

COMMITTENTE:



RETE FERROVIARIA ITALIANA S.p.A.
DIREZIONE OPERATIVA INFRASTRUTTURA TERRITORIALE (DOIT)

PROGETTAZIONE:

PROGETTISTA

ETS S.r.l.

Via Benedetto Croce, 68
00142 Roma
email: info@etsingegneria.it

SOGGETTO TECNICO:

RFI - DIREZIONE OPERATIVA INFRASTRUTTURA TERRITORIALE DI GENOVA
S.O. INGEGNERIA

PROGETTO ESECUTIVO

Aggiornamento della Progettazione Esecutiva della galleria artificiale di Mele
(compreso il relativo tracciato ferroviario, dal PL fino all'imbocco della galleria del Turchino),
comprensiva degli interventi propedeutici alla realizzazione della galleria artificiale - Linea Genova - Ovada - Acqui Terme

PROGETTO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE - RELAZIONE GENERALE

SCALA : --

FOGLIO 1 di 52

PROGETTO/ANNO SOTTOPR. LIVELLO NOME DOC. PROGR.OP. FASE FUNZ. NUMERAZ.

3	5	3	7	2	3	0	0	0	P	E	T	S	P	N	0	1	0	0	1	2	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Progettista	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
0	EMMISSIONE	A.Rondinara	29/09/2023	R.Giordano	29/09/2023	L.Catalo	29/09/2023	D.Lagostena	29/09/2023
1	REVISIONE	A.Rondinara	20/10/2023	R.Giordano	20/10/2023	L.Catalo	20/10/2023	D.Lagostena	20/10/2023
2	REVISIONE	A.Rondinara	29/01/2024	R.Giordano	29/01/2024	L.Catalo	29/01/2024	D.Lagostena	29/01/2024
3	REVISIONE	A.Rondinara	29/02/2024	R.Giordano	29/02/2024	L.Catalo	29/02/2024	D.Lagostena	29/02/2024

Paul



LINEA

L	4	4	1

SEDE TECNICA

L	O	0	2	8	2

INDICE

1	Introduzione	1
2	Inquadramento dell'area di studio	2
2.1	Inquadramento geografico.....	2
3	Descrizione dello stato di fatto	3
4	Il progetto.....	6
4.1	Descrizione dell'intervento.....	6
4.2	Galleria artificiale.....	6
4.3	Scatolare drenante e paramento drenante	12
4.4	Opere di consolidamento sul tratto di muro crollato ripristinato.....	13
4.5	Opere di consolidamento sui tratti di muro rimasti in posto.....	15
4.6	Opere di finitura superficiali sulle strutture a vista.....	16
4.7	Rampa di accesso.....	17
4.8	Sistemazione definitiva del versante con ricoprimento di terreno e rafforzamenti corticali	19
4.9	Nuovo tracciato ferroviario di progetto.....	21
4.10	Fasi Realizzative	21
4.10.1	Cronoprogramma.....	25
5	Ricettori, punti di misura e tempi.....	26
5.1	Individuazione dei punti di misura.....	26
5.2	Tempi e frequenze	26
5.3	Restituzione dei dati	26
5.4	Strumenti di condivisione dei dati di monitoraggio	28
6	Relazioni specifiche delle singole componenti ambientali.....	29
6.1	ATM- Atmosfera	29
6.1.1	Obiettivi del monitoraggio	29
6.1.2	Normativa di riferimento.....	29
6.1.3	Aree oggetto di monitoraggio.....	30
6.1.4	Parametri di monitoraggio.....	30
6.1.5	Metodi e strumentazione di monitoraggio.....	31
6.1.6	Articolazione temporale delle attività di monitoraggio	36
6.1.7	Punti di monitoraggio	36
6.2	ASU- Acque superficiali.....	36
6.2.1	Obiettivi del monitoraggio	36

6.2.2	Normativa di riferimento.....	37
6.2.3	Aree oggetto di monitoraggio.....	38
6.2.4	Parametri di monitoraggio.....	39
6.2.5	Metodiche e strumentazione di monitoraggio	41
6.2.6	Articolazione temporale delle attività di monitoraggio	45
6.2.7	Punti di monitoraggio	45
6.3	RUM- Rumore	46
6.3.1	Obiettivi del monitoraggio	46
6.3.2	Normativa di riferimento.....	46
6.3.3	Aree oggetto di monitoraggio.....	47
6.3.4	Parametri di monitoraggio.....	47
6.3.5	Metodiche e strumentazione di monitoraggio	47
6.3.6	Articolazione temporale delle attività di monitoraggio e Punti di monitoraggio	48

1 Introduzione

La seguente relazione rientra nell'ambito della Progettazione Esecutiva con oggetto "Aggiornamento della Progettazione esecutiva della galleria artificiale di Mele (compreso il relativo tracciato ferroviario, dal PL fino all'imbocco della galleria del Turchino), comprensiva degli interventi propedeutici alla realizzazione della galleria artificiale, nonché PFTE di una nuova viabilità sostitutiva del PL della stazione di Mele - Linea Genova – Ovada – Acqui Terme" con Contratto Applicativo N. 5028000758-23-10-180 e Accordo Quadro n. 1388/2022 - FIRENZE - Lotto n. 5.

Nello specifico tale relazione è inerente al progetto di realizzazione della Galleria artificiale, delle relative opere strutturali ed idrauliche, delle opere di consolidamento delle opere di contenimento preesistenti e delle opere inerenti alla sistemazione definitiva del versante, in località Mele (Genova).

L'area di intervento è ubicata nel Comune di Mele, provincia della città metropolitana di Genova in Liguria. Nel punto mediano del sito, le coordinate geografiche (sistema di riferimento WGS 84) sono le seguenti: *Latitudine* 44°28'25.00"N e *8°43'59.93"E*. Di seguito uno stralcio della cartografia Google Earth con indicata la zona oggetto di studio.



Figura 1 – Ubicazione del sito di intervento.

Nel presente elaborato è contenuta la descrizione dello stato attuale del sito e degli interventi in progetto.

2 Inquadramento dell'area di studio

2.1 Inquadramento geografico

L'area di intervento è ubicata nel Comune di Mele, provincia della città metropolitana di Genova in Liguria. Nel punto mediano del sito, le coordinate geografiche (sistema di riferimento WGS 84) sono le seguenti: *Latitudine* 44°28'25.00"N e *8°43'59.93"E*. Di seguito uno stralcio della cartografia Google Earth con indicata la zona oggetto di studio.



Figura 2 – Ubicazione del sito di intervento.

3 Descrizione dello stato di fatto

In seguito alle eccezionali precipitazioni del mese di Novembre 2000 infatti, si attivò un esteso movimento franoso interessante il settore di versante a monte della Stazione FS nel Comune di Mele in sponda orografica sinistra del rio Turchino. Il movimento franoso si estese da poco a monte della S.S. 456 “del Turchino” alla linea ferroviaria e compromise notevolmente sia la viabilità stradale lungo la statale suddetta sia il movimento ferroviario lungo la linea Genova – Ovada. Gli interventi di sistemazione parziale del versante sono stati oggetto di progettazione esecutiva datata 2003.



Figura 3 – Foto frontale della frana avvenuta nel Novembre 2000.

Nel primo caso sono stati eseguiti dei lavori da parte dell'ANAS per ripristinare il tracciato stradale a mezzo di un viadotto con fondazioni profonde. Nel secondo caso, invece, è stata necessaria l'interruzione di entrambi i binari di esercizio, è stato realizzato un nuovo tracciato tramite il collegamento in galleria con il vecchio binario dispari, è stata costruita una scogliera di protezione in modo da contenere la frana ed infine è stata realizzata un'opera di consolidamento del versante (in Figura 3 presenti già la viabilità alternativa e la scogliera di protezione). L'intervento di consolidamento del versante che, ad oggi, risulta ultimato, consiste in diverse tipologie di opere ed, in particolare, la consolidazione dei muri rimasti illesi dopo il movimento franoso, a mezzo di cordoli in testa con micropali e tiranti con l'utilizzo di un graticcio di travi in acciaio, ed un'opera d'arte più imponente con lo scopo di contenimento del versante lungo lo sviluppo del tratto di muro crollato.



Figura 4 – Foto frontale della sistemazione provvisoria del versante ad ultimazione lavori.

Tale opera di consolidamento è stata realizzata tramite l'utilizzo di pali di grande diametro f1200, colonne di jet-grouting con diametro f800 ed infine con micropali f250, il tutto disposto in modo da formare una struttura rigida con pozzi drenanti.

Di seguito si allegano alcuni stralci della documentazione di progetto 2003

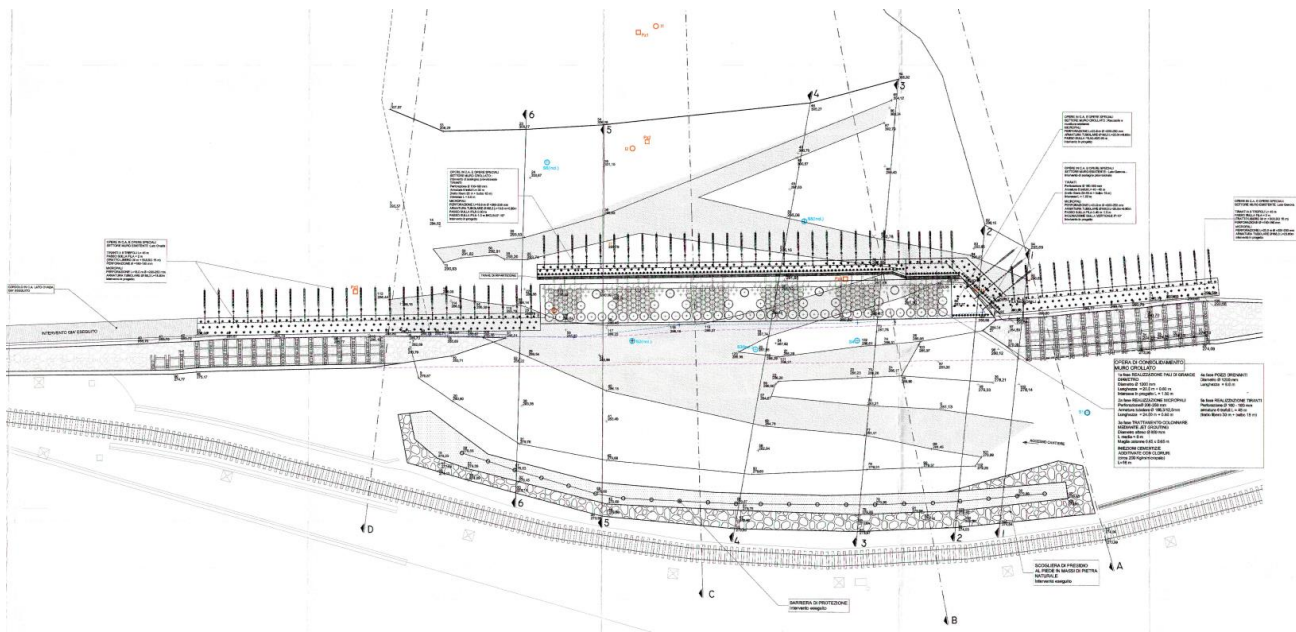


Figura 5 – Stralcio della planimetria di progetto 2003.

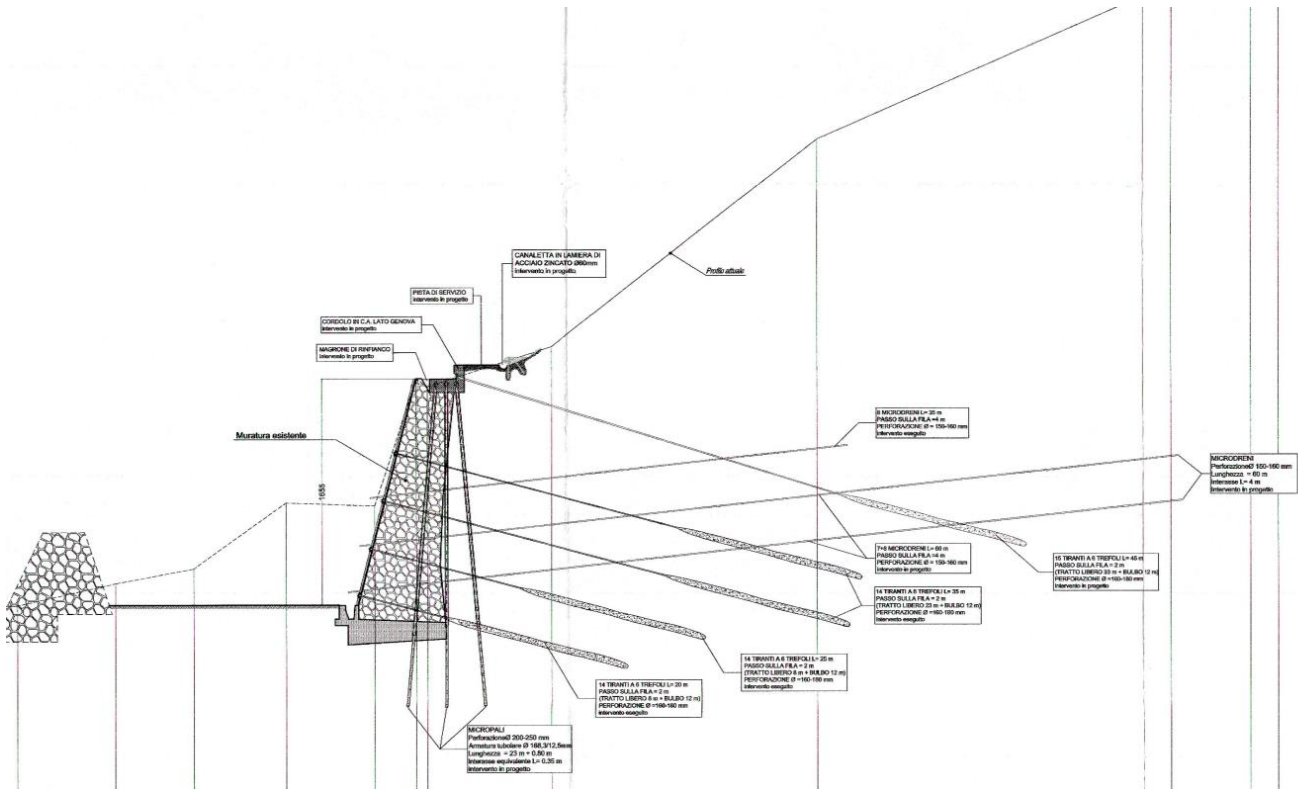


Figura 6 – Stralcio di una delle sezioni di progetto 2003 per il tratto di muro consolidato.

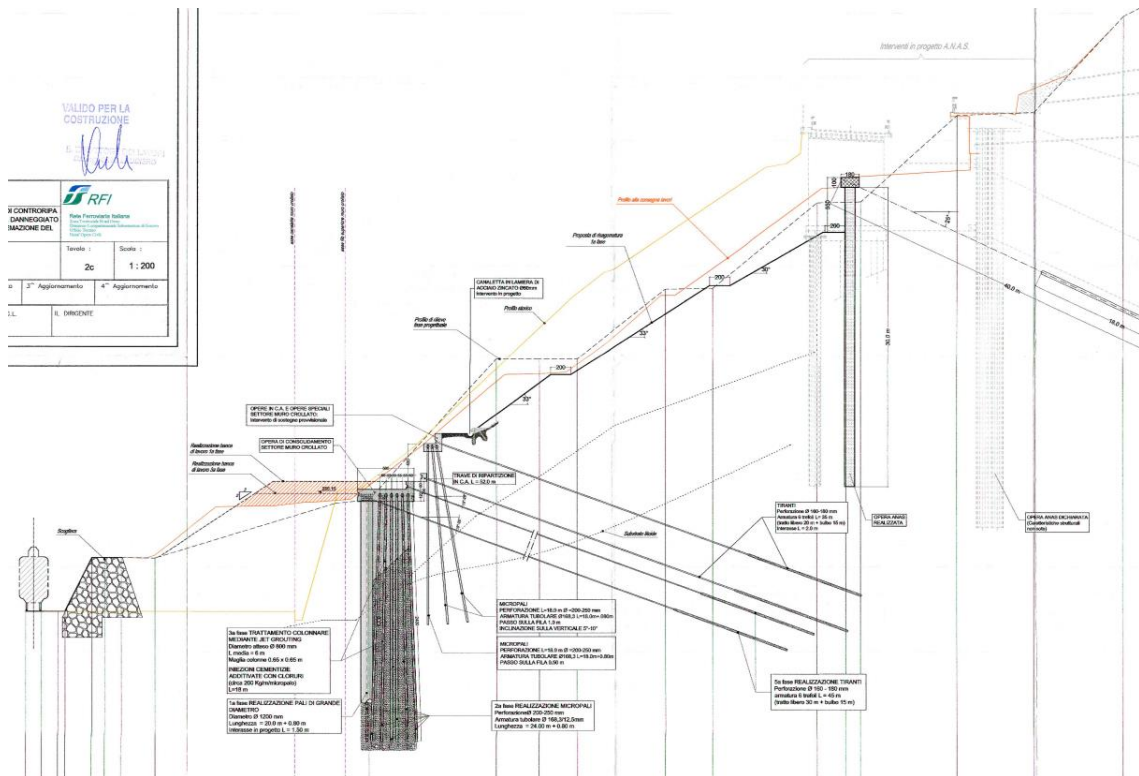


Figura 7 – Stralcio di una delle sezioni di progetto 2003 per il tratto di muro crollato.

4 Il progetto

4.1 Descrizione dell'intervento

L'intervento oggetto di questa progettazione esecutiva consiste nella definitiva messa in sicurezza del versante franato attraverso la realizzazione delle seguenti opere.

- Galleria artificiale prefabbricata;
- Scatolare drenante prefabbricato;
- Prolungamento dei pozzi drenanti esistenti;
- Opere di consolidamento sul tratto di muro crollato;
- Opere di consolidamento sui tratti di muro rimasti in posto;
- Consolidamento dei terreni di fondazione;
- Rampa di accesso;
- Opere di finitura superficiali sulle strutture a vista;
- Risagomature del versante;
- Interventi di rafforzamenti corticali;
- Nuovo tracciato ferroviario di progetto.

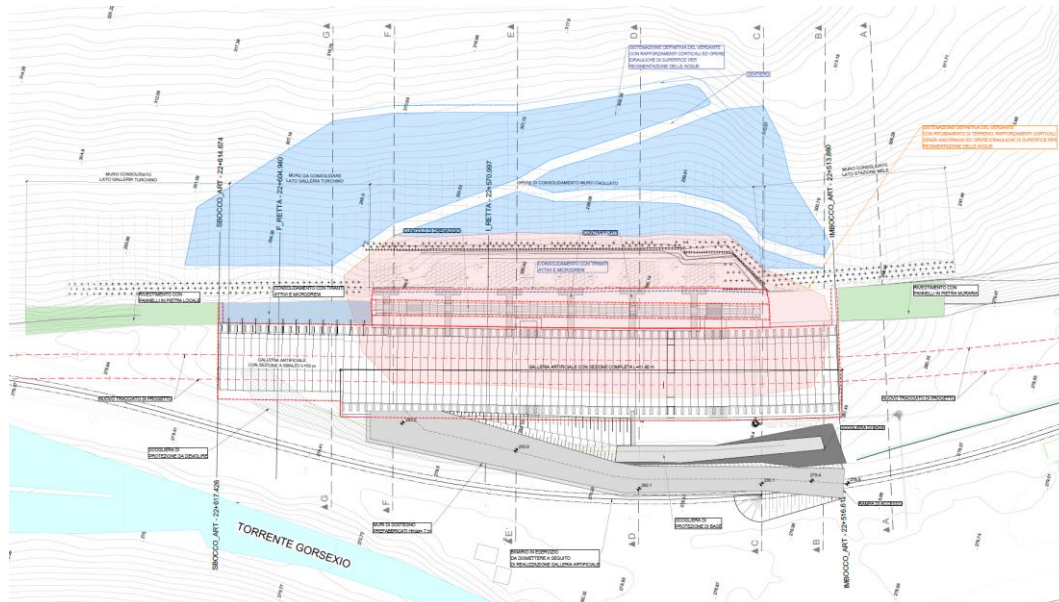


Figura 8 – Stralcio della planimetria di progetto.

Si descrivono di seguito le opere sopra elencate riportandone delle descrizioni.

