

# REGIONE SICILIANA

ASSESSORATO DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITA'  
DIPARTIMENTO DELLE INFRASTRUTTURE DELLA MOBILITA' E DEI TRASPORTI

## ISOLA DI SALINA (MESSINA)

### COMUNE DI MALFA

#### LAVORI DI RIQUALIFICA E DI ADEGUAMENTO DELLE OPERE FORANEE, DELLE BANCHINE, DELLO SCALO DI ALAGGIO E DEI FONDALI DELL' APPRODO DI SCALO GALERA

Progetto Definitivo:

Approvato in linea tecnica in Conferenza Speciale di Servizi Ufficio del Genio Civile di Messina in data 21.07.2004

Progetto Esecutivo 1° stralcio funzionale:

Approvato in linea tecnica in Conferenza Speciale di Servizi del Genio Civile di Messina in data 20.12.2006 dell'importo complessivo di € 4.800.000,00

Progetto Esecutivo 1° stralcio di completamento:

A seguito di rescissione contrattuale ed approvazione Perizia di riparazione danni di forza maggiore di variante in diminuzione in Conferenza Speciale di Servizi del Genio Civile di Messina in data 07 marzo-26 marzo 2013 dell'importo complessivo di € 1.612.247,45

Progetto Esecutivo stralcio di completamento:

Approvato in linea tecnica in Conferenza Speciale di Servizi del Genio Civile di Messina in data 19.07.2017 dell'importo complessivo di € 13.700.000,00



### PROGETTO ESECUTIVO DI RIUNIONE ED AGGIORNAMENTO DEI LAVORI DEL 1° STRALCIO E DI QUELLO DI COMPLETAMENTO

REV.	DATA	EMISSIONE	RED.	VER.	APPR.
0	27/06/19	PRIMA EMISSIONE	A.INCONTRERA	F.GIORDANO	F.GIORDANO
1					
2					
CODICE PROGETTO 1 9 0 1		ELABORATO: All. 39.2	REV. A	SCALA:	-

Verifica stabilità massiccio sovraccarico-muro paraonde dalla progr. 0.00 alla progr. 140.80 m

IL R.U.P.:

Geom. Arturo Ciampi

4° Settore Tecnico Lavori Pubblici



DINAMICA S.r.l.  
PROGETTO VERIFICATO

IL PROGETTISTA:

Ing. Francesco Giordano

ingfrancescogiordano@gmail.com

COLLABORAZIONE:

Sigma Ingegneria S.r.l.

sigmaingsrl@gmail.com



IL SUPPORTO ESTERNO AL R.U.P.:

Ing. Salvatore Perillo



IL SINDACO:

Dott.ssa Clara Rametta

Regione Siciliana  
Assessorato delle Infrastrutture e della Mobilità  
Dipartimento Regionale Tecnico  
**COMMISSIONE REGIONALE DEI LAVORI PUBBLICI**  
Legge regionale 12 luglio 2011, n. 12 art.5, comma 12  
Copia conforme all'elaborato esaminato nelle sedute  
del 04 Dicembre 2019 e 17 Dicembre 2019

Parere n° 128

Relatore: Ing. Antonino Platania  
(Capo Ufficio del Genio Civile di Messina)



REGIONE SICILIANA

UFFICIO DEL GENIO CIVILE - MESSINA

Visto: Si esprime parere favorevole in linea tecnica ai sensi dell'art. 12 del R. C. N. e con riferimento alla nota di pari data e numero di protocollo.

15 NOV. 2019

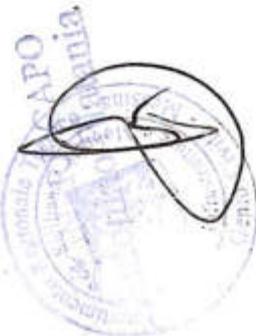
Messina, 15 NOV. 2019

N. 128/19



Atta  
colica,  
subordi-  
dell'Art 17

15 NOV. 2019



N. 128/19

Per un

Vita No  
Classe d  
Categori  
Categori  
Latitudi  
Longitud

• DE

LA DI

Come  
forane  
svilup  
svilup  
Per la

•  
•  
•

Nel tra  
mante  
realizz  
quota  
una la  
media

## RELAZIONE STRUTTURALE E SUI MATERIALI

Per una immediata comprensione delle condizioni sismiche, si riporta il seguente:

### RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI

Vita Nominale	<b>50</b>
Classe d'Uso	<b>3</b>
Categoria del Suolo	<b>B</b>
Categoria Topografica	<b>1</b>
Latitudine del sito oggetto di edificazione	<b>0</b>
Longitudine del sito oggetto di edificazione	<b>-5</b>

#### • DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

#### LA DIGA FORANEA IN PROGETTO

Come specificato in nell'allegato 9.3 denominato "*azioni del moto ondoso sulle opere*", la diga foranea in progetto, ha uno sviluppo di circa 140.80 m, ed è costituita da un primo tratto a gettata dello sviluppo di circa 50.15 m e da un secondo tratto da cassoni protetti da un'opera a gettata per uno sviluppo complessivo di 90.65 m oltre il riccio di testata.

