

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. OPERE GEOTECNICHE

PROGETTO FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

COLLEGAMENTO FERROVIARIO CON L'AEROPORTO DI OLBIA

GEOTECNICA

Relazione tecnico-descrittiva sulla interferenza delle opere esistenti
con l'infrastruttura ferroviaria

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

RR00 10 R 11 RH GE0006 003 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	V. La Torre 	Ott.2022	G.Meneschicheri 	Ott.2022	T.Paoletti 	Ott.2022	L. Berardi Ott.2022

File: RR0010R11RHGE0006003A.doc

n. Elab.:

Sommario

1	PREMESSA	3
1.1	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	3
1.1.1	OGGETTO DELL'INCARICO	4
1.1.1.1	DESCRIZIONE DEL PROGETTO	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
3	EDIFICI IN ADIACENZA ALLE NUOVE OPERE FERROVIARIE E STRADALI	6
4	TRINCEE E RILEVATI FERROVIARI	14
5	INDICAZIONI PER IL MONITORAGGIO	17
5.1	MONITORAGGIO SPOSTAMENTI E DEFORMAZIONI EDIFICI	17
5.2	MONITORAGGIO DEGLI SPOSTAMENTI DELLE OPERE DI SOSTEGNO	18
5.3	FREQUENZA DELLE MISURE	18
5.3.1	FASE DI ESECUZIONE LAVORI	18
5.3.2	FASE POST INTERVENTO	19
5.4	VALORI ATTESI E DI SOGLIA DEI PRINCIPALI PARAMETRI MONITORATI	19
5.5	SINTESI DELLA STRUMENTAZIONE PREVISTA	20

1 PREMESSA

1 PREMESSA

L'aeroporto di Olbia Costa Smeralda, individuato come aeroporto di interesse nazionale (DPR 201/2015), non è attualmente connesso alla rete ferroviaria.

Il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza individua la realizzazione del collegamento ferroviario dell'aeroporto di Olbia tra gli investimenti di potenziamento, elettrificazione e aumento della resilienza delle ferrovie nel Sud finalizzati ad aumentare la competitività e la connettività del sistema logistico intermodale e migliorare l'accessibilità ferroviaria di diverse aree urbane del Mezzogiorno.

L'intervento consiste nella realizzazione di un nuovo tratto di linea per il collegamento tra l'Infrastruttura Ferroviaria Nazionale e l'Aeroporto di Olbia Costa Smeralda. L'opera, oltre a intercettare i flussi prettamente stagionali da/per l'aeroporto, aiuterà ad intercettare gli spostamenti sistematici che gravitano nell'Area di Studio costituita dai Comuni di Olbia e Golfo Aranci.

L'aeroporto di Olbia Costa Smeralda, gestito dalla società GE.A.SAR. S.p.A., è posizionato a circa 4 km a sud dal centro di Olbia.

1.1 Descrizione dell'intervento

Il progetto prevede la realizzazione di una linea a semplice binario di circa 3,4 km che colleghi la stazione di Olbia Terranova e l'aeroporto di Olbia Costa Smeralda.

Una volta attivato, questo collegamento garantirà una frequenza minima oraria (1 treno/h) per senso di marcia sulla relazione Olbia Terranova - Olbia Aeroporto.

Il perimetro della presente progettazione comprende i seguenti interventi:

- Nuova stazione Aeroporto Costa Smeralda;
- Bivio Micaleddu: bretella di collegamento tra la nuova linea per l'aeroporto e la linea esistente in direzione Ozieri – Chilivani.

Sono previsti alcuni interventi presso la stazione di Olbia Terranova funzionali alla realizzazione del nuovo collegamento con l'aeroporto di Olbia, questi interventi sono correlati alla presente progettazione, ma oggetto di altro appalto.

1.1.1 Oggetto dell'incarico

La presente progettazione interessa l'affidamento dell'incarico per la redazione del Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica di seconda fase e dello Studio di Impatto Ambientale, per il collegamento dell'infrastruttura ferroviaria esistente con aeroporto Costa Smeralda, finalizzata all'identificazione della soluzione progettuale più efficace rispetto ai requisiti e agli standard adottati, e economicamente sostenibile.

1.1.1.1 Descrizione del progetto

Il progetto di fattibilità tecnico economica vede un tracciato che si sviluppa per circa 3,4 km in semplice binario. Il collegamento con la linea esistente avviene mediante un bivio in direzione Olbia Terranova, localizzato alla fine dell'attuale centro abitato di Olbia, e mediante un bivio in località Micaleddu, così da garantire anche il collegamento della nuova linea con la linea esistente in direzione Sassari-Chilivani. Il tracciato presenta inizialmente uno sviluppo in rilevato, per proseguire in galleria per circa 450m, la galleria termina dopo il passaggio sotto la SS729. Procedendo in direzione aeroporto è presente un viadotto di circa 900m che permette di arrivare sempre in viadotto in prossimità dell'aeroporto.

La stazione prevista in aeroporto presenterà due binari di servizio in viadotto, la soluzione sopraelevata permette di ridurre l'impronta a terra della stazione, riducendo l'impatto sulle aree aeroportuali. I marciapiedi di banchina presentano un'estensione di circa 200m e saranno coperti da pensiline.

La nuova linea non è elettrificata, ma presenterà le caratteristiche tecniche necessarie ad una futura elettrificazione (con altro appalto).