Per maggiori dettagli relativi al progetto si rimanda alla Relazione tecnico-descrittiva (3537_23_000_PE_TSPN_01_00_0002) ed alle relazioni specialistiche.

4.2 Galleria artificiale

La galleria artificiale, lunga complessivamente 101.6 m e realizzata con tecnica di prefabbricazione sarà costituita da un tratto a sezione completa per circa 81.6 m e da un tratto a sezione completa, realizzato in una prima fase con struttura a sbalzo provvisoria per circa 20 m a partire dall'imbocco lato Ovada. Su tutta la galleria saranno previsti dei moduli prefabbricati da 1.25 m.

La scelta di realizzare le strutture con tecnica di prefabbricazione è stata adottata al fine di limitare le tempistiche di cantiere e le interferenze con l'esercizio della linea ferroviaria, pur mantenendo adeguate capacità prestazionali nel rispetto della sicurezza e delle norme tecniche attuali.

Per quanto riguarda la struttura a sezione completa si parla di una struttura prefabbricata a portale costituita da una successione di moduli prefabbricati in cemento armato vibrato prodotti in stabilimento, dotati di marcatura "CE", formanti un manufatto con due piedritti verticali distanti tra loro la luce netta $L = 11,0$ m, due pareti inclinate a smusso e una copertura tra i due smussi posta ad un'altezza $H = 7,20$ m dall'estradosso della fondazione.

Ogni modulo è formato da due elementi prefabbricati. Il manufatto è sagomato come illustrato nella figura seguente ed è dimensionato per resistere all'effetto delle spinte laterali e verticali del terreno, in assenza di spinta idraulica, nel rispetto delle vigenti leggi e norme tecniche delle costruzioni. I difetti di planarità della faccia a vista, verificati su m 4, non supereranno mm 8 e gli spigoli verticali in vista saranno arrotondati. Le armature tese di ciascun elemento saranno continue anche nel passaggio fra ritto, smusso e copertura.

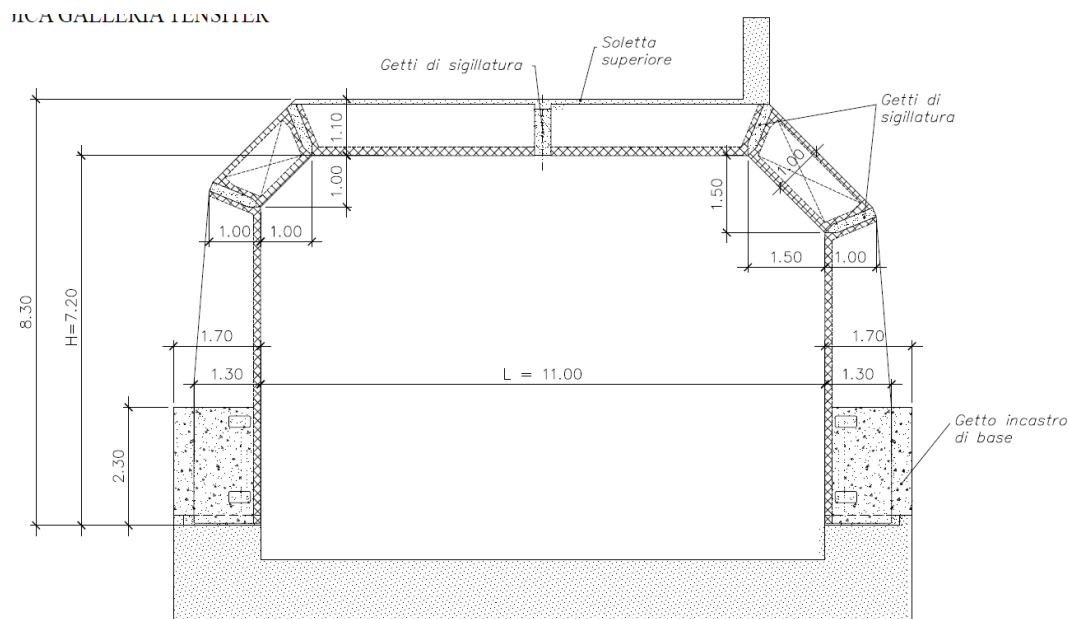


Figura 9 – Sezione tipo dell'impalcato della galleria artificiale.

La galleria a struttura chiusa sarà inoltre collegata alle opere di contenimento tramite dei contrafforti in c.a. gettati in opera.

Saranno presenti in totale 6 contrafforti ad interasse 10 m.

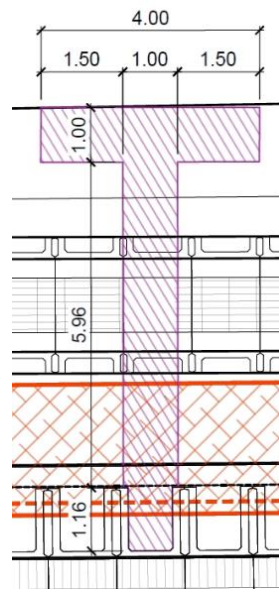


Figura 10 – Stralcio planimetrico di uno dei contrafforti.

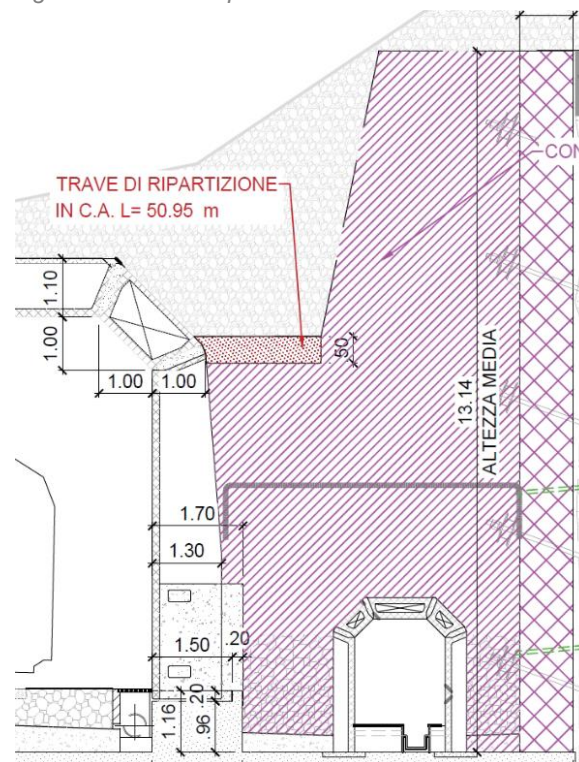


Figura 11 – Stralcio di una sezione di uno dei contrafforti.

Il collegamento tra i contrafforti e la galleria artificiale avverrà tramite il getto in opera dei contrafforti in prossimità di 2 conci successivi. All'interno dello stesso getto sarà realizzata in prossimità del giunto tra ritto e obliquo della galleria, un'apposita trave in c.a. di spessore circa 50 cm e larghezza variabile intorno a 2.2-2.4 m circa. I contrafforti saranno inoltre collegati direttamente alla platea di fondazione.

Nel tratto di galleria lato Ovada per circa 20 m la soluzione progettuale prevede in condizioni definitive una struttura di dimensioni medesime dell'impalcato a sezioni chiusa, realizzata però in 2 differenti fasi.

Al fine di ridurre le interferenze con l'esercizio dei binari in prossimità dell'imbocco lato Ovada in una prima fase si realizzerà una struttura a sbalzo provvisoria, costituita da una successione di elementi prefabbricati in cemento armato, prodotti in stabilimento, dotati di marcatura "CE", sostenuti a monte da appositi tiranti provvisori). Durante il montaggio e per una breve fase transitoria gli elementi prefabbricati saranno ancorati all'opera di contenimento di monte tramite una serie di tiranti provvisori.

Durante questa fase saranno inoltre realizzati i contrafforti di collegamento con l'opera muraria di monte.

Contrariamente ai contrafforti della zona centrale, questi contrafforti non saranno direttamente collegati alla platea di base al fine di poter garantire un eventuale sfogo delle acque potenzialmente accumulabili a tergo della struttura.

Il collegamento tra contrafforti e struttura avverrà all'interno dei getti di collegamento di conci successivi.

In una seconda fase, a seguito della messa in esercizio del binario di progetto Dispari, sarà varata una seconda parte di struttura, collegata appositamente alla struttura di prima fase, avente una sagoma complessiva del tutto equivalente alla rimanente struttura in sezione chiusa (vedi immagini seguenti).

Si riportano di seguito lo schema strutturale tipo della struttura prevista e delle fasi necessarie alla sua installazione.

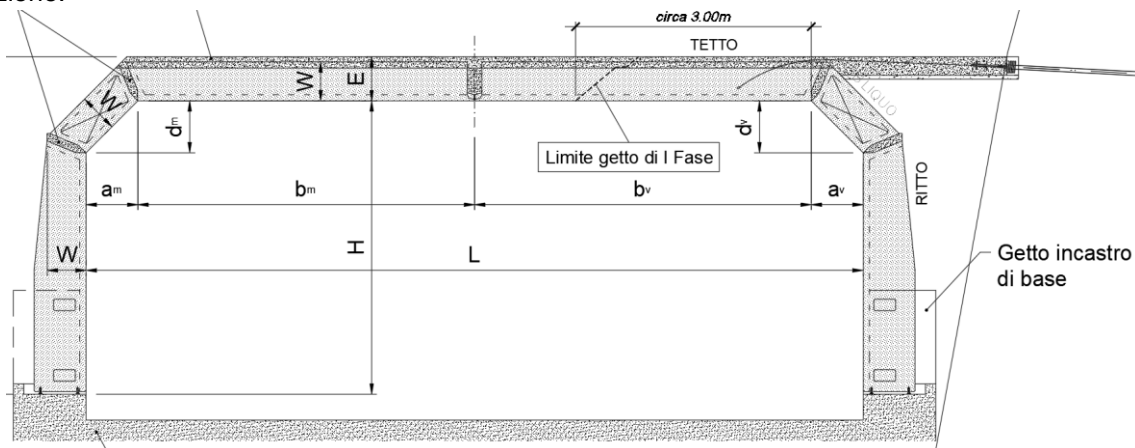


Figura 12 – Sezione tipo dell'impalcato della galleria artificiale da realizzare in 2 fasi.

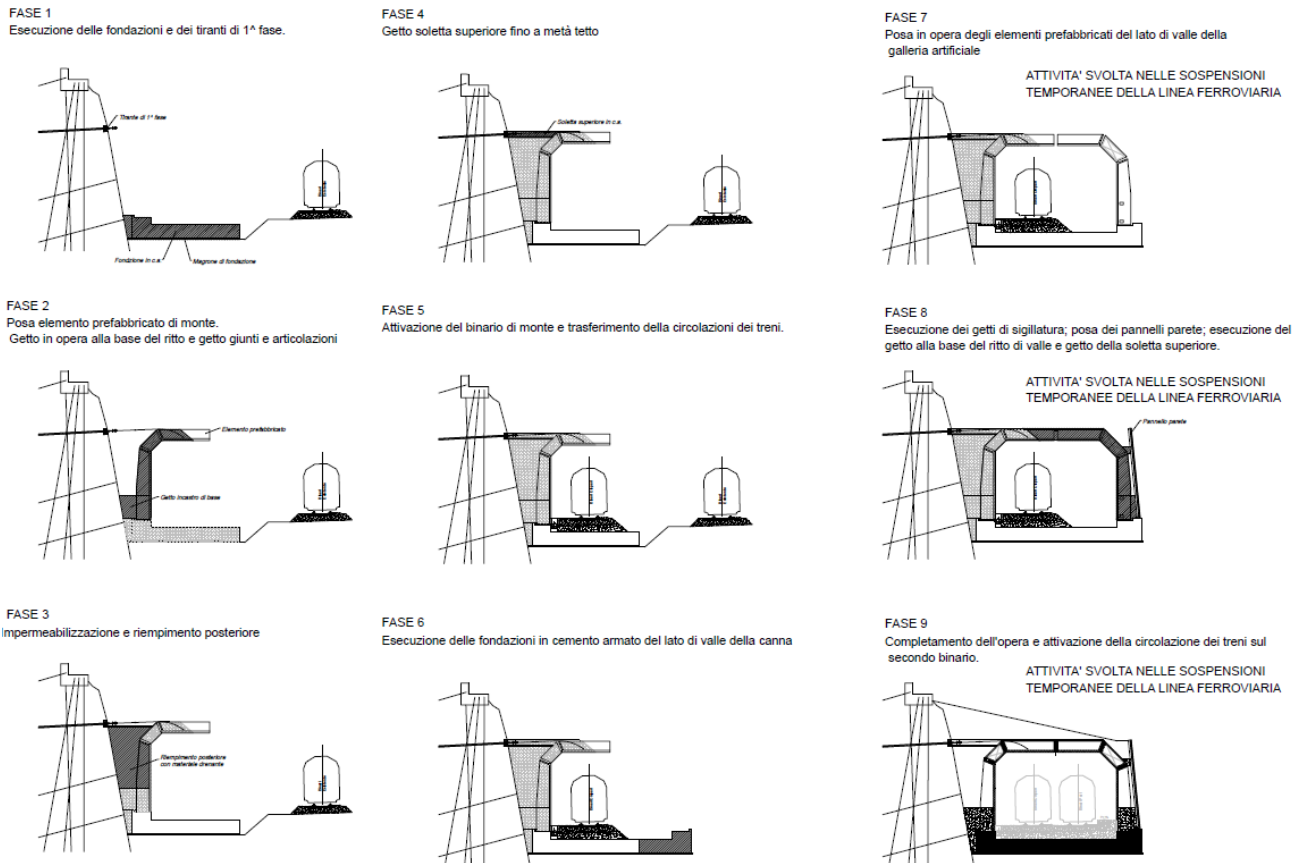


Figura 13 – Schema tipo delle fasi necessarie alla realizzazione della struttura in 2 fasi.

La galleria presenta delle fondazioni dirette consistenti su una platea di spessore 1.6 m e dei muretti in c.a. di altezza variabile in prossimità dei ritto finalizzati all'installazione e al completamento dei getti.

Per lo scavo necessario alla realizzazione della platea di fondazione e per lo scavo delle opere idrauliche in prossimità dell'imbocco lato stazione Mele, sarà necessaria la realizzazione di una paratia di micropali provvisoria. La paratia sarà costituita da micropali con perforazione 250 mm, armatura con tubolari 168.3/10 ed interasse di 0.4 m. Il collegamento dei micropali avverrà tramite un cordolo da 50x50 cm.

Per quanto riguarda i terreni di fondazione della galleria presentano generalmente delle buone caratteristiche meccaniche, essendo prevista al piano di imposta degli scavi delle fondazioni (secondo quanto indicato dalle indagini geognostiche e sismiche eseguite) la presenza di litologie rocciose-subrocciose di -buona fattura.

Tuttavia, su alcune verticali di indagine eseguite a valle del versante, è stata rinvenuta talvolta la presenza di materiali di detrito/riporto di mediocri caratteristiche fino a profondità di circa 4-5 m dal piano di imposta previsto dalle fondazioni (ad es. sondaggio geognostico S6 2004).

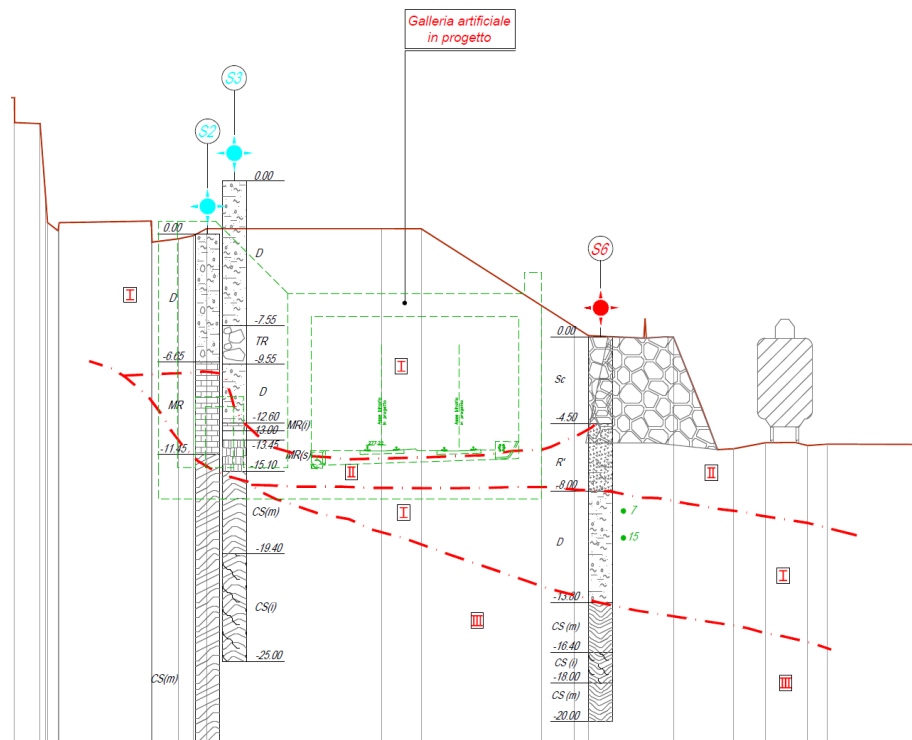


Figura 14 – Stralcio di una sezione geotecnica.

Nonostante la platea di fondazione sia in grado di soddisfare correttamente le verifiche di capacità portante, essendo previste localmente alcune importanti discontinuità in termini di rigidità tra le litologie presenti potrebbero verificarsi eventuali problematiche legate a cedimenti differenziali della struttura.

Si prevede dunque un consolidamento dei terreni superficiali tramite iniezioni di boiaccia cementizia additivata con resina acrilica.

La lunghezza delle canne, disposte a maglia 1mx1m, sarà variabile e crescente da monte verso valle fino a una lunghezza massima di 5 m, secondo l'andamento ipotizzato dei materiali meno rigidi.

L'ubicazione e la disposizione delle canne di consolidamento saranno da verificare a seguito dei materiali riscontrati al termine degli scavi fino al piano di posa della fondazione.

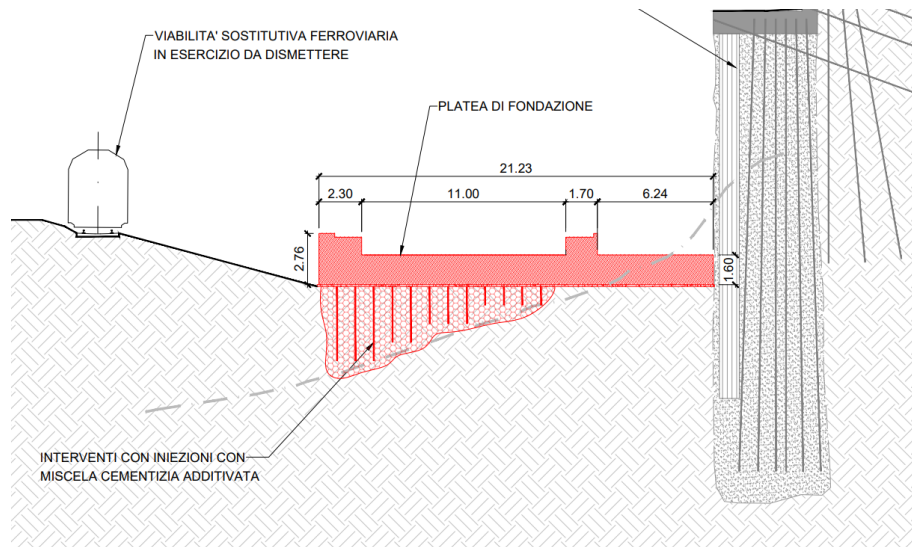


Figura 15 – Stralcio di una delle sezioni di progetto.

