CITTA' DI TERMINI IMERESE

PROVINCIA DI PALERMO

URBANIZZAZIONE DELLA FASCIA A MARE DEL CENTRO STORICO:
PROGETTAZIONE DELLA STRADA DI COLLEGAMENTO PORTO - SS. 113

PROGETTO ESECUTIVO

ataengineering

via Alto Adige, 160 38121 Trento – Italy
tel. +39 0461. 1731000 – fax +39 0461 1731052
www.ataengineeringspa.com –
info@ataengineeringspa.com
c.fiscale, p.iva e R.I. Trento 01307610228

ISO 9001

CAPOGRUPPO MANDATARIA

ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROV. DI TRENTO
dott. ing. ERINO BOMBARDELLI
ISCRIZIONE ALBO N. 1098

SGI Studio Galli Ingegneria S.p.A.

SEDE: Padova - 35030 Sarmeola di Rubano - Via della Provvidenza, 13 - tel. +39 049 8976844 - fax +39 049 8976784
FILIALE: Belluno 32100 - Via degli Agricoltori, 13 - tel. +39 0437 355411 - fax +39 0437 355412
UFFICI IN ITALIA: Milano - Napoli - Ancona - Sassari
UFFICI ALL'ESTERO: Pechino (Cina) - Cairo (Egitto) - Podgorica (Montenegro) - Sulaymaniya (Iraq)
www.sgi-spa.it - info@sgi-spa.it

SGI

MANDANTE

ORDINE DEGLI INGEGNERI Dott. Ing. GALLI Francesco 569 della Prov. di Belluno

Dott. Ing. Fiorella Scalia

STUDIO TECNICO
PIAZZA S. ANTONIO N.16
90018 TERMINI IMERESE (PA)
TEL. 091 8115583 FAX 091 8110748
E-Mail: fiorella.scalia@tin.it
P. IVA 04315120826

MANDANTE

ORDINE DEGLI INGEGNERI PROV. DI PALERMO Dott. Ing. FIORELLA SCALIA n. 4774

Dott. Ing. Filippo Carcara

STUDIO TECNICO
VIA SAFFO N. 2B
90151 PALERMO
TEL. 3929820063 E-Mail filicar@libero.it
P.IVA 0052316810

MANDANTE

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI TRAPANI Ing. CARCARA FILIPPO n. 552

Dott. Geol. Giuseppe Franzò

STUDIO
90010 ISNELLO (PA) c.da PONTICELLO
TEL./FAX 0921 662849 E-Mail peppefranzo@libero.it
P.IVA 02948160821

MANDANTE

ORD. REG. DEI GEOLOGI Dott. Giuseppe Franzò N. 370

DATA: NOVEMBRE 2015

N.ro allegato 1.2.2.1

TAVOLA:

Relazione geotecnica

REV.	DISEGNATO	CONTROLLATO	APPROVATO	AUTORIZZATO	DESCRIZIONE REVISIONE	DATA
-	- EDIT -	- EDIT -	- EDIT -		- EDIT -	00.00.0000
-	- EDIT -	- EDTI -	- EDIT -		- EDIT -	00.00.0000

Sommario

1. PREMESSA 2
2. CRITERI E NORMATIVA DI RIFERIMENTO PER LA REDAZIONE DELLA RELAZIONE GEOTECNICA 3
3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO 12
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO 12
4.1 Cenno geologico 13
4.2.- Tettonica 15
4.3- Idrogeologia 15
5- INDAGINI GEOGNOSTICHE 16
6- LA SERIE DEI TERRENI LUNGO IL TRACCIATO STRADALE 21
7- CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI 33
7.1 Terreno AL 35
7.2 TERRENO FC 42
7.4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI – PARAMETRI CARATTERISTICI 52
8. DESCRIZIONE DELLE OPERE E RELATIVE PROBLEMATICHE GEOTECNICHE 57
9- OPERE DI CONTENIMENTO 63
9.1 Verifiche geotecniche 67
9.2 Verifica di stabilità globale 116
10- RILEVATI E SCAVI 125
11. SOTTOPASSO FERROVIARIO 128
11.1- Monolite 128
FASI ESECUTIVE 129
11.2 Paratie di pali e micropali 131
11.2.1 Analisi della paratia 134
12- INTERAZIONE SOTTOPASSO-FALDA 221
13- Verifiche al carico limite dello scatolare 225
11 Verifiche di stabilità della scogliera in massi naturali 226
12- INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO 231
13.1 Verifiche di stabilità 236
11.2 Verifiche sui tiranti 236

1. PREMESSA

Il Comune di Termini Imerese, nel corso dell'anno 2002 ha affidato la progettazione di massima ed esecutiva, coordinamento per la sicurezza in fase di progettazione, ecc. relativamente al realizzazione della *"Strada di collegamento Porto - SS. 113"* al gruppo di progettazione.

Nell'anno xxxxx dopo alcune rielaborazioni richieste dal committente, è stato approvato in Conferenza Speciale dei Servizi il progetto definitivo.

Il progetto definitivo comprende lo studio geotecnico, ai sensi del cap. 6 del D.M. 14 gennaio 2008.

In questa fase della progettazione esecutiva sono state sviluppate le verifiche ed i calcoli geotecnici esecutivi delle opere d'arte previste in progetto che si riportano nella presente relazione.

Oggetto della presente relazione è lo studio delle problematiche geotecniche inerenti la realizzazione del corpo stradale, ivi compreso il manufatto del sottopasso ferroviario e l'intervento di rafforzamento corticale delle scarpate comprese in un'area definita dal P.A.I. a rischio R3.

In particolare, dopo una sintesi dello studio geologico, saranno esposte le indagini eseguite, le problematiche geotecniche esaminate e le relative verifiche geotecniche inerenti le soluzioni progettuali.

Si riporta quindi il dimensionamento geotecnico delle opere d'arte e degli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico.

La presente relazione viene redatta secondo quanto previsto dal cap.6 delle norme di cui al D.M. 14/1/2008 per la parte geotecnica.

2. CRITERI E NORMATIVA DI RIFERIMENTO PER LA REDAZIONE DELLA RELAZIONE GEOTECNICA

Per la definizione delle scelte progettuali inerenti la realizzazione della strada, nel rispetto della normativa vigente si fa riferimento alla NTC del 14.1.2008.

Come riportato nella circolare esplicativa della suddetta normativa :

"La Relazione Geotecnica contiene i principali risultati ottenuti dalle indagini e prove geotecniche, descrive la caratterizzazione e la modellazione geotecnica dei terreni interagenti con l'opera, e riassume i risultati delle analisi svolte per la verifica delle condizioni di sicurezza e la valutazione delle prestazioni nelle condizioni d'esercizio del sistema costruzione-terreno

Contenuti della Relazione Geotecnica:
descrizione delle opere e degli interventi;
problemi geotecnici e scelte tipologiche;
descrizione del programma delle indagini e delle prove geotecniche;
caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni e delle rocce e definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici;
verifiche della sicurezza e delle prestazioni: identificazione dei relativi stati limite;
approcci progettuali e valori di progetto dei parametri geotecnici;
modelli geotecnici di sottosuolo e metodi di analisi;
risultati delle analisi e loro commento.

La relazione è corredata da una planimetria con l'ubicazione delle indagini e dalla documentazione sulle indagini in sito e in laboratorio, da un numero adeguato di sezioni stratigrafiche con indicazione dei profili delle grandezze misurate.

Conseguentemente ai principi generali enunciati nelle NTC, la progettazione geotecnica si basa sul metodo degli stati limite e sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza.

Nel metodo degli stati limite, ultimi e di esercizio, i coefficienti parziali sono applicati alle azioni, agli effetti delle azioni, alle caratteristiche dei materiali e alle resistenze.

OPERE DI SOSTEGNO

Il coefficiente di spinta attiva assume valori che dipendono dalla geometria del paramento del muro e dei terreni retrostanti, nonché dalle caratteristiche meccaniche dei terreni e del contatto terra-muro.

Gli stati limite ultimi delle opere di sostegno si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno interagente con le

opere (GEO) e al raggiungimento della resistenza degli elementi che compongono le opere stesse (STR).

Muri di sostegno

Il dimensionamento è stato sviluppato con riferimento ai seguenti criteri

Gli stati limite ultimi per sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno interagente con un muro di sostegno riguardano lo scorrimento sul piano di posa, il raggiungimento del carico limite nei terreni di fondazione e la stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno.

Lo stato limite di ribaltamento non prevede la mobilitazione della resistenza del terreno di fondazione, e deve essere trattato come uno stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU), utilizzando i coefficienti parziali sulle azioni della Tabella 2.6.I delle NTC e adoperando coefficienti parziali del gruppo M2 per il calcolo delle spinte (Tabella 6.2.II NTC).

Nello stato limite ultimo di collasso per scorrimento, l'azione di progetto è data dalla componente della risultante delle forze in direzione parallela al piano di scorrimento della fondazione, mentre la resistenza di progetto è il valore della forza parallela allo piano cui corrisponde lo scorrimento del muro.

Nello stato limite di collasso per raggiungimento del carico limite della fondazione, l'azione di progetto è la componente della risultante delle forze in direzione nomale al piano di posa. La resistenza di progetto è il valore della forza normale al piano di posa a cui corrisponde il raggiungimento del carico limite nei terreni in fondazione.

Il progetto del muro di sostegno deve prevedere anche l'analisi degli stati limite ultimi per raggiungimento della resistenza degli elementi che compongono il muro stesso, siano essi elementi strutturali o una combinazione di terreno e elementi di rinforzo. In questo caso l'azione di progetto è costituita dalla sollecitazione nell'elemento e la resistenza di progetto è il valore della sollecitazione che produce la crisi nell'elemento esaminato.

Per muri di sostegno che facciano uso di ancoraggi o di altri sistemi di vincolo, deve essere verificata la sicurezza rispetto a stati limite ultimi che comportino la crisi di questi elementi.