Nel seguito sono descritte le caratteristiche salienti delle opere per le quali è stata valutata la necessità di prevedere un sistema di monitoraggio. In particolare, oltre che per gli edifici posti in stretta adiacenza alle infrastrutture di progetto, l'opportunità di prevedere un piano di monitoraggio è stata valutata anche per le opere previste in progetto. Nei tratti in trincea e in rilevato, il piano di monitoraggio dovrà prevedere il controllo degli spostamenti delle opere di sostegno previsti in progetto.

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [1]. Relazione geotecnica delle Opere allo scoperto – RR0000R11GEGE0006001A
- [2]. Relazione di stabilità e calcolo dei cedimenti dei rilevati ferroviari – RR0000R11RHGE0006001A
- [3]. Planoprofilo geotecnico di linea – tav.1 – RR0000R11L6GE0006001A
- [4]. Planoprofilo geotecnico di linea – tav.2 – RR0000R11L6GE0006002A
- [5]. Opere di sostegno di linea e viabilità – Relazione tecnico-descrittiva - RR0000R11CLMU0000001A
- [6]. Opere di sostegno di linea e viabilità – Muri ad U: Pianta, prospetto e sezioni – tav.1 - RR0000R11PZMU0000001A
- [7]. Opere di sostegno di linea e viabilità – Muri ad U: Pianta, prospetto e sezioni – tav.2 - RR0000R11PZMU0000002A

3 EDIFICI IN ADIACENZA ALLE NUOVE OPERE FERROVIARIE E STRADALI

Nei casi che di seguono si illustrano, la nuova infrastruttura è collocata in stretta adiacenza all'edificato esistente.

Tra le progressive 0+584 e 0+680 circa, lato Bivio Micaleddu, si individua il primo blocco di edifici interferenti con la linea ferroviaria in progetto, in prossimità di Via Massa Carrara.

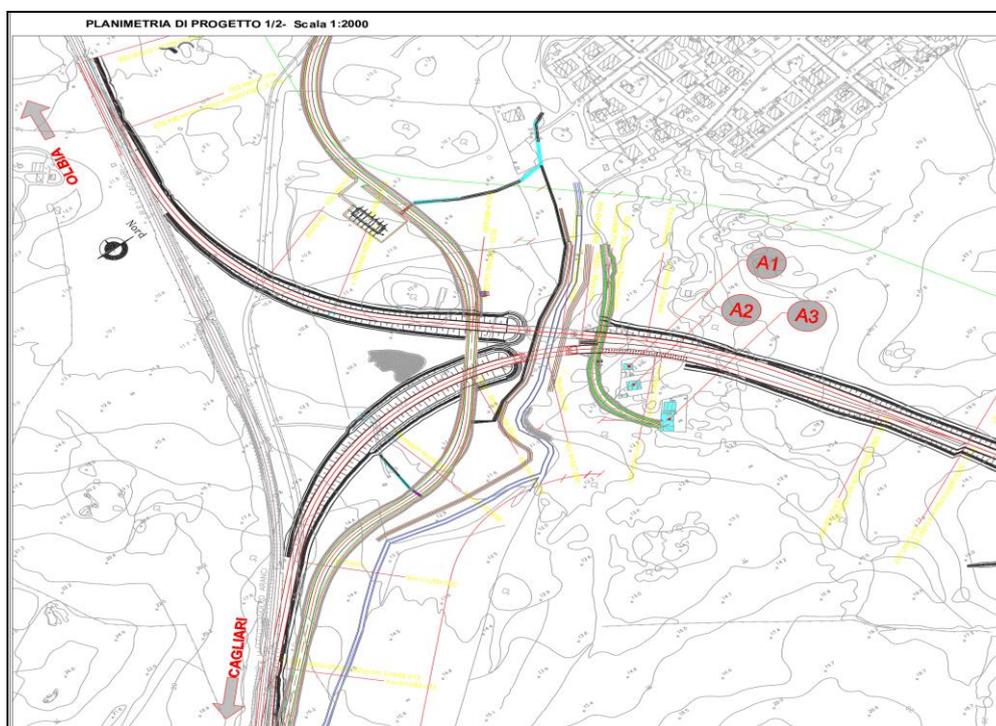


Figura 1 – Localizzazione edifici siti in Via Massa Carrara

La sede ferroviaria in tale tratto è costituita dal rilevato di approccio ai viadotti VI01 e VI02. Nel tratto di linea più prossimo agli edifici precedentemente indicati, viene previsto l'inserimento di un muro su pali in destra, al fine di limitare gli ingombri del rilevato e non indurre cedimenti sugli edifici esistenti.

Si riporta, in Figura 2, la sezione tipologica del rilevato sopra descritto.

