezione M3 è composta da 3 file di pali  $\phi 1200$  disposti a passo 1,4m collegati da un cordolo di spessore 1m per le file centrali e 2m per le file laterali. La soletta superiore è spessa 1,2m mentre lo spessore della soletta di fondazione è pari a 1,3m. La sezione M3bis si distingue per avere i pali della file centrali a passo 2,8m.

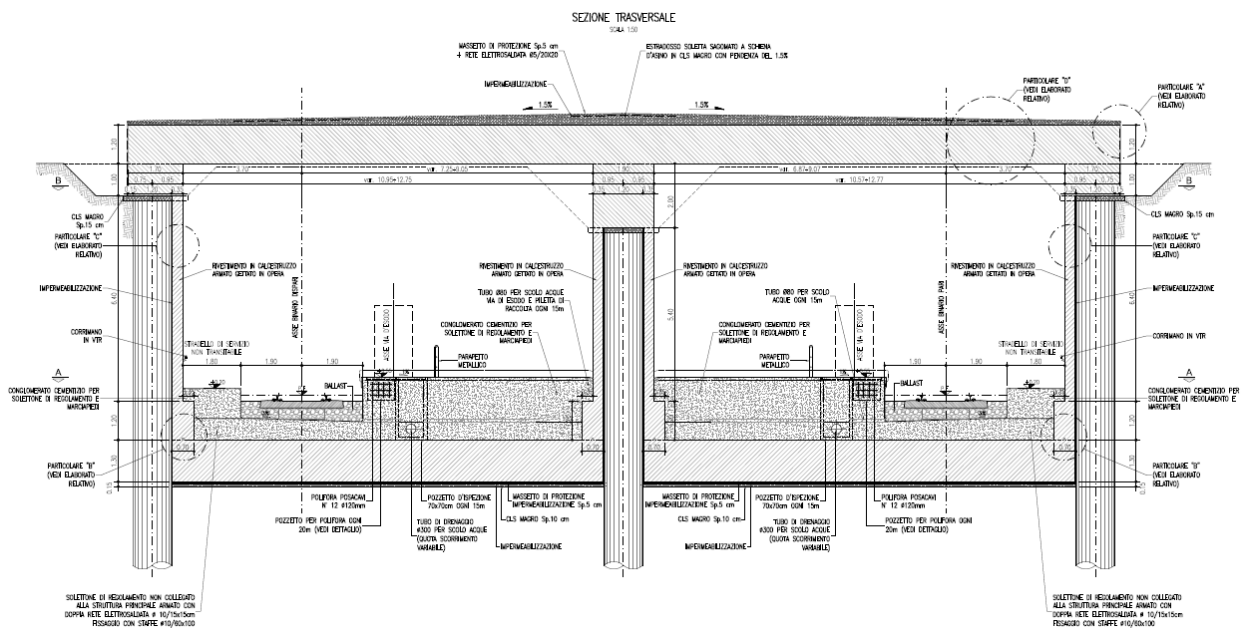


Figura 5.2 – Sezione tipica M3 doppia canna con setto



- Sezione tipo M2bis: sezione doppia canna con setto centrale finestrato e larghezza interna variabile; La sezione M2bis è composta da 3 file di pali  $\phi 1200$  di cui, i pali delle file laterali sono disposti a passo 1,4m collegati da un cordolo di spessore 1m, quella centrale è formata da 4 pali ogni 10m collegati da cordoli di altezza 2m. La soletta superiore è spessa 1,2m mentre lo spessore della soletta di fondazione è pari a 1,3m.

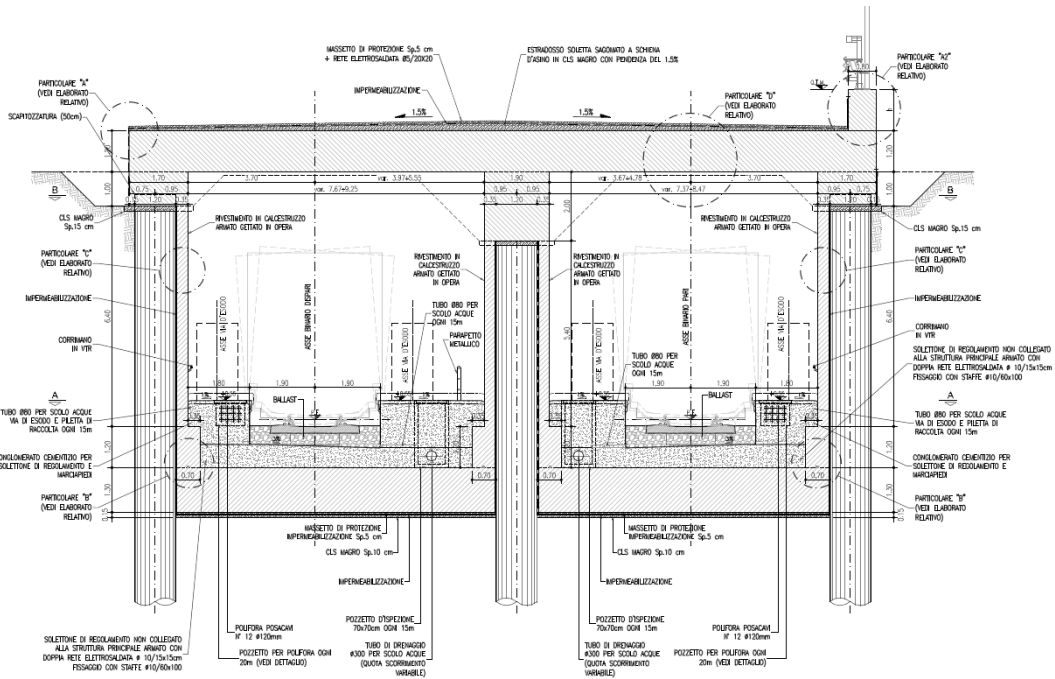


Figura 5.3 – Sezione tipica M2 bis (doppia canna con setto finestrato)

- Sezione tipo M1: sezione monocanna doppio binario avente larghezza interna variabile. La sezione M1 è composta da 2 file di pali disposti a passo 1,4m. Per i conci dal n. 1 al n. 8 i cordoli hanno un'altezza pari a 1m per la fila lato proprietà Feralpi e 2m lato autostrada. Per i conci dal n. 9 al n.15 i cordoli hanno altezza pari a 2,5m.