Approccio 1

Nelle verifiche agli stati limite ultimi per il dimensionamento geotecnico della fondazione del muro (GEO), si considera lo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dal

raggiungimento della resistenza del terreno. L'analisi può essere condotta con la Combinazione 2 (A2+M2+R2), nella quale i parametri di resistenza del terreno sono ridotti tramite i coefficienti parziali del gruppo M2, i coefficienti globali gR sulla resistenza del sistema (R2) sono unitari e le sole azioni variabili sono amplificate con i coefficienti del gruppo A2. I parametri di resistenza di progetto sono perciò inferiori a quelli caratteristici e di conseguenza i valori di progetto delle spinte sul muro di sostegno sono maggiori e le resistenze in fondazione sono minori dei rispettivi valori caratteristici.

Nelle verifiche STR si considerano gli stati limite ultimi per raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali o comunque negli elementi che costituiscono il muro di sostegno, inclusi eventuali ancoraggi. L'analisi può essere svolta utilizzando la Combinazione 1 (A1+M1+R1), nella quale i coefficienti sui parametri di resistenza del terreno (M1) e sulla resistenza globale del sistema (R1) sono unitari, mentre le azioni permanenti e variabili sono amplificate mediante i coefficienti parziali del gruppo A1 che possono essere applicati alle spinte, ai pesi e ai sovraccarichi.

Approccio 2

Nelle verifiche per il dimensionamento geotecnico della fondazione del muro (GEO), si considera lo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dal raggiungimento della resistenza del terreno. L'analisi può essere condotta con la Combinazione (A1+M1+R3), nella quale le azioni permanenti e variabili sono amplificate mediante i coefficienti parziali del gruppo A1, che possono essere applicati alle spinte, ai pesi e ai sovraccarichi; i coefficienti parziali sui parametri di resistenza del terreno (M1) sono unitari e la resistenza globale del sistema è ridotta tramite i coefficienti ÀR del gruppo R3. Tali coefficienti si applicano solo alla resistenza globale del terreno, che è costituita, a seconda dello stato limite considerato, dalla forza parallela al piano di posa della fondazione che ne produce lo scorrimento, o dalla forza normale alla fondazione che produce il collasso per carico limite. Essi vengono quindi utilizzati solo nell'analisi degli stati limite GEO.

Nelle verifiche STR si considerano gli stati limite ultimi per raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali o comunque negli elementi che costituiscono il muro di sostegno. Per tale analisi non si utilizza il coefficiente gR e si procede come nella Combinazione 1 dell'Approccio 1.

Paratie

Il dimensionamento è stato sviluppato con riferimento ai seguenti criteri

Gli stati limite ultimi per sviluppo di meccanismi di collasso determinati dal raggiungimento della resistenza del terreno interagente con una paratia riguardano la rotazione intorno a un punto dell'opera, l'instabilità del fondo scavo in terreni a grana fine in condizioni non drenate, l'instabilità globale dell'insieme terreno-opera, il collasso per carico limite verticale e lo sfilamento di uno o più ancoraggi.

Per rotazione intorno a un punto dell'opera deve intendersi uno stato limite in cui si raggiungano le condizioni di equilibrio limite nel terreno interagente con l'opera e sia cinematicamente possibile, al raggiungimento della resistenza del terreno, un atto di moto rigido per la paratia. Tipicamente, per una paratia con più livelli di vincolo questo stato limite ultimo non può verificarsi.

Gli stati limite relativi al raggiungimento delle resistenze negli elementi strutturali sono quelli relativi alla rottura della paratia e alla rottura del sistema di contrasto costituito da puntoni, ancoraggi, travi di ripartizione, ecc..

Gli stati limite di sifonamento del fondo scavo o di instabilità del fondo scavo per sollevamento sono di tipo HYD e UPL e vanno analizzati come illustrato al § 6.2.3.2 delle NTC.

Approccio 1

Nelle verifiche agli stati limite ultimi per il dimensionamento geotecnico delle paratie (GEO), si considera lo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e, specificamente, dal raggiungimento delle condizioni di equilibrio limite nel terreno interagente con la paratia. L'analisi può essere condotta con la Combinazione 2 (A2+M2+R1), nella quale i parametri di resistenza del terreno sono ridotti tramite i coefficienti parziali del gruppo M2, i coefficienti ÀR sulla resistenza globale (R1) sono unitari e le sole azioni variabili sono amplificate con i coefficienti del gruppo A2.

I parametri di resistenza di progetto sono perciò inferiori a quelli caratteristici e di conseguenza il valore di progetto della spinta attiva è maggiore, e quello della resistenza passiva è minore, dei corrispondenti valori caratteristici.

Le azioni di progetto Ed sono le risultanti o i momenti risultanti delle forze sulla paratia che producono il cinematismo di collasso ipotizzato, mentre le resistenze di progetto Rd sono le risultanti o i momenti risultanti delle forze che vi si oppongono.

Nelle verifiche STR si considerano gli stati limite ultimi per raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali. L'analisi può essere svolta utilizzando la Combinazione 1 (A1+M1+R1), nella quale i coefficienti sui parametri di resistenza del terreno (M1) e sulla resistenza globale del sistema (R1) sono unitari, mentre le azioni permanenti e variabili sono amplificate mediante i coefficienti parziali del gruppo A1.

In questo caso, i coefficienti parziali amplificativi delle azioni possono applicarsi direttamente alle sollecitazioni, calcolate con i valori caratteristici delle azioni e delle resistenze. In particolare, le sollecitazioni (comprese quelle nei puntoni e negli ancoraggi) devono calcolarsi portando in conto, anche in maniera semplificata, l'interazione fra paratia e terreno, operando su configurazioni che rispettino l'equilibrio e la compatibilità con il criterio di resistenza.

Dato che i coefficienti parziali amplificativi delle azioni permanenti e variabili (gruppo A1) sono diversi, è necessario in genere distinguere le sollecitazioni prodotte dai carichi permanenti da quelle prodotte dai carichi variabili.

Pali

Il dimensionamento è stato sviluppato con riferimento ai seguenti criteri

Analogamente alle fondazioni superficiali, per le verifiche agli stati limite ultimi sono ammessi due distinti e alternativi approcci progettuali. Nel primo approccio progettuale devono essere considerate due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, la prima (A1+M1+R1) generalmente riferibile alle verifiche strutturali (STR), la seconda (A2+M1+R2)5 alle verifiche geotecniche (GEO) . Il secondo approccio progettuale prevede un'unica combinazione di gruppi di coefficienti parziali (A1+M1+R3).

Nelle verifiche per il dimensionamento geotecnico (GEO), in tutti gli approcci progettuali la resistenza di progetto dei pali si ottiene dividendo il valore caratteristico della resistenza per un coefficiente, gR, diverso in ogni combinazione. Inoltre, nell'ambito di ciascuna combinazione, i coefficienti gR sono diversificati rispetto alle modalità costruttive dei pali e ai contributi di resistenza lungo il fusto e alla base.

La resistenza caratteristica dei pali può essere dedotta da prove di carico su pali pilota, non utilizzabili nell'opera; da metodi di calcolo analitici, basati sui valori caratteristici dei parametri geotecnici o su correlazioni empiriche con i risultati di prove in sito (penetrometriche epressiometriche, prevalentemente); da prove dinamiche di progetto, ad alto livello di deformazione, su pali pilota.

In analogia con l'Eurocodice 7, le Norme introducono una serie di fattori di correlazione che dipendono dal numero di prove di carico (statiche o dinamiche) e dall'affidabilità della caratterizzazione geotecnica nel volume significativo, premiando la numerosità e la completezza degli accertamenti. Ad esempio, nel caso in cui la resistenza caratteristica sia valutata con procedimenti analitici, i valori dei fattori di correlazione permettono di valorizzare la qualità del modello geotecnico di sottosuolo, la cui accuratezza può essere migliorata al crescere del numero di verticali d'indagine lungo le quali risulti una completa caratterizzazione geotecnica dei terreni. A questo proposito si deve ribadire che il numero di verticali d'indagine, con i requisiti necessari innanzi richiamati per ciascuna di esse, deve essere riferito al volume significativo. Ciò significa, ad esempio, che per gli edifici il volume significativo deve essere riferito a ciascun corpo di fabbrica, mentre per un'opera lineare, come un viadotto, il volume significativo riguarda ogni singola fondazione.

Stabilità dei pendii

Le verifiche di sicurezza sono state eseguite con riferimento ai seguenti criteri

Nello studio delle condizioni di stabilità dei pendii devono essere presi in considerazione almeno iseguenti fattori:

caratteristiche geologiche;

caratteristiche morfologiche;
proprietà fisiche e meccaniche dei terreni costituenti il pendio;
regime delle pressioni interstiziali e delle pressioni dell'acqua nelle discontinuità eventualmente presenti;
peso proprio e azioni applicate sul pendio;
regime delle precipitazioni atmosferiche;
sismicità della zona.

Lo studio geotecnico riguarda la programmazione del piano di indagini, finalizzato all'acquisizione dei dati necessari alle analisi, quali la caratterizzazione dei terreni o delle rocce costituenti il pendio, la valutazione del regime delle pressioni interstiziali e la definizione del modello di sottosuolo, nonché l'analisi delle condizioni di stabilità del pendio, il dimensionamento degli interventi di stabilizzazione e la programmazione del piano di monitoraggio.

Le verticali di indagine devono essere preferibilmente allineate lungo una o più sezioni longitudinali del pendio ed essere opportunamente spaziate per ottenere informazioni sufficienti lungo tutta l'estensione del pendio.

Il regime delle pressioni interstiziali nel sottosuolo deve essere ricostruito con sufficiente approssimazione mediante misure puntuali delle pressioni interstiziali eseguite con piezometri o celle piezometriche. Questi devono essere installati in posizioni opportunamente scelte in relazione alle caratteristiche geometriche e stratigrafiche del pendio e alla posizione presunta della superficie di scorrimento, potenziale o effettiva.

Se la verifica di stabilità riguarda pendii naturali in frana, le indagini devono definire la posizione e la forma della superficie di scorrimento. A tal fine si deve provvedere alla misura degli spostamenti in superficie e in profondità. Queste misure devono permettere la determinazione dell'entità degli spostamenti e del loro andamento nel tempo, da porre eventualmente in relazione al regime delle pressioni interstiziali e a quello delle precipitazioni atmosferiche. Gli spostamenti in profondità devono essere riferiti a quelli misurati in superficie, avendo cura di eseguire le misure con la stessa cadenza temporale.

Le prove di laboratorio devono permettere la determinazione delle caratteristiche di resistenza nelle condizioni di picco, di post-picco e nelle condizioni residue.