- Diametro $\phi 800$
- Lunghezza $L = 10$ m
- Interasse pali a $i = 2.4$ m

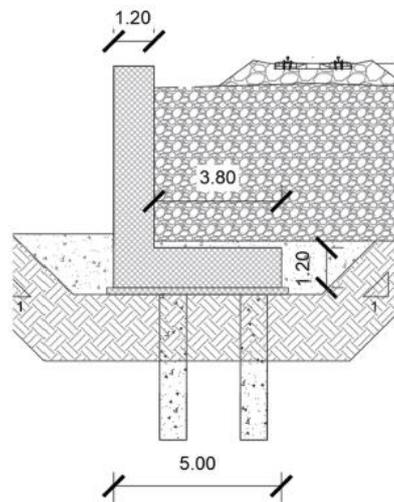


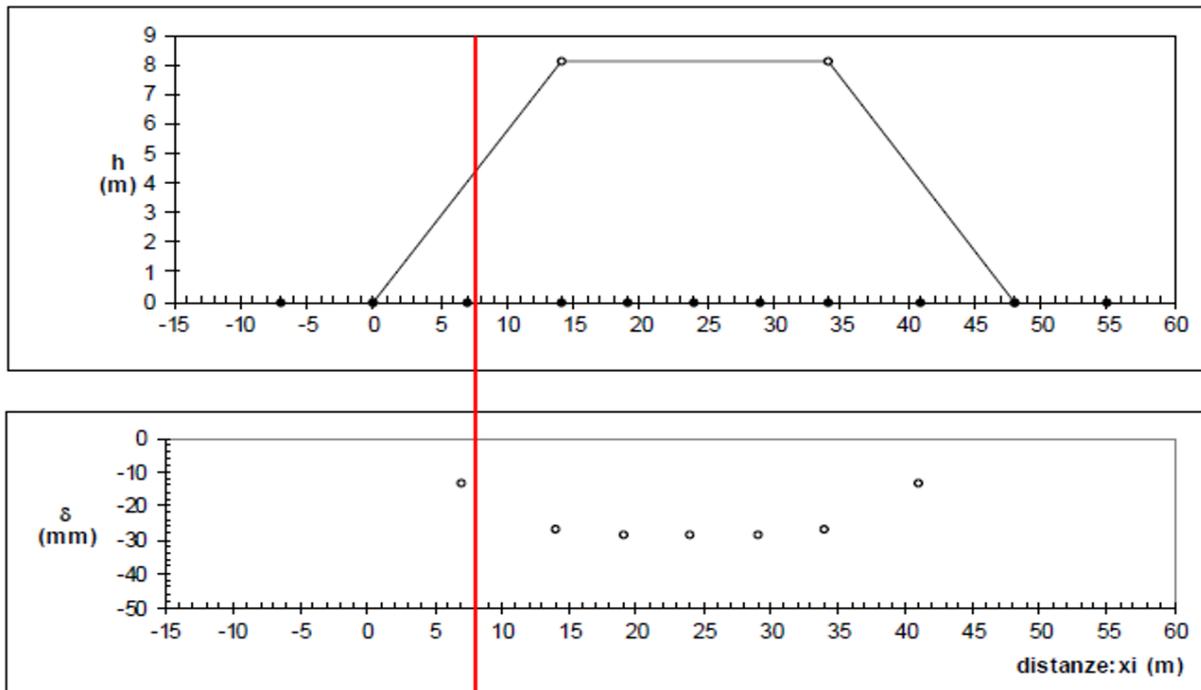
Figura 2 – Sezione trasversale MU04

Prendendo a riferimento quanto descritto nella Relazione di stabilità e calcolo dei cedimenti dei rilevati ferroviari – RR0000R11RHGE0006001A, i cedimenti immediati calcolati in asse al rilevato di approccio al viadotto VI01 (Sezione A-RI03), in corrispondenza della sua altezza massima (8 m da p.c.) ed in assenza di opere di sostegno, risultano inferiori a 3.00 cm.

Si riportano, in Figura 3, l'andamento dei cedimenti.

Si evidenzia, inoltre, il valore che il cedimento avrebbe, nelle ipotesi precedentemente indicate, in corrispondenza degli edifici più vicini (ascissa x3).

RISULTATI DELLE ANALISI



ASCISSE DI CALCOLO

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
-7.00	0.00	7.00	14.00	19.00	24.00	29.00	34.00	41.00	48.00	55.00

CEDIMENTI

δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	δ_5	δ_6	δ_7	δ_8	δ_9	δ_{10}	δ_{11}
(cm)	(cm)									
0.16	0.04	-1.33	-2.72	-2.86	-2.85	-2.86	-2.72	-1.33	0.04	0.16

Figura 3 – Cedimenti immediati del rilevato in approccio ai viadotti VI01 e VI02

Considerando la presenza del muro su pali, che il rilevato ha altezza minore di 8.00 m in tale tratto e che gli edifici più vicini si trovano a 16m dall'asse, si possono ritenere i cedimenti trascurabili.

Tra le progressive 1+670 e 1+745 circa, la nuova linea ferroviaria interferisce con un secondo blocco di edifici, in prossimità di Via dei Falegnami.

