

ADEGUAMENTO S.S. n°87 "SANNITICA"

INTERVENTI LOCALIZZATI PER GARANTIRE LA PERCORRIBILITA' IMMEDIATA TRATTO "CAMPOBASSO – BIVIO S.ELIA"

LOTTI A2 E A3

PROGETTO DEFINITIVO

CB-150

A.T.I. di PROGETTAZIONE:
(Mandataria)



(Mandante)



(Mandante)



IL PROGETTISTA:

Ing. Franco Persio Bocchetto - Ordine Ing. Roma n.° 8664-Sez A
Ing. Luigi Albert – Ordine Ing. Milano n.° 14725-Sez A
Ing. Paolo Franchetti – Ordine Ing. Vicenza n.° 2013-Sez A

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Anna Maria Bruna
- Ordine Geol. Lazio n. 1531

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE
DISCIPLINE SPECIALISTICHE

Ing. Franco Persio Bocchetto - Ordine Ing. Roma n.° 8664-Sez A

COORDINATORE PER LA SICUREZZA:

Ing. Andrea Maria Enea Failla - Ordine Ing. Catania n.°A6701

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Ing. CLAUDIO BUCCI

GE-GEOLOGIA GEOTECNICA E SISMICA

Monitoraggio Geotecnica – Strutture

Relazione Monitoraggio Geotecnico-Strutturale

CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV.PROG. ANNO

D P C B 0 1 5 0 D 2 2

NOME FILE:

T00GE00MOGRE01B.DOCX

REVISIONE

SCALA

CODICE
ELAB.

T 0 0 G E 0 0 M O G R E 0 1

B

-

B	ISTRUTTORIA ANAS	Luglio 2022	Ing. C. Morerio	Geol. F. Staffini	Ing.L.Albert
A	EMISSIONE	Aprile 2022	Ing. C. Morerio	Geol. F. Staffini	Ing.L.Albert
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1	Introduzione.....	2
1.1	Oggetto.....	2
1.2	Criteri generali per il progetto di monitoraggio.....	2
1.3	Analisi delle problematiche e scopo	2
2	Monitoraggio strutturale dei viadotti.....	4
2.1	Ubicazione della strumentazione	4
2.2	Sistema di monitoraggio strumentale previsto	6
3	Monitoraggio geotecnico	7
3.1	Punti di monitoraggio tipologici	7
3.2	Edicole delle Pile dei Viadotti	7
3.3	Edicole delle Spalle dei viadotti	8
3.4	Rilievo topografico delle pile dei viadotti	10
3.5	Opere di sostegno della carreggiata	11
3.5.1	Recupero dei tubi inclinometrici esistenti	11
3.5.2	Inclinometri, celle di carico e piezometri	11
3.6	Sezioni in rilevato a maggiore altezza	12
3.7	Programma di gestione dei dati	12
3.8	Durata del monitoraggio	12
4	Monitoraggio geotecnico – Strumentazione di controllo: distribuzione, quantità e tipologia	13
4.1	Viadotti.....	13
4.1.1	Batterie di celle inclinometriche all'interno di uno dei pali delle edicole di protezione	13
4.1.2	Tiranti delle edicole.....	13
4.1.3	Distanziometro	13
4.1.4	Deformazione spaziale del plinto.....	13
4.1.5	Piezometri.....	14
4.2	Opere lungo la carreggiata	14
4.2.1	Recupero dei tubi inclinometrici già in opera e installazione al loro interno di "inclinometro automatico tridimensionale flessibile"	14
4.2.2	Inclinometri.....	14
4.2.3	Celle di carico toroidali per il controllo del tiro nei tiranti di linea.....	14
4.2.4	Profilometri e caposaldi	15
4.2.5	Piezometri.....	15
4.3	Stazioni di raccolta dati (centralizzatori).....	15
4.3.1	Viadotti	15
4.3.2	Tubi inclinometrici esistenti	15
4.3.3	Opere di sostegno lungo il tracciato	15
4.3.4	Gestione dati.....	15
4.3.5	Rilievo topografico dello spostamento delle fondazioni dei viadotti	15
5	Monitoraggio geotecnico – Voci di capitolato.....	18
5.1	Inclinometro automatico tridimensionale verticale flessibile.....	18
5.2	Cella di carico toroidale e cavo di collegamento	18
5.3	Distometro laser	18
5.4	Clinometro.....	19
5.5	Piezometro a corda vibrante	19
5.6	Datalogger di tipo A.....	19

RELAZIONE MONITORAGGIO GEOTECNICO - STRUTTURALE

5.7	Datalogger di tipo B.....	20
5.8	Datalogger di tipo C.....	20
5.9	Gestione dati	20
6	Piattaforma di gestione dei dati	22
6.1	Architettura del sistema	22
6.2	Interfaccia utente e visualizzazione dei dati	23
6.3	Configurazione del software.....	23
7	Conclusioni.....	24
8	Allegati	25

1 INTRODUZIONE

1.1 OGGETTO

La presente relazione illustra il Piano di Monitoraggio strutturale e geotecnico relativo Viadotti 1, 2, 3 e 4 previste nell'ambito dell'adeguamento della SS87 in direzione di Campobasso per un'estesa di circa 3.400 m in comune di Campolieto.

Il piano, redatto in accordo alle "Linee Guida ANAS per il Monitoraggio Geotecnico" e del paragr. 6.2.6 del DM 17/01/2018, ha lo scopo di verificare la corrispondenza tra le ipotesi progettuali e i comportamenti osservati e di controllare la funzionalità dei manufatti nel tempo, mediante la misura di grandezze fisiche significative, prima durante e dopo la costruzione del manufatto.

Il sistema di monitoraggio è stato definito in modo da poter fornire gli elementi necessari ad una corretta valutazione in corso d'opera, al fine di poter intervenire con eventuali azioni correttive da adottare qualora ci si discosti dalle previsioni progettuali, in termini di comportamento delle nuove

1.2 CRITERI GENERALI PER IL PROGETTO DI MONITORAGGIO

Il piano di monitoraggio proposto si prefigge lo scopo di:

- verificare la corrispondenza tra le ipotesi progettuali e il comportamento osservato;
- verificare lo stato di attività degli elementi geomorfologici osservati e controllare la validità della soluzione progettuale proposta;
- controllare la possibilità di riattivazione di fenomeni definiti "quiescenti";
- verifica della qualità delle prestazioni dell'opera, dopo la costruzione.

Note le condizioni di progetto, la scelta della strumentazione da installare è una diretta conseguenza dei parametri che si intendono monitorare.

	Grandezza da misurare	Strumentazione prevista
<i>Regime idraulico</i>	Misura di pressioni interstiziali	Piezometri a corde vibrante
<i>Fenomeni di erosione diffusa</i>	Spostamenti di punti significativi del pendio, in superficie.	Capisaldi topografici
<i>Comportamento delle strutture (Viadotti dal n° 1 al n° 4)</i>	Spostamenti/rotazione e stato tensionale della struttura	Accelerometri, estensimetri e clinometri

Gli strumenti di monitoraggio dovranno essere installati:

- all'esterno, almeno tre mesi prima dell'inizio dei lavori, in modo da poter acquisire un numero di dati significativi ai fini della valutazione della situazione "ante-operam";
- all'interno delle parti componenti l'opera, durante le fasi realizzative.

1.3 ANALISI DELLE PROBLEMATICHE E SCOPO

Il contesto di riferimento cui il programma della strumentazione deve essere riferito è quello di un'area potenzialmente in frana all'interno della quale sia le strutture (viadotti) che il corpo stradale sono state

RELAZIONE MONITORAGGIO GEOTECNICO - STRUTTURALE







dimensionate per contrastare significative deformazioni attese. Se ne suddivide il programma secondo la classificazione di cui sopra, distinguendo cioè i viadotti dal resto del tracciato.

La filosofia che si intende applicare nel seguito è quella di far ricorso per quanto possibile a strumenti in grado di trasmettere a distanza la propria misura con la frequenza desiderata dall'utilizzatore finale, in modo da evitare la necessità di accesso al sito. Sarà pertanto necessario organizzare sia una opportuna stazione ricevente sia il quadro nell'ambito del quale ciascun nuovo dato dovrà essere collocato e ove esso assuma fin da subito il significato fisico assegnato a ogni elemento del monitoraggio di cui al seguito.

2 MONITORAGGIO STRUTTURALE DEI VIADOTTI

2.1 UBICAZIONE DELLA STRUMENTAZIONE

Per i viadotti sono previste sezioni di misure attrezzate con:

-  Accelerometro triassiale
-  Estensimetro (barr. est.)
-  Clinometro biassiale
-  Datalogger dinamico
-  Datalogger statico
-  Stazione meteo (anem.)

Il numero e la tipologia degli strumenti installati sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 2-1: Strumenti installati su opere d'arte.

Opera	Accelerometro triassiale	Estensimetro (barr. est)	Clinometro biassiale	Datalogger dinamico	Datalogger statico	Stazione meteo (anem.)
Viadotto 1	4	60	5	1	1	1
Viadotto 2	4	60	5	1	1	1
Viadotto 3	6	92	7	1	1	1
Viadotto 4	4	60	5	1	1	1

Nella figura seguente si riporta l'ubicazione della strumentazione di monitoraggio sulle pile, mentre negli allegati si riporta l'ubicazione della strumentazione sui diversi viadotti in esame, per una descrizione più dettagliata si rimanda agli elaborati di progetto.