Nelle verifiche di stabilità si utilizzano i valori caratteristici dei parametri di resistenza (c'k, f'k) . Il coefficiente di sicurezza è definito dal rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie di scorrimento e lo sforzo di taglio mobilitato lungo di essa. Il suo valore minimo deve essere scelto e motivato dal progettista in relazione al livello di affidabilità dei dati acquisiti, ai limiti del modello di calcolo utilizzato, nonché al livello di protezione che si vuole garantire (§ 6.3.4 NTC).

Nei pendii interessati da frane attive o quiescenti, che possano essere riattivate dalle cause originali o da un'azione sismica, bisogna fare riferimento alla resistenza al taglio a grandi deformazioni, in dipendenza dell'entità dei movimenti e della natura dei terreni. Le caratteristiche di resistenza devono quindi intendersi come valori operativi lungo la superficie di scorrimento.

Nel dimensionamento degli interventi di stabilizzazione devono essere valutate le condizioni di stabilità iniziali, prima dell'esecuzione dell'intervento, e quelle finali, ad intervento eseguito, in modo da valutare l'incremento del margine di sicurezza rispetto al cinematismo di collasso critico potenziale o effettivo. In dipendenza della tipologia di intervento deve essere valutata l'evoluzione temporale dell'incremento del coefficiente di sicurezza nel tempo, per garantire il raggiungimento di

condizioni di stabilità adeguate in tempi compatibili con i requisiti di progetto. In ogni caso, le condizioni di stabilità devono essere verificate non solo lungo il cinematismo di collasso critico originario, ma anche lungo possibili cinematismi alternativi che possano innescarsi a seguito della realizzazione dell'intervento di stabilizzazione.

3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Dal punto di vista della “progettazione stradale” l’intervento prevede:

Uno svincolo a raso, realizzato con il sistema della rotatoria “alla francese”che consente di raccordare il tracciato di progetto con viale Sicilia e con la S.S. 113, ovvero con via Agostino Daidone e via dei Molinelli, quest’ultima di penetrazione verso il centro storico. La rotatoria avrà un raggio medio di 21.00 m. e sarà dotata di due corsie da 3.50 m. ciascuna.

L’asse stradale di progetto, avente uno sviluppo di circa 1434.00 m., partendo dalla rotatoria di cui sopra, per circa 985.00 m. ovvero fino all’altezza del casello ferroviario sulla linea Palermo – Messina, corre in rilevato, utilizzando in parte il sedime di strade esistenti, seppur con modifiche dal punto di vista geometrico, sia per ciò che si riferisce alla larghezza trasversale che per l’andamento plani-altimetrico e dunque raggi di curvatura planimetrici e raccordi altimetrici.

Successivamente ci si sovrappone in parte con la sede del vecchio tracciato ferroviario; tuttavia la necessità di sottopassare la ferrovia nel percorso attuale, costringe a modificare l’altimetria ed il tracciato, in trincea, che viene ad assumere una significativa pendenza longitudinale, pari a circa il 6.0 %. I tratti con tali caratteristiche riguardano le rampe che, sui due lati consentono di raggiungere la quota d’imposta del sottopasso, il quale ha pendenza nulla. Si ritorna in rilevato alla progressiva 1280 circa per poi collegarsi alla viabilità esistente (direzione viale Re d’Aragona) con una nuova rotatoria avente raggio medio pari a 15,00.

Per ciò che riguarda il sottopasso alla ferrovia, a cui si è già accennato, esso ha una lunghezza totale di 124.49 m. circa e risulta necessario per risolvere l’interferenza con la galleria artificiale di imbocco ovest sulla linea ferroviaria. La sua altimetria e la geometria longitudinale deriva dalla volontà di limitare da un lato l’impatto ambientale dell’infrastruttura di progetto e dell’opera d’arte e dall’altro renderla compatibile con l’esistente manufatto ferroviario, sia dal punto di vista dei franchi di rispetto nei confronti della linea Palermo - Messina, sia lasciando la piena funzionalità della galleria artificiale. Inoltre la collocazione planoaltimetrica del manufatto permette di salvaguardare l’asse di progetto dalle eventuali cadute di massi dal promontorio del Belvedere.

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

4.1 Cenno geologico

Topograficamente, l'area rientra nella Tavoletta "Termini Imerese", Foglio n° 259, quadrante IV, orientamento N.E., redatta dall'I.G.M.I. in scala 1:25.000.

Stralcio aerofotogrammetrico in scala 1:10.000

Dal punto di vista morfologico si presenta come una piana costiera leggermente degradante verso il mare, cinta alle spalle, dal complesso mesozoico - paleogenico derivante dalla deformazione dei domini paleogeografici Imerese e Sicilide, su cui si estende l'abitato di Termini Imerese.

Tale spianata, verso monte, raggiunge quote che raramente superano i 25 m s.l.m., per poi innalzarsi sui terrazzi morfologici a quote comprese fra i 70 e 100 m s.l.m.

Il sito dove sorge l'abitato di Termini Imerese, si inserisce nel quadro geologico noto in letteratura come "Monti di Termini Imerese".

La successione dei terreni appartenenti al "Dominio Imerese", è costituita dal basso verso l'alto, come è possibile rilevare nella sezione della "Rocca del Castello di Termini", dalle seguenti litofacies:

doloareniti e doloruditi, mal stratificate in basso, di colore grigio biancastro fino rosato, ben stratificate in alto e con intercalazioni centi-decimetriche di marne siltose verdastre ricche in aggregati di pirite *"Fm. Fanusi"*.

in discordanza, seguono *calcari grigio chiari*, costituiti in gran parte da articoli e piastrine di crinoidi e subordinatamente da aculei di echinodermi, valve disarticolate di lamellibranchi e brachiopodi. Tali livelli si alternano con marne giallo-verdastre o rosso mattone.

segue una monotona successione di *argilliti silicee e radiolariti* variegate di età Lias sup.-Dogger;

in discordanza si possono osservare dei *calcari brecciati* costituiti da frammenti di organismi di scogliera, risidimentati, immersi in scarsa matrice pelagica, caratteristica risulta essere la presenza di "Ellipsactinia". L'età di detta litofacies è ascrivibile al Titonico-Neocomiano;

a questi fanno seguito *calcari brecciformi* a rudiste ed orbitoline del Cretaceo inf. e medio;

Gli intervalli siglati dalla b) fino alla e) appartengono alla *"Fm. Crisanti"*.

La prosecuzione della successione non è visibile nella sezione del Castello di Termini, in quanto questa si immerge verso mare.

segue la *"Fm. Flysch Numidico"*, la cui base affiora in alcuni siti dell'abitato, ed è nota soltanto attraverso sondaggi meccanici e sezioni di sbancamenti. Questa è costituita da argilliti di colore tabacco se alterate e grigio scure in profondità, con intercalazioni, più o meno potenti, talvolta lenticolari di arenarie quarzose giallastre e/o rossastre, localmente, possono essere rinvenute intercalazioni arenaceo-conglomeratiche con granuli di quarzo grossolano.L'età è ascrivibile all'Oligocene sup.-Miocene inf.

In contatto tettonico sui terreni precedentemente descritti, si rinvengono i litotipi appartenenti alle "*Unità Sicilidi"*.

Questi, sono costituiti dalle *"Argille e marne argillose variegate"*, alquanto tettonizzate, a luoghi caotiche, con intercalazioni di calcari micritici verdastri, arenarie quarzose simili a quelle del Flysch Numidico, e brecce a macroforaminiferi. L'età è compresa tra il Cretaceo sup. e l'Eocene.

In discordanza su tutti i terreni precedentemente descritti, seguono dei depositi fluvio-marini terrazzati costituiti da sabbie e conglomerati interdigitatisi reciprocamente, ascrivibili al pleistocene sup.

I terreni più recenti sono costituiti da depositi alluvionali attuali, più o meno terrazzati, e da depositi di spiaggia; si tratta di ghiaie e ciottoli interdigitati rispettivamente con sabbie più o meno fini.

I rapporti giaciturali ed i confini tra le diverse formazioni presenti sono rappresentati nella carta geologica (c.f.r.: TAV. 1.2.1.2. Carta geologica in scala 1:5.000 e carta geologica di dettaglio in scala 1:500, relativa all'intorno dell'area del sottopasso).

4.2.- Tettonica

In generale, nonostante la complessa tettonica che ha interessato tutta la Piana e l'area costiera limitrofa, non si riscontrano fenomeni rilevanti nell'area interessata dal tracciato stradale in quanto questo trova sede, per buona parte, nell'area pianeggiante corrispondente al terrazzo marino di III ordine che non ha risentito della tettonica orogenetica della Catena ed, essendo il terrazzo di più recente formazione, ha risentito minimamente dei fenomeni neotettonici.

4.3- Idrogeologia

I complessi litologici che interessano il tracciato stradale sono:

complesso alluvionale della piana e del litorale (attuale): costituito da un deposito sabbioso con frequenti livelli e lenti di ghiaia poligenica a spigoli e/o arrotondati e con la presenza di lenti limose di colore grigiastro;

complesso alluvionale (recente): costituente il deposito alluvionale fluvio-marino dei terrazzi di II e I ordine che si estendono in tutta l'area del cimitero e ricoprono i pendii a valle di questo fino alla sede stradale in questione, ed in cui sono presenti alternanze di:

sabbia e sabbia limosa con talora elementi di ghiaia;

ghiaia poligenica da fine a grossa, a spigoli arrotondati, in matrice sabbiosa e/o limosa;

limo e limo debolmente sabbioso di colore grigio, con frequenti passaggi talora laterali, graduali e non, da un tipo all'altro.

complesso della *Rocca del Castello*, costituito doloarenitici e doloruditici a stratificazione indistinta, da calcari grigi da massivi a stratificati ed argille variegate, radiolariti e brecce calcaree, tutti afferenti alla Fm. Crisanti;

Dall'esame di alcuni pozzi, si è desunto, che nella Piana e nell'area costiera, ha sede una falda idrica alquanto sfruttata dai numerosi pozzi per uso irriguo presenti.

La circolazione idrica in tale acquifero è limitata al deposito alluvionale presente nella Piana ed è limitato sia in profondità che lateralmente dalla presenza delle argilliti fliscioidi.