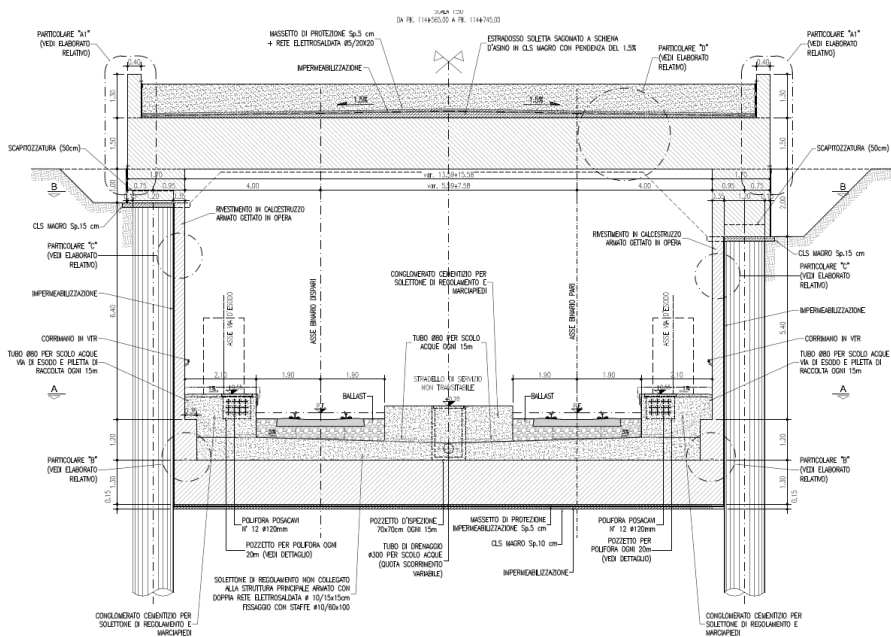


Figura 5.4 – Sezione tipica M1 monocanna doppio binario



GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 RO GA 060 0 003

Rev.  
A

Foglio  
17 di 34

A queste si aggiungono una serie di conci speciali tipologicamente inclusi nelle sezioni appena elencate:

- Concio 1: concio con estradosso soletta su cui è presente il traffico del cavalcavia di Via faccendina.
- Conci 2, 5, 12, 45, 52, 53: conci con nicchie;
- Conci 24: concio con presenza di canale;
- Conci 25, 26, 27: conci con fabbricati tecnologici;
- Concio 30, 42: concio con presenza di varchi per l'attacco della galleria;
- Concio 40: concio con Bypass.

## 6 MONITORAGGIO DELLE PARATIE

Il monitoraggio delle paratie avviene mediante misurazione degli spostamenti esterni e profondi nel terreno, misure della falda e del tiro nei tiranti.

Per la descrizione dettagliata delle opere si fa riferimento alla relativa relazione delle opere provvisionali. Si prevede di eseguire misure topografiche, misure piezometriche nei piezometri installati nella zona.

Il sistema di monitoraggio previsto consentirà di determinare, durante la fase di costruzione, eventuali spostamenti atipici sia delle paratie sia degli edifici adiacenti di apportare gli eventuali interventi correttivi in funzione dell'entità delle anomalie riscontrate.

Complessivamente si prevede l'allestimento della seguente strumentazione.

- Palancole in corrispondenza del fabbricato Wierer:
  - n. 16 mire topografiche sugli edifici circostanti ;
  - n. 31 capisaldi topografici sugli edifici circostanti ;
  - mire topografiche sul cordolo delle paratie 1 ogni 20 m;
  - celle di carico ogni 80m.
- Palancole in corrispondenza del fabbricato Feralpi:
  - n. 8 mire topografiche sugli edifici circostanti ;
  - n. 15 capisaldi topografici sugli edifici circostanti ;
  - mire topografiche sul cordolo delle paratie 1 ogni 20 m;
  - celle di carico ogni 80m.
- Palancole in corrispondenza dell'Autostrada:
  - mire topografiche sul cordolo delle paratie 1 ogni 20 m.
- Paratie in pali provvisionali tirantate
  - mire topografiche sul cordolo delle paratie 1 ogni 20 m.
  - celle di carico ogni 80m.
- Paratie in pali provvisorie puntonate
  - mire topografiche sul cordolo delle paratie 1 ogni 20 m.
  - 1 cella di carico su puntone.
- Scavi provvisori
  - Capisaldi topografici su terreno, sul ciglio scavo ogni 60m.
- Strutture Metodo Milano
  - Mire ottiche ogni 20m sulle estremità delle solette.

## 6.1 Misure topografiche

Gli spostamenti vengono rilevati mediante battute ottiche su apposite mirette topografiche installate sulla trave di coronamento. S'installano anche mire ottiche ad interdistanza longitudinale minore nell'intorno della quota tiranti, corrispondenza delle sezioni di monitoraggio.

Le mire ottiche sul cordolo per le paratie, e al margine della soletta di copertura per le gallerie realizzate con metodo top-down, si posizionano ad interasse longitudinale di 20 m. Le sezioni di monitoraggio si posizionano ad interasse intermedio di 50m. Sulle palancole si posizionano mire ottiche ad interasse longitudinale di 20m.

Prima di iniziare le lavorazioni si prevede l'esecuzione degli stati di consistenza sugli edifici presenti in prossimità degli scavi; sugli stessi verranno quindi installate mire ottiche. Gli edifici da monitorare risultano due, posti sul lato Nord, e sono costituiti da capannoni industriali (ditta Feralpi e Wierer). Si posizionano capisaldi topografici al piano campagna in corrispondenza dei pilastri ad interdistanza reciproca di circa 10m, e mire ottiche al primo piano sui pilastri, a distanza reciproca di circa 20 m.

Le mirette devono garantire la stabilità geometrica per un periodo dell'ordine di 2 anni. Le battute topografiche dovranno essere fatte con la precisione del decimo di millimetro.