RELAZIONE MONITORAGGIO GEOTECNICO - STRUTTURALE

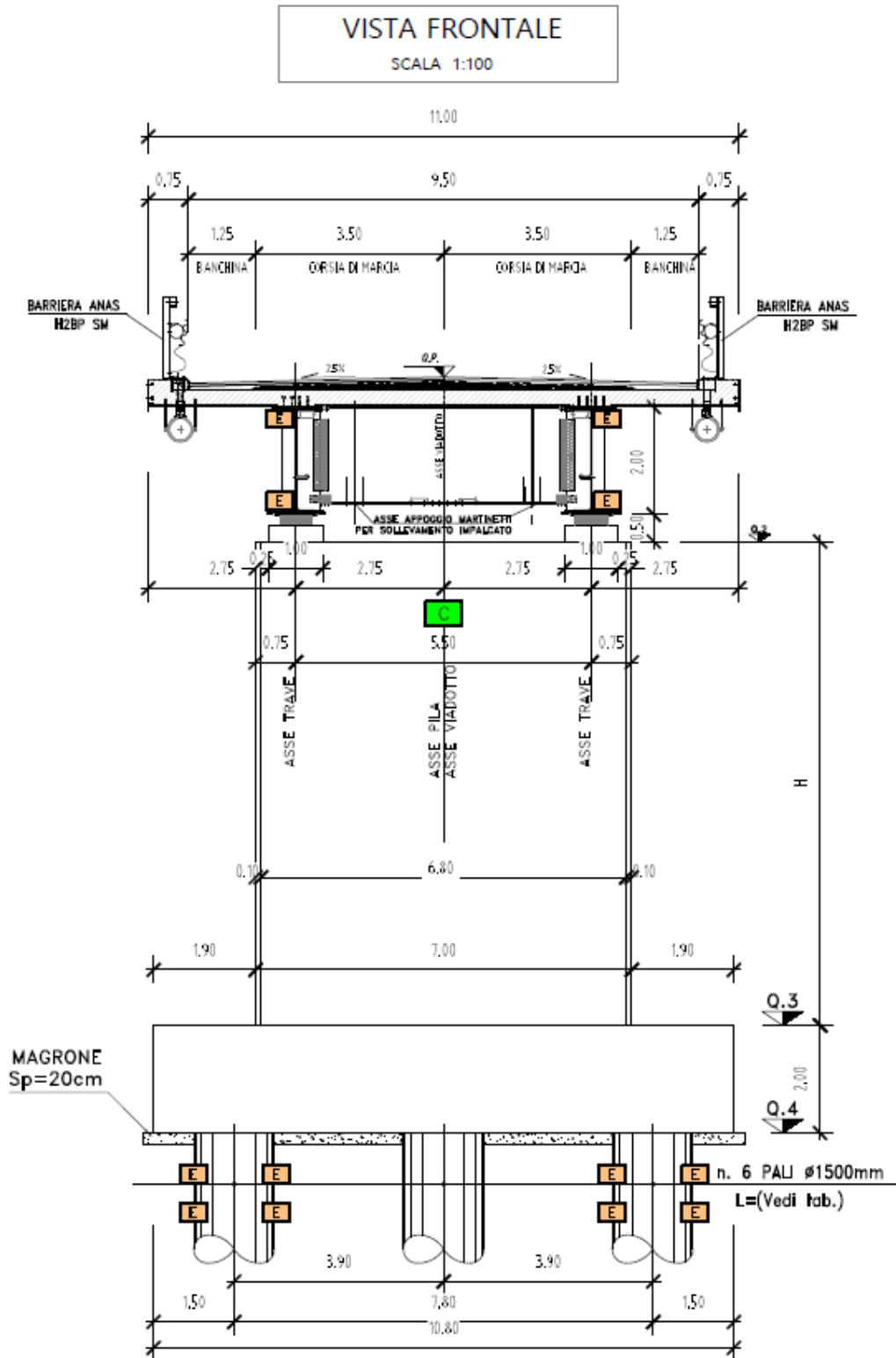


Figura 2-1: Ubicazione della strumentazione di monitoraggio sulle pile.

2.2 SISTEMA DI MONITORAGGIO STRUMENTALE PREVISTO

Sui viadotti si dovrà prevedere l'installazione di sensori in grado di effettuare misure correlabili con il comportamento statico delle opere. Questi sensori sono accelerometri triassiali montati sugli impalcati dei ponti tipicamente sulle travi principali che in tempo reale restituiscono i dati rappresentativi del comportamento dell'opera. Un tipico sistema di monitoraggio è costituito da una rete di sensori montati sulle travi dell'impalcato che misurano le accelerazioni dovute principalmente al transito dei mezzi passanti sul viadotto ma anche dalle azioni esterne quale vento ed eventualmente il sisma.

Per la valutazione dello stato tensionale dell'opera si dovrà prevedere l'installazione di un numero adeguato di estensimetri a barre, vedi gli elaborati allegati al presente progetto.

Tali estensimetri verranno posizionati sulle travi principali e più precisamente agli appoggi e in campata. Inoltre, verranno predisposti altri estensimetri sui pali di fondazione in genere su quelli più esterni essendo questi ultimi quelli più sollecitati.

Per monitorare le variazioni angolari strutturali delle pile e delle spalle dei viadotti si devono prevedere dei clinometri biassiali da utilizzati per monitorare eventuali cambiamenti nell'inclinazione delle strutture del viadotto. Lo strumento è dotato di un sensore inclinometrico ad alta sensibilità di tipo elettrolitico che rileva le variazioni angolari delle strutture con estrema precisione ed accuratezza.

I dati vengono raccolti in una centralina di acquisizione (*data logger*) e quindi inviati ad una piattaforma software che segue l'analisi e l'elaborazione di questi dati per l'identificazione dinamica delle proprietà della struttura e valutare il loro cambiamento nel tempo. L'obiettivo del progetto è che i dati inviati alle sale di controllo, saranno poi gestiti dal responsabile del monitoraggio che indicherà le azioni da seguire riguardo la salvaguardia dell'opera strutturale.

3 MONITORAGGIO GEOTECNICO

3.1 PUNTI DI MONITORAGGIO TIPOLOGICI

Si prevedono cinque punti di monitoraggio tipologici

- Tipo A: punto di monitoraggio delle edicole di pile e spalle dei viadotti; si vedano i Par. 3.2 e 3.3.
- Tipo B: punto di monitoraggio delle opere di sostegno di rilevati e trincee, distribuiti ogni 250m ca. lungo il tracciato; si veda il Par. 3.5.
- Tipo C: punto di monitoraggio delle acque sotterranee; si applica in unione con un punto di tipo A, B o C; si vedano i Par. 3.2-d), 3.5.2-c) e 3.6-c).
- Tipo D: punto di monitoraggio degli spostamenti dei plinti, eseguito per via indiretta sulle strutture in elevazione di pile e spalle; si veda il Par. 3.4.
- Tipo E: punto di monitoraggio delle sezioni in rilevato a maggiore altezza; si veda il Par. 3.6.
- Tipo F: recupero di tubi inclinometrici esistenti; si veda il Par. 3.5.1.

3.2 EDICOLE DELLE PILE DEI VIADOTTI

Le pile sono difese da edicole costituite da pali trivellati accostati, tirantati in prossimità della sommità e collegati dalla trave porta-tiranti e da una sottostante soletta in cemento armato, entrambe di forma semicircolare. Si dovrà prevedere quanto segue:

a) Pali dell'edicola

Per l'edicola centrale dei viadotti 1-2 e 4 (tutti con 3 pile intermedie) e per le edicole 2 e 4 per il viadotto 3 (5 pile): batteria di celle inclinometriche distanziate tra loro di 0.5m (le quattro inferiori: distanza di 1m da quella superiore adiacente) spinte 12m al di sotto dell'intradosso della trave porta tiranti (21 celle in totale; quella di sommità: a 0.5m dalla trave). Ne consegue che 2÷4 delle celle più profonde risulteranno intestate all'interno dello "Strato 3", quello cioè più compatto (di base) ove le deformazioni orizzontali del palo saranno trascurabili fornendo così lo spostamento "zero" di riferimento.

Scopo della misura è la valutazione innanzi tutto degli spostamenti orizzontali dell'edicola (sia verso il plinto che verso i relativi pali di sostegno), stimato come molto contenuto nella fase di progetto. Le celle verranno cementate all'interno di un tubo in plastica di opportuno diametro messo in opera contemporaneamente all'armatura dei pali dell'edicola. La misura della inclinazione locale permetterà:

- la ricostruzione diretta della curva di deformazione orizzontale del palo;
- una stima approssimata del momento flettente. Sarà indispensabile per lo specifico palo misurare accuratamente la distribuzione del volume del calcestruzzo di getto (ai fini della ricostruzione della sua sezione con la profondità nel tratto interessato dalle misure) e il prelievo di alcuni cubetti di prova dallo stesso per una misura puntuale del suo modulo elastico.

Si installerà inoltre tra la generatrice esterna del palo e la superficie affacciata più vicina del plinto della pila un distanziometro (anch'esso con capacità di trasmissione a remoto della misura) avente lo scopo di controllare l'eventuale avvicinamento dell'edicola alla pila stessa (riscontro in ridondanza delle misure inclinometriche). Esso sarà dotato di uno snodo a ciascuna delle due estremità che ne permetta il fissaggio alle due pareti, indipendentemente dall'inclinazione relativa della linea di distanza minima tra i due elementi di cui sopra, di cui si vuole misurare l'accorciamento nel tempo.

Lo strumento sarà ovviamente protetto dal rinterro circostante.

Tutte le apparecchiature di cui sopra dovranno essere alimentate da un sistema locale indipendente (batterie solari) ed essere in grado di trasmettere il dato quando "interrogate" dall'utilizzatore.

b) Tirante delle edicole

Due tiranti delle stesse edicole di cui sopra (quello centrale e uno immediatamente adiacente) verranno strumentate con **celle di carico toroidali**, da mettere in opera contemporaneamente al loro collegamento strutturale con l'edicola. Anch'esse saranno in grado di operare con trasmissione a remoto del dato.

c) Clinometri triassiali sui plinti

In corrispondenza delle due facce adiacenti di monte del plinto all'interno delle stesse edicole di cui sopra, in posizione centrale, si installerà un clinometro triassiale (uno per faccia). Lo scopo della prima è quello di segnalare la eventuale rotazione del plinto nel piano verticale, a seguito di eventuali spinte dell'edicola o del terreno; quello della seconda è di monitorare l'eventuale rotazione dello stesso plinto nel piano (torsione), sempre a seguito delle stesse azioni esterne.

d) Piezometri

Appena a monte di ciascuna delle edicole fin qui considerate, si installeranno due piezometri a corda vibrante con capacità di trasmissione del segnale in remoto. I suddetti piezometri saranno realizzati mediante 2 perforazioni separate; nel primo la cella sarà posizionata tra circa 4 e 4.5m da p.c., nel secondo tra 9 e 9.5m. Entrambe saranno isolate e accuratamente protette da infiltrazioni lungo la perforazione.

Scopo dei due strumenti è monitorare l'eventuale sviluppo di pressioni interstiziali nel terreno, all'interno dei due strati potenzialmente più critici per la stabilità del versante.

Nello scegliere la verticale di posizionamento, si manterrà la massima distanza possibile, in pianta, dai dreni installati a partire da ciascuna edicola adiacente.

Si riportano da Figura 3.2 a Figura 3.4 gli schemi tipologici per le edicole strumentate delle pile.

Nelle figure a seguire di questo capitolo, si farà riferimento alle sigle di cui in Figura 3.1 per identificare la strumentazione di monitoraggio prevista.

LEGENDA	
C CLINOMETRO TRIASSIALE	I INCLINOMETRO (Batteria di celle inclinometriche)
CC CELLA DI CARICO TOROIDALE	MT MIRE TOPOGRAFICHE
CT CAPOSALDO TOPOGRAFICO	PF PROFILOMETRO
D DISTANZIOMETRO	PZ PIEZOMETRI

Figura 3.1 – Legenda della strumentazione di monitoraggio

3.3 EDICOLE DELLE SPALLE DEI VIADOTTI

In corrispondenza della spalla più interna al percorso di ciascun viadotto si installeranno: un inclinometro (come in §3.1-a)), due celle di carico sui tiranti in zona (come in §3.1-b)), una coppia di clinometri (celle inclinometriche) – uno verticale e uno orizzontale – (come in §3.1-c)) su due facce ortogonali (fronte e lato monte) della fondazione e una coppia di piezometri (come in §3.1-d)).

Si riportano da Figura 3.2 a Figura 3.4 gli schemi tipologici per le edicole strumentate delle spalle.