Da rilievi effettuati in vari pozzi si evince che il livello della falda è molto superficiale (0,50 - 4,00 m.) man mano ci si avvicina al mare mentre tende ad approfondirsi all'interno della Piana (25 - 30 m.).

Inoltre durante la campagna geognostica eseguita, si è rinvenuta la presenza della falda nel sondaggio denominato S.M. 5 di circa 4,50 metri dal p.c., e nello scavo a pozzo P1 a circa -2.50 metri dal p.c..

5- INDAGINI GEOGNOSTICHE

Durante la redazione del progetto definitivo prima, e del progetto esecutivo dopo, sono state eseguite diverse campagne geognostiche, dirette ed indirette, al fine di definire con esattezza le diverse successioni litostratigrafiche che interesseranno il tracciato in esame.

In dettaglio sono state eseguite le seguenti campagne:

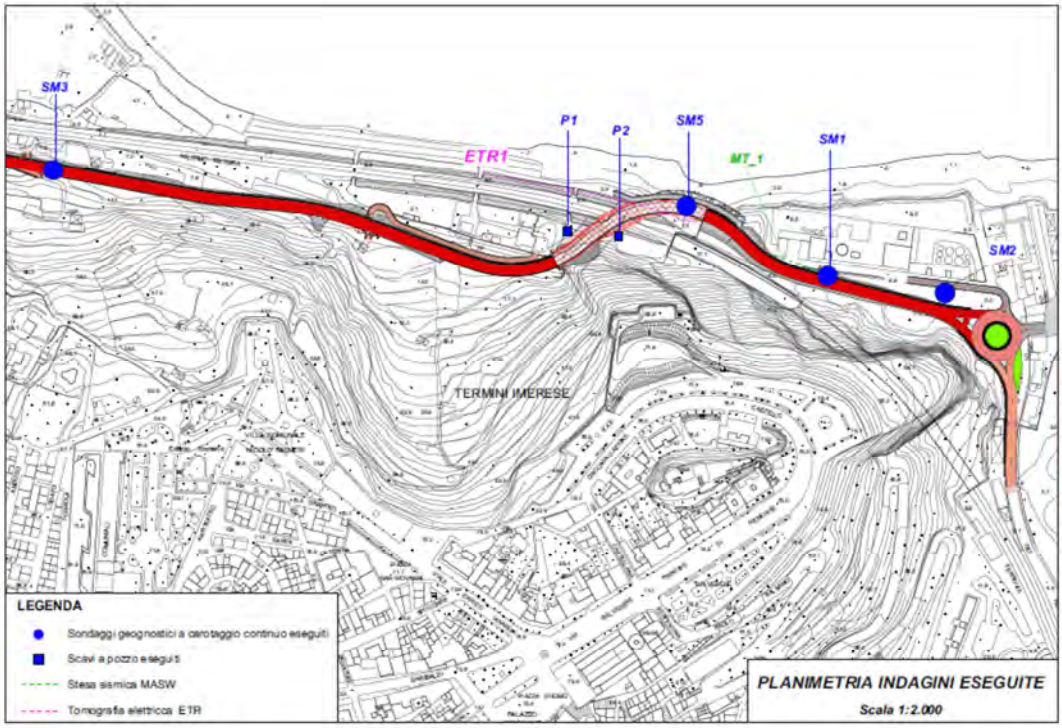
una prima campagna geognostica che ha visto l'esecuzione di n° 5 sondaggi a carotaggio continuo, lungo l'intero tracciato da realizzare;

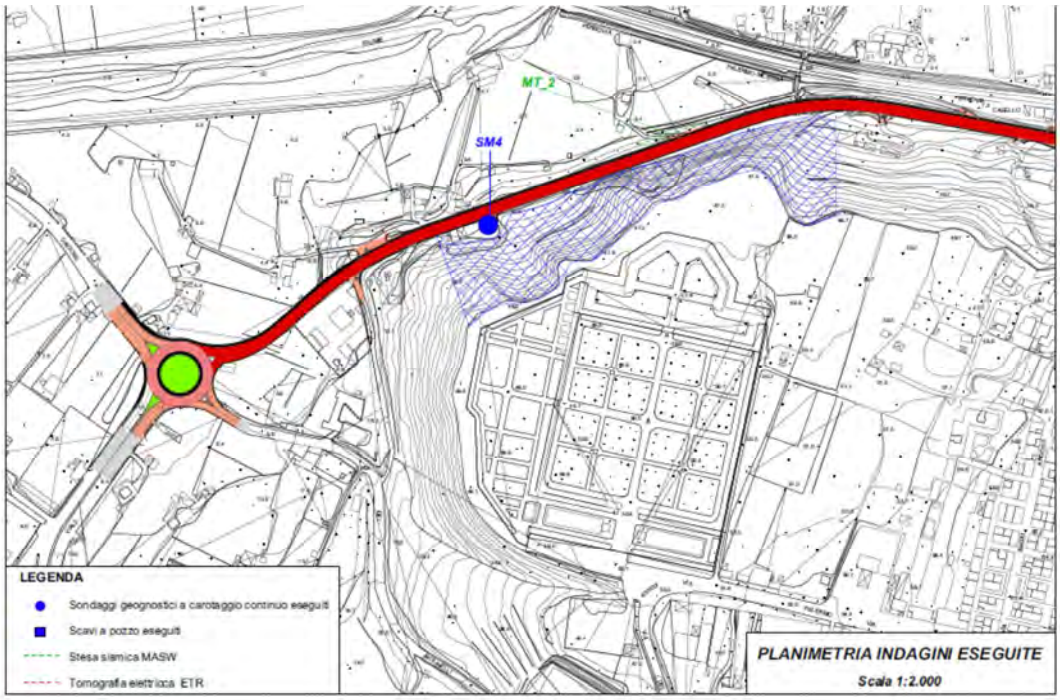
una seconda campagna geognostica che ha visto la realizzazione di due scavi a pozzo con l'ausilio di un escavatore meccanico, eseguiti in prossimità del sottopasso;

una prospezione geoelettrica SEV e multielettrodo con 48 elettrodi, onde definire, il contatto tra i calcari ed i depositi alluvionali in prossimità della linea ferroviaria che sarà interessata dal sottopasso.

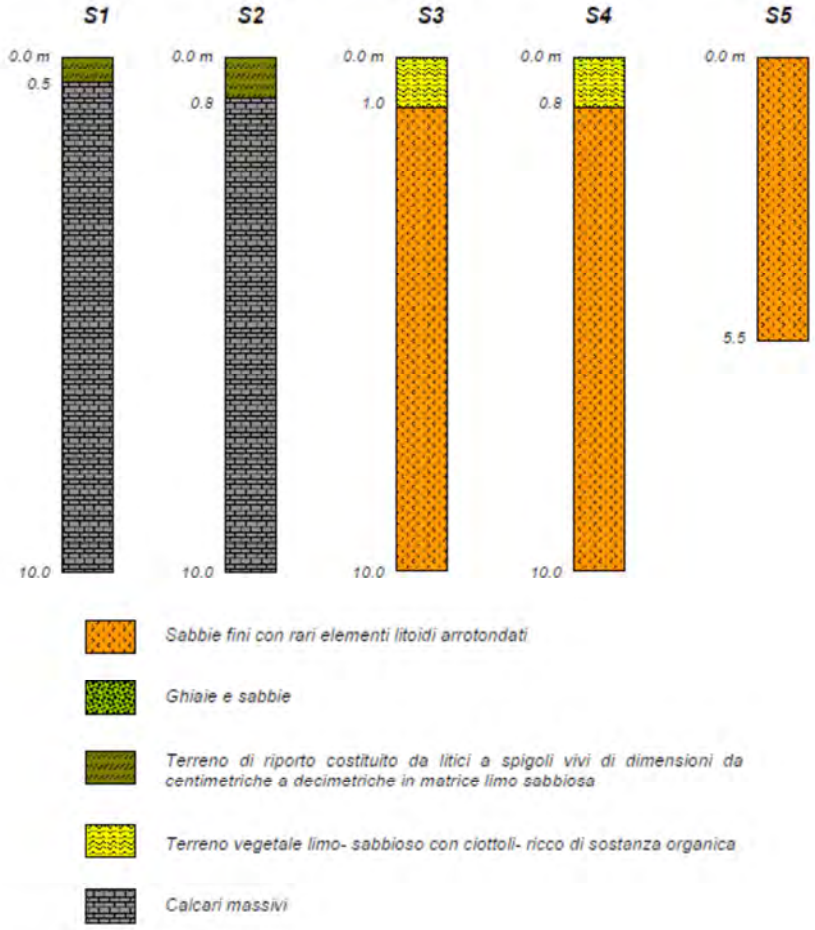
Relativamente alla prima campagna geognostica sono stati eseguiti n° 5 sondaggi geognostici a carotaggio continuo lungo il tracciato da realizzare e di seguito si riportano le successioni litostratigrafiche rinvenute.

Nel sondaggio meccanico S5 è stata rinvenuta la falda ad una quota di circa – 4.50 dal p.c..





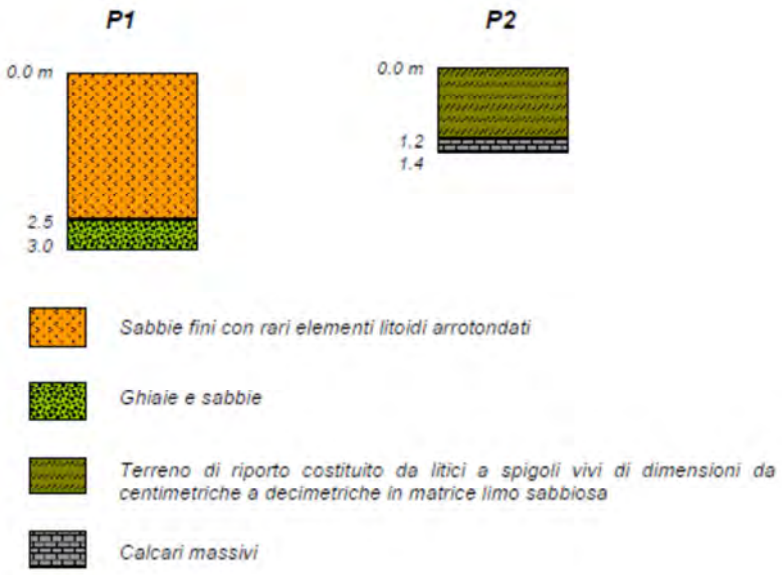
Le stratigrafie dei sondaggi sono rappresentate nelle colonne schematiche



Relativamente alla seconda campagna geognostica, sono stati realizzati due scavi a pozzo con l'ausilio di un mini escavatore meccanico, così come riportato nella planimetria allegata, e tali da evidenziare la successione litostratigrafica dell'area compresa tra il tracciato ferroviario esistente e la *Rocca del Castello* posta a monte.