Per la determinazione delle azioni idrodinamiche la stessa è stata suddivisa in tre tratti:

- dalla progr. 0.00 alla 50.15 m (**fig. 1**);
- dalla progr. 50.15 m alla 122.80 m (**fig. 2**);
- dalla progr. 122.80 m alla 140.80 m (**fig. 3**).

Nel tratto dalla progr. 0.00 m alla progr. 50.15 m la diga foranea è costituita da un'opera a gettata con mantellata in accropodi ed è definita con un massiccio di sovraccarico della larghezza di 9.00 m realizzato a quota +0.20 m s.l.m. e altezza 3.60 m sormontato da un muro paraonde che si eleva da quota +3.80 m s.l.m. a quota +7.50 m s.l.m. avente alla base una larghezza di 3.10 m e al coronamento una larghezza di 2.50 m circa. La connessione tra il muro paraonde e la sovrastruttura è realizzata mediante una trincea di ammorsamento della larghezza di 2.10 m e altezza 0.70 m ed è previsto

l'inserimento di tre monconi Ø26 della lunghezza di 1.50 m disposti ogni 0.50 m lungo lo sviluppo del muro paraonde.

Nel tratto dalla progr. 50.15 m alla progr. 122.80 m la diga foranea è formata da una sovrastruttura in c.a sui cassoni cellulari, ammorsata sui muri delle celle dei cassoni cellulari, avente una larghezza totale di 10.00 m di cui una parte pari a 8.50 avrà uno spessore di 1.10 m e la parte lato porto, da utilizzare come banchina per l'attracco dei natanti, della larghezza di 1.50 m, avrà uno spessore 0.50 m. Su tale sovrastruttura è prevista la realizzazione del muro paraonde a gravità, che si eleva da quota +2.00 a quota +7.50 m s.l.m. con base della larghezza di 3.57 m e coronamento della larghezza di 2.50 m. La connessione tra il muro paraonde e la sovrastruttura è realizzata mediante una trincea di ammorsamento della larghezza di 2.00 m e altezza 0.50 m e l'inserimento di tre monconi Ø26 della lunghezza di 1.50 m disposti ogni 0.50 m lungo lo sviluppo del muro paraonde.

Nel tratto dalla progr. 122.80 m alla 140.80 m la diga foranea è sempre formata con cassoni cellulari che avranno sovrastrutture e paraonde analoghi a quelli descritti nel tratto precedente.

Per cui le verifiche di stabilità del massiccio di sovraccarico-muro paraonde, sono state condotte considerando soltanto due schemi di calcolo: uno per il tratto che va dalla progr. 0.00 m alla progr. 50.15 m e uno che va dalla progr. 50.15 m alla 140.80 m.

#### • **DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO**

L'opera oggetto di progettazione strutturale ricade nel territorio comunale di Malfa – Isola di Salina (ME); l'area analizzata ricade sul demanio marittimo.

Per la caratterizzazione geotecnica si è fatto riferimento alla relazione geologica redatta dal Geologo Dott. Geol. Giovanni Ventura Bordenca.

Da questa relazione si evince che la categoria di suolo da utilizzare nei calcoli strutturale è di **tipo B**. La nuova opera è ubicata nel territorio del Comune di Malfa presso l'approdo di Scalo Galera ed interessa aree demaniali.

• **INFORMAZIONI GENERALI SULL'ANALISI SVOLTA**

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli sono condotti nel pieno rispetto della normativa vigente e, in particolare, la normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo, verifica e progettazione è costituita dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni*, emanate con il D.M. 17/01/2018 pubblicato nel suppl. 8 G.U. 42 del 20/02/2018, nonché la Circolare del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 21 Gennaio 2019, n. 7 “*Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni*”.

MISURA DELLA SICUREZZA

Il metodo di verifica della sicurezza adottato è quello degli Stati Limite (SL) che prevede due insiemi di verifiche rispettivamente per gli stati limite ultimi S.L.U. e gli stati limite di esercizio S.L.E..

La sicurezza viene quindi garantita progettando i vari elementi resistenti in modo da assicurare che la loro resistenza di calcolo sia sempre maggiore delle corrispondente domanda in termini di azioni di calcolo.

Le norme precisano che la sicurezza e le prestazioni di una struttura o di una parte di essa devono essere valutate in relazione all'insieme degli stati limite che verosimilmente si possono verificare durante la vita normale.

Prescrivono inoltre che debba essere assicurata una robustezza nei confronti di azioni eccezionali.

Le prestazioni della struttura e la vita nominale sono riportati nei successivi tabulati di calcolo della struttura.

La sicurezza e le prestazioni saranno garantite verificando gli opportuni stati limite definiti di concerto al Committente in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme di cui al D.M. 17/01/2018 e successive modifiche ed integrazioni.

In particolare si è verificata:

- la sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (S.L.U.) che possono provocare eccessive deformazioni permanenti, crolli parziali o globali, dissesti, che possono compromettere l'incolumità delle persone e/o la perdita di beni, provocare danni ambientali e sociali, mettere fuori servizio l'opera. Per le verifiche sono stati utilizzati i coefficienti parziali relativi alle azioni ed alle resistenze

dei materiali in accordo a quanto previsto dal D.M. 17/01/2018 per i vari tipi di materiale. I valori utilizzati sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate;

la sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio (S.L.E.) che possono limitare nell'uso e nella durata l'utilizzo della struttura per le azioni di esercizio. In particolare di concerto con il committente e coerentemente alle norme tecniche si sono definiti i limiti riportati nell'allegato fascicolo delle calcolazioni;

- la sicurezza nei riguardi dello stato limite del danno (S.L.D.) causato da azioni sismiche con opportuni periodi di ritorno definiti di concerto al committente ed alle norme vigenti per le costruzioni in zona sismica;

- la robustezza nei confronti di opportune azioni accidentali in modo da evitare danni sproporzionati in caso di incendi, urti, esplosioni, errori umani;

Per quanto riguarda le fasi costruttive intermedie la struttura non risulta cimentata in maniera più gravosa della fase finale.