RELAZIONE MONITORAGGIO GEOTECNICO - STRUTTURALE

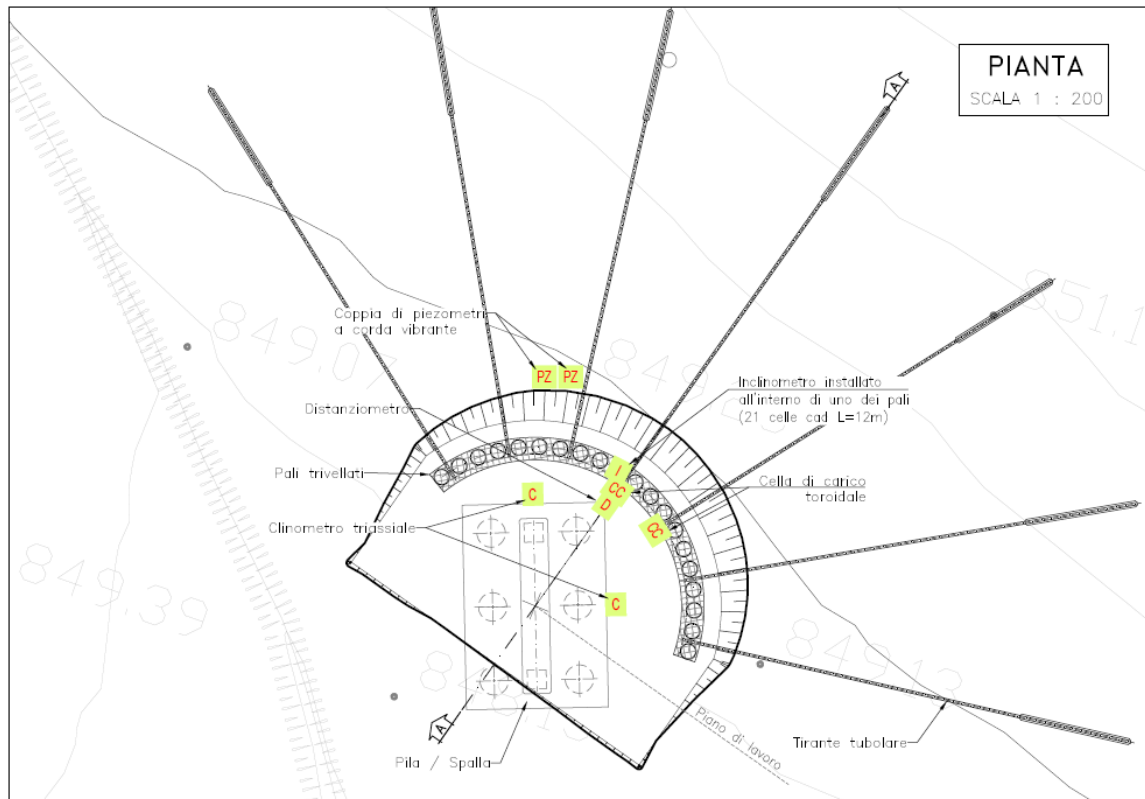


Figura 3.2 – Punto di monitoraggio Tipo A e C – Vista in pianta

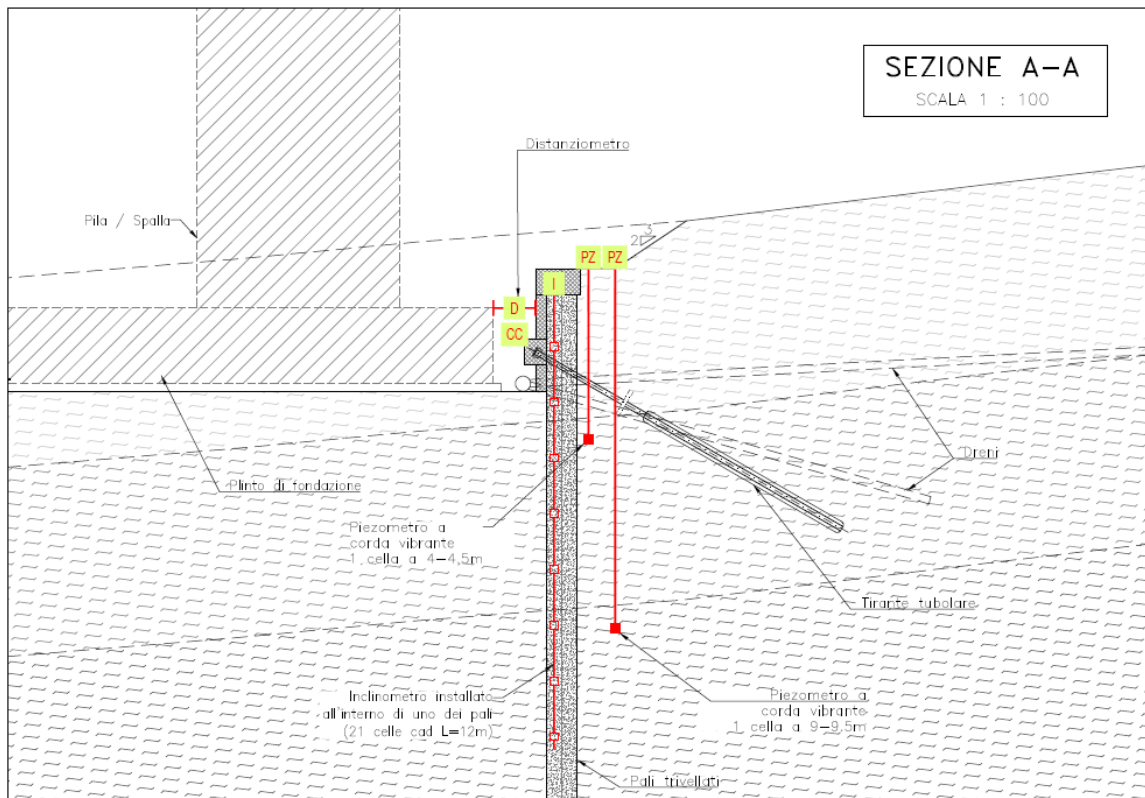
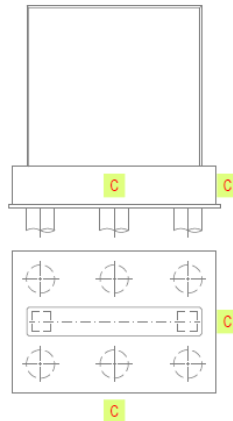


Figura 3.3 – Punto di monitoraggio Tipo A e C – Vista in sezione

RELAZIONE MONITORAGGIO GEOTECNICO - STRUTTURALE



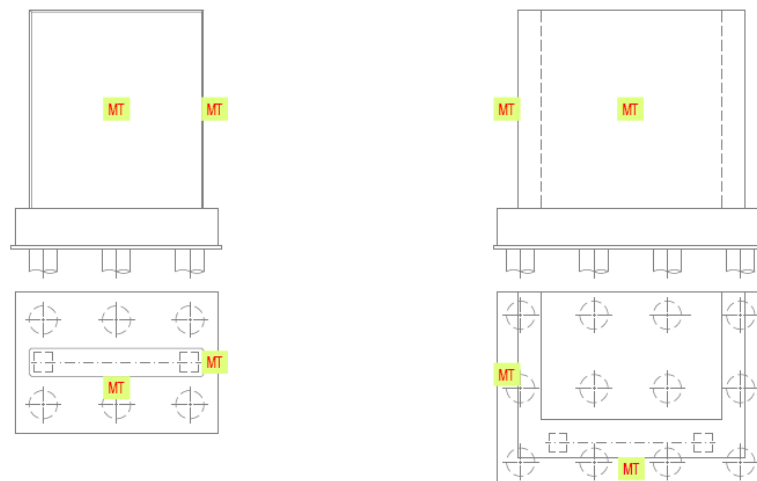
Nota: Clinometri triassiali solo sui plinti delle edicole strumentate

Figura 3.4 – Punto di monitoraggio Tipo A – Posizione indicativa dei clinometri triassiali sui plinti

3.4 RILIEVO TOPOGRAFICO DELLE PILE DEI VIADOTTI

Vista la impossibilità di ottenere misure dirette degli spostamenti assoluti delle fondazioni, si raccomanda la posa in opera di 2 mire topografiche per ogni pila e (muro interno di) spalla, con rilievo avente frequenza di 1 lettura al mese per i primi 6 mesi e a seguire 1 lettura ogni 2 mesi nei primi due anni e da decidere per il prosieguo in funzione dei risultati ottenuti; si disporrà così delle deformazioni orizzontali e verticali di ogni appoggio delle strutture principali. Attraverso ad essi sarà possibile una migliore valutazione e controllo di quanto fornito da tutti gli inclinometri presenti in adiacenza.

Si riporta in Figura 3.5 un prospetto delle opere in elevazione di pile e spalle con la posizione indicativa delle mire topografiche ("MT").



Nota: Mire topografiche sulle due facce di monte di TUTTE le pile e le spalle.

Figura 3.5 – Punto di monitoraggio Tipo D

3.5 OPERE DI SOSTEGNO DELLA CARREGGIATA

3.5.1 Recupero dei tubi inclinometrici esistenti

Per facilitare le letture da remoto, si suggerisce di installare all'interno dei tubi inclinometrici esistenti una batteria di celle inclinometriche. Causa la minore precisione richiesta per la intelleggibilità della misura nella parte sommitale (fino a circa 6.5m da p.c.) si adatterà una spaziatura di 0.75m, seguita a intervalli di 1.0m fino a 12.5m di profondità. Per la "sostituzione" in esame si procederà come segue

- esecuzione dell'ultima lettura utilizzando il tubo esistente;
- posa in opera delle nuove celle e cementazione delle stesse all'interno della tubazione di cui sopra;
- esecuzione di una prima lettura dalle nuove celle inclinometriche la cui linea di riferimento sarà quella ricavata dalla misura di cui sopra

3.5.2 Inclinometri, celle di carico e piezometri

Ogni circa 250m di tracciato si provvederà a:

- posa di una batteria di celle inclinometriche all'interno di un palo di supporto (come in 3.1-a));
- posa di 2 celle di carico sui due tiranti "a cavallo" del palo di cui sopra;
- posa di n°2 piezometri (come in §3.1-d)) nella zona immediatamente a monte del palo strumentato.

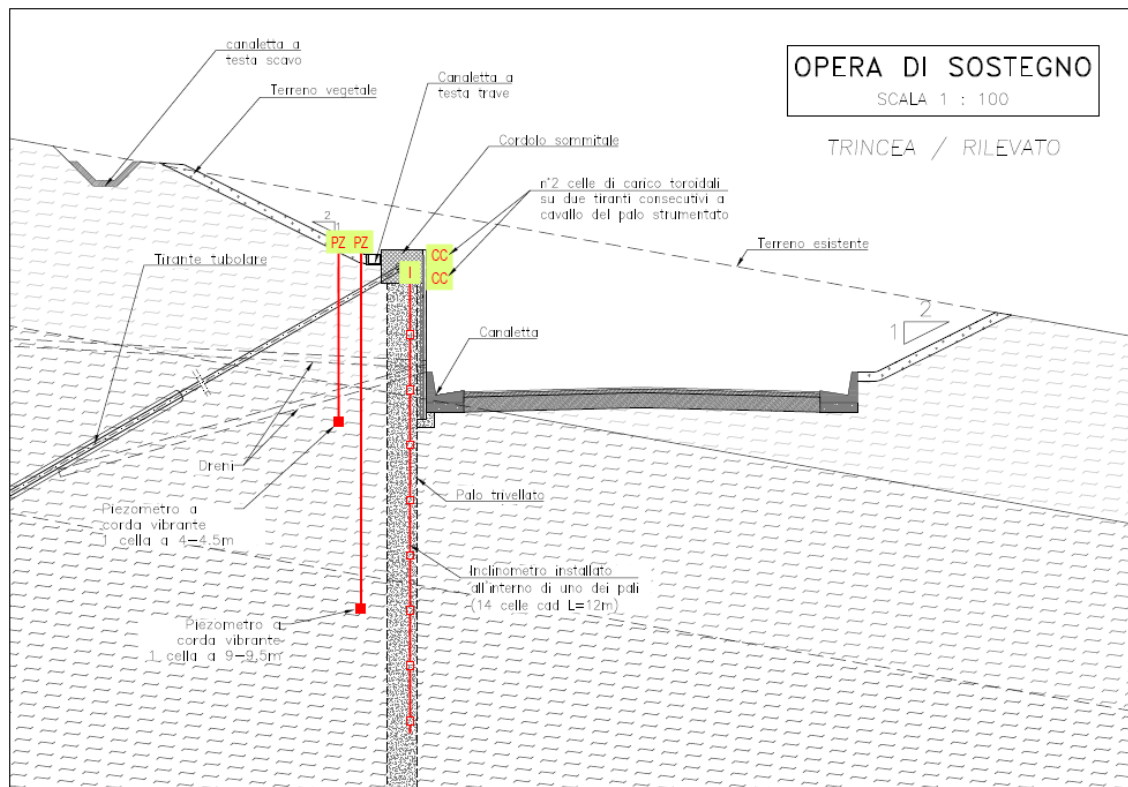


Figura 3.6 – Punto di monitoraggio Tipo B

3.6 SEZIONI IN RILEVATO A MAGGIORE ALTEZZA

Le sezioni in rilevato caratterizzate da altezze maggiori saranno strumentate come descritto di seguito, al scopo di monitorare deformazioni e regime delle pressioni interstiziali all'interno del pendio su cui si appoggiano:

- posa di 2 caposaldi topografici in cresta al rilevato, 1 per lato della carreggiata; scopo dello strumento è ottenere misure di spostamento piano-altimetriche a livello del piano stradale;
- installazione di profilometro ad acqua al di sotto del corpo del rilevato; la funzione dello strumento è ottenere un profilo delle deformazioni alla sua base (depurato quindi di eventuali deformazioni interne allo stesso non compensate durante la fase di costruzione) e non solamente una misura dello spostamento in cresta;
- posa di n°2 piezometri a corda vibrante (come in §3.1-d)) a monte del corpo del rilevato.

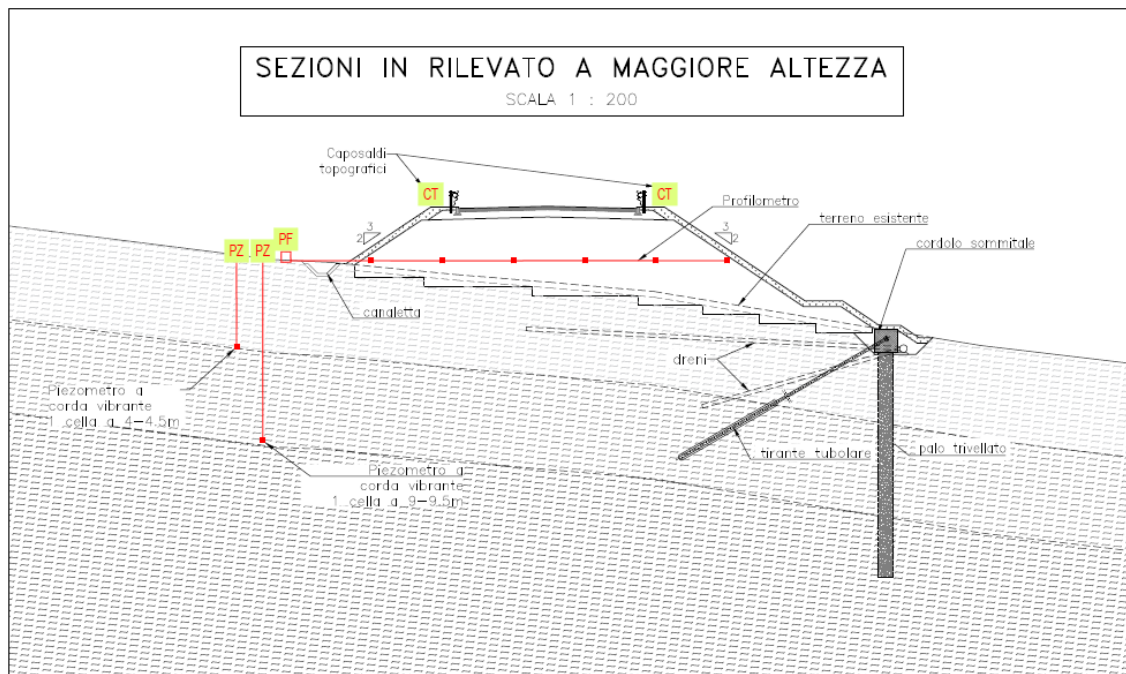


Figura 3.7 – Punto di monitoraggio Tipo E

3.7 PROGRAMMA DI GESTIONE DEI DATI

Per una elaborazione rapida e razionale delle misure sarà indispensabile disporre di un programma di gestione dati, in grado di fornire direttamente all'utilizzatore le principali quantità sotto controllo, in accordo a quanto già sottolineato in precedenza.

3.8 DURATA DEL MONITORAGGIO

Il monitoraggio dovrà durare non meno di 2 anni e in funzione dei risultati ottenuti si potrà decidere di proseguirlo.

4 MONITORAGGIO GEOTECNICO – STRUMENTAZIONE DI CONTROLLO: DISTRIBUZIONE, QUANTITÀ E TIPOLOGIA

4.1 VIADOTTI

4.1.1 Batterie di celle inclinometriche all'interno di uno dei pali delle edicole di protezione

- a) Ubicazione:
- Viadotto 1: pila 2 e spalla B;
Viadotto 2: pila 2 e spalla B;
Viadotto 3: pile 2 e 4; spalla A
Viadotto 4: pila 2 e spalla A;
- b) Per ciascuna verticale si installerà all'interno del palo centrale dell'edicola un "inclinometro automatico flessibile" costituito da 21 celle (voci di capitolato; 5.1a) al paragrafo §5;
- c) Per la tipologia si farà riferimento alla voce di capitolato 1 qui allegata al paragrafo §5.

Il numero delle batterie di celle da porre in opera come sopra è: 9, per un totale di $(9 \times 21) = 189$ celle.

Si dovrà valutare il costo della posa in opera dello strumento, comprensivo dell'assistenza nel corso della fase di posa insieme all'armatura del palo e di sigillatura della batteria di celle al tubo esterno in plastica di protezione.

Individuata la posizione del palo strumentato, si dovrà valutare la distanza tra ciascuno strumento e la centralina di acquisizione e trasmissione dei dati con il costo del relativo cavo di collegamento.

4.1.2 Tiranti delle edicole: celle di carico toroidali

- a) Ubicazione: 2 per ogni edicola per un totale di: $(9 \times 2) = 18$ (come al § 4.1.1a));
- b) Strumentazione: celle di carico toroidali (voce capitolato 5.2a) e 5.2b), comprensivo del cavo di collegamento alla centralina di raccolta e trasmissione dati).

4.1.3 Distanziometro

- a) Ubicazione:
- Viadotto 1: pila 2 e spalla B;
Viadotto 2: pila 2 e spalla B;
Viadotto 3: pile 2 e 4; spalla A
Viadotto 4: pila 2 e spalla A;
- b) Strumentazione; distanziometro dotato di sensore laser per la misura in automatico della distanza tra il palo dell'edicola e il lato del plinto su di esso affacciato. Esso sarà dotato di un sensore MEMS integrativo per il rilevamento della variazione di inclinazione del dispositivo nonché di un termometro per la misura della temperatura locale (essa influenza la lettura dell'inclinometro).
Oltre al dispositivo di misura di cui sopra, ci si dovrà dotare di un target di riscontro del raggio laser, di due sistemi di fissaggio (al palo e al plinto) e del cavo di trasmissione dei dati.
Il totale di strumenti da approvvigionare è: 9 (voci di capitolato 5.3a) e 5.3b)).

4.1.4 Deformazione spaziale del plinto

- a) Ubicazione: sulle due facce tra loro perpendicolari di ciascun plinto all'interno delle edicole strumentate come sopra;

- b) Strumentazione: clinometro costituito da MEMS 3D dotato di accelerometro triassiale e termometro più magnetometro triassiale per il controllo dell'eventuale torsione, per un totale di: $9+9 = 18$ clinometri e relativo cavo di trasmissione dei dati alla centralina (voci di capitolato 5.4-a) e 5.4-b).

4.1.5 Piezometri

- a) Ubicazione: appena a monte di tutte le edicole di cui sopra (9 verticali). Si prevede la perforazione di 2 distinte verticali. Nella prima si installerà la cella a $4.0 \div 4.5\text{m}$; nella seconda a $9.0 \div 9.5\text{m}$ dal p.c..
- b) Strumentazione: piezometro a corda vibrante con cavo di collegamento di ciascuno strumento (2 per ogni verticale) al centralizzatore (voci di capitolato 5.5-a), 5.5-b) e 5.5-c).

Totale di celle di misura: $2 \times 9 = 18$.

Totale perforazioni: $2 \times 9 = 18$.

Totale lunghezza di perforazione: $9 \times 4.5\text{m} + 9 \times 9.5\text{m} = 126\text{m}$

4.2 OPERE LUNGO LA CARREGGIATA

4.2.1 Recupero dei tubi inclinometrici già in opera e installazione al loro interno di "inclinometro automatico tridimensionale flessibile"

- a) Ubicazione: sono stati messi in opera (e letti) tubi inclinometrici in alcuni dei sondaggi della campagna d'indagine 2021. Si propone di attrezzare le stesse verticali con analoga strumentazione (celle inclinometriche) ma che permetta la lettura da remoto. I sondaggi attrezzati sono. S4-S7-S10-S11-S12-S14-S15-S16-S17-S18-S19 e S21 (12 in totale);
- b) Strumentazione: si installeranno all'interno di ciascun tubo inclinometrico "batterie" di celle inclinometriche a formare un "inclinometro automatico tridimensionale e flessibile" in grado di mantenere il suo funzionamento anche in presenza di spostamenti orizzontali significativi. Il collegamento tra le celle successive è assicurato da un cavo in Kevlar che garantisce il requisito di cui sopra.

La prima cella sarà fissata a 0.5m dal p.c.; le 7 successive verranno posizionate con intervallo di 0.75m (fino a 6.5m da p.c.), seguiti da altre 6 spaziate di 1m (fino a 12.5m da p.c.; numero di celle totale: 14).

Tale sequenza garantisce una ottima precisione di lettura nel tratto presumibilmente interessato dagli spostamenti superficiali (più elevati), assicurando nel contempo un punto fisso al piede che consentirà di valutare lo spostamento assoluto in sommità.

Ne consegue un numero totale di celle inclinometriche pari a: $14 \times 12 = 168$ cui si dovrà aggiungere, per ciascuna delle 12 postazioni previste, il cavo di collegamento alla centralina di alimentazione e raccolta dati (voci di capitolato 6.1 e 6.2).

4.2.2 Inclinometri

- a) Ubicazione: da cementare all'interno della gabbia di armatura di un palo ogni 250m circa, per un totale di 11 posizioni.
- b) Strumentazione: voce di capitolato 5.1-a), con distribuzione delle celle come in §4.2.1-b) (14 per ciascuna palo) per un totale di : $(11 \times 14) = 154$ celle.

4.2.3 Tiranti di linea: Celle di carico toroidali

- c) Ubicazione: 2, nei due pali a cavallo di quello strumentato come sopra (per 11 postazioni).
- d) Strumentazione: come in §4.1.1-b) per un totale di $(11 \times 2) = 22$ celle toroidali e relativi cavi.