Nello scavo a pozzo P1 è stata rinvenuta la falda ad una quota di circa – 2.50 dal p.c..

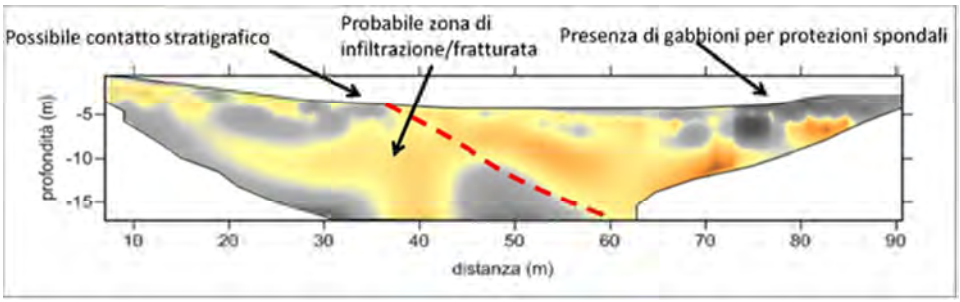
Di seguito si riportano le successioni litostratigrafiche rinvenute:



Relativamente alla terza campagna di indagini, è stata eseguita una prospezione geoelettrica SEV e multielettrodo, onde definire, il contatto tra i calcari ed i depositi alluvionali in prossimità della linea ferroviaria che sarà interessata dal sottopasso.

La tomografia elettrica ERT1 è stata eseguita utilizzando 48 elettrodi con spaziatura di 2 metri, per una lunghezza totale di 94 metri. Il numero di livelli indagato ha permesso di raggiungere una profondità d'indagine di circa 17 metri. Il modello mostra bassi valori di resistività (inferiori a 50), interpretabili con la presenza di sabbie siltose e ghiaie, insieme a terreni di copertura di varia natura. Questi poggiano lateralmente su terreni caratterizzati da alti valori di resistività (oltre i 100 Ω·m), interpretabili con la presenza di rocce calcaree derivanti dalla deformazione del

dominio Imerese. Questi si presentano con una inclinazione di circa 30° nella parte iniziale del profilo. Valori di resistività alti, dovuti alla presenza di gabbioni per protezioni spondali, sono evidenti nella parte finale del profilo, in superficie. Una possibile interpretazione dei rapporti stratigrafici tra le sabbie e le rocce calcaree è riportata di seguito.



6- LA SERIE DEI TERRENI LUNGO IL TRACCIATO STRADALE

L'esame delle stratigrafie dei sondaggi, di scavi e sbancamenti, confortati da un attento rilievo di superficie, hanno evidenziato che il tracciato stradale poggia per quasi la sua interezza su un substrato alluvionale sabbioso - ghiaioso ricoperto a tratti da terreno vegetale o di riporto. Questa situazione la si può riscontrare già nell'area dell'innesto con la S.S. 113 e fino al contatto con la Rocca del Castello, in prossimità della vecchia galleria ferroviaria.

Successivamente la strada sarà interessata dalla realizzazione di un sottopasso della linea ferroviaria che interesserà, nella prima parte rocce lapidee stratificate, dallo sperone roccioso e fino al rilevato ferroviario, successivamente interesserà deposi recenti costituiti da sabbie, ghiaie e ciottoli ed elementi grossolani.

Da qui in poi, terminato il sottopasso, i terreni in substrato sono costituiti da rocce calcareo dolomitiche abbastanza consistenti, fino all'area della dogana.

a) Terreno vegetale

La genesi del terreno vegetale è predeterminata primariamente, come è noto, dal fattore climatico e dalla roccia madre da cui ne eredita in gran parte i caratteri e secondariamente dall'uso. Nell'area in studio è evidente che tale tipo di terreno si sia formato per alterazione di depositi alluvionali limoso - sabbiosi.

Nell'area in oggetto il terreno vegetale è costituito, nella sua generalità, da limi bruni sabbiosi e sabbie limose con abbondante sostanza organica, frustoli carboniosi e frammenti di radici. Contengono spesso elementi di ghiaia a spigoli arrotondati, e talora appiattiti, di natura variabile tra i calcari e le quarzareniti.

Lo spessore di detti terreni va da un minimo di 0,50 m. ad un massimo di 1,50 m. La variabilità dello spessore è funzione della morfologia del substrato alluvionale su cui poggia.

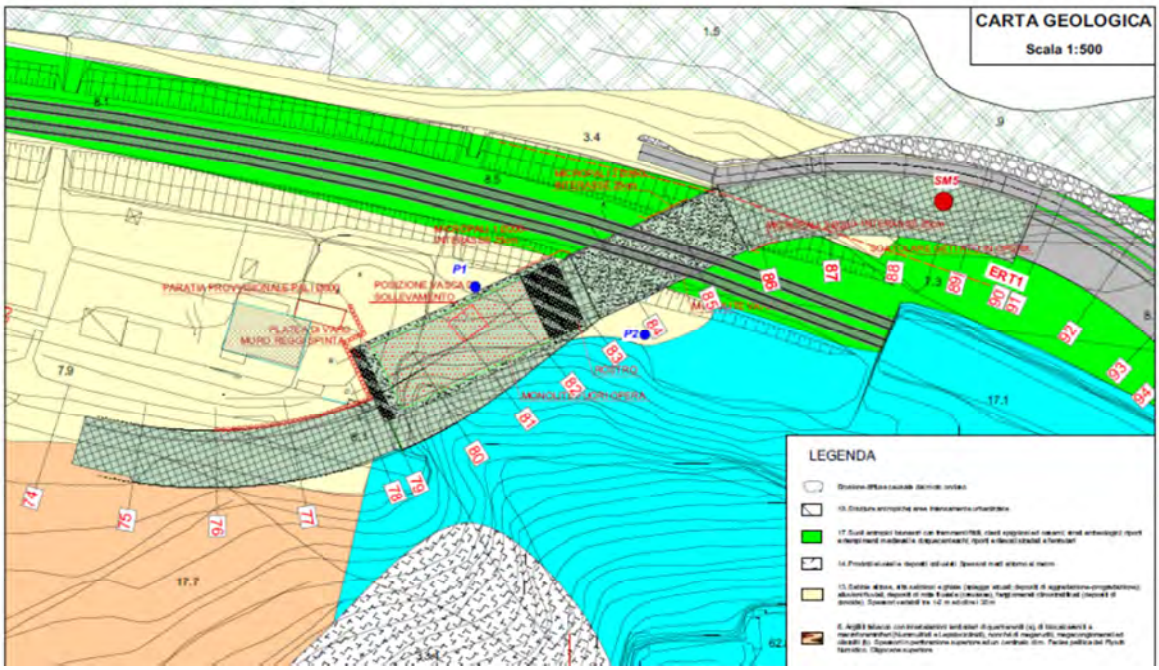
b) Depositi alluvionali

I depositi alluvionali presenti nell'area si distinguono in alluvioni terrazzate di sedimenti fluviali e solo in parte rielaborate dal mare, ed alluvioni recenti ed attuali. Le alluvioni terrazzate di sedimenti fluviali costituiscono il pendio che dal cimitero scende ripidamente verso la costa e corrisponde ad una vecchia area di foce dove abbondanti si depositavano le alluvioni del Fiume.

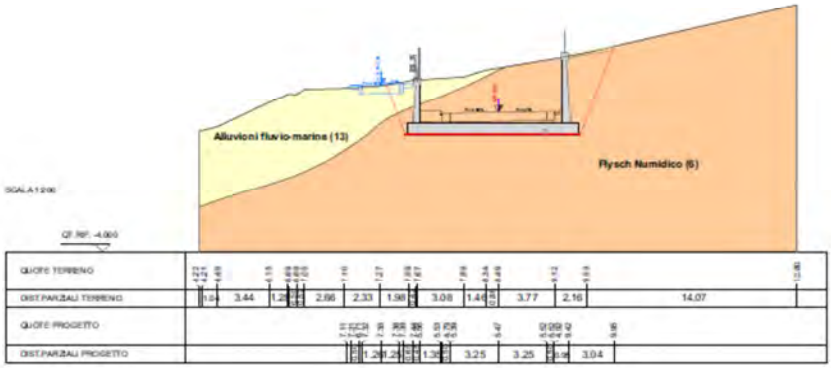
I vari abbassamenti eustatici del livello marino oltre che dei movimenti orogenetici hanno portato all'emersione, in tempi successivi, di tali depositi.

c) Serie della Rocca del Castello

La successione nota in letteratura col termine “serie del Castello di Termini”, comprende nella parte bassa dei termini doloarenitici e doloruditici a stratificazione indistinta e piuttosto compatti. Verso l’alto si distingue una stratificazione decimetrica con strati a franapoggio a ruditi e calcareniti a rudistidi.

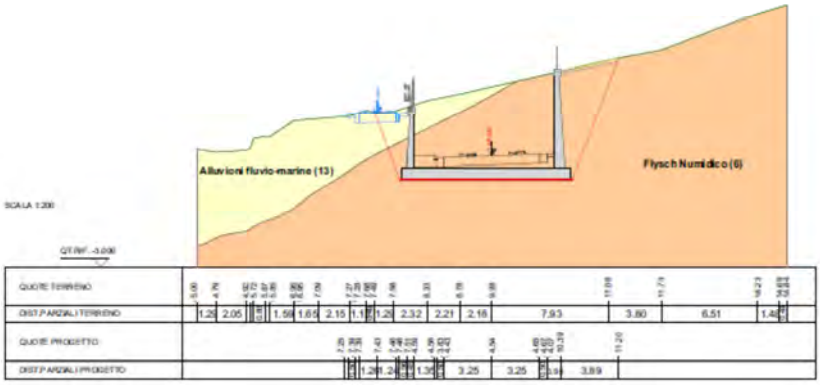


Sono state ricostruite le sezioni stratigrafiche “tipo” relative ad alcuni tratti della strada in oggetto e riportati di seguito.