- **MATERIALI**

**CALCESTRUZZO:**

classe di esposizione : XS1

resistenza caratteristica: C28/35 (Rck 350)

rapporto acqua-cemento massimo a/c : 0,45

classe di consistenza : S4

diametro massimo degli aggregati : 30 mm

copriferro fondazione minimo 4,5 cm

- **LE AZIONI IDRODINAMICHE AGENTI SUL MASSICCIO-MURO PARAONDE**

Dall'allegato sopra citato (All. 9.3 denominato "*azioni del moto ondoso sulle opere*") si riportano le azioni idrodinamiche agenti nei due tratti significativi, ai fini delle verifiche di stabilità del muro.

I valori delle spinte e delle pressioni da utilizzare sono riportati nelle **figg. 4-5** per il tratto della diga foranea compreso dalla progr. 0.00 m alla 50.15 m per le altezze d'onda rispettivamente di 8.15 e 9.01 m, nelle **fig. 6-7** per i tratti compresi dalla progr. 50.15 m alla progr. 140.80 m, che sono soggetti alla stessa azione idrodinamica, per le altezze d'onda di 8.15 e 9.01 m rispettivamente.

## **VERIFICA DI STABILITÀ DEL MURO PARAONDE**

Considerate le dimensioni in sezione del muro paraonde in oggetto, è più che lecito considerarlo come una struttura monolitica e quindi come una struttura per la quale le sole verifiche a ribaltamento e a scorrimento sono sufficienti per stabilire se lo stesso è adeguato o meno ad assolvere alle proprie funzioni nelle condizioni di carico estreme.

In aggiunta alle suddette verifiche bisogna inoltre calcolare lo stato tensionale alla base, valutando eventuali parzializzazioni della stessa e controllando che le tensioni ottenute siano compatibili con le caratteristiche di resistenza del materiale utilizzato, sia per la base di appoggio del muro sia per il muro stesso.

Per quanto concerne la verifica a scorrimento, il valore ultimo di aderenza alla base, tenuto conto che il muro ciclopico viene realizzato mediante un dente che va ad inserirsi in una apposita trincea di ammorsamento nel massiccio di sovraccarico nella parte d'opera a gettata e nella sovrastruttura nella parte realizzata in cassoni mantellati, è dato dalla caratteristica di resistenza a taglio del materiale.

Indicando con VS l'azione sollecitante e con VR la massima forza resistente, la verifica, effettuata con il metodo degli stati limite, è soddisfatta se, facendo riferimento ai valori di calcolo seguendo l'approccio 2 indicato nel D.M. 17.01.2018 deve risultare:

$$VSd \leq VRd$$

Per quanto concerne la verifica a ribaltamento, in prima analisi, a vantaggio di sicurezza, si trascura la presenza del dente che può opporsi alla rotazione del muro.

La verifica a ribaltamento viene eseguita imponendo la rotazione attorno al punto più a valle del muro paraonde, valutando le azioni ribaltanti e quelle stabilizzanti.

Le azioni ribaltanti sono rappresentate dalle spinte idrodinamiche sul muro mentre la forza stabilizzante è rappresentata dal peso del muro.

Indicando con MR il momento ribaltante e con MS il momento stabilizzante, la verifica, effettuata con il metodo degli stati limite, seguendo l'approccio 2 indicato nel D.M. 17.01.2018, è soddisfatta se risulta:

$$MRd \leq MSd$$

Al fine di migliorare l'ammorsamento del muro paraonde al massiccio di sovraccarico o alla sovrastruttura dei cassoni si procederà all'inserimento di monconi di collegamento in corrispondenza del dente di fondazione in acciaio Ø 24 ad interasse 50 cm della lunghezza di ml 1.50.

**RIEPILOGO DEI RISULTATI DELL'ANALISI SVOLTA**

La verifica è stata eseguita in corrispondenza delle due sezioni del muro paraonde dalla progr. 0.00 m alla progr. 50.15 m (opera a gettata) e dalla progr. 50.15 m alla 140.80 m (opera composta cassoni+mantellata) e prendendo in considerazione le altezze d'onda H=8.15 m e H=9.01 m utilizzate per la valutazione delle azioni idrodinamiche riportata nell'All. 9.3.

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche per le due tipologie di sezioni e per le altezze d'onda considerate per i calcoli.