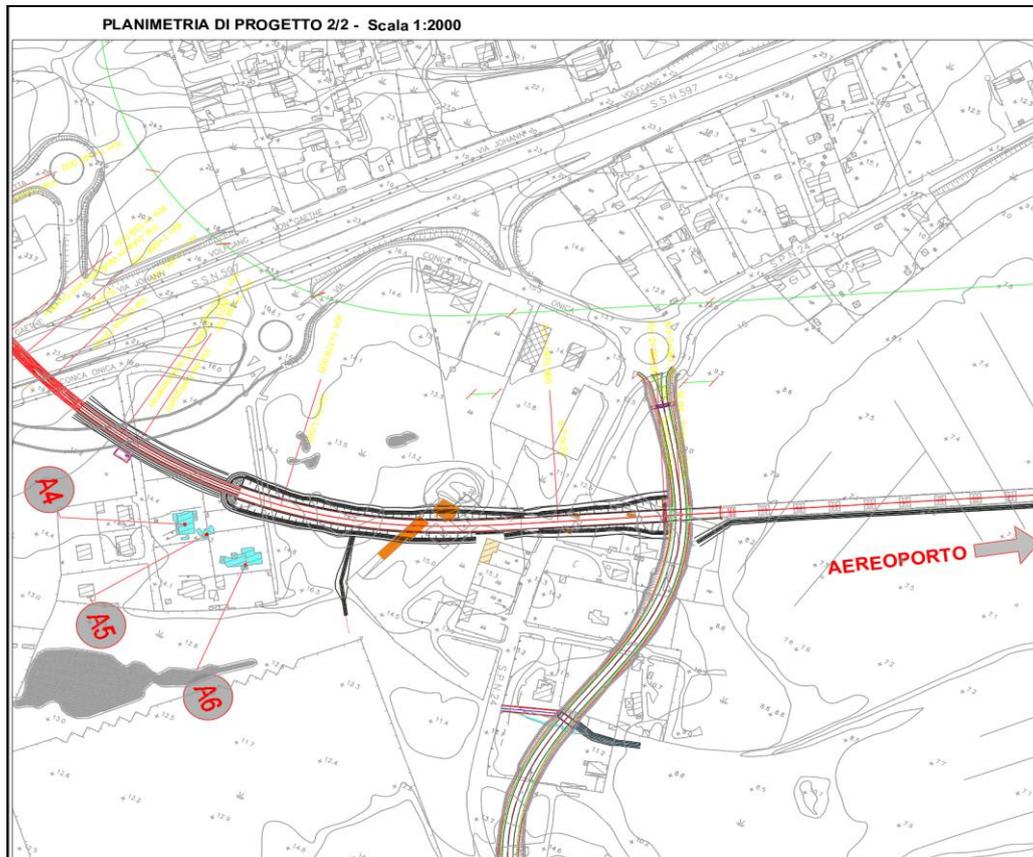


Figura 4 – Localizzazione edifici siti in Via dei Falegnami

La sede ferroviaria in tale tratto è costituita dal muro MU08, di approccio alla GA02. Lungo il tratto di linea in stretta adiacenza agli edifici esistenti, lo scavo per la realizzazione del muro viene realizzato ponendo in destra una paratia di pali di medio diametro (D500), al fine di limitare i cedimenti indotti sugli edifici stessi. L'opera di sostegno considerata presenta un tratto di infissione pari a 3D (1.50 m) nel substrato roccioso, costituito da graniti, e presenta, dunque, un'altezza complessiva di 7.70 m.

In riferimento al caso in esame, si è condotta in primo luogo una stima preliminare dei cedimenti indotti dallo scavo a tergo della paratia, in riferimento alla sezione con altezza di scavo pari a 6.30 m, corrispondente all'edificio più vicino (Figura 5).