La posizione dei riscontri topografici dovrà essere misurata prima dell'inizio degli scavi ("lettura di zero"), in modo tale da non essere influenzata dalle operazioni di scavo. La misura al livello dei tiranti si effettua immediatamente dopo l'installazione degli stessi. Lo strumento di misura sarà costituito da una stazione dotata di teodolite e di un distanziometro elettronico che misureranno le posizioni delle mire ottiche rispetto ad un sistema fisso di coordinate.

La precisione richiesta per la strumentazione è di 1 mm.

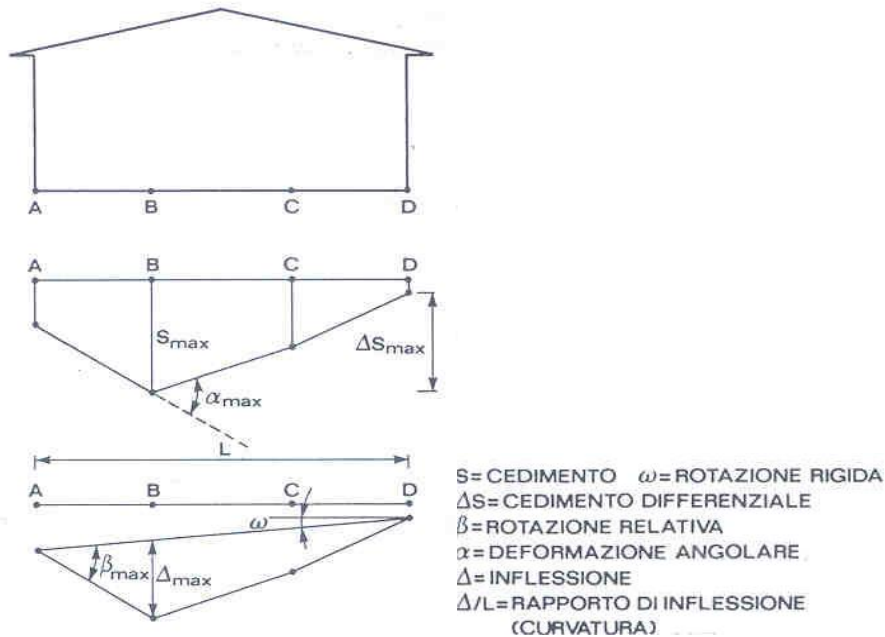
strumento	frequenza lettura *
mire ottiche paratie	• 1 lettura / 2 settimane durante l'esecuzione della paratia;
capisaldi topografici per livellazione edificio	• 1 lettura/giorno negli scavi;
mire ottiche per controllo topografico edificio	• 1 lettura/settimana fino a ritombamento.
* in presenza di misurazioni anomale, le frequenze andranno opportunamente incrementate	

**Tabella 6.1 – frequenze misure topografiche paratie**

### 6.1.1 Rapporto d'inflessione ( $\Delta/L$ ) e distorsione angolare $\beta$ tra due pilastri

Il rapporto d'inflessione  $\Delta/L$  è la massima distanza misurata tra la configurazione rigida dell'edificio e la sua deformata, diviso per la lunghezza dell'edificio, o della porzione di edificio, interessata dai cedimenti.

La distorsione  $\beta$  è il rapporto tra la massima differenza di cedimento tra due pilastri attigui di un edificio in c.a. e la distanza tra i pilastri stessi della porzione di edificio in c.a. interessata dai cedimenti.

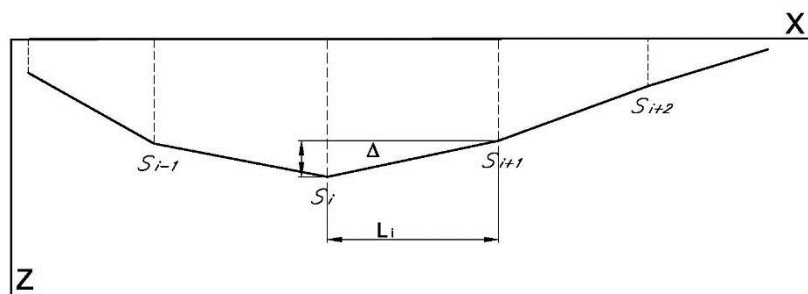


**Figura 6.1: Piano di rappresentazione cedimenti del p.c.**

Il rapporto di inflessione si calcola partendo dai valori di cedimento misurati attraverso le mire ottiche posizionate sui muri perimetrali dell'edificio monitorato. Si ricorda che gli abbassamenti del terreno indotti dagli scavi possono presentare zone differenti a seconda della condizione di convessità, "zone di hogging", o di concavità, "zone di sagging", della curvatura; quindi i valori di rapporto di inflessione calcolati saranno più di uno a seconda del numero di zone di sagging e/o di hogging che interessano l'edificio analizzato.

La distorsione angolare rappresenta il rapporto fra il cedimento di due pilastri contigui di una struttura intelaiata e la distanza fra i pilastri stessi:

$$\beta_{\max} = (S_i - S_{i-1}) / L_i$$



**Figura 6.2: Schema per il calcolo della distorsione angolare**

La procedura di calcolo dei valori di rapporto d'inflessione e distorsione angolare è la seguente:

- 1) rilievo cedimenti S;

- 2) definizione della deformata dell'edificio e calcolo dei valori di inflessione  $\Delta$ ;
- 3) calcolo del (o dei) valori di rapporto d'inflessione e della distorsione angolare.

### 6.1.2 Rilievo cedimenti S - procedura

Rilievo dei cedimenti di tutti i punti di rilievo topografico collocati sui muri perimetrali dell'edificio monitorati

### 6.1.3 Definizione della deformata dell'edificio e calcolo dei valori d'inflessione $\Delta$

- Rappresentazione su un piano cartesiano dei punti corrispondenti a i punti di rilievo topografico;
- rappresentazione dei corrispettivi cedimenti e calcolo dei valori di inflessione (per le zone di hogging e di sagging che interessano l'edificio) come distanza massima tra la deformata dell'edificio e la sua configurazione rigida, intesa come la corda che unisce la coppia di punti considerati (si veda la figura seguente).