**SEZIONE "OPERA A GETTATA" dalla progr. 0.00 m alla progr. 50.15 m onda di progetto**

**8.15 mt:**

<b>VERIFICHE STABILITA' MURO 1</b>		
<b>VERIFICA AL RIBALTAMENTO</b>		
Combinazione di carico piu' svantaggiosa:	2	A1
Momento forze ribaltanti complessivo:	169718	Kgm/m
Momento stabilizzante forze peso e carichi:	337825	Kgm/m
Momento stabilizzante massimo dovuto ai tiranti:	0	Kgm/m
Coefficiente sicurezza minimo al ribaltamento:	1,99	-----
<b>LA VERIFICA RISULTA SODDISFATTA</b>		

<b>VERIFICHE STABILITA' MURO 1</b>		
<b>VERIFICA ALLO SCORRIMENTO</b>		
Combinazione di carico piu' svantaggiosa:	2	A1
Risultante forze che attivano lo scorrimento:	35803	Kg/m
Risultante forze che si oppongono allo scorrimento:	103524	Kg/m
Forza dei tiranti che si oppone allo scorrimento:	0	Kg/m
Coefficiente sicurezza minimo allo scorrimento:	2,89	-----
<b>LA VERIFICA RISULTA SODDISFATTA</b>		

**SEZIONE "OPERA A GETTATA" dalla progr. 0.00 m alla progr. 50.15 m onda di progetto**

**9.01 mt:**

<b>VERIFICHE STABILITA' MURO 1</b>		
<b>VERIFICA AL RIBALTAMENTO</b>		
Combinazione di carico piu' svantaggiosa:	2	A1
Momento forze ribaltanti complessivo:	197447	Kgm/m
Momento stabilizzante forze peso e carichi:	337825	Kgm/m
Momento stabilizzante massimo dovuto ai tiranti:	0	Kgm/m
Coefficiente sicurezza minimo al ribaltamento:	1,71	-----
<b>LA VERIFICA RISULTA SODDISFATTA</b>		

<b>VERIFICHE STABILITA' MURO 1</b>		
<b>VERIFICA ALLO SCORRIMENTO</b>		
Combinazione di carico piu' svantaggiosa:	2	A1
Risultante forze che attivano lo scorrimento:	42733	Kg/m
Risultante forze che si oppongono allo scorrimento:	103524	Kg/m
Forza dei tiranti che si oppone allo scorrimento:	0	Kg/m
Coefficiente sicurezza minimo allo scorrimento:	2,42	-----
<b>LA VERIFICA RISULTA SODDISFATTA</b>		

**SEZIONE "OPERA COMPOSITA" dalla progr. 50.15 m alla 140.80 m onda 8.15 mt:**

<b>VERIFICHE STABILITA' MURO 1</b>		
<b>VERIFICA AL RIBALTAMENTO</b>		
Combinazione di carico piu' svantaggiosa:	2	A1
Momento forze ribaltanti complessivo:	41887	Kgm/m
Momento stabilizzante forze peso e carichi:	64886	Kgm/m
Momento stabilizzante massimo dovuto ai tiranti:	0	Kgm/m
Coefficiente sicurezza minimo al ribaltamento:	1,55	-----
<b>LA VERIFICA RISULTA SODDISFATTA</b>		

<b>VERIFICHE STABILITA' MURO 1</b>		
<b>VERIFICA ALLO SCORRIMENTO</b>		
Combinazione di carico piu' svantaggiosa:	2	A1
Risultante forze che attivano lo scorrimento:	22032	Kg/m
Risultante forze che si oppongono allo scorrimento:	39081	Kg/m
Forza dei tiranti che si oppone allo scorrimento:	0	Kg/m
Coefficiente sicurezza minimo allo scorrimento:	1,77	-----
<b>LA VERIFICA RISULTA SODDISFATTA</b>		

**SEZIONE "OPERA COMPOSITA" dalla progr. 50.15 m alla 140.80 m onda 9.01 mt:**

<b>VERIFICHE STABILITA' MURO 1</b>		
<b>VERIFICA AL RIBALTAMENTO</b>		
Combinazione di carico piu' svantaggiosa:	2	A1
Momento forze ribaltanti complessivo:	54487	Kgm/m
Momento stabilizzante forze peso e carichi:	64886	Kgm/m
Momento stabilizzante massimo dovuto ai tiranti:	0	Kgm/m
Coefficiente sicurezza minimo al ribaltamento:	1,19	-----
<b>LA VERIFICA RISULTA SODDISFATTA</b>		

<b>VERIFICHE STABILITA' MURO 1</b>		
VERIFICA ALLO SCORRIMENTO		
Combinazione di carico piu' svantaggiosa:	2	A1
Risultante forze che attivano lo scorrimento:	27232	Kg/m
Risultante forze che si oppongono allo scorrimento:	39081	Kg/m
Forza dei tiranti che si oppone allo scorrimento:	0	Kg/m
Coefficiente sicurezza minimo allo scorrimento:	1,44	-----
<b>LA VERIFICA RISULTA SODDISFATTA</b>		

• **TOLLERANZE**

Nelle calcolazioni si è fatto riferimento ai valori nominali delle grandezze geometriche ipotizzando che le tolleranze ammesse in fase di realizzazione siano conformi alle euronorme EN 1992-1991-EN206 - EN 1992-2005:

- Copriferro 5 mm (EC2 4.4.1.3)