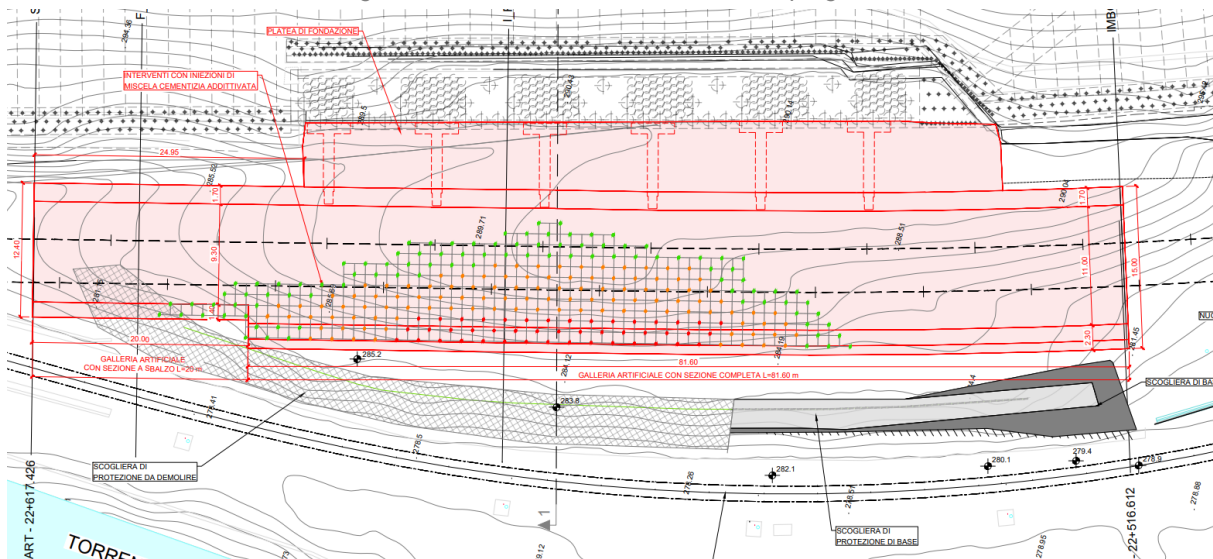


Figura 16 – Stralcio della planimetria con ubicazione dei consolidamenti.

Al fine inoltre di tarare la tipologia della resina, i rapporti di miscelazione ed i volumi di iniezione e le modalità operative per garantire la massima sicurezza ed i migliori risultati sarà predisposto un campo prova. Inoltre prima e dopo l'esecuzione dei consolidamenti dovranno essere prelevati dei campioni di terreno al fine di poter verificare la corretta esecuzione dei consolidamenti e le ipotesi progettuali.

4.3 Scatolare drenante e paramento drenante

Lo scatolare drenante consiste in una struttura prefabbricata a portale costituita da una successione di moduli prefabbricati in cemento armato vibrato prodotti in stabilimento, dotati di marcatura "CE", formanti un manufatto con due piedritti verticali distanti tra loro la luce netta $L = 1,70$ m, due pareti inclinate a smusso e una copertura tra i due smussi posta ad un'altezza $H = 2,50$ m dall'estradosso della fondazione.

Ogni modulo è formato da un elemento prefabbricato. Il manufatto è sagomato come nella figura seguente ed è dimensionato per resistere all'effetto delle spinte laterali e verticali del terreno, in assenza di spinta idraulica, nel rispetto delle vigenti leggi e norme tecniche delle costruzioni.

Lo scatolare drenante consiste in una struttura prefabbricata a portale costituita da una successione di moduli prefabbricati in cemento armato vibrato prodotti in stabilimento, dotati di marcatura "CE", formanti un manufatto con due piedritti verticali distanti tra loro la luce netta $L = 1,70$ m, due pareti inclinate a smusso e una copertura tra i due smussi posta ad un'altezza $H = 2,50$ m dall'estradosso della fondazione.

Ogni modulo è formato da un elemento prefabbricato. Il manufatto è sagomato come nella figura seguente ed è dimensionato per resistere all'effetto delle spinte laterali e verticali del terreno, in assenza di spinta idraulica, nel rispetto delle vigenti leggi e norme tecniche delle costruzioni.

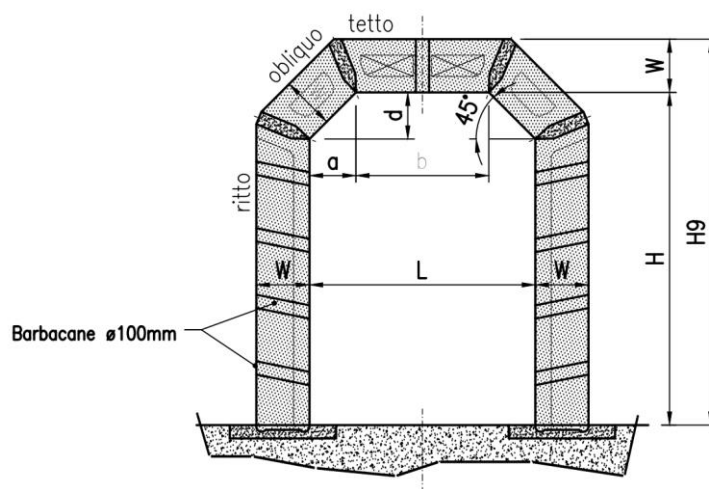


Figura 17 – Sezione tipo dello scatolare drenante.

Attorno allo scatolare, su cui sono previsti degli appositi fori drenanti, sarà realizzato un paramento drenante in pietrame e materiale di apposita pezzatura che avrà lo scopo di incanalare le acque provenienti dai sistemi di drenaggio delle opere di contenimento. Sarà inoltre presente una calza di geotessile al fine di separare il materiale drenante dal materiale di ricoprimento.

Tale opera avrà la funzione fondamentale di drenare e portare via le acque provenienti dai microdreni e le acque di accumulo della terra gravante al cunicolo.

Al di sopra del paramento drenante sarà previsto un apposito ricoprimento di terreno, con terre provenienti dalle operazioni di scavo.

4.4 Opere di consolidamento sul tratto di muro crollato ripristinato

Sul tratto di muro crollato sono stati già realizzati degli interventi di ripristino tramite pali di grande diametro, colonne di jet-grouting e micropali, collegati in testa tramite delle travi in c.a. di collegamento con dei tiranti in trefoli.

Al piede del muro risulta ora presente una banca di terreni di riporto, utilizzati per la stabilizzazione provvisoria del versante.

Contestualmente alle fasi di rimozione del terreno di riporto depositato al piede del versante, sarà prevista, la realizzazione di 4 file di ancoraggi provvisori costituiti da barre cave autoperforanti, con diametro di perforazione 100 mm, interasse variabile, inclinazione di 20° rispetto all'orizzontale e lunghezza totale variabile:

- 1° fila lunghezza totale 42 m;
- 2° fila lunghezza totale 39 m;
- 3° fila lunghezza totale 36 m;
- 4° fila lunghezza totale 33 m;
- 5° fila lunghezza totale 30 m.

Sugli ancoraggi è prevista un'azione di tesatura iniziale pari a 325 kN.

Gli ordini di tiranti saranno collegati tramite delle travi di ripartizione consistenti nell'accoppiamento di 2 profili HEB 180. Tali tiranti svolgeranno la sola funzione di ancoraggio provvisorio.

Saranno inoltre previsti dei microdreni in PVC ad interasse di circa 4 m, diametro minimo 50 mm e lunghezza variabile tra 50-60 m direttamente collegati ai fori del cunicolo drenante al fine di garantirne l'ispezionabilità e la manutenzione.

Si riportano di seguito degli stralci di una sezione e del prospetto degli interventi.

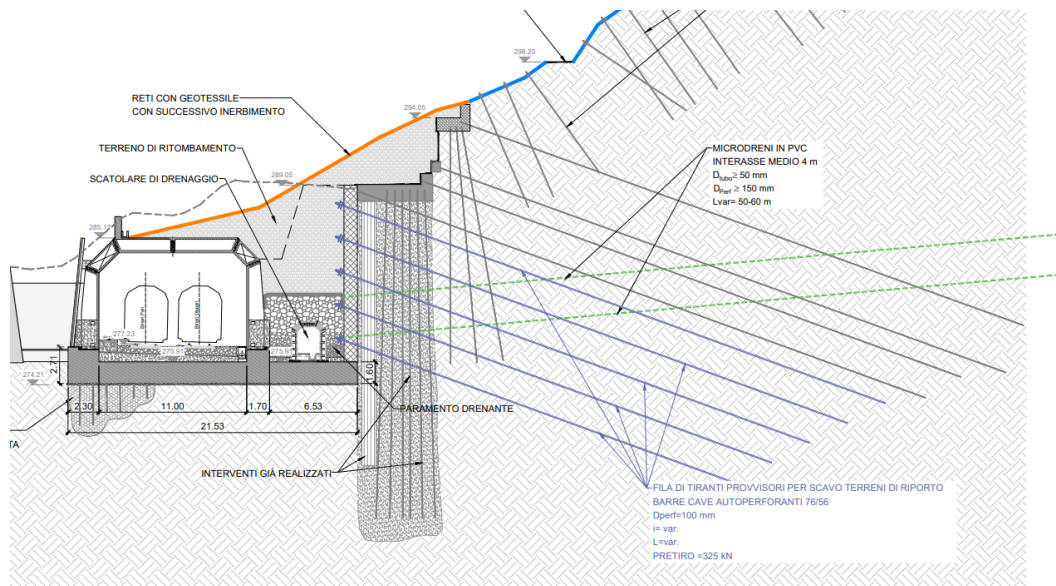


Figura 18 – Stralcio di una sezione di intervento sul muro crollato consolidato.

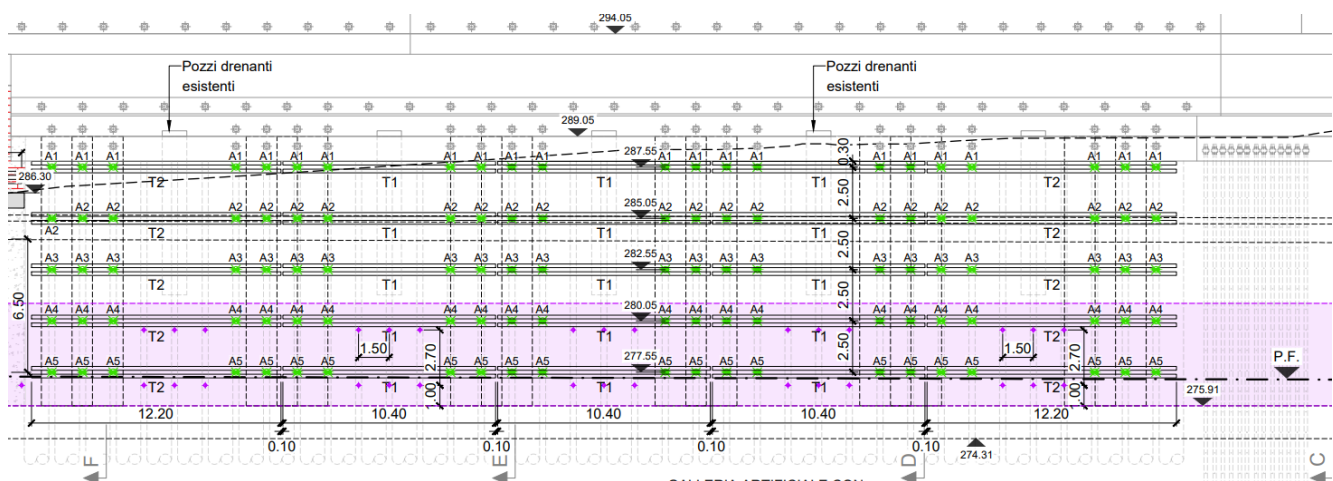


Figura 19 – Stralcio del prospetto degli interventi sul muro crollato consolidato.

4.5 Opere di consolidamento sui tratti di muro rimasti in posto

Sul tratto di muro in muratura rimasto in posto lato Ovada compreso tra il settore di muro crollato e il settore di muro già consolidato è stata già realizzata una cortina di micropali collegata in testa da travi in c.a. e tiranti in trefoli.

Al piede del muro risulta ora presente una banca di terreni di riporto, utilizzati per la stabilizzazione provvisoria del versante.

Progressivamente alla rimozione dei terreni di riporto si procederà con dei consolidamenti strutturali del muro consistenti in iniezioni di resine epossidiche con canne a maglia 0.5 x 0.5 m finalizzate al ripristino delle caratteristiche meccaniche delle murature e alla preparazione del piano di posa dei tiranti;

Avanzando con gli scavi di sbancamento dei terreni di riporto saranno realizzate 4 file di ancoraggi provvisori costituiti da barre cave auto perforanti, con diametro di perforazione 100 mm, interasse 2 m, inclinazione di 20° rispetto all'orizzontale e lunghezza totale variabile:

- 1° fila lunghezza totale 33 m;
- 2° fila lunghezza totale 30 m;
- 3° fila lunghezza totale 26 m;
- 4° fila lunghezza totale 22 m.

Gli ancoraggi saranno collegati tramite apposite carpenterie ad un reticolo di travi HEB200: verticalmente lungo gli allineamenti saranno previste 2 travi HEB200, mentre orizzontalmente sugli allineamenti previsti, sarà presente 1 profilo HEB200.

Una volta arrivati alla quota del fondo scavo e realizzata la platea di fondazione saranno realizzate la struttura a sbalzo provvisoria la quale necessiterà la realizzazione di tiranti provvisori apposito per il sostegno della struttura:

- esecuzione di tiranti attivi di 1° fase provvisori con barre Dywidag da 40 mm, diametro di perforazione 100 mm, interasse 2 m, inclinazione di 20° rispetto all'orizzontale e lunghezza 25 m, 10 m di cui per fondazione,

Tali tiranti saranno inglobati all'interno di una soletta in c.a. solidale alla struttura.

Si riportano di seguito degli stralci di una sezione e del prospetto degli interventi.

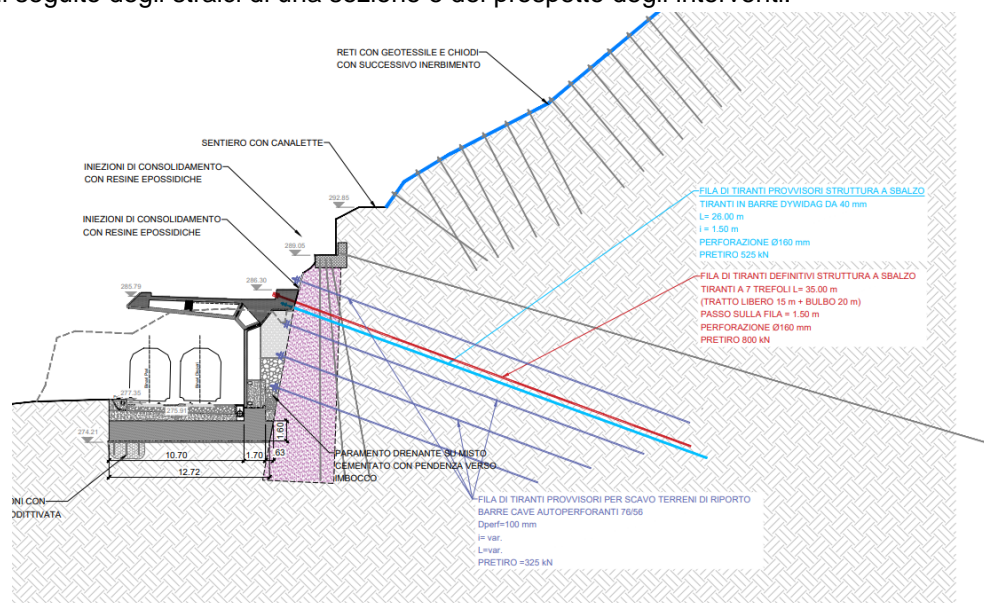


Figura 20 – Stralcio di una sezione di intervento sul muro da consolidare.

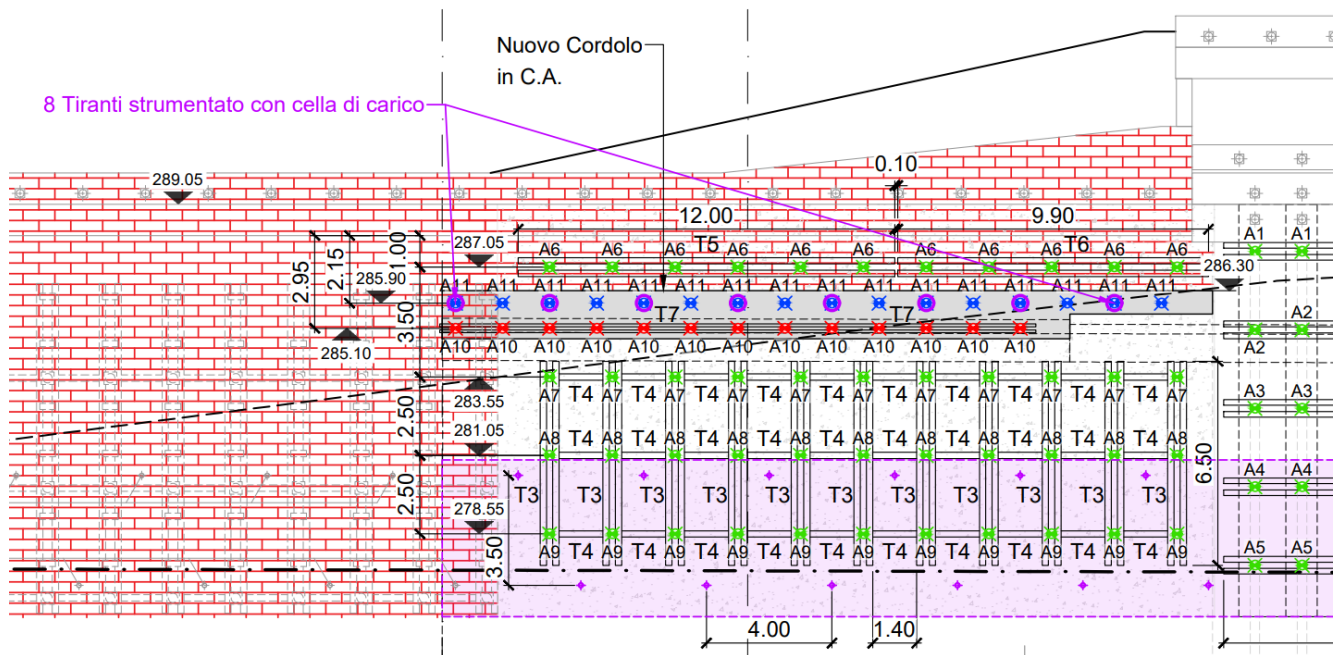


Figura 21 – Stralcio del prospetto degli interventi sul muro da consolidare.

4.6 Opere di finitura superficiali sulle strutture a vista

Per ridurre l'impatto ambientale sulle strutture a vista sarà prevista una copertura con dei pannelli a corsi regolari in pietra locale.

Tale intervento sarà previsto per le seguenti strutture:

- Travi in c.a. lasciate a vista a monte delle opere di contenimento;
- Muri in muratura rimasti in posto a seguito della frana, comprensivi sia dei tratti già consolidati che dei tratti da consolidare e lasciati a vista;
- Facciate a vista e imbocchi della galleria artificiale;
- Facciate dei muri di contenimento prefabbricati della rampa di accesso.

La soluzione con pannelli risulta in un aspetto molto gradevole, simile a quello dei muretti di una volta, con una soluzione dunque molto adatta in ambienti di salvaguardato aspetto paesaggistico.

Il procedimento costruttivo garantisce una perfetta aderenza della pietra anche nelle più severe condizioni di impiego. Di seguito si riporta un esempio del tipologico previsto, tipologico congruente soprattutto con le tipologie di pietra muraria delle opere circostanti.

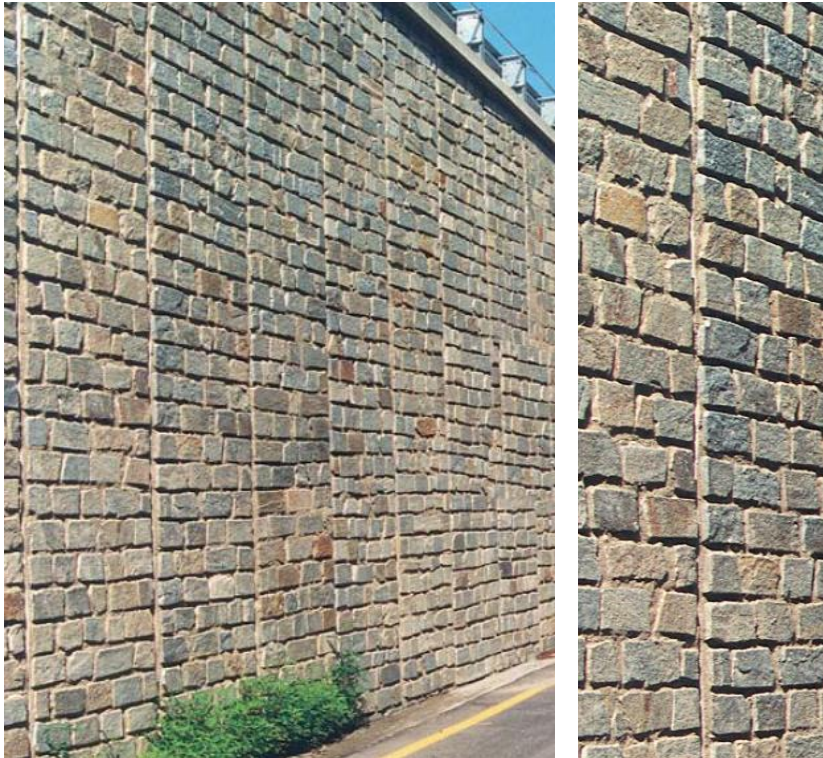


Figura 22 – Esempio del pannello tipologico in pietra locale.