4.2.4 Profilometri e caposaldi

- a) Ubicazione: in corrispondenza delle sezioni di maggiore altezza.
- b) Strumentazione: per un totale di 11 sezioni si avranno $2 \times 11 = 22$ caposaldi e 11 profilometri.

4.2.5 Piezometri

- a) Ubicazione: in posizione immediatamente a monte della sezione strumentata come sopra (11+11 postazioni). Si prevede la perforazione di 2 distinte verticali. Nella prima si installerà la cella a $4.0 \div 4.5\text{m}$; nella seconda a $9.0 \div 9.5\text{m}$ dal p.c., come in §4.1.5-a);
- b) Strumentazione: come in §§4.1.5-b). Numero totale di piezometri a corda vibrante:
Totale di celle di misura: $2 \times (11+11) = 44$
Totale perforazioni: $2 \times (11+11) = 44$.
Totale lunghezza di perforazione: $(11+11) \times 4.5\text{m} + (11+11) \times 9.5\text{m} = 308\text{m}$.

4.3 STAZIONI DI RACCOLTA DATI (CENTRALIZZATORI)

4.3.1 Viadotti

Si prevede l'impiego di una centralina di raccolta dati da ubicarsi in prossimità di ciascuna fondazione strumentata:

- Pile: $(3+2) = 5$;
- Spalle: 4

Totale 9 Datalogger tipo A (voci di capitolato: 5.6, da ubicarsi in prossimità di ciascuna fondazione strumentata).

4.3.2 Tubi inclinometrici esistenti

Datalogger tipo B (voce di capitolato: 5.7) da posizionarsi in prossimità delle verticali citate al punto §4.2.1a). Per maggiore sicurezza sarebbe opportuno raccogliere i centralizzatori in quesitone in area protetta, da decidere in corso d'opera. Totale: 12

4.3.3 Opere di sostegno lungo il tracciato

Si ricorrerà a un centralizzatore tipo C di cui alla voce di capitolato 5.8, per un totale di 11 stazioni. Anche per esse sarà opportuno individuare in corso d'opera una zona protetta.

4.3.4 Gestione dati

Si deve prevedere una stazione ove tutti i dati di cui sopra vengano raccolti, elaborati e rappresentati nelle modalità di prevista utilizzazione immediata da parte degli addetti alla manutenzione dell'opera. Si dovrà pertanto prevedere un costo specifico per ciascuno strumento posto in opera nonché un abbonamento annuo per la gestione di una scheda telefonica SIM (per ciascun centralizzatore) dotata di IP pubblico (voce di capitolato 5.9).

4.3.5 Rilievo topografico dello spostamento delle fondazioni dei viadotti

Si dovrà disporre e posare $n^\circ (22 \times 2) = 44$ mini prismi con diametro $D = 25\text{mm}$ con montatura in PVC, fissato su giunto cardanico, comprensivi di adattatore con attacco a baionetta in acciaio inox per fissaggio a parete e tassello.

4.4 IDENTIFICAZIONE E UBICAZIONE DEI PUNTI DI MISURA E CALCOLO DELLE QUANTITÀ

Con riferimento all'elaborato n. T00GE00MOGPU06B "Planimetria con ubicazione dei punti di misura", si riassumono di seguito i punti di misura individuati e la tipologia a loro associata.

PUNTI DI MONITORAGGIO	TIPOLOGIA	PUNTI DI MONITORAGGIO	TIPOLOGIA	PUNTI DI MONITORAGGIO	TIPOLOGIA
SOTT_01	B	ASOT_08	C	SOTT_29	D
ASOT_01	C	SOTT_14	D	SOTT_30	D
SOTT_02	B	SOTT_14a	E	SOTT_31	D
SOTT_02a	E	ASOT_08a	C	SOTT_31a	E
ASOT_02a	C	SOTT_15	D	ASOT_15a	C
ASOT_02	C	SOTT_16	A	SOTT_32	A
SOTT_03	B	ASOT_09	C	ASOT_15	C
ASOT_03	C	SOTT_17	D	SOTT_33	B
SOTT_04	A	SOTT_18	D	ASOT_16	C
SOTT_04a	E	SOTT_19	D	SOTT_34	D
ASOT_03a	C	SOTT_20	A	SOTT_34a	E
ASOT_04	C	SOTT_20a	E	ASOT_16a	C
SOTT_05	D	ASOT_10a	C	SOTT_35	D
SOTT_06	D	ASOT_10	C	SOTT_36	A
SOTT_07	A	SOTT_21	B	ASOT_17	C
ASOT_05	C	ASOT_11	C	SOTT_37	D
SOTT_08	D	SOTT_22	B	SOTT_38	D
SOTT_09	D	ASOT_12	C	SOTT_39	D
SOTT_10	D	SOTT_23	D	SOTT_39a	E
SOTT_10a	E	SOTT_23a	E	ASOT_18a	C
ASOT_05a	C	ASOT_12a	C	SOTT_40	A
SOTT_11	B	SOTT_24	D	ASOT_18	C
SOTT_11a	E	SOTT_25	A	SOTT_41	B
ASOT_06a	C	ASOT_13	C	SOTT_41a	E
ASOT_06	C	SOTT_26	D	ASOT_19a	C
SOTT_12	B	SOTT_27	D	ASOT_19	C
ASOT_07	C	SOTT_28	A	SOTT_42	B
SOTT_13	B	ASOT_14	C	ASOT_20	C

Tabella 4.1 – Tabella riassuntiva strumentazione di controllo

Nelle seguenti tabelle si riportano le quantità suddivisa per punti di misura tipologici e per tipologia di strumentazione.

RELAZIONE MONITORAGGIO GEOTECNICO - STRUTTURALE

Punto tipo	Descrizione	num. Punti di misura	Dettaglio strumentazione			Voce (paragr.)
			Descrizione	n°/cad	n° tot	
A	Monitoraggio per edicole di Spalle e Pile	9	Verticali inclinometriche (9x1)	1	9	4.1.1
			Celle inclinometriche (9x14)	14	126	
			Distanziometro (9x1)	1	9	4.1.3
			Tiranti strumentati (9x2)	2	18	4.1.2
			Celle di carico toroidali (18x1)	1	18	
Clinometri triassiali MEMS 3D (9x2)	2	18	4.1.4			
B	Opere di sostegno del tracciato stradale	11	Verticali inclinometriche (11x1)	1	11	4.2.2
			Celle inclinometriche (11x14)	14	154	
			Tiranti strumentati (11x2)	2	22	4.2.3
			Celle di carico toroidali (22x1)	1	22	
C	Piezometri a corda vibrante	31	Piezometri a corda vibrante (31x2)	2	62	4.1.5-
			Perforazioni per piezometri (n.) (62x1)	1	62	
			Lunghezza di perforazione piezometri (m) (4.5÷9.5)		434	4.2.5
D	Lecture topografiche di ogni pila e ogni spalla	22	Mire topografiche (22x2)	2	44	3.4
E	Sezioni di rilevato a maggiore altezza	11	Capisaldi topografici (11x2)	2	22	4.2.4
			Profilometri (11x1)	1	11	
F	Recupero di tubi inclinometrici esistenti	12	Verticali inclinometriche (12x1)	1	12	4.2.1
			Celle inclinometriche (9x14)	14	168	

Tabella 4.2 – Tabella riassuntiva strumentazione di controllo per sezione

Strumentazione	n°tot
Verticali inclinometriche	32
Celle inclinometriche	448
Distanziometro	9
Celle di carico toroidali	40
Piezometri a corda vibrante	62
Perforazioni per piezometri (n.)	62
Lunghezza di perforazione piezometri (m)	434
Mire topografiche	44
Capisaldi topografici	22
Profilometri	11

Tabella 4.3 – Tabella riassuntiva strumentazione di controllo per tipologia

5 MONITORAGGIO GEOTECNICO – VOCI DI CAPITOLATO

5.1 INCLINOMETRO AUTOMATICO TRIDIMENSIONALE VERTICALE FLESSIBILE

- a) Lo strumento si presenta come una catena di nodi (a distanza definibile a seconda delle esigenze) in resina epossidica, uniti da cavo elettrico per l'alimentazione e trasmissione dati e da un'asta in fibra di vetro e/o in acciaio per la tenuta meccanica del sistema, con giunti a conservazione di azimut. I sensori al loro interno dispongono di un sensore MEMS 3D, dotato di accelerometro triassiale e termometro, oltre a un magnetometro triassiale per controllo della spiratura della catena in foro. I sensori descritti vengono solidarizzati all'opera e seguono le deformazioni orizzontali della stessa, consentendo di individuare l'entità e la direzione degli eventuali movimenti. La sensibilità deve essere pari ad almeno 0.01°, la dipendenza dalla temperatura deve essere contenuta entro lo 0.3% F.S., il campo operativo da -40°C a +125°C. la sensibilità richiesta per il termometro è di 0.05°C, mentre la sensibilità del magnetometro 0.00015 Gauss. Lo strumento permette il calcolo dei seguenti parametri: spostamenti locali 2D, spostamenti cumulati 3D, spostamenti locali e cumulati in direzione Nord-Sud, spostamenti locali e cumulati in direzione Est-Ovest, cedimento stimato per ogni sensore, velocità e accelerazione degli spostamenti, andamento nel tempo delle grandezze descritte, direzione di spostamento rispetto al sistema di riferimento magnetico terrestre, temperatura ad ogni profondità. Il prezzo unitario va inteso a nodo/sensore.
- b) Cavo elettrico funzionale all'alimentazione e trasmissione dei dati (si veda: voce 5.2-b)).

5.2 CELLA DI CARICO TOROIDALE E CAVO DI COLLEGAMENTO

- a) Cella di carico toroidale resistiva, diametro foro 165mm, F.S. 1250kN, parte sensibile 190mm, dimensione esterna 260mm, spessore 40mm. Ripetibilità +/-0,02% F.S., uscita mV/V, carico ammesso 150% F.S., temperatura di funzionamento da -20 a +70°C, materiale costruzione acciaio inox, classe di protezione IP 68.
- b) Cavo di segnale 6x0.32mm², 22 AWG, 6 conduttori, rinforzato con filo in PE, rame stagnato, guaina esterna in PUR, singolo conduttore in PE, calza metallica. Diametro esterno 6.2mm.

5.3 DISTOMETRO LASER

- a) Caratteristiche tecniche sensore laser:
- Risoluzione: ± 1 mm
 - Campo di misura: 0.03 - 40m
 - Classe laser: 2
 - Tipologia laser: 620-690 nm, < 1mV
- b) Caratteristiche tecniche sensore MEMS e Termometro:
- Campo di misura: 360°
 - Sensibilità dell'accelerometro: 105 LSB/° (0.0095°)
 - Dipendenza della sensibilità dalla temperatura: Min. -0.3% - Max. +0.3%
 - Errore di linearità dell'accelerometro: Min. - 4mg - Max. + 4mg
 - Campo operativo di temperatura dell'accelerometro: -40°C ÷ +125°C
 - Campo di misura del termometro: -50°C ÷ +150°
 - Sensibilità del termometro: 18.9 LSB/°C

5.4 CLINOMETRO

- a) Lo strumento si presenta come un nodo in resina epossidica o scatolare, dal quale esce un cavo elettrico per l'alimentazione e trasmissione dati, da collegare in centralina. Il sensore presente è un MEMS 3D, dotato di accelerometro triassiale e termometro, oltre a un magnetometro triassiale per controllo dell'eventuale torsione dell'opera. I sensori descritti consentono di individuare rotazioni secondo gravità e rotazioni nel piano. La sensibilità deve essere pari ad almeno 0.01°, la dipendenza dalla temperatura deve essere contenuta entro lo 0.3% F.S., il campo operativo da -40°C a +125°C. la sensibilità richiesta per il termometro è di 0.05°C, mentre la sensibilità del magnetometro 0.00015 Gauss. Lo strumento permette il calcolo dei seguenti parametri: Angolo di inclinazione asse X, Angolo di inclinazione asse Y, eventuale rotazione rispetto al sistema di riferimento magnetico terrestre, temperatura, andamento nel tempo delle grandezze descritte.
- b) Cavo elettrico funzionale all'alimentazione e trasmissione dei dati di strumenti digitali come inclinometrici automatici, distometri e i clinometri. Isolamento E4, schermo rame stagnato, guaina Pur, diametro esterno 6.8mm.