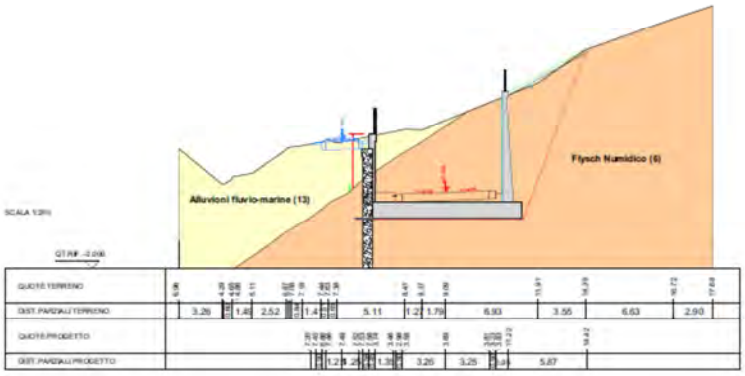
Sezione Geologica n° 74

Scala 1:200



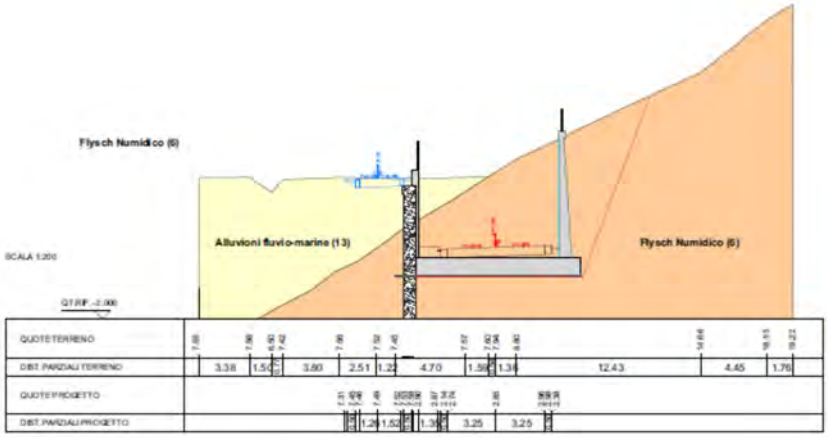
Sezione Geologica n° 75

Scala 1:200



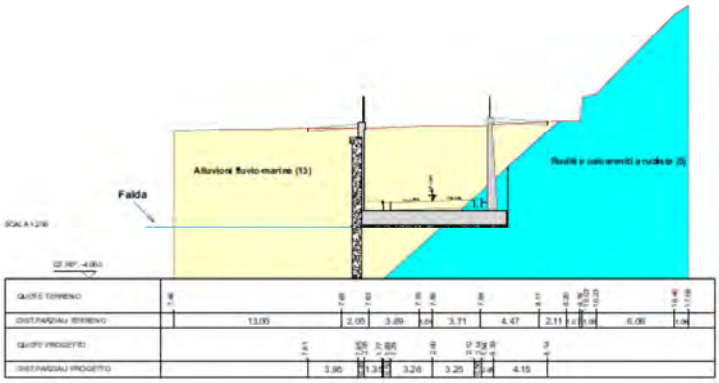
Sezione Geologica n° 76

Scala 1:200



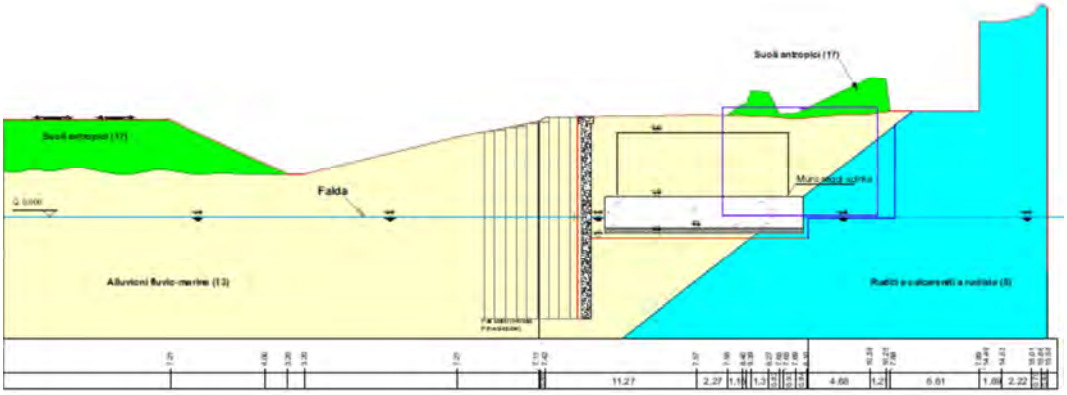
Sezione Geologica n° 77

Scala 1:200



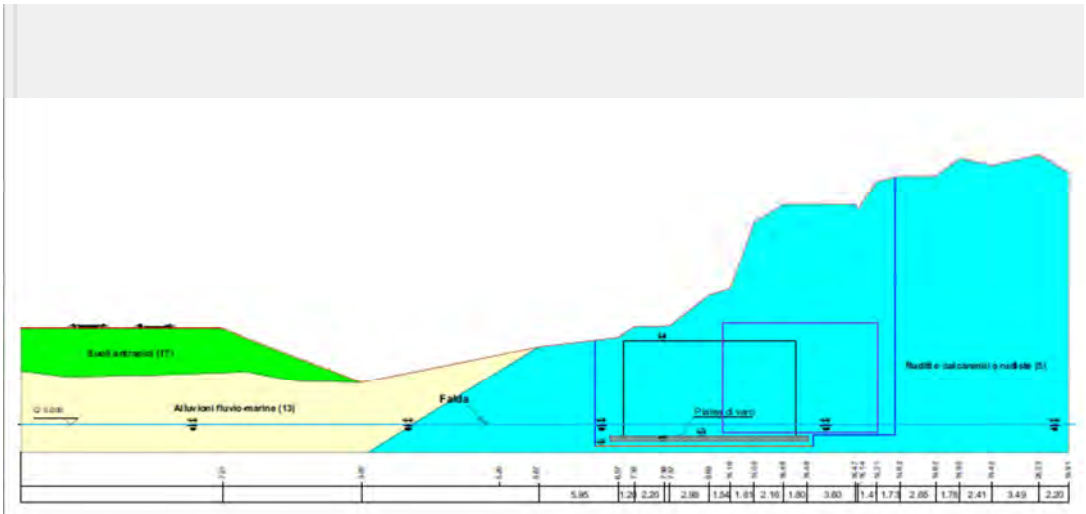
Sezione Geologica n° 78

Scala 1:200



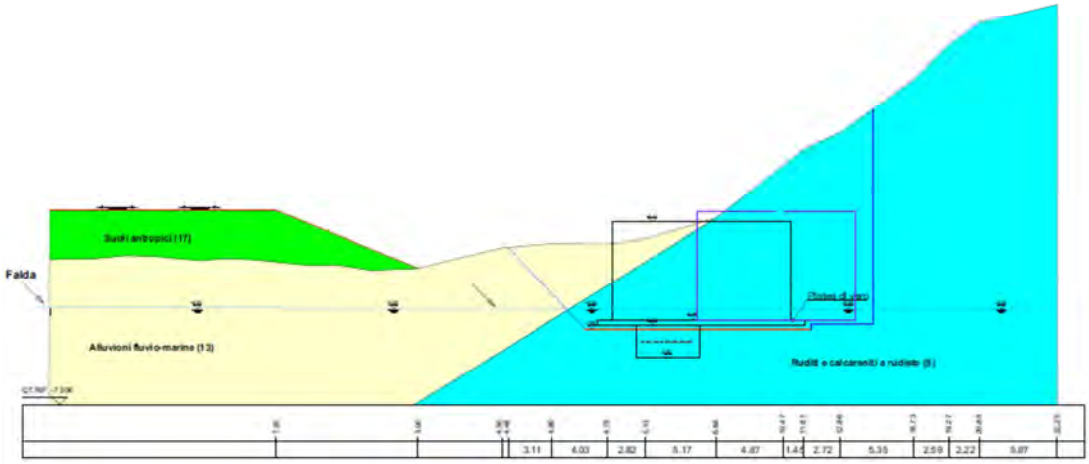
Sezione Geologica n° 79

Scala 1:200



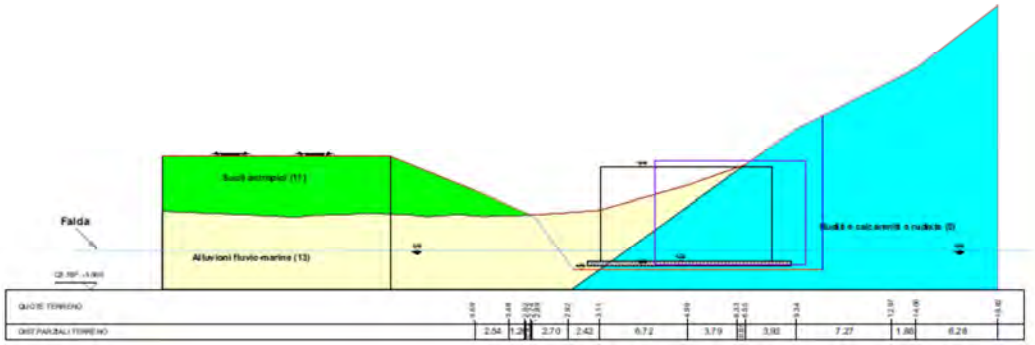
Sezione Geologica n° 80

Scala 1:200



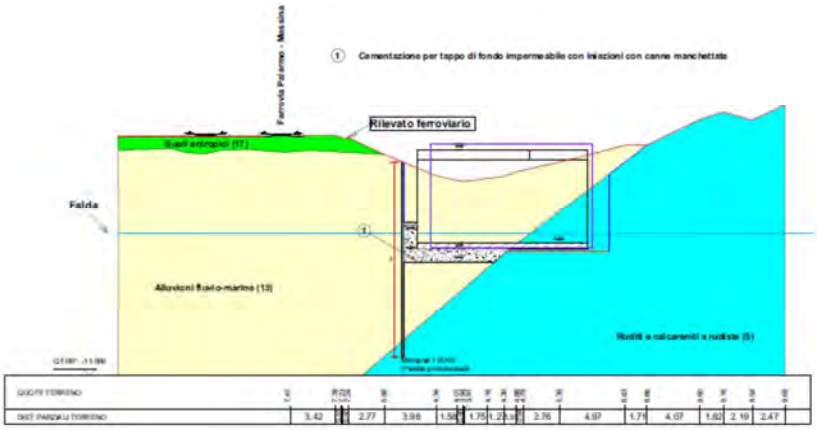
Sezione Geologica n° 81

Scala 1:200



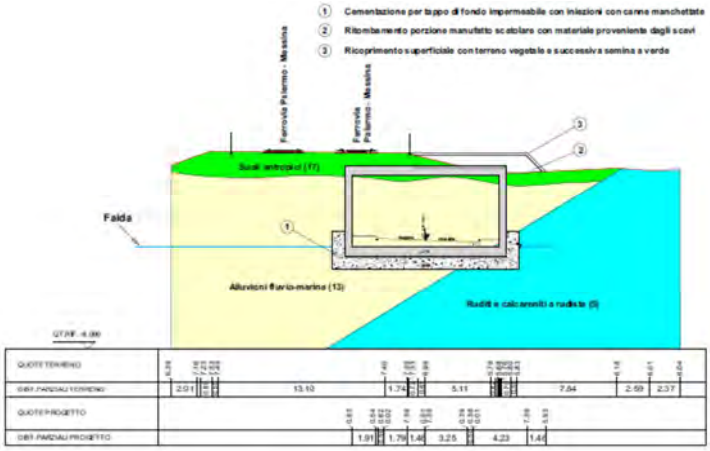
Sezione Geologica n° 82

Scala 1:200



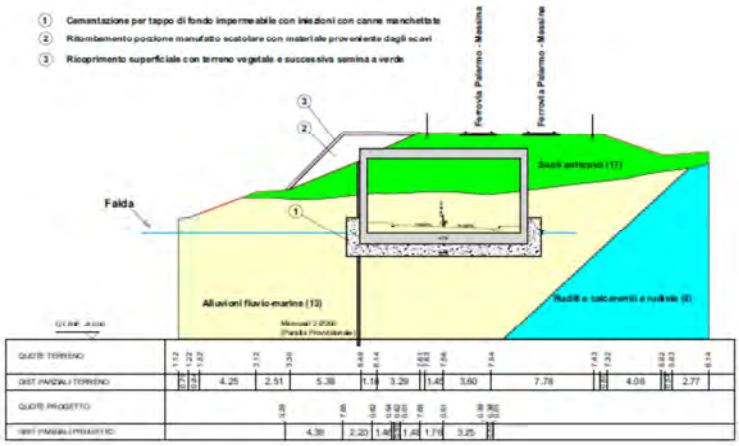
Sezione Geologica n° 83

Scala 1:200



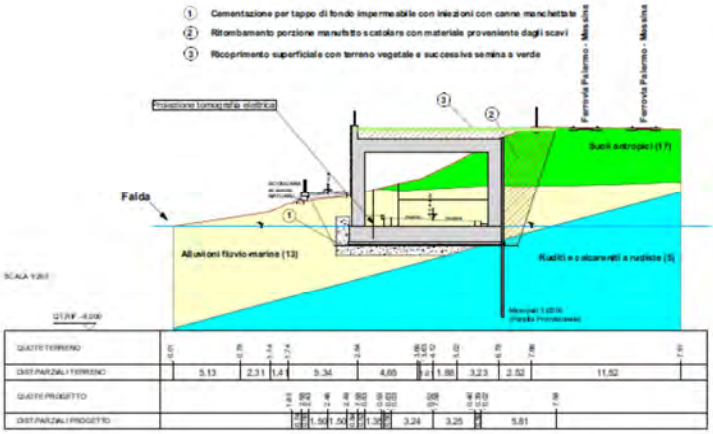
Sezione Geologica n° 84

Scala 1:200



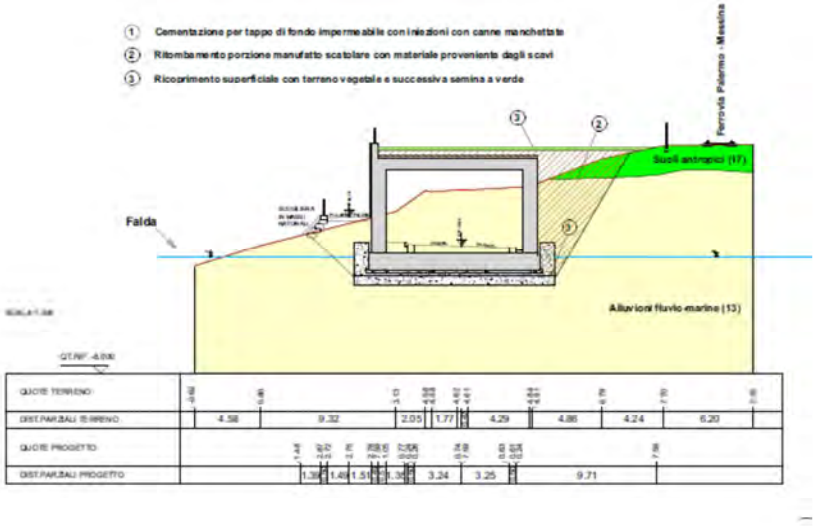
Sezione Geologica n° 85

Scala 1:200



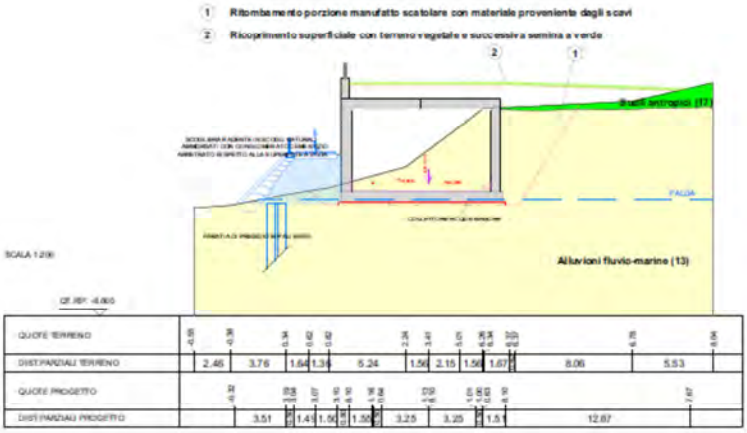
Sezione Geologica n° 86

Scala 1:200



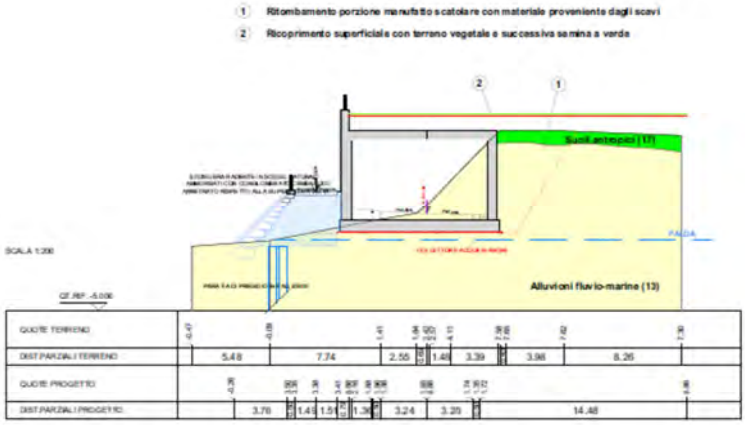
Sezione Geologica n° 87

Scala 1:200



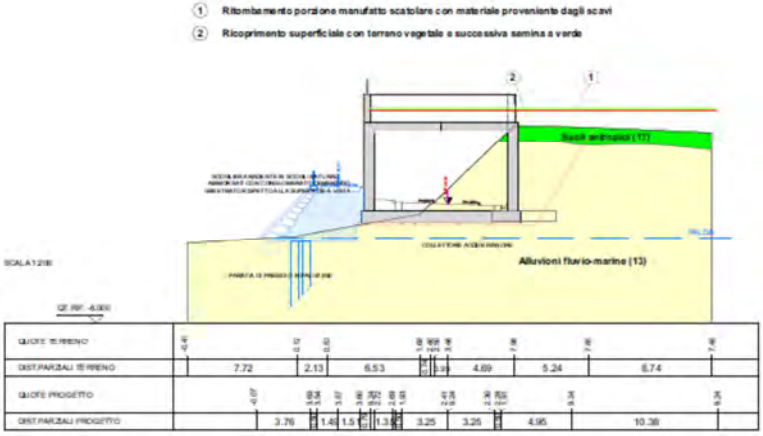
Sezione Geologica n° 88

Scala 1:200



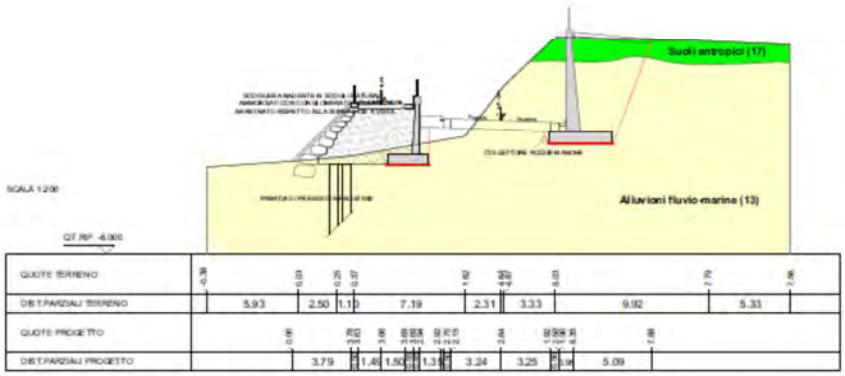
Sezione Geologica n° 89

Scala 1:200



Sezione Geologica n° 90

Scala 1:200



Sezione Geologica n° 91

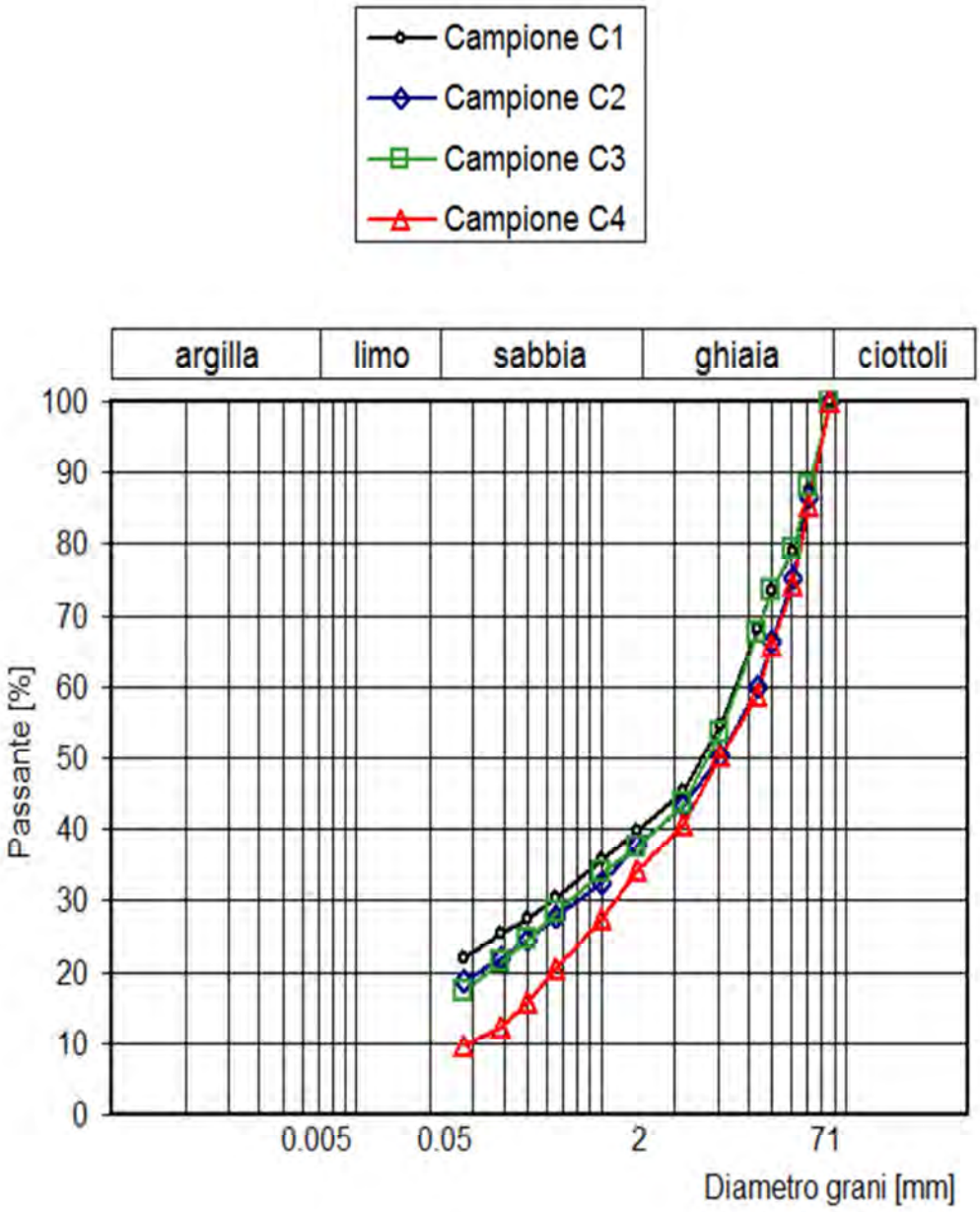
Scala 1:200

7- CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Le indagini geognostiche e geotecniche, nelle diverse fasi progettuali, son state eseguite in accordo col geologo in modo da definire, congruentemente, i modelli geologici geotecnici, del sottosuolo interessato dagli interventi progettuali.