Figura 23 – Muratura delle opere preesistenti.

4.7 Rampa di accesso

Per consentire le lavorazioni inerenti alla realizzazione del paramento drenante, del ritombamento di terreno a tergo della galleria artificiale e di sistemazione definitiva del versante, nonché di ispezione e manutenzione dei tiranti definitivi della struttura a sbalzo e del versante si rende necessaria realizzare una viabilità di accesso a mezzi, operai e tecnici specializzati.

La realizzazione della rampa avverrà al termine delle lavorazioni di installazione della galleria artificiale, a seguito dell'attivazione del tracciato di progetto e della dismissione della viabilità provvisoria attualmente in esercizio.

Si riporta di seguito uno stralcio planimetrico della rampa.

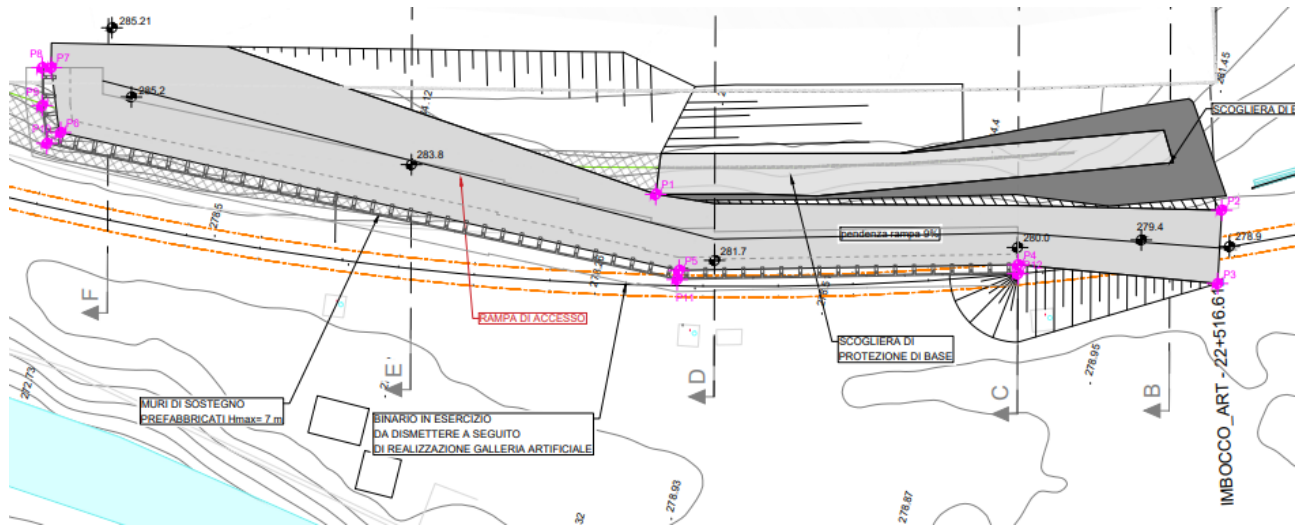


Figura 24 – Stralcio della planimetria di progetto della rampa di accesso.

La rampa coprirà dunque un dislivello pari a circa 6.3 m, compreso tra 278.9 m s.l.m. e la quota di testa della galleria pari a 285.21 m s.l.m., con una livelletta longitudinale di circa 8-9%.

Per la sua realizzazione ci si avvarrà parzialmente del sostegno della scogliera di protezione presente alla base del versante sul lato della galleria artificiale per un primo tratto di circa 40 m.

Per quanto riguarda il sostegno della viabilità lato valle il raccordo col piano campagna presente avverrà naturalmente con una pendenza 3H/2V fino ad una quota di circa 3 m rispetto al piano campagna.

Al fine di limitare gli ingombri planimetrici, per le altezze dal piano campagna superiore a 3 m e per il raccordo geometrico interno tra la rampa e la galleria artificiale nel tratto dove la scogliera risulta essere demolita si utilizzeranno delle opere di contenimento prefabbricate ad altezza variabile fino alla quota di testa della galleria artificiale.

Tali opere di contenimento consistono in muri di sostegno prefabbricato prodotti in stabilimento e dotati di marcatura "CE". Risultano costituiti da pannelli verticali prefabbricati in cemento armato vibrato e da una platea in cemento armato gettata in opera; i pannelli prefabbricati hanno resistenza caratteristica C35/45, cemento Portland CEM I e sono provvisti dalla parte della terra di una costola di irrigidimento estesa dalla base alla cima; i muri sono posati in opera su un cordolo di fondazione precedentemente preparato; la platea in cemento armato ha resistenza caratteristica C25/30, è posizionata sotto al terrapieno e ingloba le armature fuoriuscenti dal pannello.

Le opere previste avranno dunque un'altezza fuori terra variabile tra 3 m e 6.5 m.

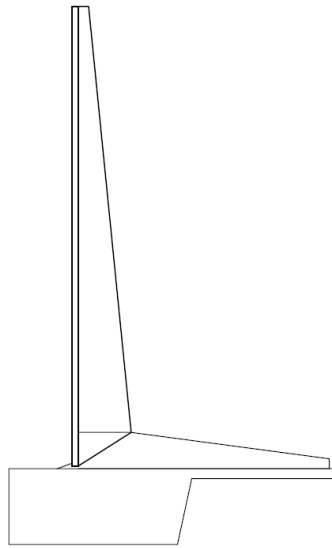


Figura 25 – Sezione tipo dei muri prefabbricati.

4.8 Sistemazione definitiva del versante con ricoprimento di terreno e rafforzamenti corticali

Per la sistemazione definitiva del versante è previsto il ritombamento di terreno della zona direttamente al di sopra delle opere in c.a. già realizzate.

Tale ricoprimento, effettuato a seguito della realizzazione del paramento drenante e del ritombamento fino a circa la quota di testa della galleria artificiale, raccorderà dunque la copertura della galleria artificiale col versante presente al di sopra delle opere in c.a.

Su tale tratto sarà quindi previsto un intervento di rafforzamento corticale con reti e geotessile al fine di garantire una stabilizzazione corticale con finalità principale antierosiva.

Al di sopra delle opere di contenimento e delle rispettive opere in c.a. di testa sarà previsto invece un intervento di rafforzamento corticale completo con reti, geotessile e barre di ancoraggio autoperforanti.

Le barre autoperforanti avranno perforazione da 76 mm, diametro esterno/interno 32/20 mm, lunghezza pari a 9 m e maglia 2x2 con elemento centrale.

Si riporta di seguito una sezione tipologica dell'intervento previsto.

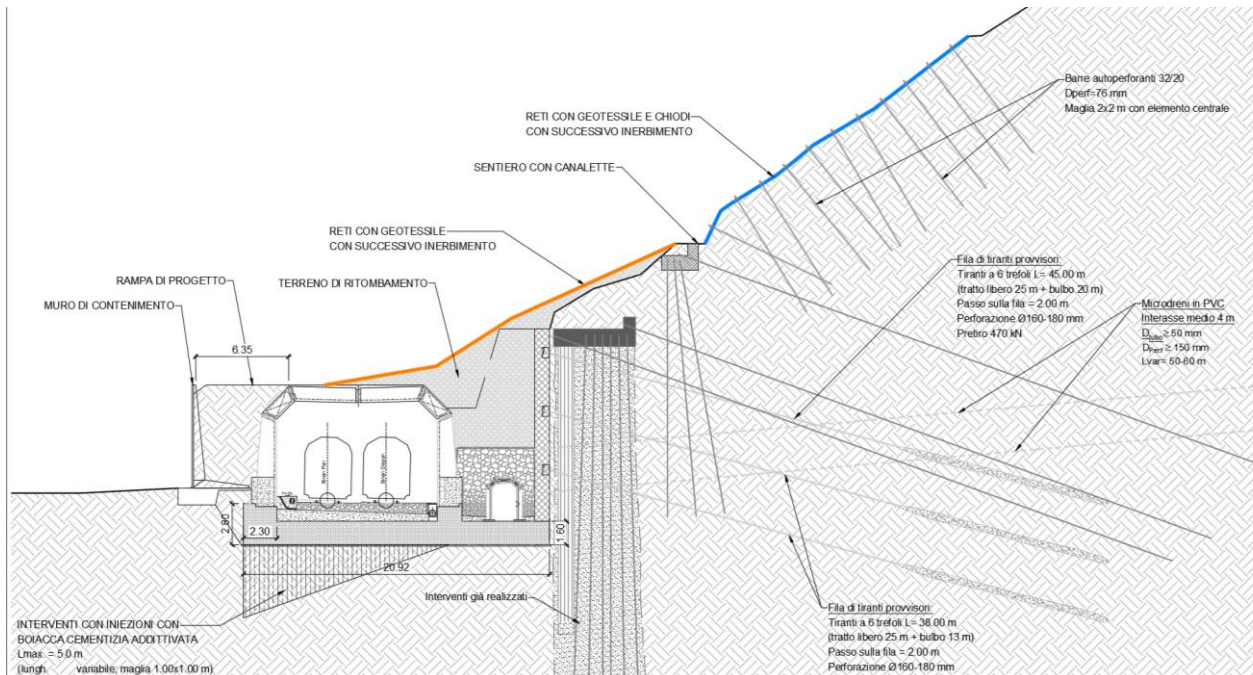


Figura 26 – Sezione tipo dell'intervento di sistemazione definitiva del versante.

Lungo la scarpata saranno previste delle apposite opere idrauliche di regimentazione delle acque di superficie. Al termine del completamento dei rafforzamenti sarà inoltre previsto il rinverdimento della scarpata tramite idrosemina su tutta la sua estensione. Si riporta un esempio tipologico dei risultati previsto per la lavorazione.



Figura 27 – Foto di intervento di rinverdimento di una scarpata con idrosemina.

4.9 Nuovo tracciato ferroviario di progetto

Per il ripristino della porzione di tracciato interessato direttamente dai fenomeni gravitativi, in accordo con le normative attualmente vigenti, è stato realizzato un nuovo tracciato di progetto.

L'attuale tracciato, presente all'interno della galleria del Turchino, ha un'intervista pari a 2.12m (interasse pari a 3.555m) mentre nel tracciato di nuova costruzione viene imposta un'intervista di valore pari 2.565m e di conseguenza un interasse tra i binari pari a 4.00m. L'intervento di ripristino dell'armamento ferroviario non può assolutamente essere uguale a quello antecedente la frana in quanto la presenza della galleria artificiale ed i vincoli dimensionali da rispettare per le opere d'arte, impongono un tracciato un po' diverso da quello originario. Nonostante ciò, l'andamento piano - altimetrico del tracciato ferroviario proposto in questa progettazione, si differenzia molto poco da quello antecedente la frana, rispettando praticamente le stesse caratteristiche in termini di pendenza longitudinale e di sopraelevazione soprattutto in corrispondenza del fabbricato di stazione.

Ai fini delle verifiche di tracciato sono state adottate e certificate le sagome PMO3, PMO2, PMO5, PMO ETR 521/ETR 421 (c.d. "Rock") e PC45 per il tratto in nuova Galleria artificiale. PMO2, PMO ETR 521/ETR 421 (c.d. "Rock") e PC45 in Galleria Turchino.

Si specifica comunque che la sagoma progettuale di intradosso della galleria presenta delle dimensioni maggiori rispetto agli standard previsti allo scopo di:

- ottenere una più efficace distribuzione delle sollecitazioni provenienti dai contrafforti;
- per garantire un migliore raccordo geometrico tra il terreno sopra e a tergo della galleria e il profilo topografico del versante di monte;
- per ridurre la pendenze della scarpata soprastante la galleria e di conseguenza l'azione di spinta delle terre sulla struttura.

4.10 Fasi Realizzative

Al fine di consentire la realizzazione delle opere di progetto nell'ottica di minor impatto sull'esercizio della linea, saranno previste le seguenti macrofasi lavorative.

Fase 0

- Allestimento del cantiere;
- Viabilità transitoria post-frana in esercizio.

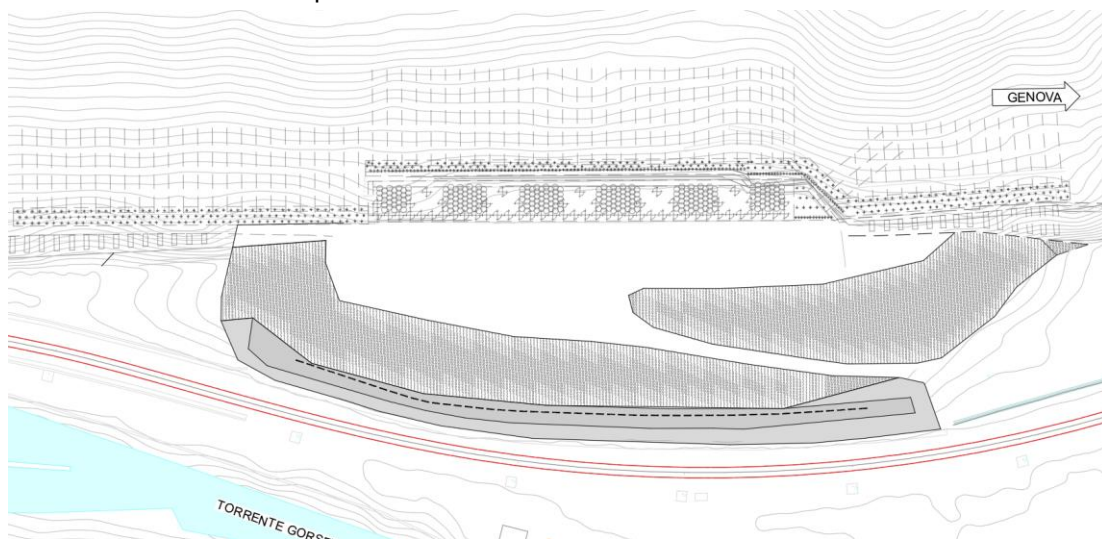


Figura 28 – Stralcio planimetrico inerente alla fase 0.

Fase 1

- Realizzazione degli scavi di sbancamento dei terreni di riporto fino alla quota del p.c. iniziale con prove ferromagnetiche ogni 1 m in interruzioni in IPO;
- Esecuzione della bonifica da ordigni bellici a partire della quota del p.c. pre-frana.
- Realizzazione progressiva delle iniezioni di consolidamento delle murature, degli ancoraggi provvisori di consolidamento delle opere di contenimento, dei microdreni sulle opere di contenimento in interruzioni in IPO;
- Realizzazione delle opere provvisionali in interruzioni IPO;
- Demolizione parziale della scogliera in interruzioni IPO.

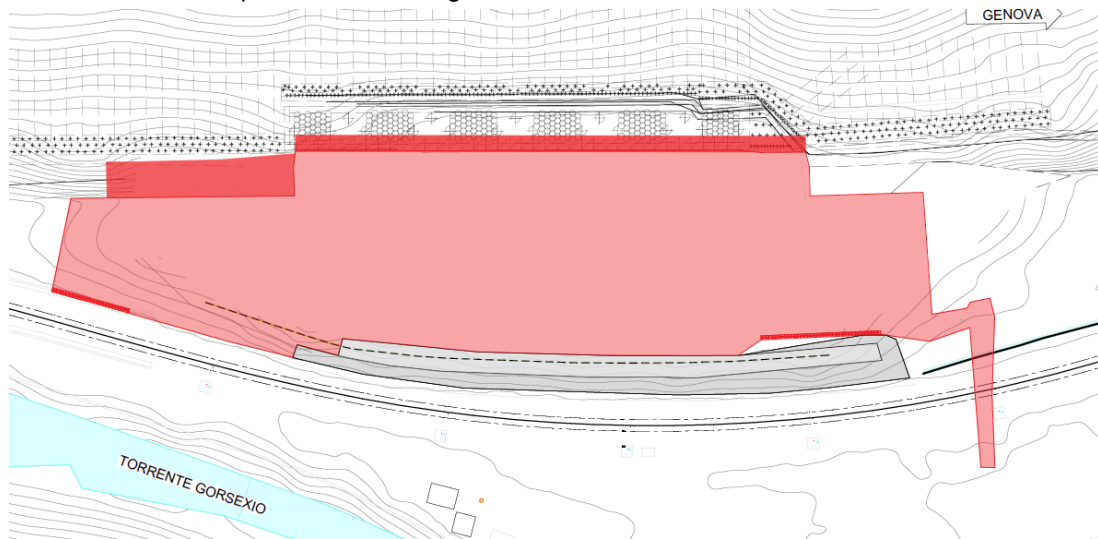


Figura 29 – Stralcio planimetrico inerente alla fase 1.

Fase 2

- Realizzazione dei consolidamenti dei terreni tramite iniezioni di boiacche additate con resine;
- Realizzazione della platea di fondazione;
- Realizzazione delle opere idrauliche passanti al di sotto della platea e del pozzetto di ispezione

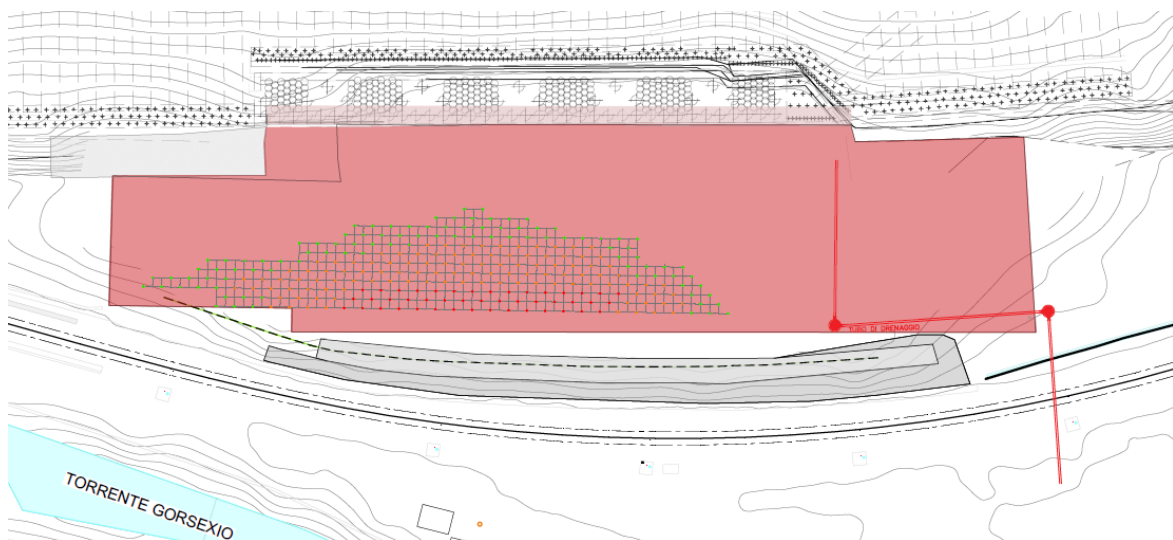


Figura 30 – Stralcio planimetrico inerente alla fase 2.

Fase 3

- Installazione scatolare drenante prefabbricato;
- Varo degli impalcati prefabbricati galleria artificiale in interruzione totale;
- Realizzazione dei tiranti provvisori e definitivi della struttura a sbalzo e varo in interruzione totale;
- Getto in opera dei contrafforti, delle travi in c.a. della struttura a sbalzo e degli imbocchi.