5.5 PIEZOMETRO A CORDA VIBRANTE

- a) Trasduttore a corda vibrante, 170kPa. Sovrappressione 200 % F.S., accuratezza +/- 0,1%, non linearità <0.5% F.S., deriva termica < 0.5% FS/°C, temperatura di funzionamento da -20 a +80°C, termistore integrato 3kohm.
- b) Trasduttore a corda vibrante, 69kPa. Sovrappressione 200 % F.S., accuratezza +/- 0,1%, non linearità <0.5% F.S., deriva termica < 0.5% FS/°C, temperatura di funzionamento da -20 a +80°C, termistore integrato 3kohm.
- c) Cavo di segnale 4x0.32mm², 22 AWG, rinforzato con filo in PE, rame stagnato, guaina esterna in PUR, guaina singolo conduttore in PE, filo di drenaggio. Diametro esterno 8.2mm.

5.6 DATALOGGER DI TIPO A

Centralizzatore dati composto da:

- Centralina di acquisizione a basso assorbimento energetico dotata di almeno 2 porte digitali RS485, 1 porta Ethernet e uno slot per scheda SD. Il datalogger deve poter acquisire i dati dai vari strumenti collegati ad esso e inviarli ad un server remoto con una frequenza definibile dall'utente e modificabile in corso d'opera. Inoltre, i principali parametri della centralina devono essere riconfigurabili da remoto;
- Multiplexer digitale per l'acquisizione fino a 4 strumenti digitali con comunicazione RS485;
- Multiplexer a 4 canali per l'acquisizione di strumenti analogici (4-20mA, mV/V, V, PT100, NTC e a corda vibrante) in grado di comunicare con la centralina mediante RS485;
- Armadio con grado di protezione IP66, Router Wi-Fi 4G LTE industriale comprensivo di antenne, Batteria 12 V 12 Ah, Pannello fotovoltaico, regolatore di carica e sistema di aggancio a palo tipologia innocenti.

Ciascun centralizzatore dati sarà funzionale alla gestione di:

- 1 Catena inclinometrica composta da numerose celle inclinometriche;
- 1 Distanziometro;
- 2 Celle di carico toroidali;
- 2 Clinometri;
- 2 Piezometri.

5.7 DATALOGGER DI TIPO B

Centralizzatore dati composto da:

- Datalogger ad interfaccia Bluetooth/Wi-Fi per l'acquisizione di strumentazione digitale su rete RS485. La centralina deve poter acquisire i dati dai vari strumenti collegati ad essa e inviarli ad un server remoto con una frequenza definibile dall'utente e modificabile in corso d'opera. La frequenza di campionamento ed invio deve poter essere riconfigurata da remoto.
- Armadio con grado di protezione IP66, Router Wi-Fi 4G LTE industriale comprensivo di antenne, Batteria 12 V 7 Ah, Pannello fotovoltaico, regolatore di carica e sistema di aggancio a palo tipologia innocenti.

Ciascun centralizzatore dati sarà funzionale alla gestione di:

- 1 Catena inclinometrica automatica.

5.8 DATALOGGER DI TIPO C

Centralizzatore dati composto da:

- Centralina di acquisizione a basso assorbimento energetico dotata di almeno 2 porte digitali RS485, 1 porta Ethernet e uno slot per scheda SD. Il datalogger deve poter acquisire i dati dai vari strumenti collegati ad esso e inviarli ad un server remoto tramite apposito Router con una frequenza definibile dall'utente e modificabile in corso d'opera. Inoltre i principali parametri della centralina devono essere riconfigurabili da remoto.
- Multiplexer a 4 canali per l'acquisizione di strumenti analogici (4-20mA, mV/V, V, PT100, NTC e a corda vibrante) in grado di comunicare con la centralina mediante RS485.
- Armadio con grado di protezione IP66, Router Wi-Fi 4G LTE industriale comprensivo di antenne, Batteria 12 V 12 Ah, Pannello fotovoltaico, regolatore di carica e sistema di aggancio a palo tipologia innocenti.

Ciascun centralizzatore dati sarà funzionale alla gestione di:

- 1 Catena inclinometrica automatica;
- 2 Celle di carico toroidali;
- 2 Piezometri.

5.9 GESTIONE DATI

Abbonamento annuo di gestione dei dati provenienti da sensori analogici o digitali, comprensiva di raccolta automatica, elaborazione, integrazione in database sicuro con backup integrato e possibilità di consultazione in remoto tramite piattaforma web ad accesso controllato. Il sistema di gestione deve permettere l'immagazzinamento dei dati su server multipli in Cloud con Backup su server fisici, che successivamente dovranno essere elaborati mediante un apposito software. L'applicativo deve permettere una pre-validazione automatica dei dati. Attraverso algoritmi di tipo statistico il software deve essere in grado di riconoscere eventuali Spike, ridurre il rumore del segnale e individuare in automatico eventuali sensori scalibrati temporaneamente o permanentemente ed escluderli dall'elaborazione, segnalando la temporanea assenza di informazioni da parte del sensore in oggetto.

Al termine dell'elaborazione, in caso di superamento di soglie preimpostate multilivello e multicriterio, deve essere prevista l'attivazione automatica del sistema di allertamento. Il servizio deve prevedere l'invio di e-mail ed SMS, nonché l'attivazione remota di dispositivi luminosi o sonori remoti.

I risultati dell'elaborazione devono essere rappresentati su una piattaforma web, accessibile in qualunque momento da molteplici periferiche (PC, Smartphone, Tablet). La rappresentazione deve avvenire in due

RELAZIONE MONITORAGGIO GEOTECNICO - STRUTTURALE

modalità, mediante grafici dinamici adattabili in funzione del periodo di monitoraggio scelto e mediante una rappresentazione di tipo GIS nella quale vengono riportate, oltre ai dati registrati, le posizioni di installazione degli strumenti.

Il sistema inoltre deve essere programmato per inviare in automatico una e-mail informativa nel caso sia stato individuato un livello di batteria insufficiente oppure in caso di mancata ricezione dei dati.

6 PIATTAFORMA DI GESTIONE DEI DATI

Come detto in precedenza, i dati raccolti dovranno essere gestiti mediante un sistema informativo geografico (GIS) per il monitoraggio, che ha lo scopo di archiviare, rendere consultabili ed elaborabili i dati derivanti dal monitoraggio durante le diverse fasi realizzative dell'opera, confrontarli fra di loro e con tutti gli altri dati derivanti da ulteriori indagini, fornendo un supporto alle decisioni in tempo reale.

La piattaforma per la gestione dei dati di monitoraggio comunemente usata è del tipo web-based o equivalente. Dovrà prevedere un sistema di archiviazione dati su database SQL o equivalente, garantendo la totale sicurezza dei dati.

La piattaforma web di gestione dovrà avere le seguenti funzionalità:

- Consentire l'accesso alle informazioni solamente agli utenti autorizzati
- Archiviare e visualizzare tutti i documenti
- Archiviare e visualizzare le tavole di progetto
- Visualizzare gli elaborati relativi al monitoraggio
- Raggruppare gli elaborati secondo una struttura logica
- Consentire il download degli elaborati
- Visualizzare le informazioni all'interno di una planimetria (GIS)

Il sistema di gestione dati dovrà garantire la riservatezza delle informazioni attraverso un accesso protetto da password fornito esclusivamente agli utenti autorizzati. Inoltre, dovrà consentire la corretta archiviazione di tutti i documenti, dalle tavole di progetto alle relazioni tecniche con possibilità di visualizzazione online.

Infine, si potrà avere la possibilità d'interagire con la planimetria dell'area, visualizzando i diversi "layers" (isolinee e stradale), la planimetria dell'intervento e la posizione degli strumenti di monitoraggio.

All'occorrenza, dovrà essere pensato per gestire in tempo reale su sito Web i dati generati con macchine di scavo meccanizzate.

6.1 ARCHITETTURA DEL SISTEMA

Il Sistema, basato su Web Server GIS, dovrà presentare almeno le seguenti peculiarità:

- la banca dati risiederà fisicamente su un unico computer ma sarà consultabile a chiunque abbia una connessione internet, secondo diversi livelli di accesso e conseguentemente di disponibilità delle informazioni.
- qualsiasi utente avrà accesso al sistema senza la necessità di avere i software dedicati installati sul suo computer ma utilizzando i programmi residenti sul server
- si dovrà prevedere almeno la realizzazione di due postazioni, una ubicata in area locale e una presso l'entità che gestisce il server Web.

Quella locale (cantiere) sarà dotata di Personal Computer su cui saranno installati tutti i software applicativi e dedicati alla strumentazione installata oltre che i software idonei all'interrogazione automatica dei datalogger e lo scarico dei dati (Multilogger). Il Server remoto, installato presso gli uffici del gestore del sito Web, sarà invece dotato dei programmi e degli strumenti per la gestione del Data Base sul Web.

Il flusso delle informazioni sarà il seguente:

- Esecuzione delle misure in automatico mediante interrogazione degli strumenti installati da parte dei Data Logger.
- Esecuzione delle misure manuali (p.es con strumentazione portatile) o automatiche con scarico manuale (mediante collegamento locale ai sensori con centralina portatile o personal computer portatile).
- Nell'ufficio di cantiere/locale: creazione nel Data Base dei nuovi eventuali strumenti/famiglie di

strumenti.

- Nell'ufficio di cantiere/locale: scarico automatico dei dati acquisiti in automatico mediante trasmissione con GSM o dispositivo analogo e caricamento o scarico manuale da centralina/pc computer portatile dei dati acquisiti/trasferiti manualmente; trasferimento e caricamento manuale dei dati tramite opportuni file excel/csv direttamente nel database o tramite maschere di inserimento; creazione di archivio locale dei dati grezzi di cantiere (backup locale) in modo da avere sempre disponibili i dati sperimentali di cantiere.
- trasferimento da ufficio di cantiere/locale a ufficio remoto di gestione Web via rete dei dati grezzi e loro caricamento sul Data Base Web.
- interrogazione da ufficio di cantiere/locale (PCSR) del Web per validazione dei dati prima della pubblicazione definitiva sul Web. La validazione dei dati, intesa come valutazione critica dell'accettabilità del dato grezzo e le motivazioni relative saranno comunque disponibili agli utenti autorizzati per la verifica del processo;
- da ufficio remoto: pubblicazione dei dati su Web resi disponibili ai vari utenti con diversi livelli di abilitazione.
- da ufficio di cantiere/locale: verifica degli eventuali superamenti delle soglie preimpostate, comunicate dai "Responsabili". Tali soglie, definite come "di attenzione" e "di allarme" porteranno all'attivazione di contromisure. Nel caso di superamento della soglia di attenzione potranno essere aumentati il numero degli strumenti o la frequenza delle misure allo scopo di meglio individuare e definire la problematica in atto e valutare le possibili ricadute sull'avanzamento dei lavori. Nel caso di superamento della soglia di allarme, dovranno intervenire il Progettista e la Direzione Lavori per l'individuazione delle opportune contromisure.