Per dimensioni  $\leq 150\text{mm}$   $\pm 5\text{ mm}$

Per dimensioni  $\leq 400\text{ mm}$   $\pm 15\text{ mm}$

Per dimensioni  $\leq 2500\text{ mm}$   $\pm 30\text{ mm}$

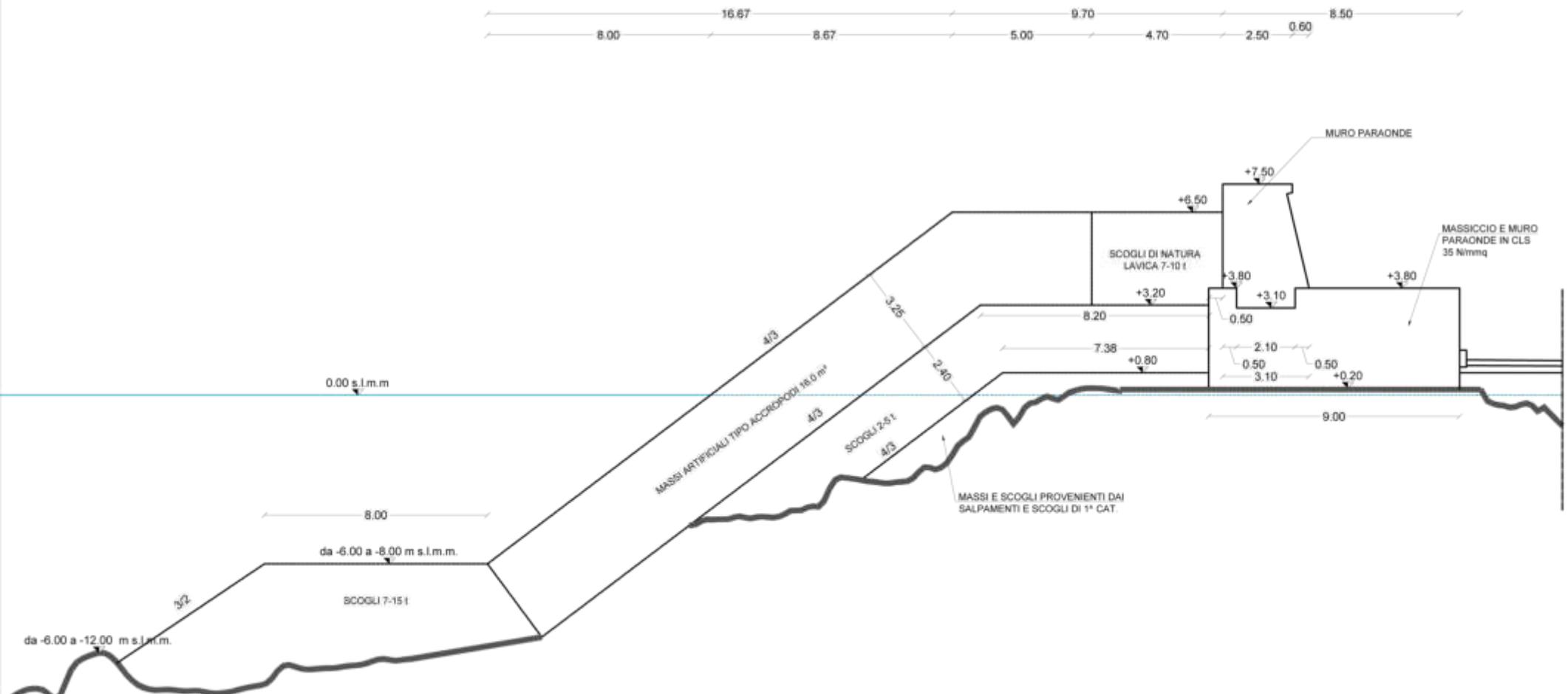
• **DURABILITÀ**

Per garantire la durabilità della struttura sono state prese in considerazione opportuni stati limite di esercizio (S.L.E.) in funzione dell'uso e dell'ambiente in cui la struttura dovrà vivere limitando sia gli stati tensionali che nel caso delle opere in calcestruzzo anche l'ampiezza delle fessure. La definizione quantitativa delle prestazioni, la classe di esposizione e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

Inoltre per garantire la durabilità, così come tutte le prestazioni attese, è necessario che si ponga adeguata cura sia nell'esecuzione che nella manutenzione e gestione della struttura e si utilizzino tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