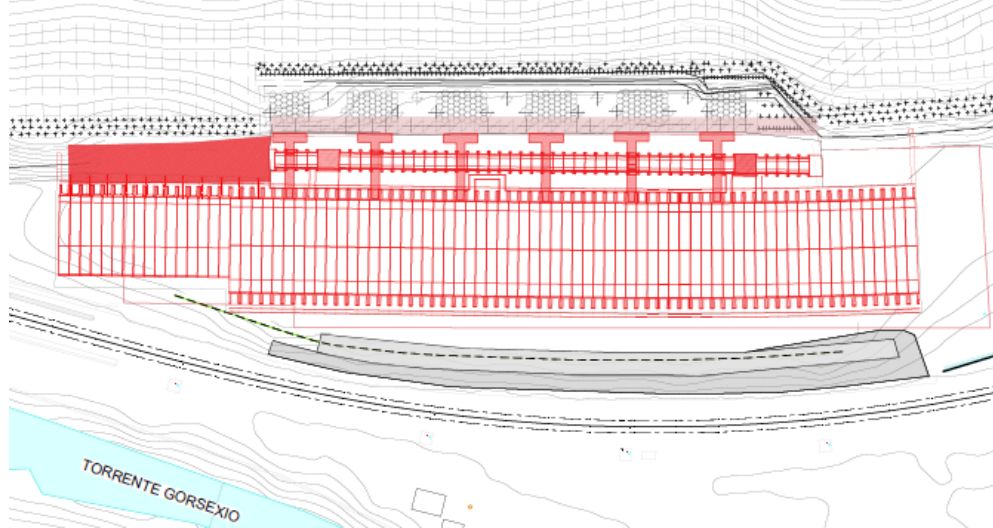


Figura 31 – Stralcio planimetrico inerente alla fase 3.

Fase 4

- Attivazione della linea;
- Dismissione della viabilità provvisoria post-frana.

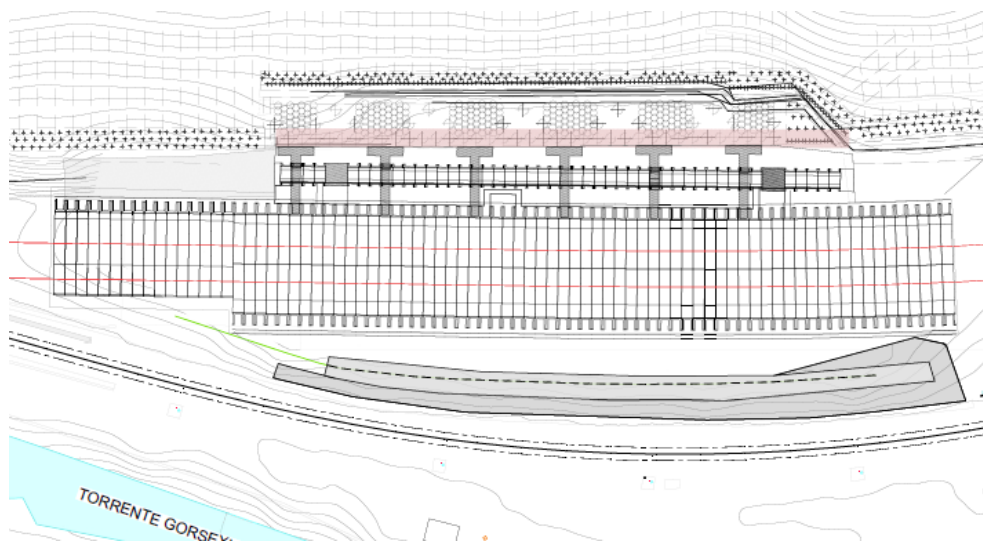


Figura 32 – Stralcio planimetrico inerente alla fase 4.

Fase 5

- Realizzazione delle rimanenti opere idrauliche di smaltimento acque interne;
- Demolizione parziale della scogliera di protezione;
- Realizzazione dei muri prefabbricati;
- Realizzazione della nuova rampa di accesso.

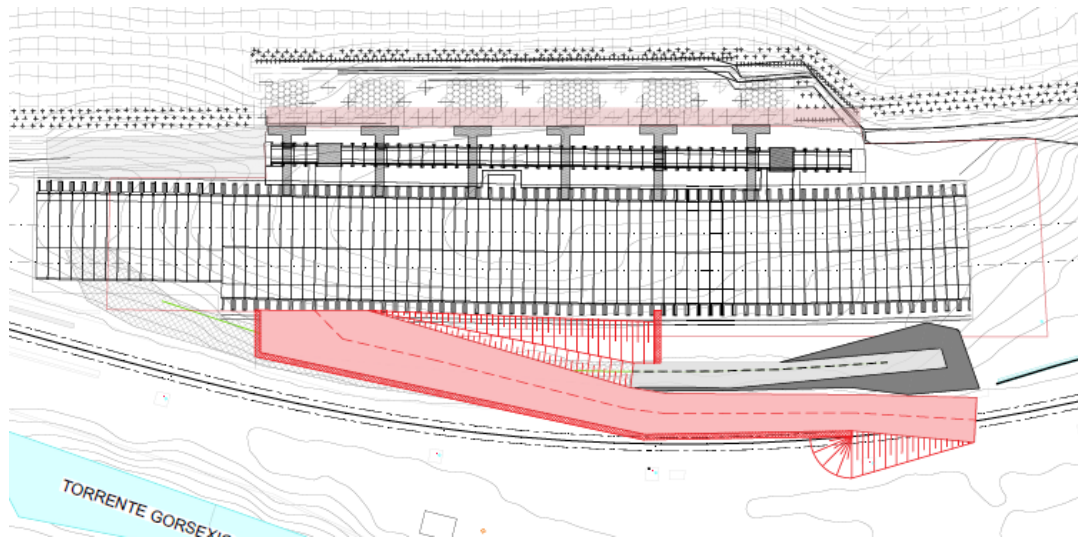


Figura 33 – Stralcio planimetrico inerente alla fase 5.

Fase 6

- Realizzazione del paramento drenante;
- Ritombamento di terreno a tergo galleria;
- Esecuzione dei rafforzamenti corticali;
- Inerbimento del versante tramite idrosemina.
- Realizzazione delle opere di regimentazione idraulica di superficie;
- Installazione dei pannelli di rivestimento nei tratti a vista delle opere presenti.

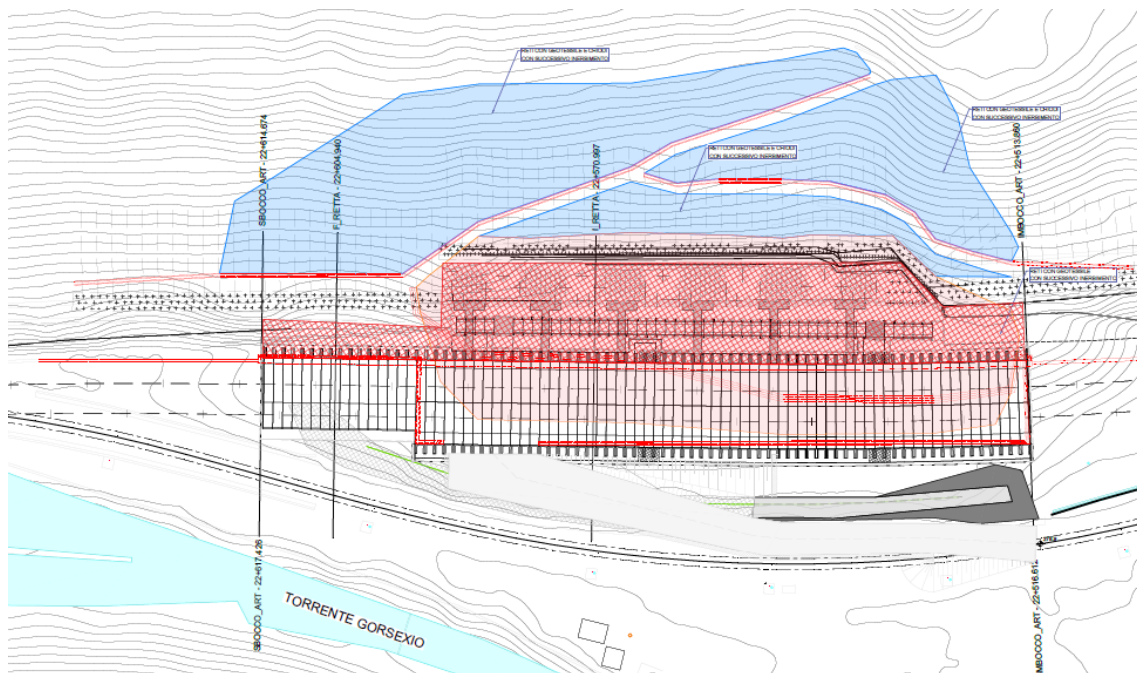
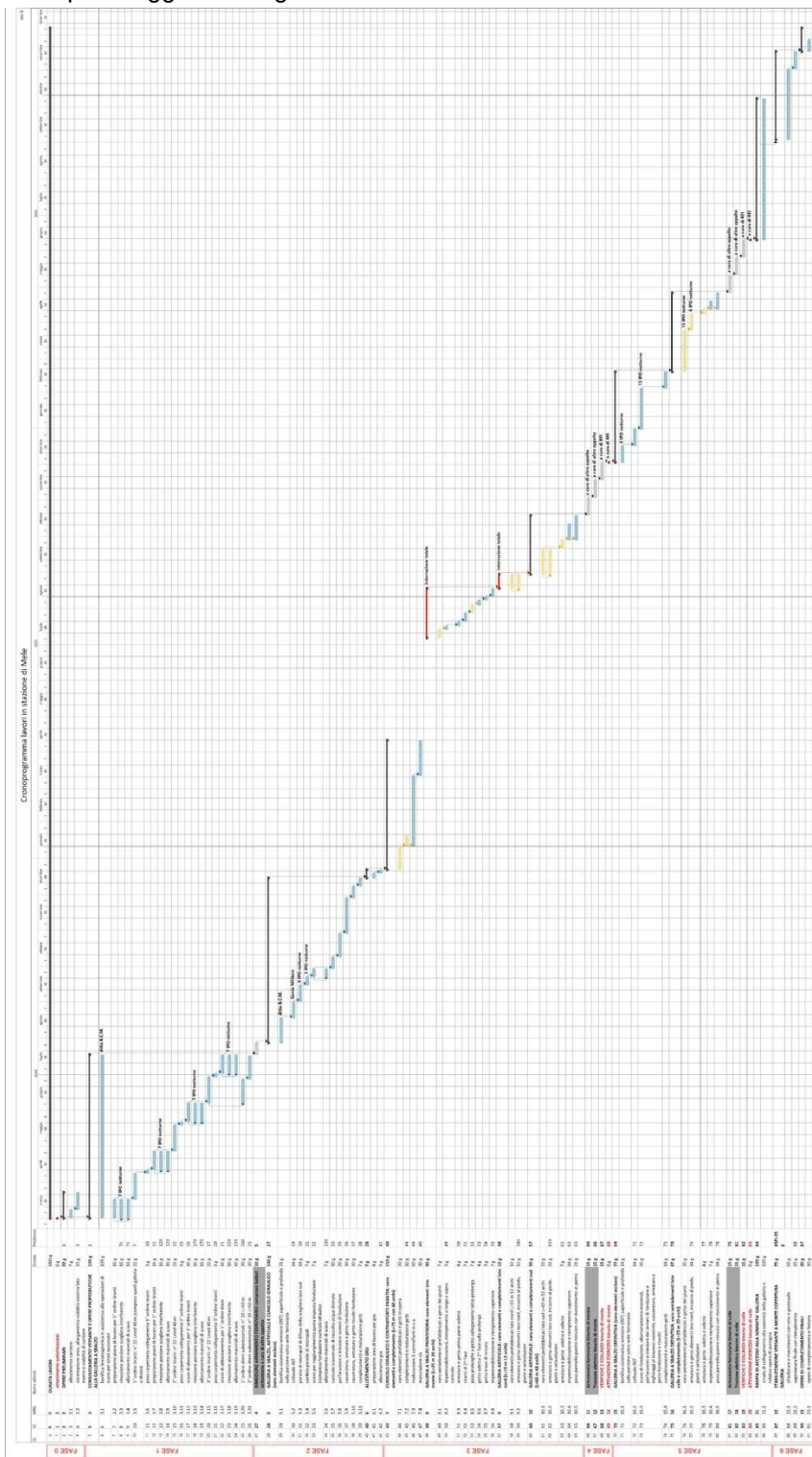


Figura 34 – Stralcio planimetrico inerente alla fase 6.

4.10.1 Cronoprogramma

La durata dei lavori è prevista pari a circa 33 mesi, come riportato nella figura successiva del cronoprogramma lavori al quale si rimanda per maggiori dettagli.



5 Ricettori, punti di misura e tempi

5.1 Individuazione dei punti di misura

I punti sono stati individuati sulla base di un'analisi del territorio e degli studi ambientali svolti per il progetto in esame.

La mappatura dei punti di monitoraggio è riportata nell'elaborato "Planimetria dei punti di misura".

Nel presente Piano di Monitoraggio, per l'area di intervento, in relazione all'impegno tecnico prodotto dalle lavorazioni e dalla sensibilità ambientale degli ambiti interferiti, sono state identificate:

- Le componenti oggetto di monitoraggio (Atmosfera, Acque superficiali e rumore)
- Le fasi di monitoraggio previste suddivise in Ante Operam, Corso d'opera e Post Operam
- Le frequenze delle campagne di misura nelle diverse fasi per componente e fattore rilevato
- Le tipologie dei monitoraggi da eseguire.

Per ognuna delle componenti ambientali selezionate sono stati definiti i siti nei quali predisporre le stazioni di monitoraggio per eseguire misure e prelievi, a seconda dei casi specifici. Per ogni punto è stata preliminarmente verificata l'accessibilità ed è stato mappato in carta.

Tali punti potranno essere meglio dettagliati nella fase esecutiva e in campo.

5.2 Tempi e frequenze

Per ogni componente ambientale, in funzione delle aree monitorate sono state individuate le frequenze delle campagne di misura nelle diverse fasi.

Per quanto riguarda la durata delle misure, essa è legata generalmente ad aspetti normativi o ad aspetti di significatività e rappresentatività dei dati. In particolare, per la fase corso d'opera le frequenze sono legate prioritariamente ai tempi di realizzazione dell'opera o ai tempi di permanenza in esercizio dei cantieri.

La durata complessiva del monitoraggio in corso d'opera dipenderà quindi dai tempi di realizzazione delle opere stesse ma soprattutto dalla durata delle lavorazioni più impattanti legate alle componenti da monitorare.

In linea generale, le campagne sono organizzate per fase come segue:

- AO Ante operam
Nei 6 mesi antecedenti l'avvio delle attività è stata prevista una campagna per ogni componente al fine di inquadrare lo stato qualitativo delle componenti e dei fattori ambientali indagati.
- CO Corso d'opera
In accordo con il cronoprogramma generale dei lavori che considera la conclusione dei lavori in circa 20 mesi, sono state previste , campagne trimestrali per il monitoraggio delle componenti maggiormente sensibili ed esposte ai potenziali impatti prodotti in fase di costruzione.
- PO Post Operam
ad opera conclusa, le campagne di monitoraggio sono previste nell'anno seguente l'avvio dell'esercizio in modo da verificarne gli effetti. Sono state previste campagne semestrali.

5.3 Restituzione dei dati

Le modalità di restituzione dei dati seguiranno le indicazioni di cui alle "Linee guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a procedure di VIA (D. Lgs. 152/2006 e s.m.i., D. Lgs. 163/2006 e s.m.i.) – Indirizzi metodologici generali REV. 1 del 16 giugno 2014", anche ai fini dell'informazione al pubblico, di seguito elencate:

- Saranno predisposti idonei rapporti tecnici periodici descrittivi delle attività svolte e dei risultati del monitoraggio ambientale, sviluppati secondo i contenuti ed i criteri indicati nelle suddette Linee Guida;

- I dati di monitoraggio saranno strutturati secondo formati idonei alle attività di analisi e valutazione da parte dell'autorità competente;
- Saranno restituiti i dati territoriali georeferenziati per la localizzazione degli elementi significativi del monitoraggio ambientale.

I dati così raccolti saranno condivisi il pubblico. Inoltre, le informazioni ambientali potranno essere riutilizzate per accrescere le conoscenze sullo stato dell'ambiente e sulla sua evoluzione, oltre ad essere riutilizzati per la predisposizione di ulteriori studi ambientali.

I **Rapporti tecnici** conterranno:

- Le finalità specifiche dell'attività di monitoraggio condotta in relazione alla componente/fattore ambientale,
- La descrizione e la localizzazione delle aree di indagine e delle stazioni/punti di monitoraggio;
- I parametri monitorati;
- L'articolazione temporale del monitoraggio in termini di frequenza e durata;
- I risultati del monitoraggio e le relative elaborazioni e valutazioni, comprensive delle eventuali criticità riscontrate e delle relative azioni correttive intraprese.

Inoltre, i rapporti tecnici includeranno per ciascuna stazione/punto di monitoraggio apposite **schede di sintesi** contenenti le seguenti informazioni:

- stazione/punto di monitoraggio: codice identificativo (es. ATM01 per un punto misurazione della qualità dell'aria ambiente), coordinate geografiche (espresse in gradi decimali nel sistema di riferimento WGS84 o ETRS89), componente/fattore ambientale monitorata, fase di monitoraggio;
- area di indagine (in cui è compresa la stazione/punto di monitoraggio): codice area di indagine, territori ricadenti nell'area di indagine (es. comuni, province, regioni), destinazioni d'uso previste dagli strumenti di pianificazione e programmazione vigenti (es. residenziale, commerciale, industriale, agricola, naturale), uso reale del suolo, presenza di fattori/elementi antropici e/o naturali che possono condizionare l'attuazione e/o gli esiti del monitoraggio (descrizione e distanza dall'area di progetto);
- ricettori sensibili: codice del ricettore (es. RIC_01): localizzazione (indirizzo, comune, provincia, regione), coordinate geografiche (espresse in gradi decimali nel sistema di riferimento WGS84 o ETRS89), descrizione (es. civile abitazione, scuola, area naturale protetta, ecc.);
- parametri monitorati: strumentazione e metodiche utilizzate, periodicità, durata complessiva dei monitoraggi.

La scheda di sintesi sarà corredata da:

- inquadramento generale che riporti l'intera opera, o parti di essa, la localizzazione della stazione/punto di monitoraggio unitamente alle eventuali altre stazioni/punti previste all'interno dell'area di indagine;
- Rappresentazione Cartografica su Carta Tecnica Regionale (CTR) e/o su foto aerea (scala 1:10.000) dei seguenti elementi:
 - Stazione/punto di monitoraggio;
 - Elemento progettuale compreso nell'area di indagine;
 - Ricettori sensibili;
 - Eventuali fattori/elementi antropici e/o naturali che possono condizionare l'attuazione e gli esiti del monitoraggio.
- Immagini fotografiche descrittive dello stato dei luoghi.

I dati di monitoraggio contenuti nei rapporti tecnici periodici saranno forniti anche in formato tabellare aperto XLS o CSV. Nelle tabelle sarà riportato:

- Codice identificativo della stazione/punto di monitoraggio;
- Codice identificativo della campagna di monitoraggio;
- Data/periodo di campionamento;
- Parametro monitorato e relativa unità di misura;
- Valori rilevati;
- Range di variabilità individuato per lo specifico parametro;
- Valori limite(ove definiti dalla pertinente normativa);
- Superamenti dei valori limite o eventuali situazioni critiche/anomalie riscontrate.

I dati territoriali saranno predisposti in formato SHP in coordinate geografiche espresse in gradi decimali nel sistema di riferimento WGS84 o ETRS89.

5.4 Strumenti di condivisione dei dati di monitoraggio

Al fine di garantire una più efficace gestione dei dati di monitoraggio e una più rapida consultazione di tutte le informazioni disponibili in relazione all'opera, verrà predisposto un Sistema Informativo Territoriale (SIT), che, attraverso un portale WebGIS, consente la centralizzazione, archiviazione, analisi e download sia dei dati territoriali geografici che quelli cartografici, garantendo la consultazione di mappe tematiche. Tale banca dati è consultabile e visionabile online attraverso un profilo utente, attivabile dagli stakeholder coinvolti nel progetto. All'avvio delle attività di monitoraggio saranno fornite le necessarie credenziali per l'accesso.