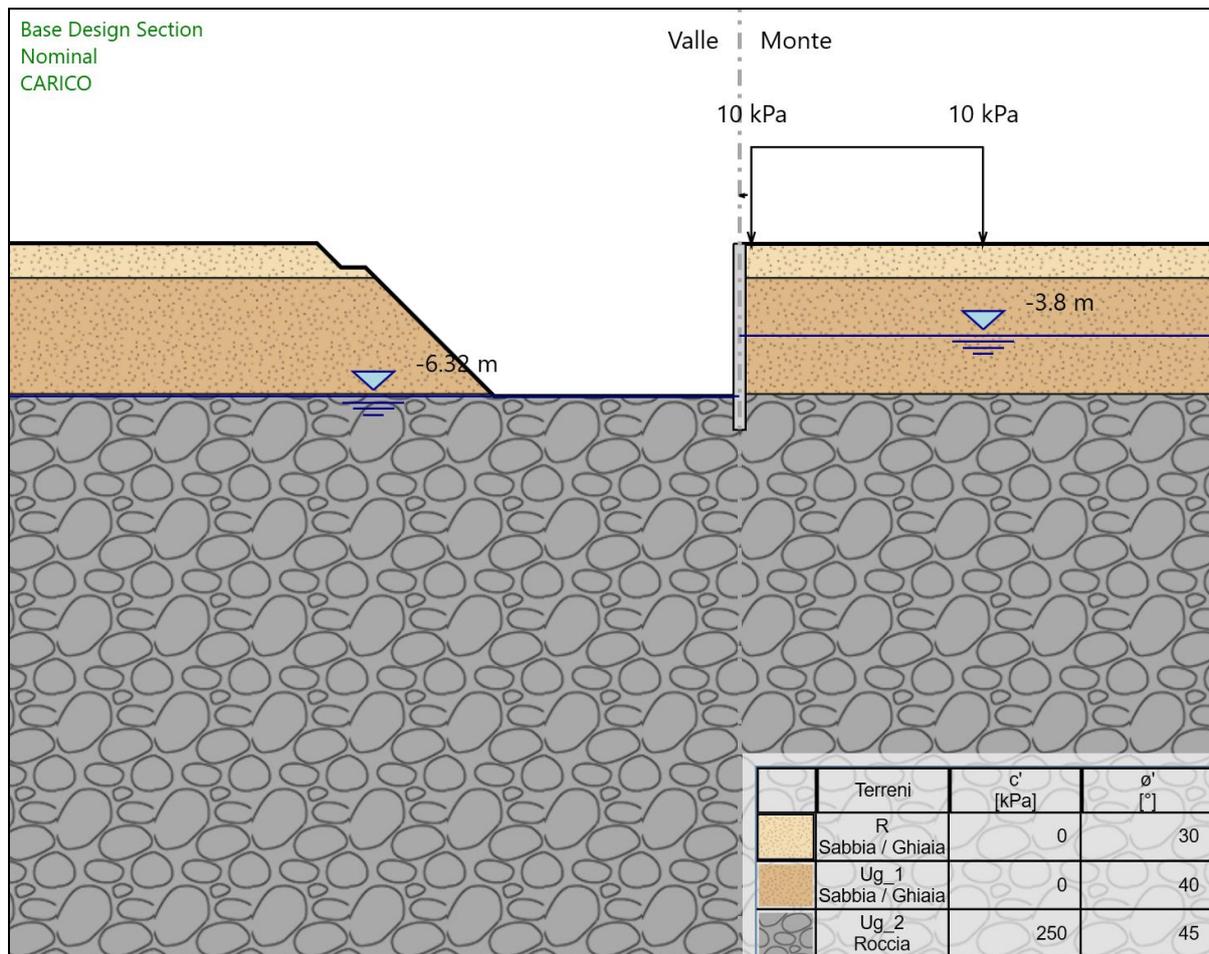


Figura 5 – Sezione di scavo MU08 di approccio alla GA02, in corrispondenza dell'edificio più vicino alla linea ferroviaria in progetto

A tergo della paratia è stato considerato un carico uniformemente distribuito, pari a 10 kPa, per simulare la presenza dei mezzi di cantiere.

La valutazione dei cedimenti è stata effettuata tramite modellazioni numeriche, eseguite sulla sezione precedentemente indicata, attraverso il Software PARATIE PLUS, utilizzando il Metodo di Boone & Westland (2006).

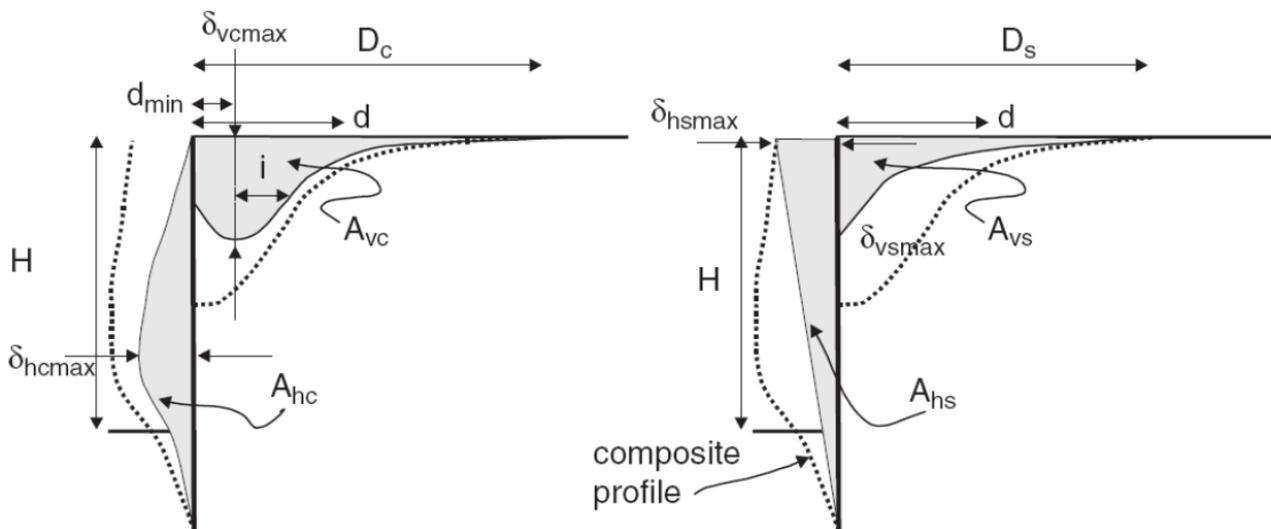


Figura 6 – Metodo di Boone & Westland (2006)

Con riferimento alle grandezze definite in Figura 6, il metodo di Boone & Westland può essere riassunto nei seguenti passi:

- Sulla base della geometria dell'opera e delle caratteristiche del terreno, si calcolano il massimo spostamento laterale della parete δ_{hmax} e della superficie δ_{hsmax} .
- La deformata della parete viene suddivisa in due contributi principali, ossia uno spostamento rigido (spandrel displacement) e una deformazione convessa legata alla deformabilità della parete. Per ciascun contributo viene calcolata l'area sottesa al diagramma delle deformazioni (A_{hs} e A_{hc}) attraverso opportune equazioni.

- I cedimenti verticali, a loro volta suddivisi in due contributi apportati dalle due componenti della deformata, vengono stimati a partire dal calcolo dell'area sottesa a ciascuno di essi (A_{vs} per la componente rigida e A_{vc} per quella convessa), come un'opportuna percentuale di A_{hs} o A_{hc} .
- Noti A_{vs} e A_{vc} h, i massimi cedimenti δ_{vsmax} e δ_{vcmax} sono calcolati sulla base di andamenti noti lungo la superficie.
- Infine, il cedimento totale, nel generico punto in superficie ad una distanza d dalla parete, è calcolato sommando i due contributi: vale a dire $\delta_v(d) = \delta_{vs}(d) + \delta_{vc}(d)$.

Nel caso in esame, gli effetti, in termini di cedimento, sono stati valutati al p.c.