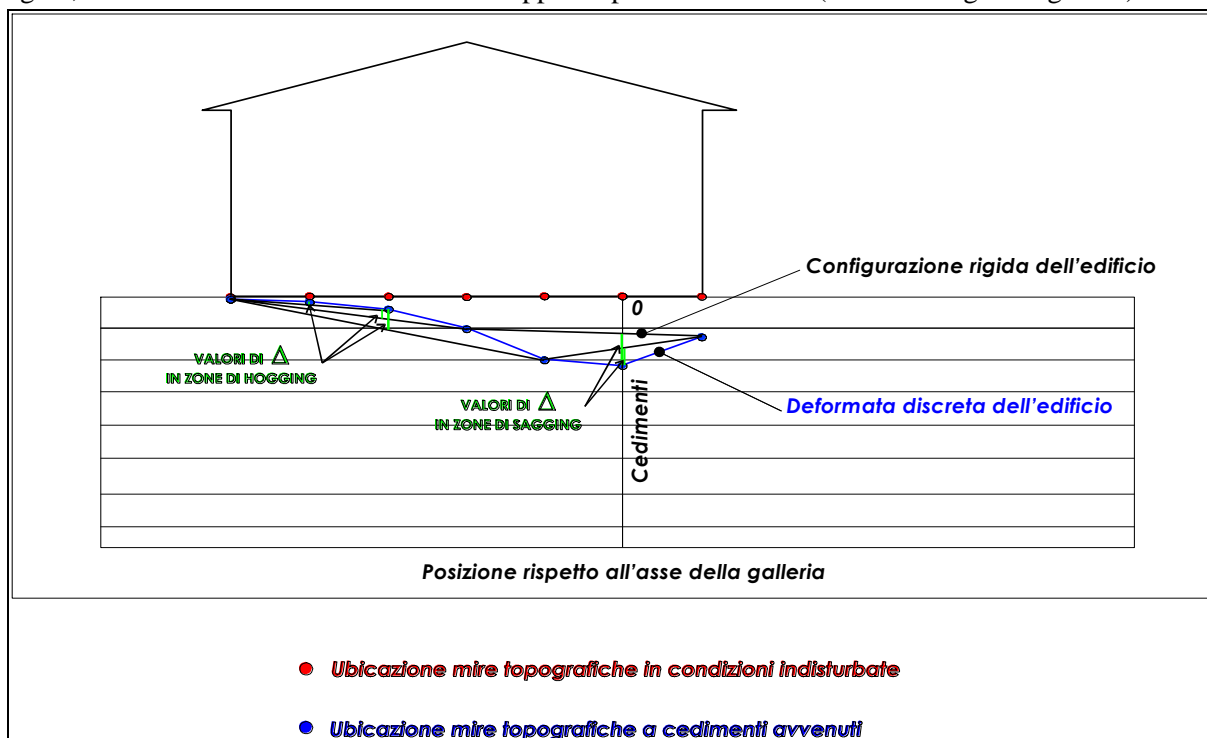


Figura 6.3: Piano di rappresentazione cedimenti dell'edificio

### 6.1.4 Calcolo dei valori di rapporto di inflessione $\Delta/L$

I valori di rapporto di inflessione si ottengono come rapporto tra il valore calcolato di  $\Delta$  e il rispettivo valore di L (si veda la figura seguente), si vedano le seguenti equazioni:

$$\frac{\Delta_{i\_SAGGING}}{L_{i\_SAGGING}} \text{ per zone di sagging}$$

$$\frac{\Delta_{i\_HOGGING}}{L_{i\_HOGGING}} \text{ per zone di hogging}$$

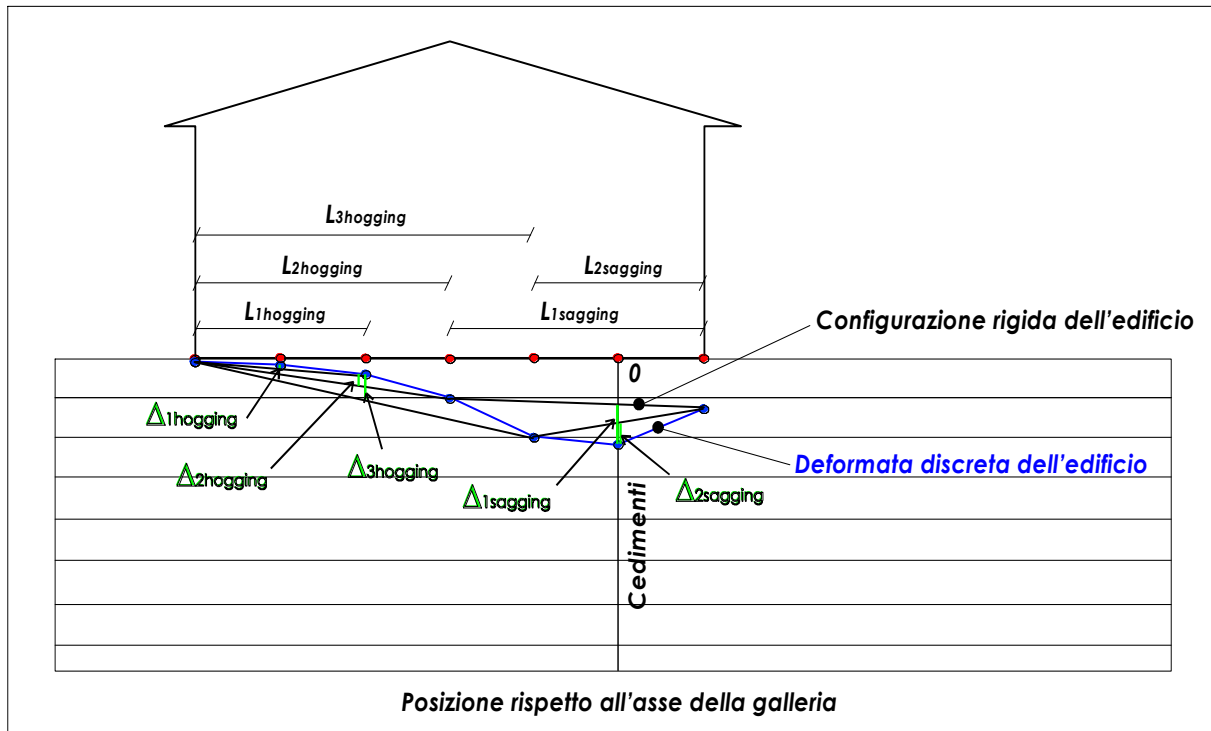


Figura 6.4: Valori di inflessione D e della corrispondente porzione di edificio L