Su alcuni campioni è stato possibile eseguire qualche prova di laboratorio in modo tale da avere elementi utili di valutazione sulle caratteristiche delle rocce interessate dalle opere.

Nel corso dei sondaggi sono stati prelevati 4 campioni di terreno AL sui quali è stato possibile eseguire prove di laboratorio per la definizione delle caratteristiche granulometriche di seguito riportate.



Non è stato possibile eseguire prove meccaniche per la determinazione dei parametri di resistenza al taglio, in quanto la granulometria grossolana ed in particolare la presenza di blocchi non hanno consentito il confezionamento dei campioni utili per le prove di taglio diretto e/o triassiali ed edometriche.

Sono invece stati prelevati n°2 campioni di roccia del terreno FC sottoposti a prove di compressione semplice per la determinazione della resistenza a rottura.

I risultati delle prove di compressione sono riassunti di seguito.

	Tensione di rottura (N/mm^2)
BLOCCO 1	84,2
BLOCCO 2	63,8
BLOCCO 3	102,3
BLOCCO 4	112,0

I risultati delle prove sono riportate nell'elaborato prodotto dal laboratorio geotecnico Geolab s.r.l.

(Allegato n.ro 1.2.2.2)

Tali indagini sono state eseguite nella fase di stesura della prima soluzione progettuale che prevedeva il sovrappasso in viadotto.

In questa fase successiva, si è resa necessaria una campagna geognostica suppletiva per affinare la conoscenza dei terreni che saranno interessati dal sottopasso ferroviario.