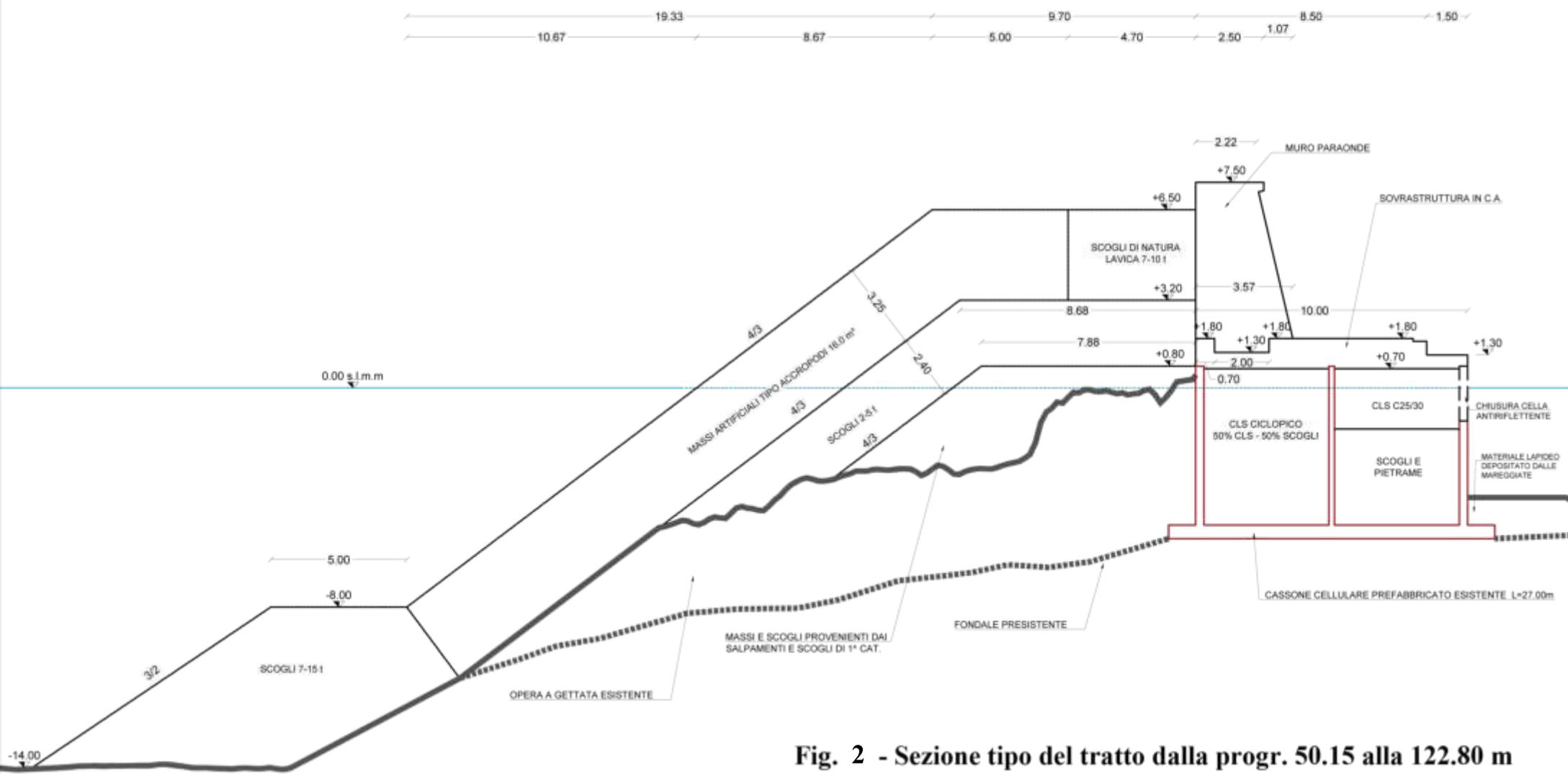
Durante le fasi di costruzione il direttore dei lavori implementerà severe procedure di controllo sulla qualità dei materiali, sulle metodologie di lavorazione e sulla conformità delle opere eseguite al progetto esecutivo nonché alle prescrizioni contenute nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni" D.M. 17/01/2018 e relative Istruzioni.

**SEZIONE TIPO RAPPRESENTATIVA DEL TRATTO DI DIGA FORANEA A GETTATA**  
**DALLA Progr. 0.00 m alla 50.15 m - Scala 1:200**



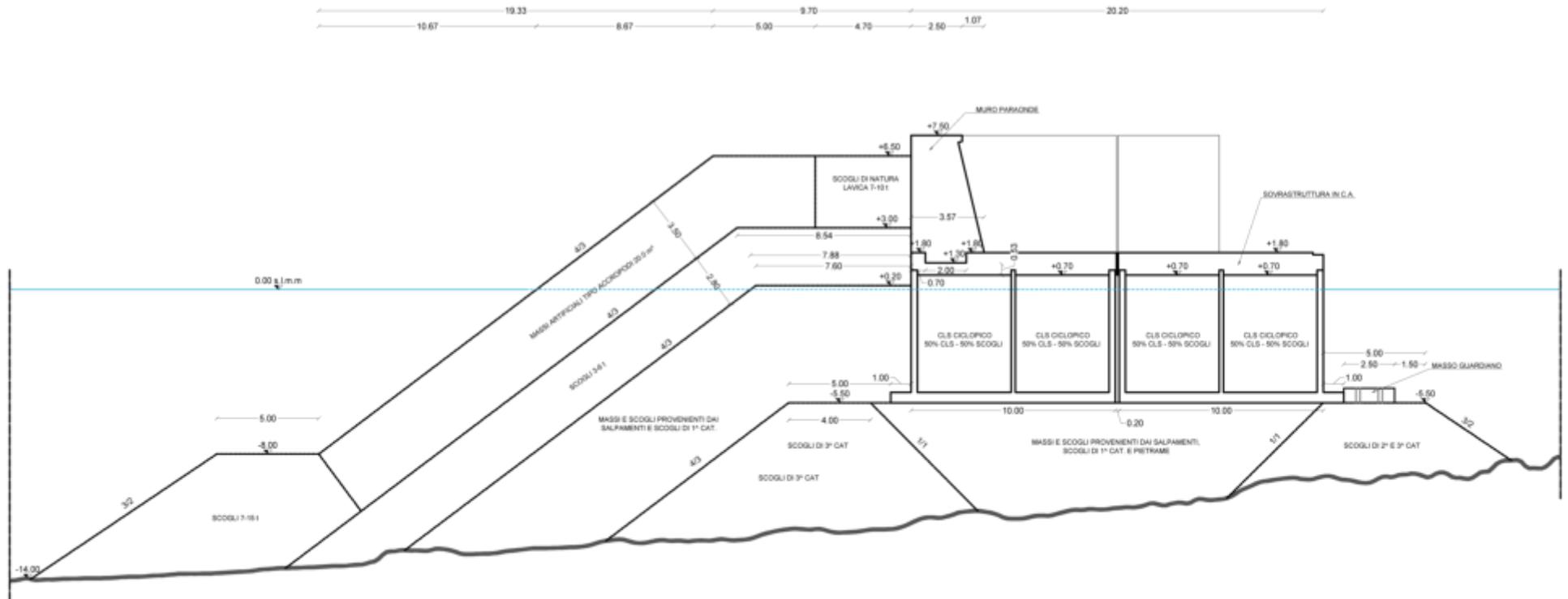
**Fig. 1 - Sezione tipo del tratto dalla progr. 0.00 alla 50.15 m**