### 6.1.5 Calcolo della distorsione angolare $\beta$

La distorsione angolare rappresenta il rapporto fra il cedimento di due pilastri contigui di una struttura intelaiata e la distanza fra i pilastri stessi, come precedentemente esposto:

$$\beta_{\max} = (S_i - S_{i-1}) / L_i$$

Ove fosse di entità significativa la distorsione potrà essere depurata della rotazione rigida, definita come rapporto fra la differenza fra il cedimento del primo ed ultimo punto del profilo dell'edificio e la distanza orizzontale fra questi due punti:

$$\beta_{\text{rigida}} = (S_N - S_1) / L_{N,1}$$

In tal caso le soglie di attenzione/allarme saranno riferite alla distorsione depurata della aliquota attribuibile alla rotazione rigida:

$$\beta_{\max} = (S_i - S_{i-1}) / L_i - \beta_{\text{rigida}}$$

## 6.2 Misure piezometriche

Al fine di monitorare l'evoluzione delle condizioni idrauliche al contorno si prevede la misurazione delle quote di falda nei piezometri a tubo aperto, ubicati nei sondaggi in prossimità delle paratie.

Dove gli scavi andranno ad intercettare la superficie piezometrica dovranno essere eseguite misure della portata di emungimento a fondo scavo; contestualmente dovranno essere effettuati controlli del livello piezometrico all'esterno dello scavo.

strumento	frequenza lettura *
piezometri	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 lettura / 2 settimane durante l'esecuzione della paratia;</li> <li>• 1 lettura/settimana negli scavi;</li> <li>• 1 lettura/mese fino a ritombamento.</li> </ul>
* in presenza di misurazioni anomale, le frequenze andranno opportunamente incrementate	

**Tabella 6.2 –frequenze misure piezometriche paratie**

## 6.3 Frequenza delle misure

In fase di lettura si dovrà verificare l'assenza di spostamenti significativi dei punti di misura topografici quindi sia nelle mire ottiche che nei capisaldi.

Le letture degli strumenti topografici risultano giornaliere durante gli scavi e settimanali successivamente, fino a ritombamento. Per gli strumenti in foro si prevedono letture settimanali durante gli scavi e mensili con gli scavi aperti e fino a ritombamento. Le frequenze andranno opportunamente incrementate in presenza di misurazioni anomale.

Nelle misurazioni, per altro, possono destare preoccupazione valori anomali degli spostamenti differenziali tra una lettura e la successiva oltre al valore assoluto degli stessi: in altre parole se sussiste un incremento non giustificato da operazioni di scavo o altre situazioni gravose è opportuno analizzare approfonditamente le ragioni di tale comportamento e, laddove necessario, apportare possibili accorgimenti od integrazioni al Progetto.

## 7 CARATTERISTICHE STRUMENTAZIONE

### 7.1 Mire ottiche

Le mire ottiche per il monitoraggio dovranno essere dei target riflettenti con croce di mira delle dimensioni minime di 50x50 mm. I target potranno essere montati su un supporto plastico ancorato alla struttura mediante un tassello o barra metallica filettata inghisata, oppure potranno essere di tipo adesivo ed applicati direttamente sulla struttura da monitorare.

Le misure dovranno essere eseguite con stazioni totali automatiche con precisione delle letture angolari a norma ISO 17123-3 di 1.5 cc e precisione di misura delle distanze a norma ISO 17123-4 di 1 mm + 1 ppm, e provviste di regolare certificato di calibrazione.



**Figura 7.1 – Esempio di target topografico riflettente su supporto in plastica.**

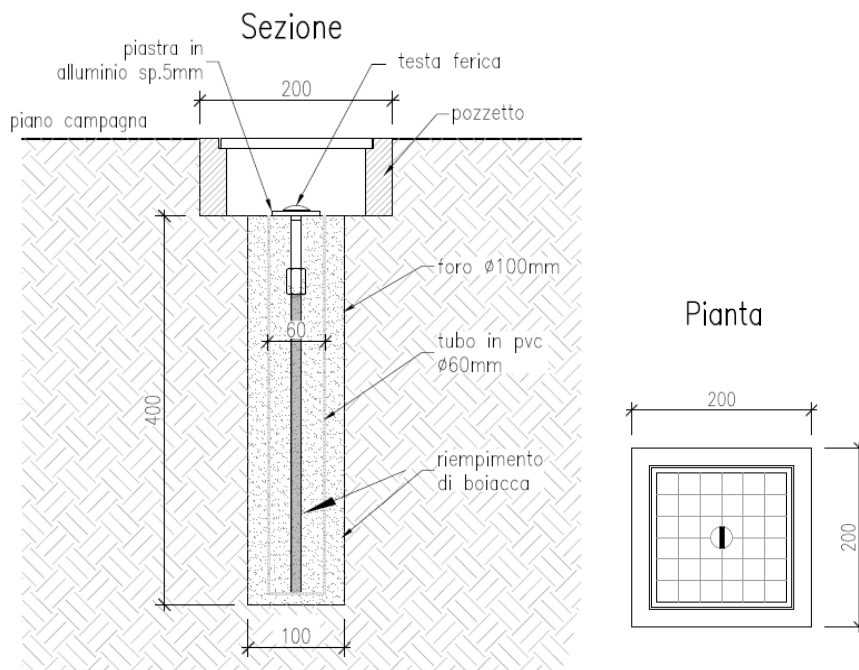
Le mire ottiche dovranno essere installate prima dell'esecuzione dei relativi scavi da monitorare e dovrà essere eseguita una lettura di zero subito dopo l'installazione. Sui fabbricati da monitorare l'installazione delle mire dovrà essere effettuata prima dell'inizio dei lavori e in concomitanza con l'esecuzione dello stato di consistenza del fabbricato stesso, mentre sulle opere di contenimento le mire dovranno essere installate una volta ultimata la parte di struttura sulla quale devono essere posizionate, prima dell'ulteriore approfondimento degli scavi. Le misure effettuate dovranno partire dai punti fissi della rete topografica utilizzata per il tracciamento delle opere da realizzare, e la posizione misurata dovrà essere nel medesimo sistema di riferimento.