6 Relazioni specifiche delle singole componenti ambientali

6.1 ATM- Atmosfera

6.1.1 Obiettivi del monitoraggio

Le finalità del monitoraggio ambientale per la componente atmosfera sono:

- valutare l'effettivo contributo connesso alle attività di cantiere in termini di emissione sullo stato di qualità dell'aria complessivo;
- fornire ulteriori informazioni evidenziando eventuali variazioni intervenute rispetto alle valutazioni effettuate in fase di progettazione, con la finalità di procedere per iterazioni successive in corso d'opera ad un aggiornamento della valutazione delle emissioni prodotte in fase di cantiere;
- verificare l'efficacia degli interventi di mitigazione e delle procedure operative per il contenimento degli impatti connessi alle potenziali emissioni prodotte nella fase di cantierizzazione dell'opera;
- fornire dati per l'eventuale taratura e/o adeguamento dei modelli previsionali utilizzati negli studi di impatto ambientale.

I parametri rilevati durante il monitoraggio, opportunamente acquisiti ed elaborati, permetteranno nella fase di cantiere una corretta e tempestiva gestione della componente ambientale in oggetto.

6.1.2 Normativa di riferimento

Di seguito si riportano i principali riferimenti normativi.

6.1.2.1 Normativa nazionale

- **DPCM 28/3/1983** - Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno.
- **DRP 203/1988**- (relativamente agli impianti preesistenti) ed altri decreti attuativi - Attuazione Direttive n. 80/779, 82/884, 84/360, 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali ai sensi dell'art. 15 della Legge 16/4/87 n. 183.
- **DM 20/5/1991**- Criteri per l'elaborazione dei piani regionali per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria;
- **DM 15/4/1994**- Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane, ai sensi degli artt. 3 e 4 del D.P.R. 24 maggio 1988, n. 203 e dell'art. 9 del D.M. 20 maggio 1991;
- **DM 25/11/1994**- Aggiornamento delle norme tecniche in materia di limiti di concentrazione e di livelli di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane e disposizioni per la misura di alcuni inquinanti di cui al decreto ministeriale 15 aprile 1994;
- **DM 16/5/0996**- Attivazione di un sistema di sorveglianza di inquinamento da ozono;
- **D.Lgs 4/8/99 n. 351**- Attuazione della direttiva 96/62 in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria;
- **DM 1/10/2002 n. 261**- Regolamento recante le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente, i criteri per l'elaborazione dei piani e dei programmi di cui agli articoli 8 e 9 del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 351;
- **D.Lgs 21/05/2004 n. 183**- Attuazione della direttiva 2002/03/CE relativa all'ozono nell'aria;
- **D.Lgs 3/8/207 n. 152**- Attuazione della direttiva 2004/107/CE concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente;
- **D.Lgs 13/08/2010 n. 155**- Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa;

- **D.Lgs 250/2012-** Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155, recante attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.

6.1.2.2 Norme tecniche

- **UNI EN 12341:2014-** Aria ambiente - Metodo gravimetrico di riferimento per la determinazione della concentrazione in massa di particolato sospeso PM₁₀ o PM_{2,5}.

Come anticipato in premessa, il progetto di monitoraggio della componente atmosfera è stato redatto in conformità delle *Linee guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a procedure di VIA (D. Lgs. 152/2006 e s.m.i., D. Lgs. 163/2006 e s.m.i.) – Indirizzi metodologici specifici per componente/fattore ambientale: Atmosfera REV. 1 del 16 giugno 2014.*

6.1.3 Aree oggetto di monitoraggio

La scelta della localizzazione delle aree di indagine e, nell'ambito di queste, dei punti (stazioni) di monitoraggio, è effettuata sulla base delle analisi e delle valutazioni degli impatti sulla qualità dell'aria contenute nel SIA e/o nel Piano Ambientale della Cantierizzazione.

Di seguito sono elencati i principali criteri per la localizzazione dei punti di monitoraggio, come riportati anche nelle Linee Guida ministeriali:

- presenza di ricettori sensibili in relazione alla protezione della salute, della vegetazione e degli ecosistemi, dei beni archeologici e monumentali e dei materiali;
- punti di massima rappresentatività territoriale delle aree potenzialmente interferite e/o dei punti di massima di ricaduta degli inquinanti (CO e PO) in base alle analisi e valutazioni condotte mediante modelli e stime nell'ambito dello SIA;
- caratteristiche microclimatiche dell'area di indagine (con particolare riferimento all'anemologia);
- presenza di altre stazioni di monitoraggio afferenti a reti di monitoraggio pubbliche/private che permettano un'efficace correlazione dei dati;
- morfologia dell'area di indagine;
- aspetti logistici e fattibilità a macroscale e microscale;
- tipologia di inquinanti e relative caratteristiche fisico-chimiche;
- possibilità di individuare e discriminare eventuali altre fonti emissive, non imputabili all'opera, che possano generare interferenze con il monitoraggio;
- caratteristiche geometriche (in base alla tipologia - puntuale, lineare, areale, volumetrica) ed emissive (profilo temporale) della/e sorgente/i.

Il monitoraggio verrà effettuato in alcuni punti significativi, *stazioni di monitoraggio* rappresentative di un'area in cui si ritiene necessario prevedere la determinazione del potenziale contributo immissivo delle attività di cantiere in termini di inquinanti atmosferici.

La localizzazione dei punti di monitoraggio è rappresentata nell'elaborato "Planimetria di localizzazione dei punti di monitoraggio".

6.1.4 Parametri di monitoraggio

I parametri della qualità dell'aria di cui si prevede il monitoraggio sono di due tipi: il primo tipo si riferisce ad inquinanti convenzionali, ovvero quelli inclusi nella legislazione vigente per i quali sono stati stabiliti limiti normativi, mentre il secondo tipo riguarda una serie di parametri ed analisi non convenzionali che non sono previsti dalla vigente legislazione sulla qualità dell'aria ma che sono necessari per definire il potenziale contributo di inquinanti verosimilmente prodotti durante le fasi di cantierizzazione dell'opera.

- Parametri convenzionali

- Particolato avente diametro aerodinamico inferiore a 10 μm (PM_{10});
- particolato avente diametro aerodinamico inferiore a 2.5 μm ($\text{PM}_{2.5}$).
- Parametri non convenzionali
 - Misura ed interpretazione quali-quantitativa dei dati relativi al particolato sedimentabile (deposizioni);
 - Analisi della composizione chimica del particolato sedimentabile (deposizioni) relativamente agli elementi terrigeni;

Sarà inoltre prevista la misura dei parametri meteorologici necessari a valutare i fenomeni di diffusione e di trasporto a distanza dell'inquinamento atmosferico:

- velocità del vento;
- direzione del vento;
- umidità relativa;
- temperatura;
- precipitazioni atmosferiche;
- pressione barometrica;
- radiazione solare.

6.1.5 Metodi e strumentazione di monitoraggio

Il monitoraggio della componente atmosfera viene svolto nelle fasi AO e CO e prevede essenzialmente le seguenti attività:

- analisi bibliografica e sul web dei dati di qualità dell'aria forniti dalle centraline locali di monitoraggio;
- sopralluogo, identificazione dei punti di monitoraggio e reperimento degli allacci/permessi necessari allo svolgimento delle misure;
- esecuzione delle campagne di rilievo (in funzione delle fasi di costruzione dell'opera e delle relative attività di lavorazione durante il CO);
- analisi ed elaborazione dei risultati;
- produzione dei report delle indagini e inserimento dei dati nel sistema informativo.

6.1.5.1 Metodologia di acquisizione parametri convenzionali

Polveri sottili

Per l'acquisizione dei dati di monitoraggio atmosferico saranno utilizzate stazioni di misura conformi ai sensi dell'art.1 comma g) del D. Lgs. 155/10 e s.m.i. per quanto riguarda:

- i requisiti richiesti per la strumentazione;
- l'utilizzo di metodiche riconosciute o equivalenti a quelle previste da normative;
- l'utilizzo di strumentazione che permetta un'acquisizione e restituzione dei dati utile ad intervenire tempestivamente in caso di anomalie.

In particolare, per il campionamento e le analisi dei parametri sopra indicati verranno utilizzate strumentazione e metodiche previste dalla normativa vigente e le principali norme tecniche (ad esempio per le polveri sottili la UNI EN 12341) così da ottenere dei dati validati e confrontabili con le centraline degli Enti territoriali competenti per la determinazione della qualità dell'aria ai sensi dell'art. 1 del D. Lgs. 155/10 e s.m.i. ed avere delle indicazioni sull'andamento della qualità dell'aria delle zone territoriali su cui insistono le aree di cantiere e l'eventuale contributo delle attività di realizzazione dell'opera.

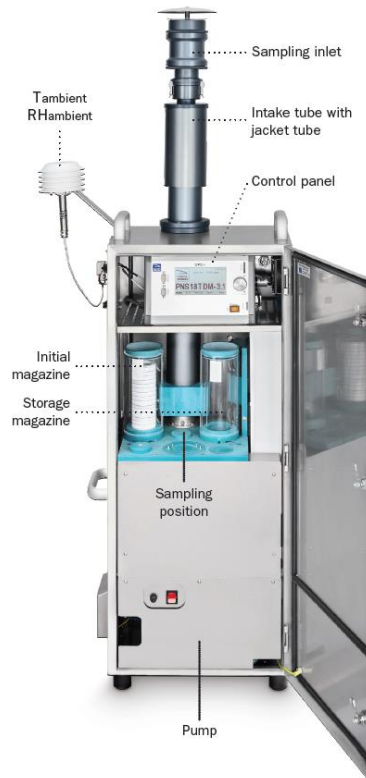


Figura 35 – Campionatore sequenziale automatico

L'analisi gravimetrica su base giornaliera (24 ore) viene effettuata con campionatori (vedi ad esempio Figura 12) automatici o semiautomatici che impiegano linee di campionamento (teste di taglio comprese) e sistemi di misura dei parametri di campionamento "conformi" alla normativa (D.Lgs. 155/2010 e s.m.i.). A tale fine, possono essere utilizzati sistemi che consentono la misura diretta basata su principi di tipo fisico (ad es. assorbimento di raggi beta) coerenti con la legislazione attualmente in vigore (con certificazione di equivalenza) o strumenti che prevedono il campionamento su membrane filtranti da sottoporre a misura gravimetrica secondo i dettami della norma UNI EN 12341:2014. La corretta esecuzione delle procedure ivi descritte è garantita dalla Certificazione del Laboratorio e dal Sistema di Gestione della Qualità dell'Azienda che le svolge, ai sensi della norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2018 (Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura).

Le membrane filtranti (dette anche "filtri") possono essere composte di vari materiali (vetro, quarzo, PTFE, ecc.) ma sempre con caratteristiche conformi alla norma UNI EN 12341:2014 e sono preparate in laboratorio secondo quanto previsto dalla medesima norma mediante l'utilizzo di pinzette smussate al fine di evitare contaminazione e/o danni. Di seguito si riportano le procedure di preparazione dei filtri:

- controllo dei filtri per rilevare imperfezioni o possibile contaminazione dovuta al trasporto
- condizionamento dei filtri per 48 ore su speciali piatti forati, protetti dal materiale particellare presente nell'aria all'interno di una camera di pesata con aria condizionata ed esposti a condizioni di termoigrometriche di $20 \pm 1^\circ\text{C}$ e umidità relativa di $50 \pm 5\%$ costanti;
- pesata dei filtri usando una bilancia con risoluzione di almeno $10 \mu\text{g}$;
- conservazione dei filtri in cassette etichettate e sigillate;
- redazione di un rapporto di laboratorio dove è indicato il peso del filtro.

Tali filtri “bianchi” sono successivamente caricati nei campionatori automatici per effettuare il monitoraggio e al termine della campagna sono inviati al laboratorio per essere nuovamente sottoposti alla procedura illustrata sopra e determinarne il peso a seguito del campionamento.

La differenza in peso pre- e post- campionamento, congiuntamente al valore del volume campionato (restituito dal campionatore automatico) permette di determinare delle concentrazioni PM_{10} e $PM_{2.5}$.

In Figura 13 è riportata una fotografia di esempio di un filtro bianco e un filtro campionato a confronto.

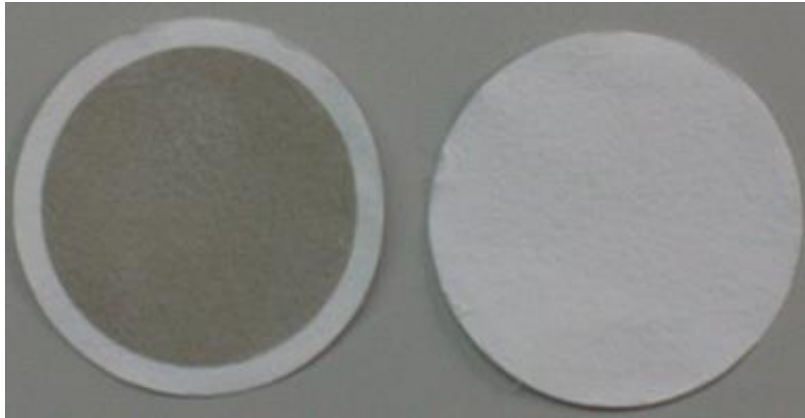


Figura 36- Filtro campionato (sinistra) e filtro bianco (destra)

6.1.5.2 Metodologia di acquisizione parametri non convenzionali

Deposizione e microscopia

Per l'analisi del particolato sedimentabile è previsto l'utilizzo di un campionatore e della microscopia ottica.

Nella fase di campionamento viene impiegata un'apparecchiatura Wet-Dry (deposimetro, vedi ad esempio figura successiva) in modalità “Dry-Only”, al fine di raccogliere il materiale sedimentabile in assenza di precipitazioni.

Tale materiale viene successivamente valutato per microscopia ottica automatica dopo essere stato raccolto su adeguato vetrino di osservazione. La figura successiva si riferisce ad un campione di particolato atmosferico sedimentato.



Figura 37- Campionatore Wet-Dry

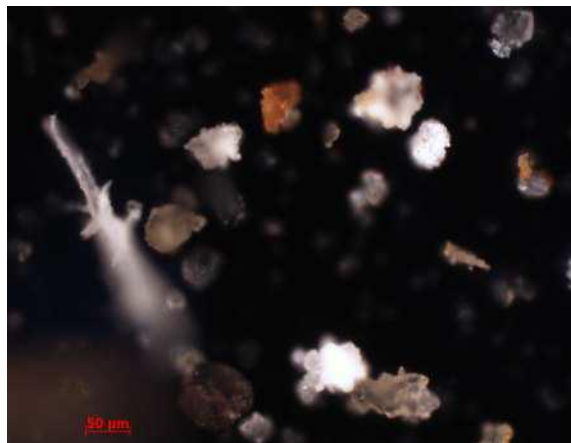


Figura 38- Campione di particolato atmosferico al microscopio

Questa tecnica combinata prevede il campionamento su periodi prolungati (tipicamente 7 - 10 gg) del particolato atmosferico sedimentabile, ossia la frazione più pesante del particolato aerotrasportato. In questo modo vengono acquisiti i dati di deposizione di massa ($\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{giorno}$) delle polveri e, attraverso l'utilizzo di vetrini e microscopio ottico, viene effettuata l'osservazione qualitativa della natura e della distribuzione in termini di colore, aspetto e dimensione delle polveri. Tale osservazione si riferisce, in pratica, a particelle sedimentate di dimensioni superiori a $3 \mu\text{m}$ circa.

L'analisi automatica dell'immagine permette di acquisire informazioni relative alla distribuzione granulometrica delle polveri e alla loro classificazione/suddivisione in classi di "colore". Tali informazioni vengono tipicamente riportate in tabelle (vedi Tabella 1 di esempio) ove sono mostrate 8 classi granulometriche da 1 a $200 \mu\text{m}$ di diametro e tre classi di colore (nero, bianco, marrone).

Tabella 1- Esempio di tabella per analisi dimensionale e di colore

		Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5	Class 6	Class 7	Class 8
		1 10	10 20	20 30	30 40	40 50	50 100	100 200	>200
WHITE ELEMENTS	site 7	4152	634	276	144	95	141	27	4
	site 10	3058	483	212	118	72	141	32	4
	site 4	2500	417	207	87	54	47	7	2
	site 9	246	45	30	7	9	3	2	1
BLACK ELEMENTS	site 7	8696	1140	306	90	37	33	3	1
	site 10	6852	1623	665	276	124	92	5	0
	site 4	10576	3468	1674	611	229	134	8	0
	site 9	2222	436	169	97	38	55	11	2
BROWN ELEMENTS	site 7	9403	717	241	104	53	90	19	1
	site 10	5831	537	195	114	54	86	6	2
	site 4	2412	176	70	34	12	18	1	0
	site 9	1928	37	7	3	4	5	2	1

L'analisi del colore delle deposizioni atmosferiche avviene tramite il confronto con la tavola dei colori del sistema R.A.L. e la conseguente suddivisione secondo le 3 sopracitate classi di colore, così caratterizzate:

- grigio/nero: associabile principalmente a particolato connesso a sorgenti di tipo antropico, quali emissioni derivanti dall'uso di combustibili fossili (autoveicoli, camini domestici e non), dall'usura di pneumatici, freni e manto stradale, da processi industriali, da termovalorizzazione di rifiuti, ecc.;
- bianco: associabile principalmente a un particolato connesso a sale marino, materiale da erosione di rocce, ecc.;
- marrone: associabile principalmente a un particolato connesso a lavorazioni agricole con dispersione in atmosfera di terra (sabbia, limo, argilla tipicamente di colore giallastro-marrone), a piante (pollini e residui vegetali) e spore, a materiale di erosione di rocce, ecc.

Resta inteso che la colorazione delle polveri va contestualizzata nell'area di indagine prendendo in considerazione le caratteristiche del territorio monitorato e le attività ivi presenti.

Composizione chimica (elementi terrigeni)

Per determinare la concentrazione di elementi di origine terrigena (Silicio, Alluminio, Ferro, Calcio, Magnesio, Potassio, Titanio, Fosforo ed altri eventuali) viene effettuata un'analisi chimica del particolato con la tecnica XRF (X-Ray Fluorescence), che consente di individuare gli elementi chimici costitutivi di un campione grazie all'analisi della radiazione X (fluorescenza X caratteristica) emessa dallo stesso in seguito ad eccitazione atomica con opportuna energia. L'analisi è non distruttiva, non richiede alcun tipo di preparazione del campione, può operare in aria e non altera il materiale analizzato.

Nel caso in esame può essere effettuata un'analisi XRF a dispersione di energia (acronimo ED-XRF) con un opportuno spettrometro o, in alternativa, può essere utilizzato un microscopio elettronico a scansione (SEM), nel qual caso l'analisi viene definita SEM-EDX (Energy Dispersive X-ray Analysis). Tali metodiche permettono un'analisi simultanea di molti elementi anche su piccolissime parti di campione, quali quelle derivanti dal campionamento del particolato sedimentabile (deposizioni) su opportuni supporti.

L'analisi qualitativa prevede l'identificazione delle righe X caratteristiche di emissione di ogni elemento chimico (disponibili nella bibliografia scientifica di settore), mentre l'analisi quantitativa richiede di correlare i dati di

intensità delle diverse righe X emesse con le analoghe emissioni di campioni standard contenenti quantità conosciute dell'elemento da stimare.

In questo modo viene eseguita la determinazione dei principali elementi terrigeni e l'analisi di detti elementi sotto forma di ossidi per la valutazione della percentuale in massa delle polveri terrigene rispetto alla massa complessiva di particolato. Se necessario questo tipo di analisi può essere svolta anche sulle frazioni PM₁₀ e PM_{2.5} del particolato raccolto tramite campionatori gravimetrici.

6.1.6 Articolazione temporale delle attività di monitoraggio

Il Monitoraggio ambientale per la componente atmosfera prevede le seguenti fasi:

- Ante Operam: per definire lo stato della qualità dell'aria prima dell'inizio dei lavori, integrando possibilmente le misure svolte con le informazioni raccolte dalle centraline di rilevamento locali;
- Corso d'Opera: per identificare/valutare le interferenze dovute all'attività dei cantieri fissi (aree tecniche, aree di stoccaggio, ecc.).

Le campagne di misura del CO sono compiute contemporaneamente all'effettivo svolgimento delle attività di cantiere.

Per quanto riguarda le tempistiche di monitoraggio, si prevede di effettuare una campagna di misure da 14 giorni per ogni punto in AO entro l'inizio dei lavori e campagne trimestrali della durata di 14 giorni in CO fino alla fine dei lavori.

Considerando l'attuale stato insediativo e i valori di fondo della qualità dell'aria indicati dal piano regionale, i punti saranno monitorati in fase di AO e CO, gli impatti attesi sono infatti ricondotti al transito dei mezzi di trasporto ed alla movimentazione e stoccaggio delle terre e rocce da scavo.