**SEZIONE TIPO RAPPRESENTATIVA DEL TRATTO DI DIGA FORANEA COMPOSITA (CASSONI PROTETTI DA OPERA A GETTATA)**  
**DALLA Progr. 50.15 m alla 122.80 m - Scala 1:200**



**Fig. 2 - Sezione tipo del tratto dalla progr. 50.15 alla 122.80 m**

SEZIONE TIPO RAPPRESENTATIVA DEL TRATTO DI DIGA FORANEA COMPOSITA (CASSONI PROTETTI DA OPERA A GETTATA)  
DALLA Progr. 122.80 m alla 140.80 m - Scala 1:300



**Fig. 3 - Sezione tipo del tratto dalla progr. 122.80 alla 140.80 m**



**SEZIONE TIPO RAPPRESENTATIVA DEL TRATTO DI DIGA FORANEA A GETTATA**

**DALLA Progr. 0.00 m alla 50.15 m - Scala 1:200**

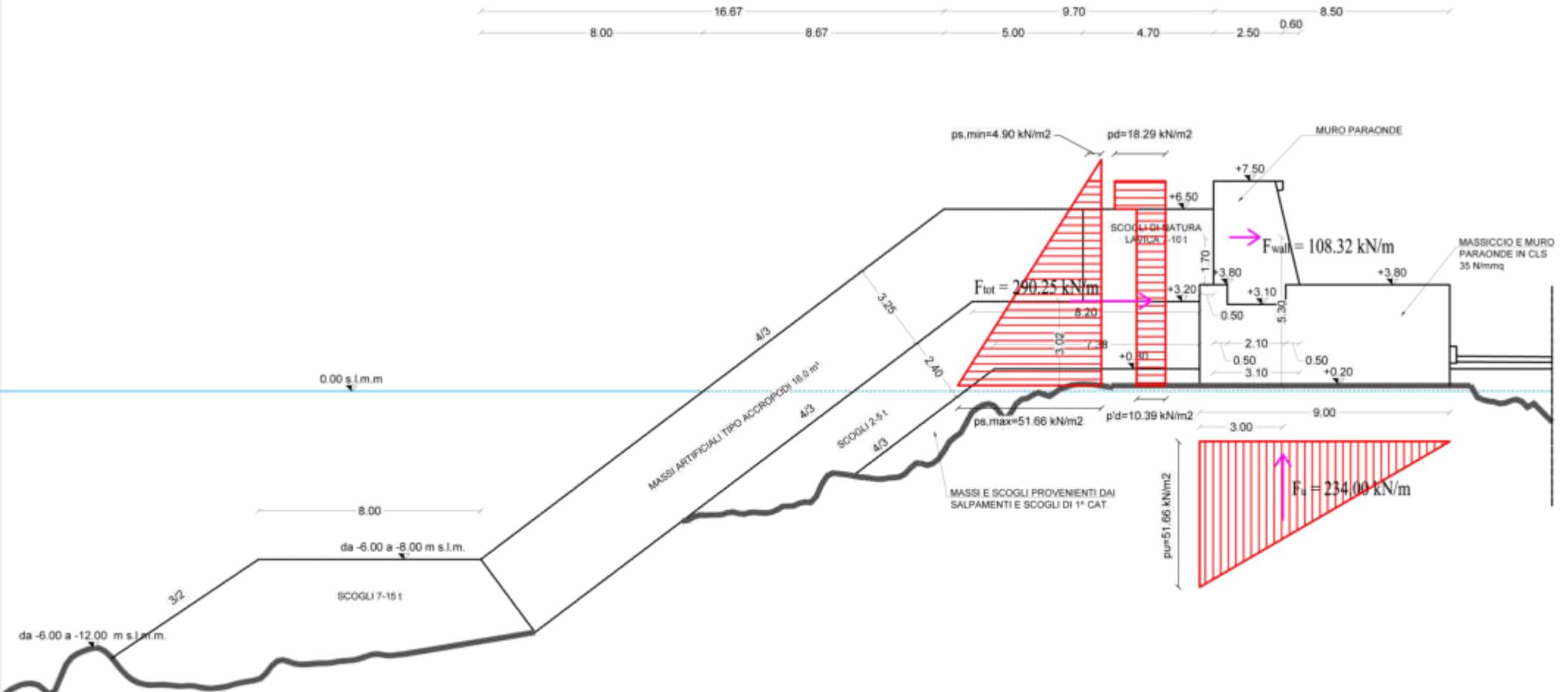
**AZIONI DOVUTE ALL'ONDA AVENTE CARATTERISTICHE H=9.01 m E T=12.43 s SULLA STRUTTURA MURO PARAONDE-MASSICCIO**