### 7.2 Caposaldi topografici

I caposaldi topografici per il monitoraggio dovranno essere costituiti da una vite in acciaio inox, con testa sferica del diametro di 10 mm e della lunghezza di 400 mm, o prolungata tramite una barra metallica filettata, inserita all'interno di un foro del diametro di 100 mm e profondità di 400 mm riempito con boiaccia cementizia. Sulla testa della vite dovrà essere presente un'apposita scalfittura per le operazioni di misurazione. In Figura 7.2 è riportato uno schema dei caposaldi topografici.

Le misure dovranno essere eseguite con strumentazione avente le caratteristiche del punto precedente ed utilizzando una palina topografica dotata di miniprisma, o posizionando dei cavalletti topografici sui punti di lettura.





**Figura 7.2 – Caposaldi topografici per il monitoraggio.**

I caposaldi topografici e la relativa lettura di zero dovranno essere realizzati prima dell'inizio degli scavi da monitorare. La lettura di zero dovrà essere effettuata trascorse almeno 24 ore dalla realizzazione del caposaldo, in modo da escludere eventuali assestamenti. Le misure effettuate dovranno partire dai punti fissi della rete topografica utilizzata per il tracciamento delle opere da realizzare, e la posizione misurata dovrà essere nel medesimo sistema di riferimento.

### 7.3 Celle di carico toroidali

Le celle di carico per il monitoraggio della forza nei tiranti dovranno essere posizionate in testa ai tiranti, tra una piastra di appoggio e la piastra di distribuzione del carico del tirante. Le celle dovranno essere elettriche con trasduttore di tipo resistivo, dovranno avere un fondo scala di 2500 kN e una sensibilità di almeno 0.06 % del fondo scala. Le celle di carico dovranno essere leggibili manualmente con apposita strumentazione di lettura. La lettura di zero dovrà essere eseguita successivamente all'installazione del tirante, prima dell'esecuzione di ulteriori lavorazioni.

### 7.4 Piezometro a tubo aperto

Il piezometro a tubo aperto sarà posizionato appena a tergo delle paratie per il controllo del livello della falda e sarà costituito da:

- una cella filtrante (o tubi fessurati ricoperti di tessuto non tessuto);
- tubi lunghi 3m;
- manicotti;
- chiusino di protezione.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 RO GA 060 0 003

Rev.  
A

Foglio  
26 di 34

Il foro di sondaggio viene riempito attorno al tubo con sabbia e/o ghiaietto in modo da permettere l'ingresso dell'acqua nel tubo attraverso il filtro.

L'installazione è prevista in un foro di perforazione realizzato mediante sondaggio a carotaggio continuo o a distruzione. Si consiglia sempre la stabilizzazione delle pareti con una tubazione di rivestimento provvisoria, di diametro interno non inferiore a 85mm, mentre è da evitare l'utilizzo di fanghi. Per la stabilizzazione del fondo foro, in assenza di falde artesiane, si dovrà mantenere il livello dell'acqua dentro la perforazione un poco al di sopra del livello piezometrico nel terreno.

L'installazione dei piezometri e la relativa lettura di zero devono essere effettuati prima dell'inizio dei lavori di scavo da monitorare. La lettura di zero dovrà essere effettuata trascorse almeno 24 ore dalla completa realizzazione del piezometro, in modo da escludere eventuali assestamenti.

## 8 VALORI DI ATTENZIONE E DI ALLARME DERIVANTI DALLE ANALISI NUMERICHE

Si riportano di seguito i valori di attenzione e di allarme sulla base delle analisi numeriche svolte nella relazione di calcolo delle paratie della GA06.

### 8.1 Opere provvisoriale ed edifici

Per le opere provvisoriale che non interessano gli edifici, sulla base delle risultanze delle analisi numeriche si stabiliscono le seguenti soglie per le diverse strumentazioni adottate.

- Mire ottiche

Spostamento [cm]		
Valore atteso	Soglia attenzione	Soglia di allarme
< 2,2	2,2	2,6

Tabella 8.1 – Valori di soglia di spostamento

- Celle di carico

	Ordine	Tiro [kN]	
		Soglia attenzione	Soglia di allarme
Tratta A	I	706	922
Tratta B-C	I	549	715
	II	573	747
Tratta D	I	450	586
WIERER	I	305	400
FERALPI	I	305	400
TRATTA E	I	386	510

- Piezometri

Quota falda [m.s.l.m]		
Valore atteso	Soglia attenzione	Soglia di allarme
< quota fondo scavo	Falda a quota fondo scavo	Falda a +1m da quota fondo scavo

Tabella 8.2 - Valori di soglia nei piezometri

- Subsidenze attese e distorsioni in corrispondenza degli Edifici

In corrispondenza delle zone interessate dagli edifici sono state eseguite apposite sezioni di calcolo per il dimensionamento della struttura di sostegno in maniera tale da garantire la funzionalità dei fabbricati adiacenti.

L'analisi ha permesso di stimare anche i cedimenti a tergo dei fabbricati per mezzo della teoria di Boone & Westland 2006 sulla base dell'andamento degli spostamenti orizzontali.

In Figura 8.1 si presenta l'andamento degli spostamenti orizzontali mentre in Figura 8.4 si presenta l'andamento dei cedimenti allo SLE nell'ultima fase di calcolo in corrispondenza. Per i dettagli sui modelli si rimanda ai calcoli della relazione di calcolo delle opere di sostegno della GA06.