6.2 INTERFACCIA UTENTE E VISUALIZZAZIONE DEI DATI

Un'apposita interfaccia consentirà di realizzare i grafici e/o le tabelle del periodo desiderato (dalla data xxx alla data yyy) o degli ultimi nn ore/giorni/mesi e consentirà di impostare manualmente e/o automaticamente la scala delle ascisse.

Sarà possibile realizzare report personalizzati consultabili a schermo o stampabili in PDF, eventualmente sarà anche possibile mandare automaticamente via mail questi report agli indirizzi desiderati.

I dati potranno essere esportati in formato ASCII/csv per l'importazione ed elaborazione ulteriore con excel. L'individuazione della strumentazione potrà essere effettuata tramite mappa georeferenziata (GIS). Gli hot-spot consentiranno di visualizzare grafici, schede tecniche (monografie, certificati, ecc.) e fotografie relative agli strumenti.

6.3 CONFIGURAZIONE DEL SOFTWARE

Saranno possibili diversi livelli di accesso al DataBase:

- AMMINISTRATORE: per l'amministrazione degli utenti e le impostazioni generali del progetto;
- POWER USER: per la validazione dei dati e loro pubblicazione sul Web
- EDITOR: per l'inserimento, lettura e cancellazione dei dati, nonché impostazioni generali del progetto;
- USER: per l'inserimento e lettura dei dati;
- READER: per la lettura dei dati.

Tali livelli andranno definiti in funzione delle varie competenze, con possibilità di accesso diversificate per i singoli attori coinvolti nelle attività del monitoraggio (Direttore di Cantiere, Responsabili dei monitoraggi, Progettisti, Direzione Lavori, ecc...).

7 CONCLUSIONI

Nella presente relazione è stato esposto il programma di monitoraggio previsto per le opere in oggetto.

Tale programma prevede la posa in opera e la lettura programmata delle strumentazioni di monitoraggio. Nei paragrafi precedenti sono state indicate le caratteristiche e le modalità esecutive del programma di monitoraggio predisposto.

Le indicazioni fornite nella presente relazione sono scaturite da considerazioni di tipo teorico e tecnico. In corso d'opera andranno quindi verificate e meglio adattate alla situazione reale valutando la possibilità di incrementare o ridurre le strumentazioni e la frequenza delle letture, in funzione del reale comportamento registrato.

RELAZIONE MONITORAGGIO GEOTECNICO - STRUTTURALE

8 ALLEGATI

Di seguito si riporta l'ubicazione delle strumentazioni per il monitoraggio dei viadotti:

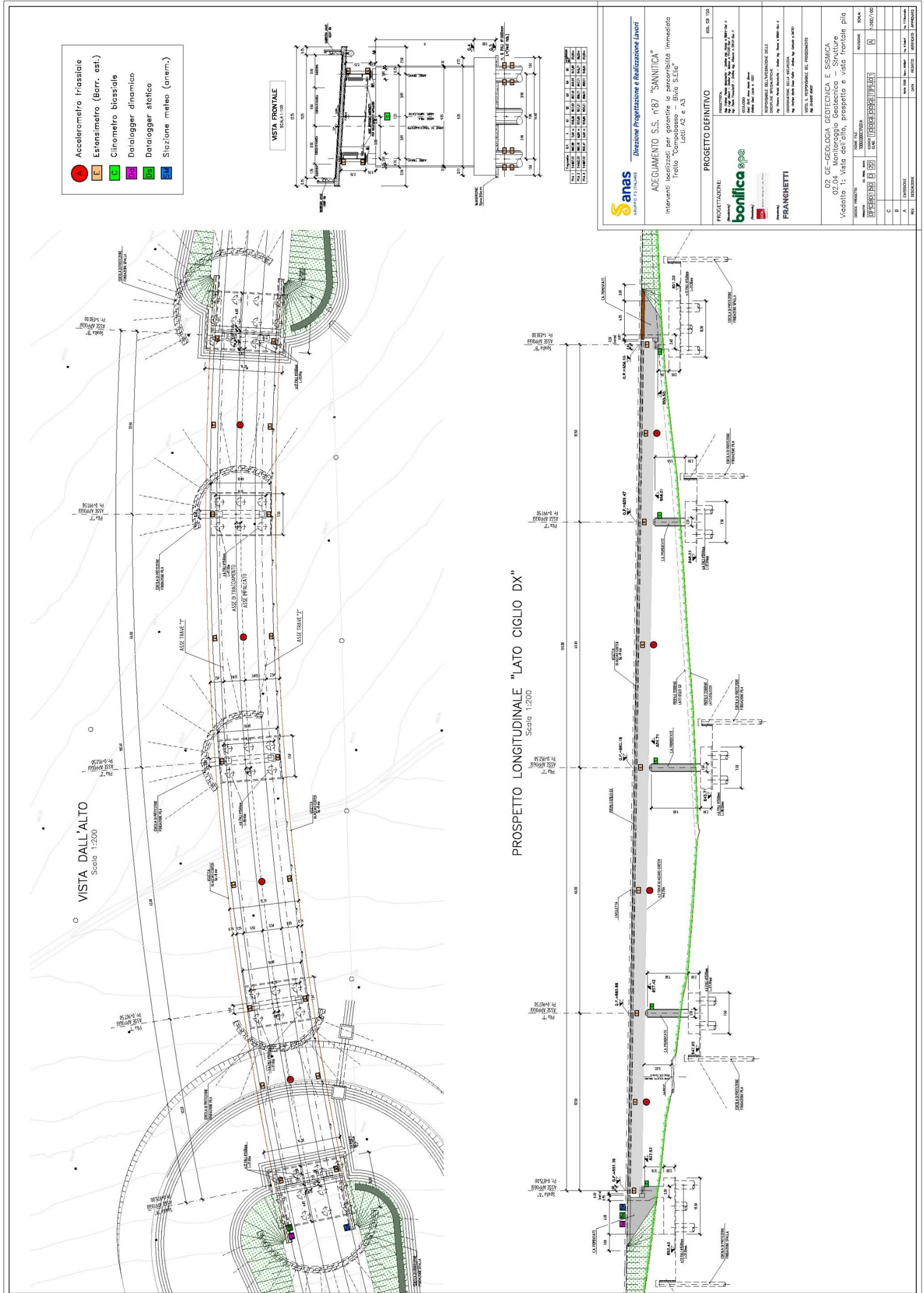


Figura 8-1: Ubicazione della strumentazione di monitoraggio – Viadotto 1.

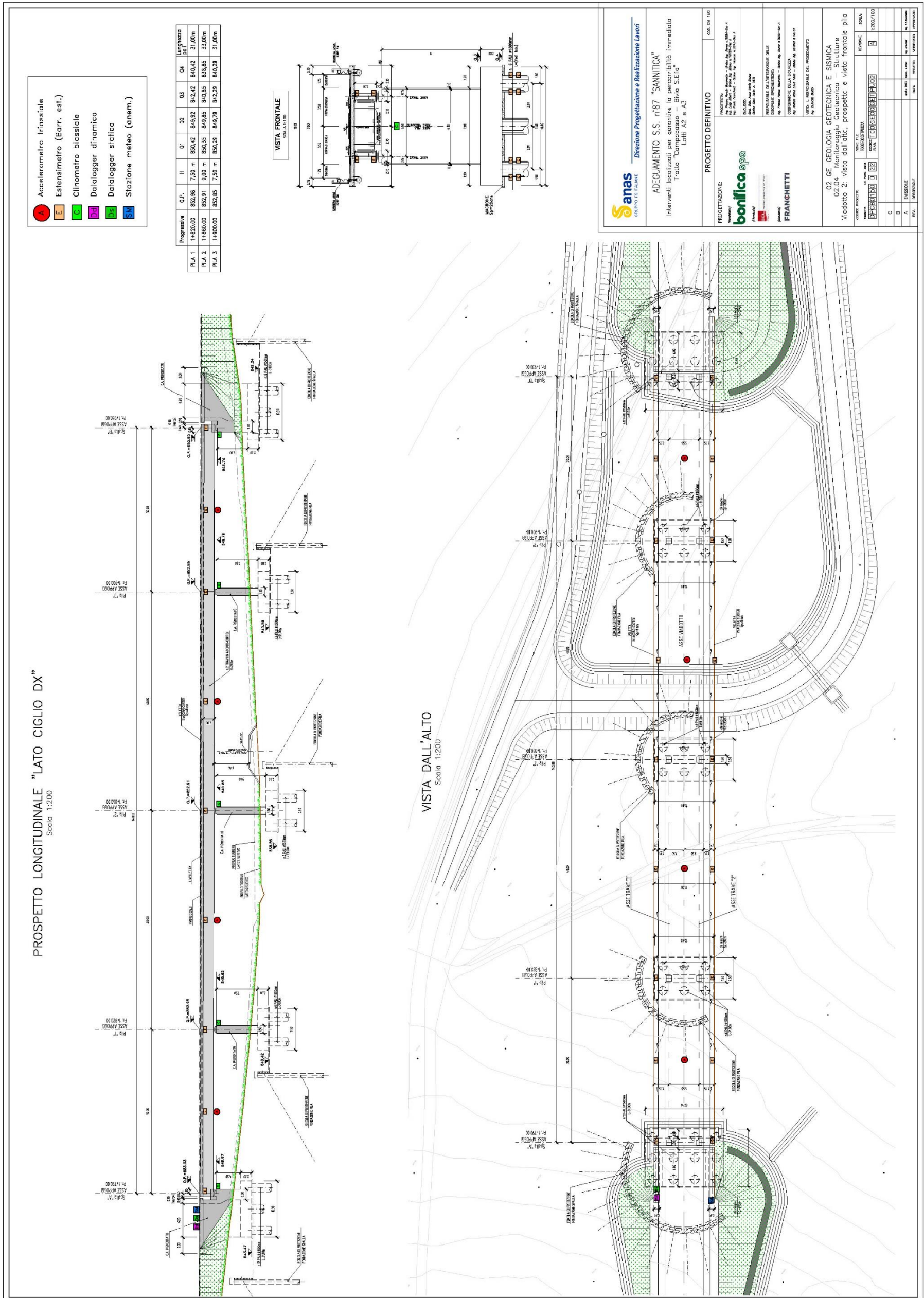


Figura 8-2: Ubicazione della strumentazione di monitoraggio – Viadotto 2.