Scala grafica pressioni

1 cm =  $2 \times 10^4$  N/m<sup>2</sup>

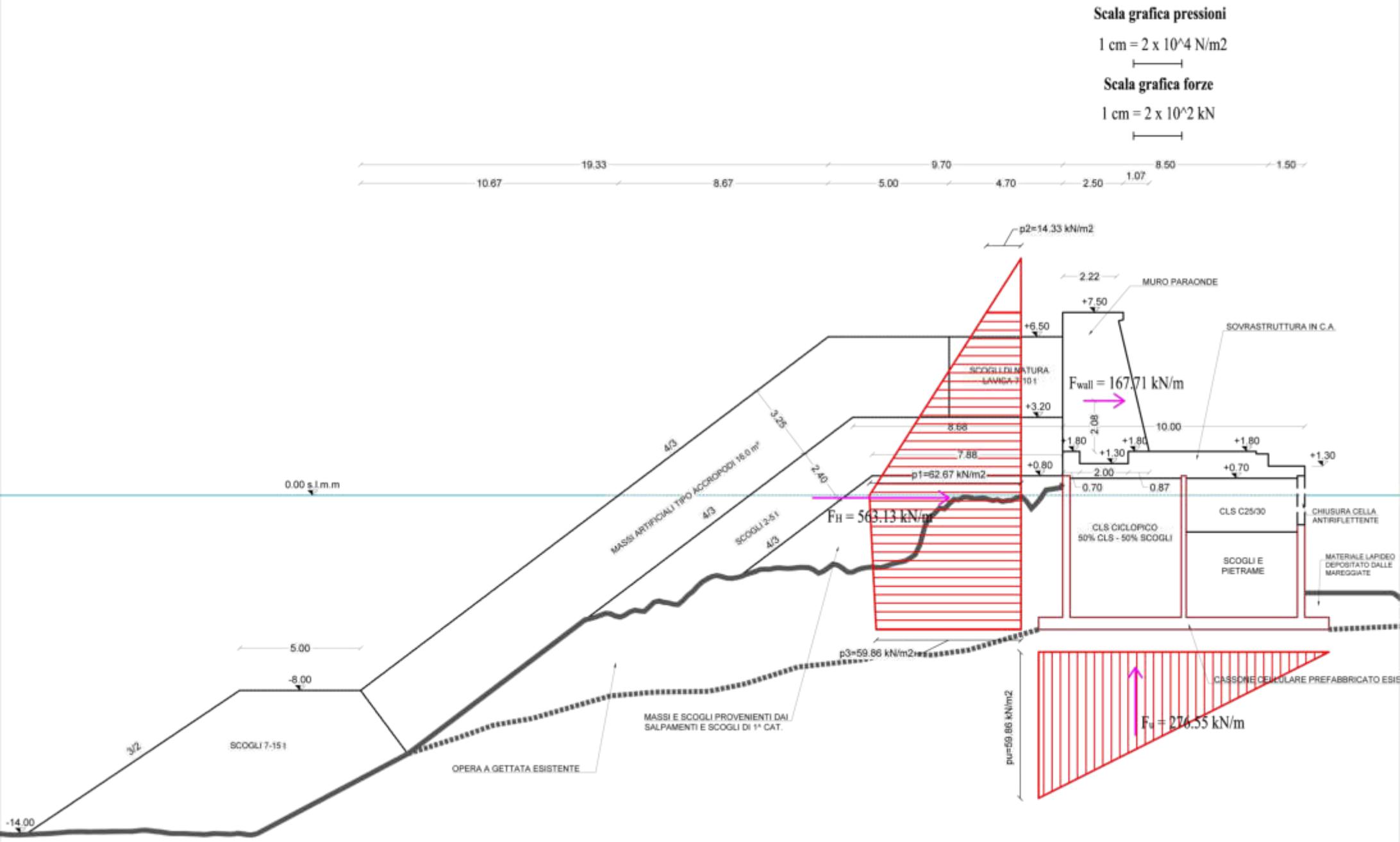
Scala grafica forze

1 cm =  $2 \times 10^2$  kN



**Fig. 5 - Azioni dovute all'onda avente caratteristiche H=9.01 m e T= 12.43 s sulla sezione 1**

**Fig. 6 - Azioni dovute all'onda avente caratteristiche  $H=8.15$  m e  $T=11.65$  s sulla sezione rappresentativa del tratto che va dalla progr. 50.15 alla progr. 140.80**



**Fig. 7 - Azioni dovute all'onda avente caratteristiche  $H=9.01\text{m}$  e  $T=12.43\text{ s}$  sulla sezione che va dalla progr. 50.15 alla progr. 140.80 m**