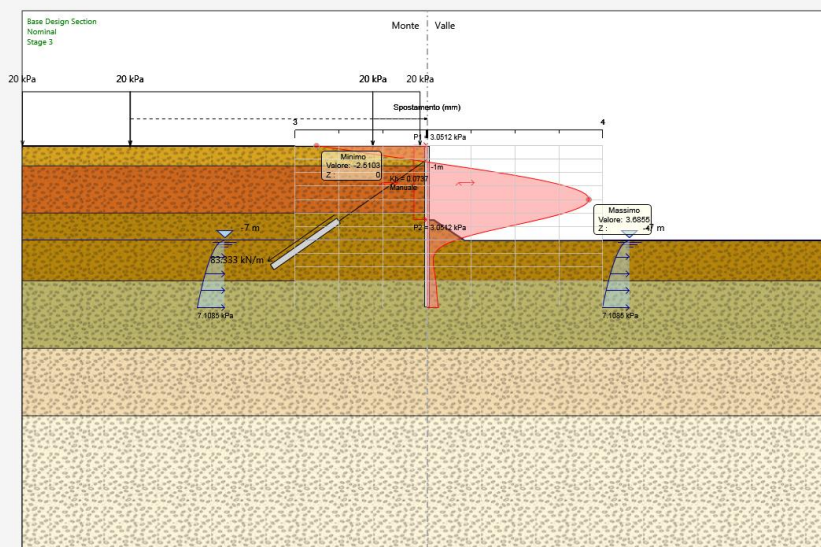


Figura 8.1 – Andamento degli spostamenti orizzontali Paratia a protezione fabbricato Wierer

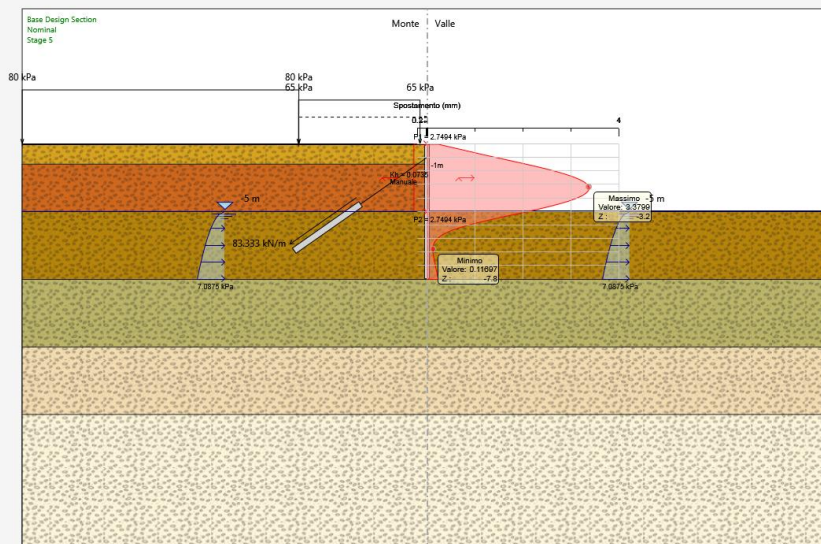
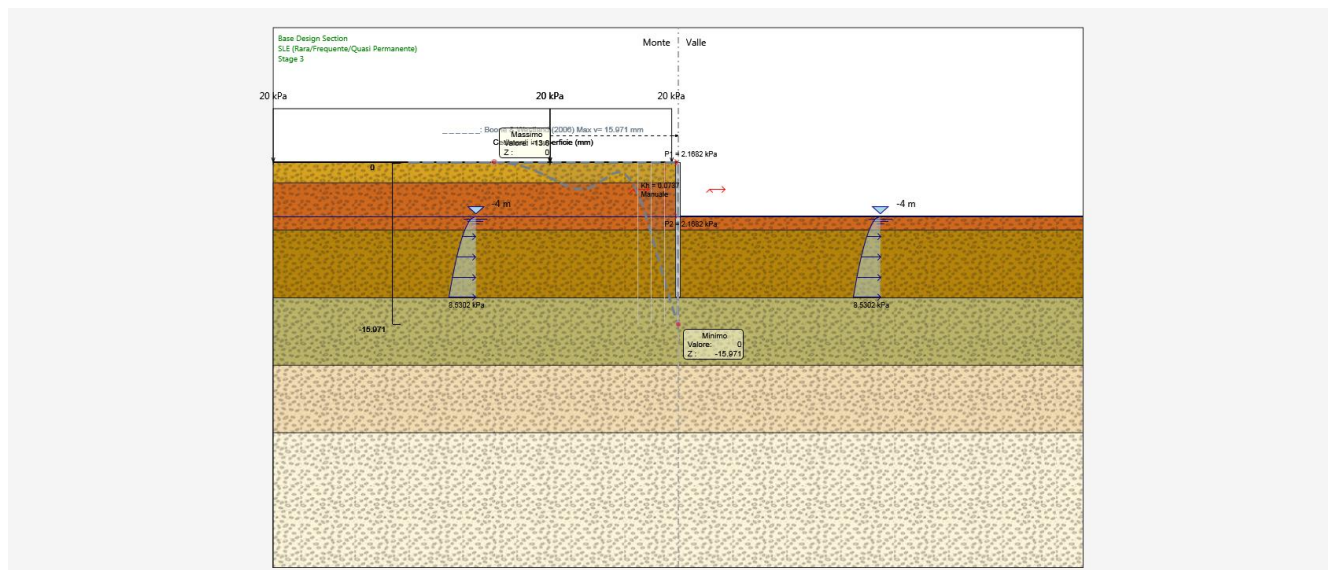


Figura 8.2 – Andamento degli spostamenti orizzontali Paratia a protezione fabbricato Feralpi







**Figura 8.6 – Modello di calcolo e cedimenti verticali secondo Boone & Westland 2006 a protezione dell’autostrada A4**

Lo spostamento orizzontale in testa alla palancola è pari a 1,55cm, il cedimento verticale massimo è pari a 1,6cm in corrispondenza della paratia mentre in corrispondenza dell’autostrada posta a 8m circa dalla paratia, il cedimento risulta inferiore a 3mm. Sulla base di tali considerazioni si stabiliscono i seguenti valori di soglia:

Spostamento [cm]		
Valore atteso	Soglia attenzione	Soglia di allarme
<1,6	1,6	1,9

**Tabella 8.7 – Valori di soglia per lo spostamento in testa paratia in corrispondenza dell’autostrada**

Cedimento [cm]		
Valore atteso	Soglia attenzione	Soglia di allarme
< 0,5	0,5	1,0

**Tabella 8.8 – Valori di soglia per il cedimento in corrispondenza del ciglio autostrada**

La verifica di uno dei due parametri non esclude quella degli altri. Tutti i parametri devono essere comunque controllati ed in caso di superamento del valore di attenzione o del valore di allarme di uno solo di essi si dovrà comunque procedere come definito in tabella ed aumentare la frequenza di rilievo delle grandezze che permettono il monitoraggio dei due parametri.