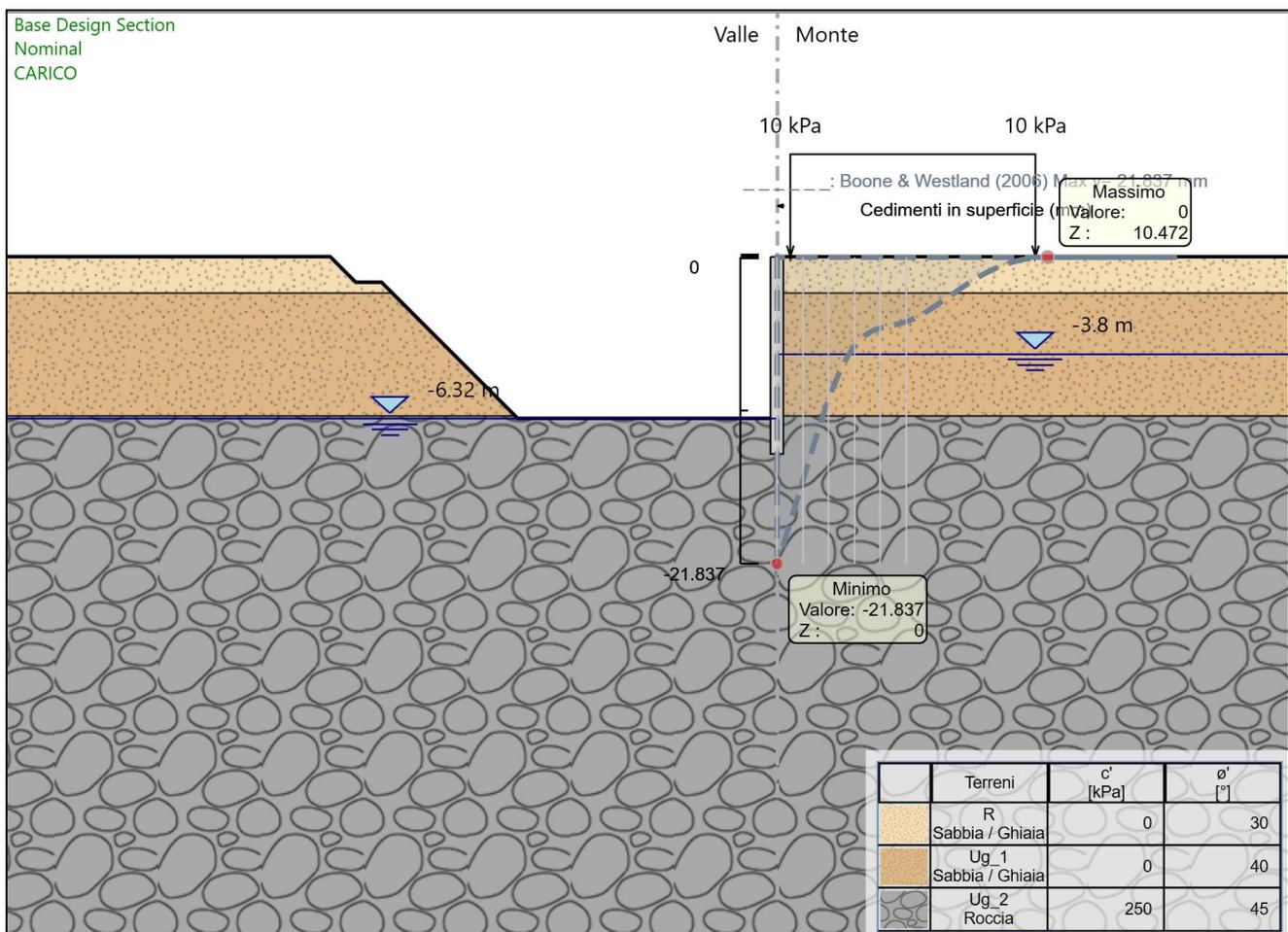


Figura 7 – Cedimenti a tergo della paratia, nella sezione di scavo per la realizzazione del MU08

Si nota che i cedimenti indotti dallo scavo si annullano a partire da una distanza di 10,5 m dall'asse della paratia. Siccome, nel tratto in esame, l'edificio più prossimo alla linea ferroviaria in progetto si trova ad una distanza pari a 23 m dalla stessa, lo scavo non induce alcun effetto sugli edifici considerati.

Sugli edifici sopra citati si prevede comunque un apposito piano di monitoraggio, in seguito descritto al cap.5.1.

4 TRINCEE e RILEVATI FERROVIARI

Il tracciato della linea ferroviaria di collegamento con l'aeroporto di Olbia prevede un'alternanza di tratti in trincea e rilevato.

Per il sostegno delle scarpate, nelle sezioni più gravose, sono stati previsti i seguenti interventi tipologici:

WBS	pk	L	B	H _{netta}	H _{tot}	Sp (spessore muro)	Hr (soletta di fondazione)	Diametro pali	Lunghezza pali
	[km]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[mm]	[m]
MU05	da 1+905 a 1+925	20.20	-	-	-	-	-	800	15
MU07	da 1+050 a 1+169	19.00	8.70	6.35	7.55	1.20	1.20	-	-
MU08	da 1+615 a 1+745	130.00	9.20	8.60	9.80	1.20	1.20	-	-

Tabella 1 – Tipologici opere di sostegno per le trincee di linea

Si riporta, in Figura 8, la sezione tipologica del muro MU08 di approccio alla GA02:

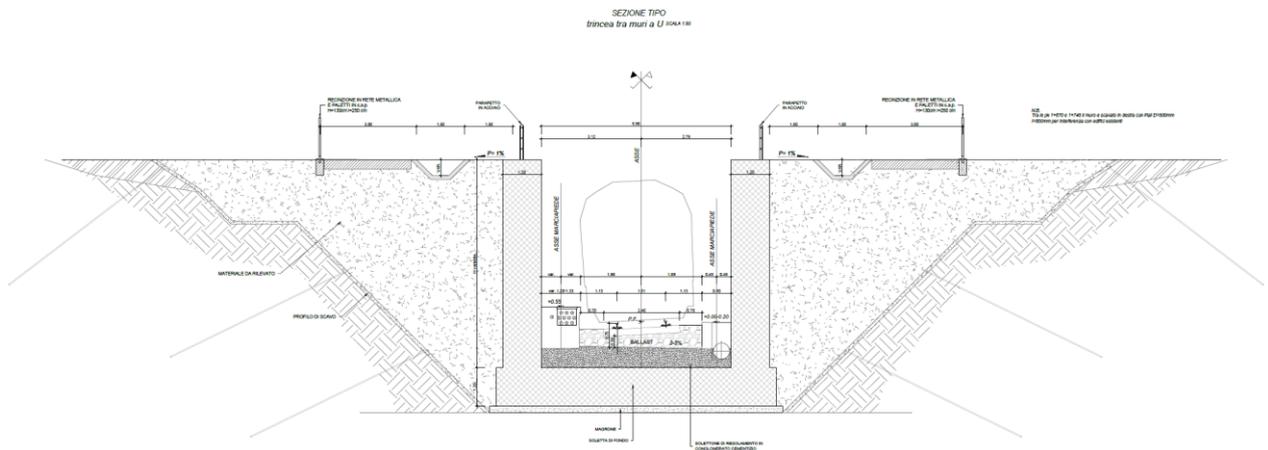


Figura 8 – Sezione tipologica muro ad U

Relazione tecnico-descrittiva sulla interferenza delle opere esistenti con l'infrastruttura ferroviaria

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RR00	10 R 11	RH	GE006 003	A	15 di 20

Si riporta in Tabella 2 il quadro sintetico delle opere di sostegno previste nei tratti in rilevato della linea ferroviaria in progetto:

WBS	pk	L	B	H _{netta}	H _{tot}	Sp (spessore muro)	Hr (soletta di fondazione)	Diametro pali	Lunghezza pali
	[km]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[mm]	[m]
MU01	0+540	11.20	8.40	8.55	9.55	1.20	1.00	-	-
MU02	0+540	13.80	8.96	9.00	10.00	1.20	1.00	-	-
MU03	0+585	8.40	5.00	9.46	10.66	1.00	1.20	-	-
MU04	da 0+602 a 0+678	76.90	5.00	5.45	6.65	1.20	1.20	800	10
MU06	da 2+065 a 2+085	21.55	9.20	7.55	7.55	1.20	1.20	-	-

Tabella 2 – Tipologici opere di sostegno per i rilevati di linea

Si riportano le sezioni rappresentative delle zone in rilevato per la linea ferroviaria in progetto:

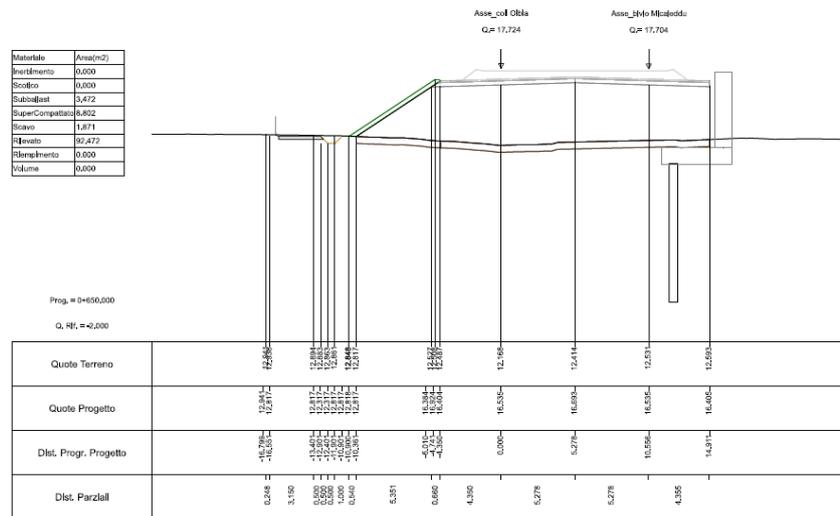


Figura 9 – Sezione tipologica MU04

5 INDICAZIONI PER IL MONITORAGGIO

Il piano di monitoraggio di cui si delineano nel seguito le caratteristiche fondamentali è sostanzialmente finalizzato al controllo del comportamento di:

- Edifici preesistenti in prossimità delle nuove infrastrutture;
- Trincee e rilevati ferroviari sostenuti mediante opere di sostegno, in corrispondenza delle sezioni più critiche;

L'analisi e l'interpretazione dei dati di misura consentirà di validare le ipotesi formulate in sede di progetto ed i modelli impiegati per il dimensionamento degli interventi delle scarpate.

Di seguito si illustrano le tipologie di misure e strumentazioni che si ritengono idonee ad essere utilizzate per il monitoraggio delle opere in esame e una possibile configurazione del piano di monitoraggio per le opere incluse in progetto è sintetizzata nel paragrafo § 5.5.