In virtù della natura dell'opera, non si prevedono elementi di impatto per la componente atmosfera durante la fase di esercizio, quindi non si prevede di eseguire monitoraggi in fase *post operam*.

6.1.7 Punti di monitoraggio

Tabella 2- Punti di monitoraggio per la componente atmosfera

Codice punto	Frequenza AO	N. misure	Frequenza CO	N. misure
ATM 01	1 volta	1	trimestrale	11
ATM 02	1 volta	1	trimestrale	11
	TOT AO	2	TOT CO	22

L'ubicazione esatta dei punti da monitorare dovrà essere confermata a seguito della verifica del progetto di cantierizzazione da tenersi in fase della progettazione esecutiva; questa potrà essere modificata durante la fase di corso d'opera, sempre con la finalità di evidenziare nella sezione il contributo delle emissioni di cantiere.

6.2 ASU- Acque superficiali

6.2.1 Obiettivi del monitoraggio

Il monitoraggio dell'ambiente idrico superficiale è finalizzato a valutare le eventuali variazioni delle caratteristiche dei corpi idrici dovute alla realizzazione dell'opera.

Il monitoraggio AO ha lo scopo di definire le condizioni esistenti e le caratteristiche dei corsi d'acqua in assenza di eventuali disturbi provocati dalle lavorazioni e dalle opere in progetto.

Il monitoraggio in CO ha lo scopo di controllare che l'esecuzione dei lavori non induca alterazioni qualitative e in termini di portata del sistema delle acque superficiali.

Il monitoraggio PO ha lo scopo di verificare la qualità delle acque ed evidenziare eventuali alterazioni subite dal corso d'acqua a seguito della realizzazione dell'opera.

6.2.2 Normativa di riferimento

Le norme di riferimento per l'esecuzione degli accertamenti in campo, i limiti imposti, il tipo di strumentazione da utilizzare e le grandezze da misurare sono riportate di seguito.

6.2.2.1 Normativa comunitaria

- **2013/39/UE del 12.08.2013**- Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio.
Che modifica le direttive 2000/60/CE e 2008/105/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque
- **2009/90/CE del 31.07.2009**- Direttiva della Commissione delle Comunità europee
Direttiva che stabilisce, conformemente alla direttiva 2000/60/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque.
- **2008/105/CE del 16.12.2008**- Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio
Direttiva sugli standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque (modifica e abrogazione delle Dir. 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE e 86/280/CEE e modifica della Dir. 2000/60/CE)
- **2006/11/CE del 15.02.2006**- Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio
Direttiva concernente l'inquinamento provocato da certe sostanze pericolose scaricate nell'ambiente idrico della Comunità
- **2000/60/CE del 23.10.2000**- Direttiva che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque
- **1991/271/CE del 21.05.1991**- Direttiva concernente il trattamento delle acque reflue urbane, ovvero la tipologia di trattamento che devono subire le acque reflue che confluiscono in reti fognarie prima dello scarico
- **76/464/CEE del 04.05.1976** - Direttiva del Consiglio
Direttiva concernente l'inquinamento provocato da certe sostanze pericolose scaricate nell'ambiente idrico della Comunità

6.2.2.2 Normativa nazionale

- **L 221 del 28.12.2015**- Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy e per il contenimento dell'uso eccessivo di risorse naturali
- **D.Lgs 172 del 13.10.2015**- Attuazione della direttiva 2013/39/UE, che modifica le direttive 2000/60/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque.
- **L 68 del 22.05.2015**- Disposizioni in materia di delitti contro l'ambiente
- **DM 156 del 27.11.2013**- Regolamento recante i criteri tecnici per l'identificazione dei corpi idrici artificiali e fortemente modificati per le acque fluviali e lacustri, per la modifica delle norme tecniche del D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo.
- **D.Lgs. n. 219 del 10.12.2010**- Attuazione della direttiva 2008/105/CE Relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 82/176/Cee, 83/513/Cee, 84/156/Cee, 84/491/Cee, 86/280/Cee, nonché modifica della direttiva 2000/60/Ce e recepimento della direttiva 2009/90/Ce che stabilisce, conformemente alla direttiva 2000/60/Ce, specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque;
- **DM n. 260 del 08.11.2010**- Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo;
- **L n. 36 del 25.02.2010**- Disciplina sanzionatoria dello scarico di acque reflue.
- **DM n. 56 del 14.04.2009**- Regolamento recante "Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo

3 aprile 2006, n. 152, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo”;

- **L n. 13 del 27.02.2009**- Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 30 dicembre 2008, n. 208, recante misure straordinarie in materia di risorse idriche e di protezione dell'ambiente;
- **DL, n. 208 del 30.12.2008** - Misure straordinarie in materia di risorse idriche e di protezione dell'ambiente;
- **DM n. 131 del 16.06.2008** - Regolamento recante i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici (tipizzazione, individuazione dei corpi idrici, analisi delle pressioni) per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante: "Norme in materia ambientale", predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 4, dello stesso decreto;
- **D.Lgs. n. 4 del 16.01.2008**- Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del D.Lgs 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale;
- **D.Lgs. n. 284 del 08.11.2006**- Disposizioni correttive e integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale;
- **DM 02.05.2006** - Norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue, ai sensi dell'articolo 99, comma 1, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152;
- **D.Lgs. n. 152 del 03.04.2006**- Norme in materia Ambientale (TU ambientale). In particolare, la Parte Terza del suddetto decreto, concernente: “Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall'inquinamento e di gestione delle risorse idriche” e successivi Decreti legislativi correttivi (D.Lgs. n. 284 del 8 novembre 2006, D.Lgs. n. 4 del 16 gennaio 2008);
- **Direttiva del Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare del 27.05.2004**- Disposizioni interpretative delle norme relative agli standard di qualità nell'ambiente acquatico per le sostanze pericolose;
- **DM n.174 del 06.04.2004**- Regolamento concernente i materiali e gli oggetti che possono essere utilizzati negli impianti fissi di captazione, trattamento, adduzione e distribuzione delle acque destinate al consumo umano;
- **DM n. 185 del 12.06.2003**- Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n.152;
- **DM 18.09.2002** -Modalità di informazione sullo stato di qualità delle acque, ai sensi dell'art. 3, comma 7, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 52;
- **D.Lgs. n. 31 del 02.02.2001** -Attuazione della direttiva 98/83/Ce - Qualità delle acque destinate al consumo umano.

6.2.3 Aree oggetto di monitoraggio

Come anticipato in premessa, per quanto concerne l'ambiente idrico, il PMA è redatto in conformità agli “Indirizzi metodologici specifici per componente/fattore ambientale: Ambiente Idrico, Rev. 1 del 17 giugno 2015”. Le aree oggetto di monitoraggio sono individuate in base alla tipologia di opera e in relazione alla sensibilità e/o vulnerabilità dell'area potenzialmente interferita e, al loro interno, i punti di monitoraggio sono localizzati tenendo in considerazione:

- le interferenze opera-ambiente idrico;
- le reti di monitoraggio (nazionale, regionale e locale) meteo idro-pluviometriche e quali-quantitative esistenti

Nel PMA sono indicati i siti di monitoraggio puntuali atti ad eseguire un'analisi sito specifica delle emergenze idriche più significative. In corrispondenza di detti corpi idrici potenzialmente interferiti sono posizionati due punti di monitoraggio secondo il criterio idrologico Monte-Valle (M-V) al fine di valutare la variazione di specifici parametri/indicatori e rilevare un'eventuale contaminazione connessa alle attività di cantiere (ad esempio a seguito di sversamenti accidentali di sostanze inquinanti). Tali punti di indagine rimangono fissi per tutte le fasi di monitoraggio, previa verifica che nel tratto ricompreso non vi siano derivazioni, scarichi o immissioni d'acqua.

Nell'area interessata all'opera in progetto viene interferito il seguente corso d'acqua:

- Torrente Gorsexio

La localizzazione dei punti di monitoraggio è rappresentata nelle “Planimetrie localizzazione punti di monitoraggio” allegata al Piano di Monitoraggio Ambientale.

6.2.4 Parametri di monitoraggio

Secondo quanto indicato nelle linee guida ministeriali, la scelta degli indicatori deve essere fatta in funzione della tipologia del corpo idrico potenzialmente interferito, ponendo particolare attenzione alla valutazione dell'obiettivo di "non deterioramento" delle componenti ecosistemiche del corpo idrico, introdotto dalla Direttiva Quadro sulle Acque.

Per valutare se la realizzazione delle opere in progetto comprometta o meno il raggiungimento degli "obiettivi di qualità" e/o variazioni di "stato/classe di qualità" del corpo idrico, così come definiti dalla normativa di settore e contenuti negli strumenti settoriali di pianificazione/programmazione, sono utilizzati gli indicatori/indici (con le relative metriche di valutazione) indicati dal D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

Le attività di monitoraggio prevedono controlli mirati all'accertamento dello stato quali-quantitativo delle risorse idriche superficiali. Tali controlli consistono in indagini del seguente tipo:

- Indagini quantitative: misure di portata;
- indagini qualitative: specifici parametri chimico-fisici, chimici, batteriologici e biologici.

6.2.4.1 Indagini quantitative

Il monitoraggio quantitativo prevede essenzialmente la misura della portata (in situ) ed è utile alla valutazione dei valori derivanti dalle analisi qualitative. Tale misura quantifica l'entità dei deflussi, fornendo un dato che può essere messo in correlazione sia al quadro di riferimento idrologico del corso d'acqua, per identificare eventuali variazioni del flusso dovute alle lavorazioni, sia ai parametri chimico-fisici di qualità dell'acqua, per valutare l'entità dei carichi di inquinanti che defluiscono nella sezione di controllo (dato essenziale per la stima di bilanci di inquinanti nella rete idrografica).

6.2.4.2 Indagini qualitative

Parametri chimico-fisici

I parametri chimico-fisici forniscono un'indicazione generale sullo stato di qualità delle acque dei corpi idrici superficiali. I parametri monitorati sono i seguenti: temperatura acqua, temperatura aria, pH, conducibilità elettrica, ossigeno disciolto, solidi disciolti totali (TDS) e solidi sospesi totali (TSS).

Nelle acque superficiali il pH è caratterizzato da variazioni giornaliere e stagionali e può variare a seguito del rilascio/scarico di sostanze acide e/o basiche.

La conducibilità elettrica varia in funzione del contenuto di sali disciolti, quindi è strettamente correlata al grado di mineralizzazione e solubilità delle rocce a contatto con le acque, ma può variare in maniera importante in presenza di inquinanti.

La concentrazione di ossigeno disciolto dipende da diversi fattori naturali/parametri ambientali, quali: pressione atmosferica, temperatura, salinità, attività fotosintetica, condizioni cinetiche di deflusso. Brusche variazioni del contenuto di ossigeno disciolto possono essere correlate a scarichi civili, industriali e agricoli, infatti una carenza di ossigeno può indicare la presenza di sostanza organica o inorganica riducente. La solubilità dell'ossigeno varia sensibilmente in funzione della temperatura e della pressione barometrica, pertanto i risultati analitici devono essere riferiti al valore di saturazione caratteristico delle condizioni registrate al momento del prelievo. Anche la presenza di organismi fotosintetici (alghe, periphyton e macrofite acquatiche) influenza il valore di saturazione di ossigeno, comportando potenziali condizioni di ipersaturazione nelle ore diurne e di debito di ossigeno in quelle notturne.

I solidi sospesi totali sono indicativi, anche in associazione alla torbidità rilevata strumentalmente e alla misura del trasporto solido in sospensione, di potenziali alterazioni riconducibili ad attività dirette di cantiere o a interventi in grado di alterare il regime delle velocità di flusso in alveo e/o l'erosione del suolo/sponda (sistemazioni

idrauliche, aree di cantiere, cava o discarica, dissesti, ecc.). Concentrazioni elevate di solidi in sospensione per tempi prolungati possono avere ripercussioni sulla quantità degli habitat per i macroinvertebrati e la fauna ittica.

Parametri chimici e microbiologici

Le analisi chimiche e microbiologiche permettono di definire il chimismo e la carica batteriologica di “bianco” dei corsi d’acqua e valutare eventuali interferenze delle lavorazioni. Nell’ambito del monitoraggio sono analizzati parametri tipicamente legati alle attività di lavorazione e secondariamente all’esercizio dell’infrastruttura ferroviaria, quali: calcio, sodio, potassio, magnesio, cloruri, cloro attivo, fluoruri, solfati, bicarbonati, nitrati, nitriti, ammonio, ferro, cromo VI, cromo totale, piombo, zinco, rame, nichel, cadmio, idrocarburi BTEX, idrocarburi totali. I cloruri sono sempre presenti nell’acqua in quanto possono avere origine minerale. Tuttavia, valori elevati possono essere collegati a scarichi civili, industriali e allo spandimento di fertilizzanti clorurati e all’impiego di sali antigelo sulle piattaforme stradali. Possono inoltre derivare da processi di depurazione dovuti ad attività di cantiere, dove viene utilizzato l’acido cloridrico (HCl) come correttore di pH, oppure dal processo di potabilizzazione delle acque, dove viene aggiunto di ipoclorito di sodio NaClO per la disinfezione delle stesse. Cromo, nichel, zinco sono metalli potenzialmente riferibili al traffico veicolare. Il cadmio è indicativo della classe di qualità dei corsi d’acqua ed è correlabile alle possibilità di vita dei pesci. La presenza di alcuni metalli può essere inoltre correlata alle lavorazioni, dove vengono impiegati calcestruzzo (cromo), vernici, zincature e cromature.

La presenza di oli e idrocarburi è riconducibile all’attività di macchine operatrici di cantiere, a sversamenti accidentali, al lavaggio di cisterne e automezzi e al traffico veicolare.

Parametri biologici e fisiografico-ambientali

- STAR ICMi

Lo STAR-ICMI è un metodo per la valutazione della qualità ecologica dei corsi d’acqua. Il suo indice viene calcolato attraverso la combinazione di sei metriche correlate alle caratteristiche di tolleranza, abbondanza/habitat e diversità/ricchezza della componente macrobentonica (macroinvertebrati bentonici) riscontrabili nei siti fluviali. Tale indice viene espresso in termini di Rapporto di Qualità ecologica (RQE), ossia del rapporto tra il valore del parametro biologico osservato e il valore dello stesso parametro corrispondente alle condizioni di riferimento, ovvero le condizioni che si ritrovano in corrispondenza del “tipo” inalterato di corpo idrico considerato. L’RQE relativo allo STAR-ICMI assume valori tra 0 (stato pessimo) e 1 (stato elevato) ed è suddiviso in 5 intervalli corrispondenti ad altrettante classi di stato ecologico, per fornire un risultato in accordo con quanto richiesto dalla legislazione Europea per i sistemi di classificazione.

- NISECI- Nuovo Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche

Il Nuovo Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche (NISECI) valuta naturalità e condizione biologica della fauna ittica di un corso d’acqua secondo i criteri della Direttiva Quadro sulle Acque (2000/60/CE) e ribaditi a scala nazionale dal D.Lgs. 152/06 e s.m.i., i quali prevedono che per la definizione dello stato ecologico dei corpi idrici fluviali debba essere considerato l’Elemento di Qualità Biologica “fauna ittica”, valutandone composizione, abbondanza e struttura di età.

Lo stato di qualità viene espresso anche in questo caso come rapporto di qualità ecologica (RQE) calcolato rapportando “i valori dei parametri biologici riscontrati in un dato corpo idrico superficiale a quelli costatabili nelle condizioni di riferimento applicabili al medesimo corpo” (Direttiva 2000/60/CE, Allegato V, punto 1.4.1).

Per il monitoraggio dei corpi idrici superficiali sono indagati i parametri/indicatori (tra quelli previsti nelle linee guida ministeriali) ritenuti significativi in relazione alla tipologia ed alle caratteristiche dei corsi d’acqua interferiti. Il set di parametri-indicatori è riassunto in Tabella 3. Le indagini e le analisi devono essere eseguite mediante l’utilizzo di metodiche standardizzate riconosciute a livello nazionale e internazionale.

Tabella 3- Parametri da monitorare per la componente acque superficiali

Attività di campo
Temperatura Acqua
Temperatura Aria
pH
Conducibilità elettrica
Ossigeno disciolto
Solidi disciolti Totali (TDS)
Solidi Sospesi Totali (TSS)
Portata
Indagini di laboratorio
calcio
sodio
potassio
magnesio
cloruri
cloro attivo libero
fluoruri
solforati
alcalinità
azoto nitrico / Nitrati
azoto nitroso / Nitriti
ammonio
ferro
cromo VI
cromo totale
piombo
zinco
rame
nichel
cadmio
idrocarburi totali (cone n-esano)
BTEX
Indice NISECI
STAR ICMi
Tensioattivi anionici
Tensioattivi non ionici

6.2.5 Metodiche e strumentazione di monitoraggio

Misure di portata

Nelle campagne di monitoraggio la rilevazione della portata viene generalmente eseguita tramite misure correntometriche a guado con l'utilizzo di mulinelli provvisti di idonei set di eliche.

Prima di ogni campagna di misura con mulinello viene verificata l'efficienza e lo stato manutentivo della strumentazione e la sezione di misura viene predisposta al rilievo eseguendo la pulizia del fondo, delle sponde e dei manufatti esistenti per applicare i dispositivi di supporto e di calata.

La definizione della distanza tra le verticali e il loro posizionamento nella sezione è lasciata all'esperienza dell'operatore, tuttavia, le verticali sono più frequenti laddove il fondo è irregolare. In linea di massima il numero totale di verticali da eseguire per le diverse larghezze del corso d'acqua è:

- per sezioni inferiori a 1 metro: 3 - 5 verticali;
- per sezioni tra 1 e 2 metri: 5 - 8 verticali;
- per sezioni tra 2 e 5 metri: 8 - 15 verticali;
- per sezioni tra 5 e 10 metri: 15 - 25 verticali;
- per sezioni tra 10 e 20 metri: 20 - 30 verticali;
- per sezioni tra 20 e 50 metri: 25 - 40 verticali;
- per sezioni tra 50 e 100 metri: 35 - 50 verticali.

In generale la distanza tra due verticali non deve essere superiore a 2,5 metri o ad 1/20 della larghezza del corso d'acqua per sezioni superiori a 50 metri. Il numero di punti di misura per ogni verticale è determinato dal diametro dell'elica o dalle caratteristiche del peso (se utilizzato).

Quando non è possibile utilizzare il mulinello (metodo correntometrico) a causa delle condizioni idrauliche, la portata può essere determinata con strumentazione Doppler, che sfrutta l'omonimo principio secondo il quale quando una sorgente sonora si muove rispetto ad un ricevente fermo avviene uno spostamento della frequenza sonora fra trasmettente e ricevente. Il correntometro usa il principio Doppler misurando lo spostamento di frequenza del suono riflesso dalle particelle (limi, microalghe, ecc.) che vengono trasportate in sospensione dalla corrente.

Per effettuare le misure di portata di corpi idrici caratterizzati da deflussi ridotti è possibile utilizzare anche il metodo volumetrico, che consiste nel misurare il tempo di riempimento di un recipiente di volume noto.

Nel caso di misure ripetute in periodi diversi sulla medesima sezione fluviale, le metodiche e le condizioni di misura sono il più possibile replicate al fine di favorire la confrontabilità dei dati.

Campionamento per Analisi di Laboratorio

Il campionamento è realizzato tramite sonda a trappola immersa nel filone principale della corrente al di sotto del pelo libero, preferendo punti ad elevata turbolenza ed evitando zone di ristagno nei pressi del fondo o delle sponde.

Durante la raccolta del campione viene compilata una scheda opportunamente predisposta e redatto un verbale di campionamento da trasmettere in copia al laboratorio di analisi. In occasione del campionamento sono misurati in sito i parametri speditivi, quali: temperatura dell'acqua e dell'aria, conducibilità elettrica, pH e l'ossigeno disciolto. I loro valori sono determinati dalla media di tre misurazioni consecutive effettuate con sonde/strumenti sottoposti preventivamente a calibrazione. I contenitori utilizzati sono contrassegnati da apposite etichette di tipo autoadesivo che riportano le seguenti informazioni:

- punto di prelievo (nome del corso d'acqua);
- sezione del corso d'acqua su cui si effettua il prelievo;
- data e ora del campionamento.