Si ritiene utile infine puntualizzare che il superamento puntuale di un valore di attenzione di un parametro può essere da solo di poca importanza, perché dovuto per esempio a cause locali, e solo un attento esame di tutti i dati provenienti dall'intero “volume di controllo” e soprattutto l'evolversi nel tempo di tali valori, potrà dare un quadro coerente degli eventuali fenomeni in atto.

## 8.2 Gallerie Metodo Milano

Per le opere definitive che non interessano gli edifici, sulla base delle risultanze delle analisi numeriche si stabiliscono le seguenti soglie per le diverse strumentazioni adottate.

- Mire ottiche

Spostamento [cm]		
Valore atteso	Soglia attenzione	Soglia di allarme
<0,5	0,5	1,0

**Tabella 8.9 – Valori di soglia di spostamento**

## 9 SUPERAMENTO DEI VALORI DI SOGLIA

In caso di superamento delle soglie di attenzione da parte di uno o più strumenti di monitoraggio, la frequenza delle letture andrà incrementata per poter rilevarne l'evoluzione nel tempo e confermare il dato misurato. Potrà inoltre venire installata della strumentazione aggiuntiva per una miglior definizione del fenomeno.

In caso l'evoluzione dei valori misurati tenda ai valori definiti dalle soglie di allarme, le operazioni di scavo dovranno essere interrotte e si dovrà continuare il monitoraggio finché non verranno definiti gli interventi aggiuntivi da eseguire.

Qualora vengano invece raggiunti i valori di soglia di allarme da parte di uno o più strumenti di monitoraggio, le misure dovranno essere ripetute e bisognerà confermarne l'attendibilità. In seguito alla conferma dei valori misurati gli scavi dovranno essere immediatamente interrotti e si dovrà procedere al ritombamento degli stessi ed alla successiva progettazione di un intervento integrativo per il ripristino degli standard di sicurezza.

## 10 RACCOLTA, TRASMISSIONE, ELABORAZIONE DEI DATI E GESTIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO

### 10.1 Elaborazione dei dati

Le grandezze monitorate in seguito ad una opportuna elaborazione consentono le seguenti operazioni:

- calcolo dei rapporti di inflessione indotti sugli edifici ricadenti del bacino di subsidenza,
- attivazione delle fasi di attenzione e/o di allarme nel caso in cui i valori di volume perso e/o di rapporto di inflessione superino i rispettivi valori di soglia,
- verificare le ipotesi di calcolo assunte per il calcolo degli effetti indotti dallo scavo in termini di cedimenti, spostamenti, distorsioni indotte sugli edifici, variazioni del livello di falda;

Pertanto i dati ottenuti dalle operazioni di monitoraggio devono essere registrati sia su supporto magnetico (in formato leggibile, es.: \*.dat) sia cartaceo e gestiti, per una corretta elaborazione, mediante un software adeguato.

Il software impiegato dovrà fornire, previa elaborazione dati, in formato numerico e in forma di grafici cartesiani le seguenti grandezze:

- spostamenti verticali lungo le sezioni monitorate,
- rapporto di inflessione



- ed inoltre dovrà evidenziare il superamento (per i valori di volume perso e di rapporto di inflessione) dei valori di soglia corrispondenti alle condizioni di attenzione e/o allarme.

## 10.2 Gestione del sistema di monitoraggio

Per ottenere una corretta gestione del sistema di monitoraggio si prevede una struttura organizzativa delle attività costituita dalle seguenti unità:

- unità operativa,
- unità di supporto tecnico alla Direzione Lavori.

### 10.2.1 Unità operativa

L'unità operativa avrà il compito di:

- eseguire le misure in campo;
- effettuare l'elaborazione e restituzione dei dati;
- convalidare le misure e i dati acquisiti da punto di vista strumentale;
- trasmettere i dati alla Direzione Lavori e a utenti remoti;
- occuparsi della manutenzione ordinaria e straordinaria.

L'elaborazione dei dati e delle misure raccolti dovrà consistere nella generazione di rapporti in formato numerico e grafico in grado di consentire una immediata interpretazione ingegneristica dei dati. I dati forniti dovranno essere convalidati dal punto di vista strumentale da parte dell'unità operativa.

La struttura fornirà inoltre informazioni, grafici o tabelle a differenti livelli di dettaglio inerenti il sistema di monitoraggio a utenti remoti, secondo modalità operative che verranno definite e concordate con i progettisti dell'opera.

### 10.2.2 Unità di supporto tecnico alla Direzione Lavori

L'unità di supporto tecnico avrà il compito di fornire l'interpretazione ingegneristica dei dati forniti dall'unità operativa.

Gli ambiti di intervento possono essere riassunti con le attività seguenti:

- interpretazione geotecnica;
- analisi effetti su edifici;
- verifica metodologia di scavo;
- verifica ipotesi progettuali.
- Le analisi dei dati sarà propedeutica per la valutazione e adozione delle azioni necessarie, a supporto della Direzione Lavori, al fine di garantire la corretta gestione e realizzazione dell'opera.



## 11 CONCLUSIONI

Il sistema di monitoraggio da prevedere per la realizzazione della galleria artificiale Lonato Est è strutturato per controllare il comportamento delle paratia negli scavi di sbancamento e per la misura degli spostamenti sugli edifici adiacenti.

Il piano delle misure è costituito da:

- Misure di deformazione orizzontale dei pali e delle palancole alla quota del tirante con mire ottiche;
- Misure di deformazione dei pali e delle palancole alla quota di sommità con mire ottiche sul cordolo;
- Misure dei tiri nei tiranti e delle forze nei puntoni con celle di carico;
- Misure della falda con piezometri a tubo aperto;
- Misura degli spostamenti sugli edifici interferenti con capisaldi topografici da livellazione al piano campagna e mire ottiche;
- Misura degli spostamenti nei capisaldi topografici posti sul ciglio degli scavi.

Il monitoraggio si compone della strumentazione a presidio degli scavi per la realizzazione delle opere all'aperto. Il monitoraggio si attua in corso d'opera, in concomitanza con gli scavi e fino a ritombamento. I valori attesi di spostamento derivano dai calcoli di dimensionamento, mentre le azioni correttive consistono nella definizione di più accelerate frequenze di lettura, variazioni nella sequenza di scavo, nell'incremento dei consolidamenti e dei supporti sulle paratie, nell'abbassamento dei livelli di falda.