Quanto riportato è da intendersi una prima ipotesi che dovrà essere valutata e integrata nell'ambito dei fisiologici approfondimenti da operare nelle successive fasi progettuali.

5.1 Monitoraggio spostamenti e deformazioni edifici

Il controllo degli spostamenti indotti sugli edifici interferenti viene effettuata con:

- stazioni totali robotizzate con trasmissione a distanza delle misure;
- mire ottiche disposte sulle facciate degli edifici posizionati nell'area di subsidenza della galleria;
- fessurimetri (eventuali) disposti sulle fessure esistenti di particolare rilevanza strutturale, eventualmente remotizzabili.

Il numero delle mire dipende dai seguenti fattori:

lunghezza dell'edificio;

posizione dell'edificio da monitorare rispetto al profilo di cedimento;

possibilità pratica di rilievo.

L'installazione delle mire ottiche e il rilievo degli spostamenti devono essere effettuati lungo muri perimetrali che siano accessibili e comunque monitorabili. Si precisa che la posizione ottimale dei target ai fini del monitoraggio è orientativamente fra i 2.5 e 3 m dal piano di calpestio e cioè al di fuori della immediata accessibilità. Tale criterio è ovviamente soggetto alle limitazioni dovute alla presenza di ostacoli e alla possibilità di traguardare con i teodoliti automatici.

Eventuali fessurimetri verranno posizionati a cavallo delle preesistenti fessure degli edifici in modo tale da permettere il rilievo degli spostamenti relativi tra i lembi della fessura.

5.2 Monitoraggio degli spostamenti delle opere di sostegno

Per il controllo degli effetti indotti dallo scavo sulle strutture delle opere di sostegno si procederà al posizionamento, sul cordolo di tali opere, di mire topografiche per il controllo dello spostamento orizzontale in testa alla paratia.

Tale strumentazione dovrà essere inserita in alcune sezioni ritenute rappresentative delle condizioni critiche presenti lungo le trincee di progetto.

5.3 Frequenza delle misure

Si riportano di seguito i criteri generali in merito alla frequenza di misure necessaria nelle due fasi di esecuzioni lavori e post operam.

5.3.1 Fase di esecuzione lavori

Le misure previste per la fase di esecuzione dovranno essere effettuate per tutta la fase dei lavori fino al completamento degli stessi.

Per le misure previste in questa fase si prevede la seguente frequenza di misura:

- Monitoraggio topografico edifici/opere di sostegno: 2 volte a settimana nelle fasi di esecuzione degli scavi;

La frequenza delle letture indicata costituisce una prima indicazione che dovrà trovare conferma nelle successive fasi della progettazione. Si osserva in ogni caso che, nella definizione del piano di monitoraggio definitivo, deve essere tenuta in conto la necessità di prevedere una intensificazione delle letture nel caso di superamento dei limiti di attenzione.

5.3.2 Fase post intervento

Le misure previste per la fase successiva al completamento delle opere verranno eseguite per un periodo di 12 mesi, al termine dei quali si valuterà se proseguire ulteriormente le misure, in funzione dei risultati ottenuti nel primo periodo.

Qualora in fase di costruzione non si siano evidenziate criticità, in questa fase, potranno essere eseguite le misure con la seguente frequenza:

- Monitoraggio topografico edifici/opere di sostegno: 1 volta al mese;

5.4 Valori attesi e di soglia dei principali parametri monitorati

I parametri monitorati ritenuti significativi per l'individuazione e la gestione delle soglie sono:

- Il valore dello spostamento massimo indotto sugli edifici nonché il controllo della formazione di possibili fessure;
- Il valore dello spostamento massimo del cordolo delle opere;

Per ciascun parametro verrà definito il valore identificato come "**soglia di attenzione**", definito con una percentuale prossima al 75 % del valore atteso nella specifica fase costruttiva (calcolato mediante analisi numeriche); il superamento della soglia di attenzione prevederà lo svolgimento di un'analisi dei fenomeni in atto (back-analysis) e ad un aumento delle frequenze di misura, al fine di comprendere se la tendenza al valore atteso rispetti quanto previsto o se sia necessaria la predisposizione di interventi integrativi, da adottare comunque al superamento della "**soglia di allarme**".

La "soglia di allarme" si considera coincidente con l'estremo superiore del campo di valori attesi (valori di calcolo); il superamento della stessa dovrà comportare una taratura delle soluzioni progettuali individuate.

Prima dell'attivazione, il sistema di monitoraggio sarà sottoposto ad un periodo di osservazione per verificarne la corretta funzionalità e stabilità. A seguito dell'esame dei dati potranno essere riviste le modalità di gestione degli allarmi.

5.5 Sintesi della strumentazione prevista

Nel caso del monitoraggio degli edifici preesistenti, ciascun edificio ritenuto sensibile agli effetti degli scavi delle opere in progetto, dovrà essere dotato di un numero minimo di 3 mire ottiche per ogni parete perimetrale ricadente, anche solo in parte, nella zona soggetta a cedimenti.

Nel caso di strutture a telaio in c.a. sarà installata almeno una mira in corrispondenza di ciascun elemento strutturale verticale visibile o comunque rilevabile.

Nel caso del monitoraggio del comportamento delle opere di sostegno, si prevederà un numero di mire omogeneamente distribuite lungo lo sviluppo di interesse ad interasse trasversale 15m.