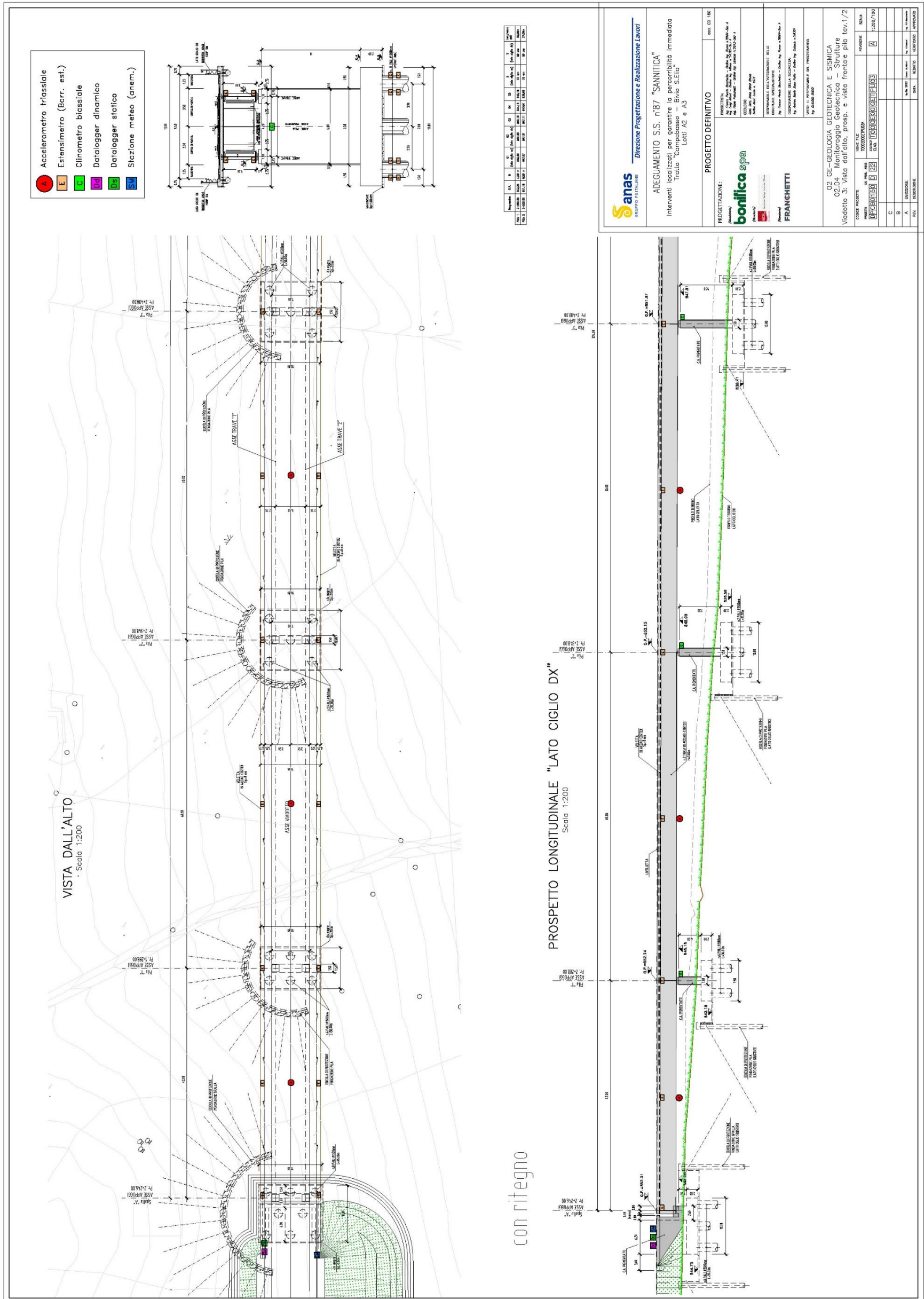


Figura 8-3: Ubicazione della strumentazione di monitoraggio – Viadotto 3 – Tav. 1 di 2.

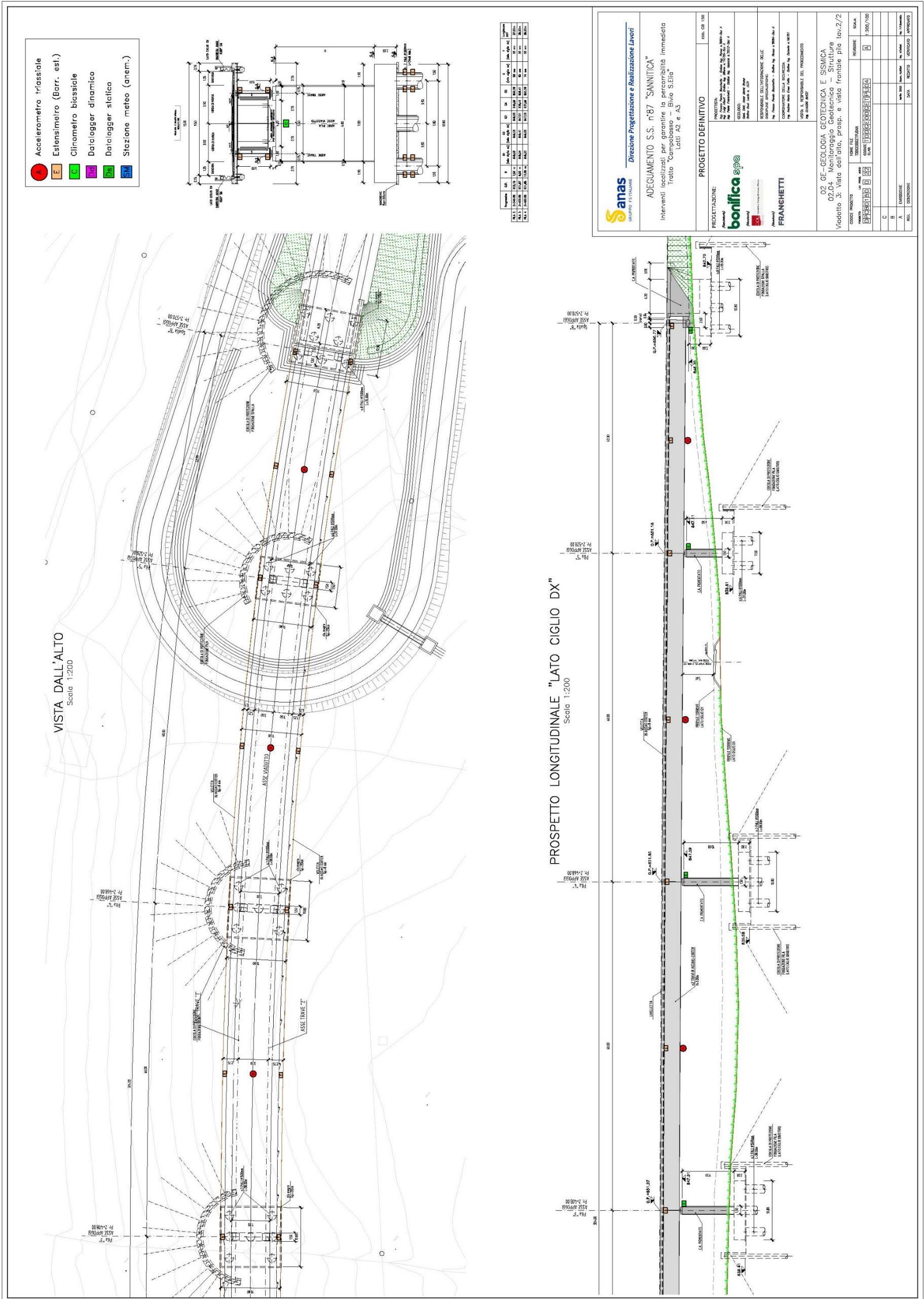


Figura 8-4: Ubicazione della strumentazione di monitoraggio – Viadotto 3 – Tav. 2 di 2.

RELAZIONE MONITORAGGIO GEOTECNICO - STRUTTURALE

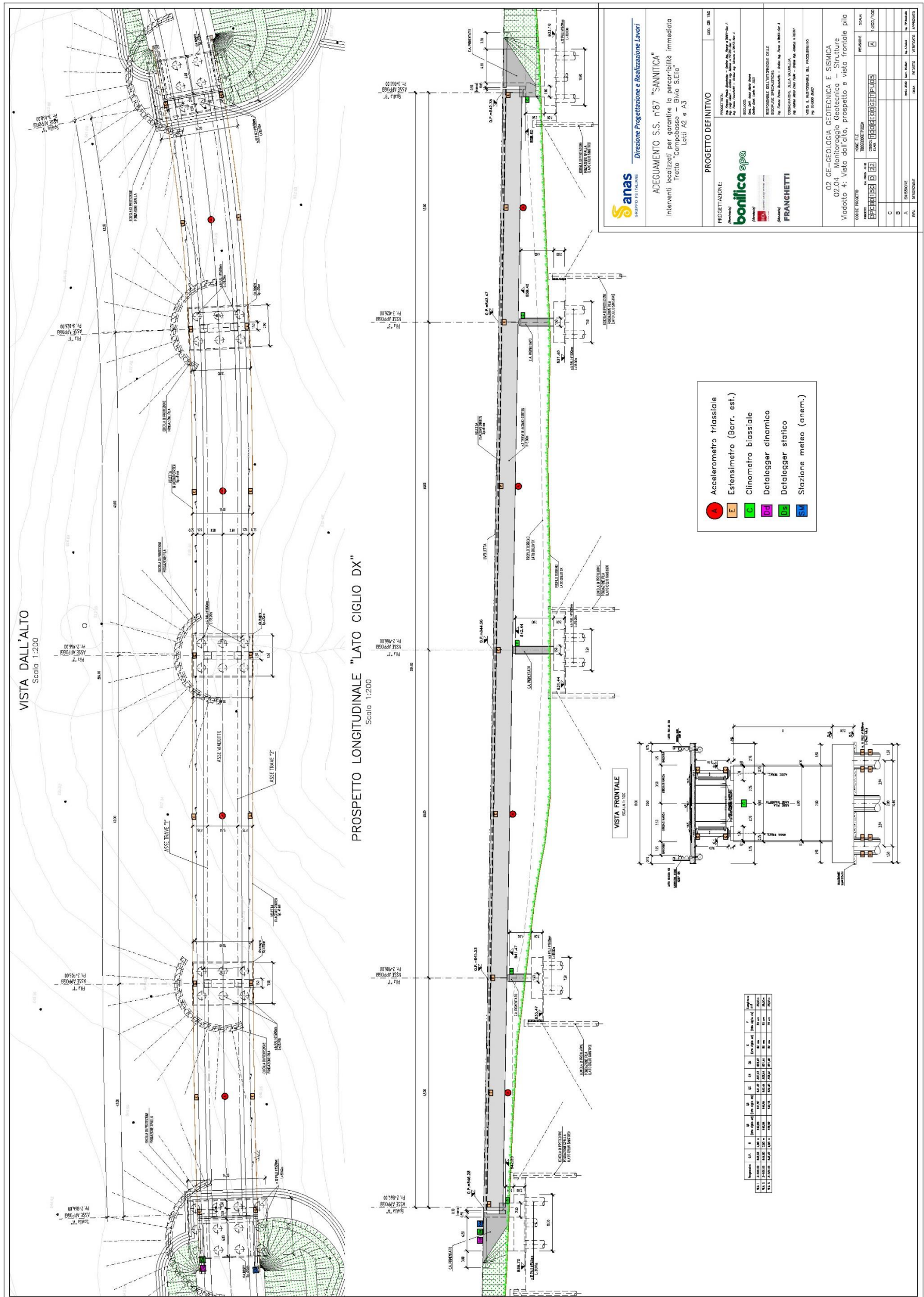


Figura 8-5: Ubicazione della strumentazione di monitoraggio – Viadotto 4.

RELAZIONE DI MONITORAGGIO GEOTECNICO