Per impedire il deterioramento dei campioni, questi andranno stabilizzati termicamente tramite refrigerazione a 4 °C e recapitati al laboratorio di analisi entro le ventiquattro ore dal prelievo prevedendone il trasporto in casse refrigerate.

Indice STAR- ICMi

L'indice STAR-ICMI è stato derivato come strumento per l'esercizio di intercalibrazione dei fiumi europei in relazione alla comunità dei macroinvertebrati bentonici. Il suo nome deriva dal Progetto STAR ("Standardisation of river classifications: Framework method for calibrating different biological survey results against ecological quality classifications to be developed for the Water Framework Directive"), co-finanziato dalla Comunità Europea, nell'ambito del quale è stato sviluppato.

La metodologia STAR-ICMI è utilizzata in Italia e altri Paesi Europei per:

- valutare della qualità ecologica dei corsi d'acqua;
- definire i limiti di classe per tutti i metodi sviluppati o applicati successivamente e poter svolgere l'esercizio di intercalibrazione.

L'indice è costruito per valutare la qualità generale dei siti fluviali e viene calcolato direttamente come Rapporto di Qualità Ecologica (RQE), definito dal rapporto del parametro biologico "osservato" ed il valore dello stesso parametro corrispondente alle "condizioni di riferimento" per la tipologia di corpo idrico considerato. Esso può assumere valori tra 0 e 1 suddivisi in 5 intervalli di classi di stato ecologico (elevato, buono, sufficiente, scarso, cattivo) in accordo alla legislazione Europea per i sistemi di classificazione.

Lo STAR-ICMI è un indice multimetrico composto da sei metriche opportunamente normalizzate e ponderate, che includono i principali aspetti che la Direttiva Quadro chiede di considerare. Le sei metriche sono: ASPT, Log₁₀(sel_EPTD+1), 1-GOLD, Numero Famiglie di EPT, Numero totale di Famiglie e indice di diversità di Shannon-Weiner (vedi Tabella 5.4). Il livello di identificazione tassonomica richiesto per il calcolo dell'indice è la Famiglia. Alcune delle metriche componenti necessitano, per poter essere calcolate correttamente, di dati relativi all'abbondanza delle singole famiglie di organismi bentonici.

Il calcolo dell'indice STAR-ICMI prevede 4 passaggi:

- calcolo dei valori grezzi delle sei metriche che compongono l'indice;
- conversione dei valori di ciascuna metrica in RQE, dividendo il valore osservato per il valore di riferimento propri del tipo fluviale analizzato;
- calcolo della media ponderata dei valori di RQE delle sei metriche secondo i pesi forniti in 4
- normalizzazione del valore ottenuto dividendo il valore del campione in esame per il valore di STAR-ICMI nelle condizioni di riferimento.

Al valore calcolato di STAR-ICMI viene quindi attribuito un giudizio di qualità (elevato, buono, sufficiente, scarso, cattivo) come descritto sopra.

Tabella 4- Metriche e peso attribuito per il calcolo dello STAR ICMi

Metriche che compongono lo STAR_ICMI e peso loro attribuito nel calcolo (da Buffagni et al., 2005; 2007, 2008; DM 260/2010).

Tipo di informazione	Tipo di metrica	Nome della Metrica	Taxa considerati nella metrica	Rif. Bibliografico	Peso
Tolleranza	Indice	ASPT	Intera comunità (livello di famiglia)	e.g. Armitage et al., 1983	0.333
Abbondanza/ Habitat	Abbondanza	Log ₁₀ (Sel_EPTD +1)	Log ₁₀ (somma di Heptageniidae, Ephemeridae, Leptophlebiidae, Brachycentridae, Goeridae, Polycentropodidae, Limnephilidae, Odontoceridae, Dolichopodidae, Stratyomidae, Dixidae, Empididae, Athericidae e Nemouridae +1)	Buffagni et al., 2004; Buffagni & Erba, 2004	0.266
	Abbondanza	1-GOLD	1 - (Abbondanza relativa di Gastropoda, Oligochaeta e Diptera)	Pinto et al., 2004	0.067
Ricchezza /Diversità	Numero taxa	Numero totale di Famiglie	Somma di tutte le famiglie presenti nel sito	e.g. Ofenböck et al., 2004	0.167
	Numero taxa	Numero di Famiglie di EPT	Somma delle famiglie di Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera	e.g. Ofenböck et al., 2004; Böhmer et al., 2004.	0.083
	Indice Diversità	Indice di diversità di Shannon-Wiener	$D_{S-W} = -\sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{A} \right) \cdot \ln \left(\frac{n_i}{A} \right)$	e.g. Hering et al., 2004; Böhmer et al., 2004.	0.083

Indice NICESI- Nuovo indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche

Il Nuovo Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche (NISECI) è stato elaborato sulla base dell'esperienza di applicazione dell'Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche ISECI (Zerunian et al., 2009), individuato dal DM 260/2010, in applicazione del D.Lgs. 152/2006, come il metodo ufficiale per l'analisi della componente ittica nella classificazione dello stato ecologico dei corpi idrici fluviali. L'ISECI è stato oggetto di un processo di validazione a scala nazionale e di intercalibrazione a scala europea, che ha portato a individuare la necessità di una serie di integrazioni e di modifiche tali da determinare la necessità di ridefinire la metodica stessa nel Nuovo ISECI.

Tale metodo di valutazione della fauna ittica per la classificazione dei corpi idrici fluviali, oltre alle metriche (composizione, abbondanza e struttura di età) definite dalla Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE, prende in considerazione anche la presenza di specie endemiche e quella di specie aliene e di ibridi. Il NISECI utilizza come principali criteri per la valutazione dello stato ecologico di un determinato corso d'acqua la naturalità della comunità ittica (intesa come completezza della composizione in specie indigene attese in relazione al quadro zoogeografico ed ecologico) e la condizione biologica delle popolazioni presenti (quantificata positivamente per le specie indigene attese e negativamente per le aliene), in termini di abbondanza e struttura di popolazione tali da garantire la capacità di autoriprodursi ed avere normali dinamiche ecologico-evolutive.

Tali criteri si collegano con le richieste della Direttiva 2000/60/CE, ribadite a scala nazionale dal D.Lgs. 152/06 e s.m.i., che prevedono di considerare l'Elemento di Qualità Biologica "fauna ittica" (in termini di composizione, abbondanza e struttura di età) per la definizione dello stato ecologico dei corpi idrici fluviali.

La classificazione di ciascun corpo idrico viene effettuata mediante l'espressione di un singolo giudizio complessivo, definito "Stato ecologico", che viene calcolato mediante l'attribuzione del giudizio più basso tra gli elementi di qualità biologici considerati (principio "one out/all out").

Lo stato di qualità viene espresso come rapporto di qualità ecologica (RQE) calcolato rapportando "i valori dei parametri biologici riscontrati in un dato corpo idrico superficiale a quelli costatabili nelle condizioni di riferimento applicabili al medesimo corpo" (Direttiva 2000/60/CE, Allegato V, punto 1.4.1). L'RQE varia da 0 (stato pessimo) a 1 (stato elevato) e viene suddiviso in 5 intervalli corrispondenti ad altrettante classi di stato ecologico. La condizione di riferimento (corrispondente allo stato ecologico elevato), rispetto alla quale vengono confrontate le comunità ittiche osservate, è rappresentata da una comunità in cui siano presenti tutte le specie autoctone attese, con popolazioni in buona condizione biologica, e siano assenti specie aliene o ibridi. Quindi per ciascuna stazione di campionamento è preliminarmente individuata in via teorica la comunità ittica attesa, in considerazione dei seguenti elementi:

- distribuzione delle specie (in relazione al quadro zoogeografico nazionale dei taxa presenti nelle acque interne italiane);
- ecologia della specie;
- periodo di campionamento (in relazione alla possibile presenza degli stadi adulti di specie migratrici).

L'individuazione della comunità ittica attesa tiene in considerazione eventuali indagini faunistiche pregresse, posizione geografica del corso d'acqua, tipo di habitat presente nel corso d'acqua in esame. Il campionamento è eseguito in ottemperanza al protocollo metodologico elaborato da APAT-ISPRA (2008). Il valore dell'indice multimetrico NISECI è calcolato come:

$$\text{NISECI} = 0.1 x_1^{0.5} + 0.1 x_2^{0.5} + 0.8 (x_1 \times x_2) - 0.1 (1 - x_3) \\ \times \left(0.1 x_1^{0.5} + 0.1 x_2^{0.5} + 0.8 (x_1 \times x_2) \right)$$

dove:

x_1 = metrica *presenza/assenza di specie indigene*

x_2 = metrica *condizione biologica delle popolazioni di specie autoctone*

x_3 = metrica *presenza di specie aliene o ibridi, struttura delle relative popolazioni e rapporto numerico rispetto alle specie indigene*

La metrica “presenza/assenza di specie indigene” confronta la composizione specifica della comunità ittica autoctona osservata con quella attesa. La “condizione biologica delle popolazioni di specie autoctone” attese presenti è data dall’integrazione tra struttura di popolazione e consistenza demografica o abbondanza. Il valore totale della metrica viene calcolato come la media dei valori calcolati per ciascuna specie. Per la metrica “presenza di specie aliene o ibridi, struttura delle relative popolazioni e rapporto numerico rispetto alle specie indigene”, le specie aliene sono suddivise in tre gruppi in funzione della loro nocività, definita sulla base del livello di impatto sulla fauna ittica autoctona. Gli elenchi delle specie appartenenti ai tre diversi gruppi sono riportati nell’Allegato 3 del Manuale e linee guida 159/2017 “Nuovo Indice dello Stato Ecologico delle Comunità Ittiche (NISECI)” pubblicato da ISPRA, sulla base delle valutazioni effettuate da Zerunian et al. (2009).

Per quanto riguarda il metodo di calcolo delle metriche e submetriche si fa riferimento al sopracitato documento dell’ISPRA.

Poiché i valori di stato ecologico, ai sensi della normativa europea, devono essere espressi sotto forma di Rapporto di Qualità Ecologica (RQE), sono stati calcolati i valori soglia di NISECI in modo da definire intervalli RQE di uguale ampiezza per ciascuna delle 5 classi previste. La simulazione di 21000 casi, nel corso della quale le 3 metriche dell’indice sono state fatte variare da 0 a 1 per incrementi di 0.1 ha permesso di definire la seguente formula di conversione:

$$RQE_{NISECI} = (\log NISECI + 1.1283)/1.0603$$

con i valori soglia riportati nella seguente tabella

Tabella 5- Classi e relativi valori degli indici NISECI e RQENISECI

Stato ecologico	Valori soglia NISECI	Valori soglia RQE Area alpina	Valori soglia RQE Area mediterranea
Elevato	$0.525 \leq NISECI$	$0.80 \leq RQE_{NISECI}$	
Buono	$0.322 \leq NISECI < 0.525$	$0.52 \leq RQE_{NISECI} < 0.80$	$0.60 \leq RQE_{NISECI} < 0.80$
Moderato	$0.198 \leq NISECI < 0.322$	$0.40 \leq RQE_{NISECI} < 0.52$	$0.40 \leq RQE_{NISECI} < 0.60$
Scadente	$0.121 \leq NISECI < 0.198$	$0.20 \leq RQE_{NISECI} < 0.40$	
Cattivo	$NISECI < 0.121$	$RQE_{NISECI} < 0.20$	

6.2.6 Articolazione temporale delle attività di monitoraggio

Il monitoraggio verrà eseguito nelle 3 fasi: AO, CO e PO e, per ogni fase, prevede:

- analisi chimico-fisiche speditive in-situ, campionamenti e analisi chimiche di laboratorio
- rilievo degli indici ISECI e STAR-ICMI.

Per quanto riguarda le tempistiche di monitoraggio, si prevede di effettuare una campagna di misure per ogni punto in AO entro l’inizio dei lavori, campagne con frequenze trimestrali in CO fino alla fine dei lavori e campagne semestrali in PO nel primo anno di esercizio del progetto.

6.2.7 Punti di monitoraggio

Tabella 6- Punti di monitoraggio per la componente Acque superficiali

Codice punto	Frequenza AO	n. misure	Frequenza CO	n. misure	Frequenza PO	n. misure
ASUP 01 (M)	1 volta	1	Trimestrale	11	Semestrale	2
ASUP 02 (V)	1 volta	1	Trimestrale	11	Semestrale	2
	TOT AO	2	TOT CO	22	TOT PO	4

6.3 RUM- Rumore

6.3.1 Obiettivi del monitoraggio

Il monitoraggio del rumore ha l'obiettivo di controllare l'evolversi della situazione ambientale per la componente in oggetto nel rispetto dei valori imposti dalla normativa vigente. A tale fine, le misure sono effettuate nelle fasi AO, CO , ossia prima dell'inizio dei lavori e durante la fase di cantiere.

In caso di riscontro di criticità attribuibili alle lavorazioni e/o all'opera, il superamento dei limiti normativi è registrato e segnalato in modo da intervenire tempestivamente con misure di mitigazione.

Il monitoraggio nella fase AO è volto a valutare e caratterizzare il clima acustico preesistente nelle aree oggetto di intervento. Gli esiti di tale monitoraggio AO fungono da riferimento per le successive misure da svolgersi in CO, che sono finalizzate a verificare l'eventuale disturbo indotto sui ricettori limitrofi alle aree di lavoro e a consentire un intervento tempestivo dell'Appaltatore con idonee misure di mitigazione. Inoltre, gli esiti del monitoraggio AO sono utili a verificare le modifiche intervenute sul clima acustico a seguito dell'entrata in esercizio dell'opera ferroviaria.

Nella pratica, gli esiti del monitoraggio AO ed i limiti normativi sono presi a riferimento per valutare il contributo acustico derivante delle attività di cantiere e/o dall'esercizio dell'opera e determinare l'eventuale impatto sui recettori in esame.

6.3.2 Normativa di riferimento

6.3.2.1 Normativa nazionale

- **D.Lgs. 19/08/05 n. 194-** Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale. (GU n. 222 del 23-9-2005)
- **DL n. 194 del 19.08.2005-** (G.U. n. 239 del 13/10/2005) Ripubblicazione del testo del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 194, recante: Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale, corredato delle relative note. (Decreto legislativo pubblicato nella Gazzetta Ufficiale - serie generale - n. 222 del 23 settembre 2005);
- **Circolare del 06.09.2004** – Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio
- Interpretazione in materia di inquinamento acustico: criterio differenziale e applicabilità dei valori limite differenziali. (GU n. 217 del 15-9-2004);
- **DPR n. 142 del 30.03.2004-** Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447 (GU n. 127 del 1-6-2004) testo in vigore dal 16-6-2004;
- DM 1 aprile 2004 Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio - Linee guida per l'utilizzo dei sistemi innovativi nelle valutazioni di impatto ambientale (GU n. 84 del 9-4-2004);
- **D.Lgs n.262 del 04.09. 2002-** Attuazione della direttiva 2000/14/CE concernente l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto;
- **DM 23.11.2001-** Modifiche dell'allegato 2 del decreto ministeriale 29 novembre 2000 Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore. (GU n. 288 del 12-12-2001);
- **DM 29.11.2000-** Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di

- trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore (Gazzetta Ufficiale n. 285 del 6 dicembre 2000);
- **DPR n. 459 del 18.11.1998**- Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della legge 26 ottobre
- 1995, n. 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario;
- **DM 16.03.1998**- Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico;
- **DPCM 05.12.1997**- Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici;
- **DPCM 14.11.1997**- Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore;
- **L n. 447 del 26.10.1995**- Legge quadro sull'inquinamento acustico;
- **DPCM 01.03.1991**- Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno.

6.3.3 Aree oggetto di monitoraggio

Il monitoraggio del rumore mira a controllare il rispetto degli standard o dei valori limite definiti dalle leggi, in particolare il rispetto dei limiti massimi di rumore nell'ambiente esterno e nell'ambiente abitativo definiti in base alla classificazione acustica del territorio.

Di conseguenza la dislocazione dei punti di monitoraggio tiene conto della disposizione/esposizione dei ricettori rispetto alle sorgenti di rumore, della classificazione acustica e della densità abitativa dell'area.

Considerata la tipologia dell'opera da realizzare, la dotazione infrastrutturale e il territorio in cui si inserisce, si prevede la seguente tipologie di misura:

- RUC, per il monitoraggio del rumore prodotto dall'attività di cantiere, da prevedere nelle fasi AO e CO, si prevedono quindi misure di 24 ore, con postazioni semi-fisse parzialmente assistite da operatore.

Nella fase ante-operam saranno monitorati tutti i punti al fine di caratterizzare lo stato di fondo.

6.3.4 Parametri di monitoraggio

Nel corso delle campagne di monitoraggio acustico verranno rilevate le seguenti categorie di parametri:

- parametri acustici;
- parametri meteorologici (temperatura, velocità e direzione del vento, piovosità, umidità);
- parametri di inquadramento territoriale (localizzazione, classificazione acustica prevista dalla zonizzazione, documentazione fotografica, principali caratteristiche territoriali).

6.3.5 Metodiche e strumentazione di monitoraggio

Il monitoraggio acustico prevede le seguenti attività:

- sopralluoghi, acquisizione permessi e posizionamento strumentazione;
- rilievi in corrispondenza dei punti di misura;
- elaborazione dei dati;
- emissione di reportistica ed inserimento in banca dati.

L'esecuzione dei rilievi avviene a mezzo di fonometri, che registrano i livelli di potenza sonora (espressi in dBA) e le frequenze del rumore emesso nel tempo. La strumentazione di base richiesta per il monitoraggio del rumore è, pertanto, composta dai seguenti elementi:

- analizzatori di precisione real time o fonometri integratori;
- microfoni per esterni con schermo antivento;
- calibratori;
- cavalletti, stativi o aste microfoniche;
- mini-cabine o valigette stagne, antiurto, complete di batterie e per il ricovero della strumentazione;
- centralina meteorologica.

Nella tabella seguente sono indicati i principali parametri acustici oggetto del monitoraggio

Tabella 7- Parametri di monitoraggio per la componente rumore

Distanza	distanza del microfono dalla sorgente
Altezza	altezza del microfono rispetto al piano campagna
LAE,TR	<p>SEL complessivo dovuto al contributo energetico di tutti i transiti. Esso è ricavato dalla somma logaritmica degli LAEi relativi a ciascun transito nel periodo di riferimento in cui si sono verificati (diurno o notturno). Si ricava dalla formula seguente:</p> $L_{AE} = 10 \cdot \log \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_{AEi})}$ <p>LAEi è il livello sonoro di un singolo evento (SEL), che riassume il contributo energetico di un transito.</p>
LAeq,TR	<p>è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata "A" nel periodo di riferimento. Si calcola dalla formula seguente:</p> $L_{Aeq,TR} = 10 \cdot \log \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_{AFi})} - k$ <p>dove: TR è il periodo di riferimento diurno o notturno; n è il numero di transiti avvenuti nel periodo TR; k = 47,6 dB(A) nel periodo diurno (06:00 ÷ 22:00) e k = 44,6 dB(A) nel periodo notturno (22:00 ÷ 06:00).</p>
LA	(livello di rumore ambientale) è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A", prodotto da tutte le sorgenti di rumore esistenti in un dato luogo e durante un determinato tempo. Il rumore ambientale è costituito dall'insieme del rumore residuo e da quello prodotto dalle specifiche sorgenti disturbanti, con l'esclusione degli eventi sonori singolarmente identificabili di natura eccezionale rispetto al valore ambientale della zona. Esso deve essere distinto tra periodo diurno (06:00 ÷ 22:00) e periodo notturno (22:00 ÷ 06:00).
LR	(livello di rumore residuo) è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato "A", che si rileva quando si esclude la specifica sorgente disturbante. Deve essere misurato con le identiche modalità impiegate per la misura del rumore ambientale e non deve contenere eventi sonori atipici. Nel nostro caso è il livello ambientale depurato dal contributo sonoro di tutti i transiti ferroviari.
Treni N	numero di treni transitati nel periodo di riferimento diurno e notturno.
LAeq,F	è il livello continuo equivalente riferito solo al passaggio di tutti i convogli nelle 24 ore

6.3.6 Articolazione temporale delle attività di monitoraggio e Punti di monitoraggio

Tabella 8- Punti di monitoraggio per la componente rumore

Codice punto	Frequenza AO	N. misure	Frequenza CO	N. misure
RUM 01	1 volta	1	trimestrale	11
RUM 02	1 volta	1	trimestrale	11
	TOT AO	2	TOT CO	22