Scopo dell'indagine era quello di definire il passaggio stratigrafico fra i "calcari" e le "alluvioni".

Come accennato i manufatti e le opere d'arte interesseranno essenzialmente due tipi di terreno:

Terreno AL

Terreno FC

La caratterizzazione geotecnica dei due tipi litologici risulta abbastanza complessa per l'impossibilità di eseguire prove meccaniche di laboratorio su "terreni a grana grossa" e per le caratteristiche particolari dell'ammasso roccioso.

7.1 Terreno AL

Caratterizzazione geotecnica del terreno AL tramite back-analisys

In corrispondenza dell'area denominata Fossola – Molinelli, interessata da un diffuso dissesto, si riscontra la presenza delle alluvioni.

I terreni interessati hanno mostrato caratteristiche simili a dei conglomerati; tale condizione non ha consentito, come già detto, una caratterizzazione dei terreni tramite indagini di laboratorio.

Per la definizione dei parametri di resistenza di questo tipo di terreni si è fatto uso di una back-analisys.

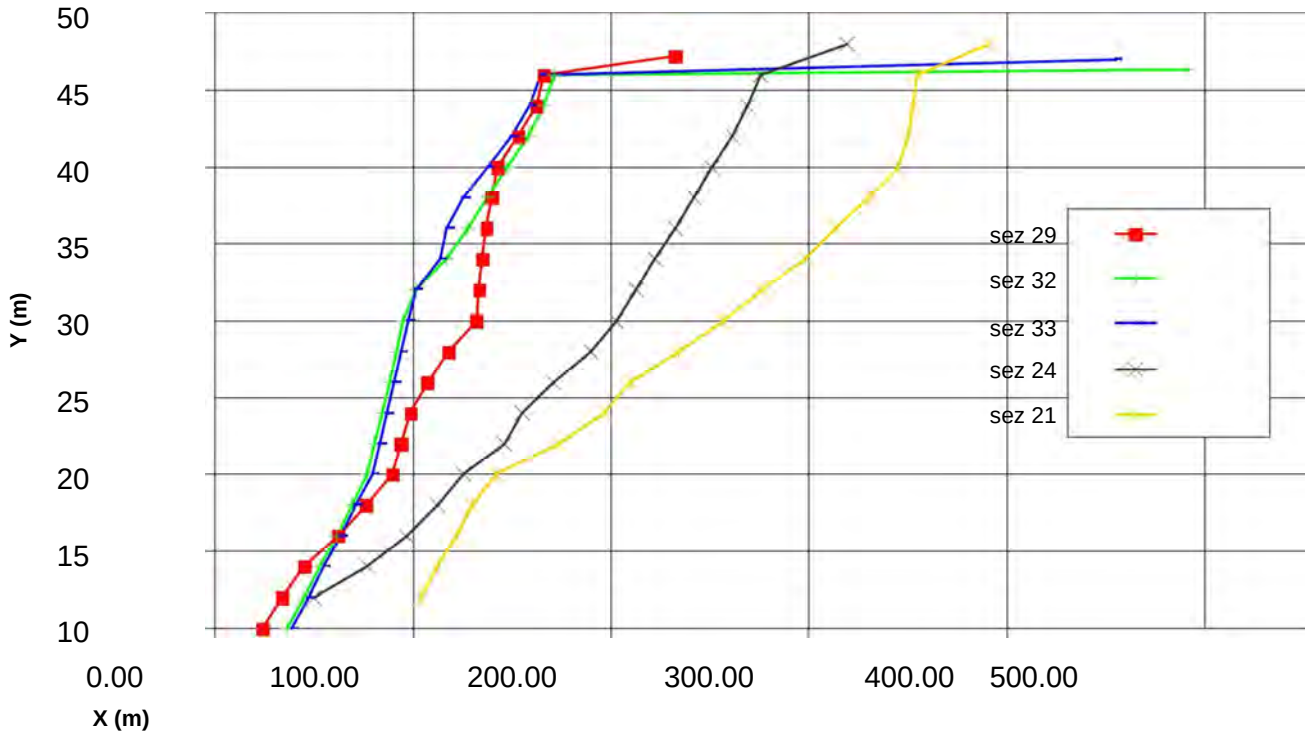
Tale procedimento consiste nel trovare il valore di coesione c' o di angolo di resistenza al taglio ϕ' tali che il coefficiente di sicurezza F sia pari ad 1.

Questo approccio consente di ricavare i parametri geotecnici caratteristici del terreno solo nel caso in cui il sito in esame sia in condizioni di equilibrio limite.

La suddetta ipotesi è in questo caso valida ed è confermato dalla relazione del PAI che definisce tale zona come un dissesto attivo.

Sono state prese in considerazione n° 5 sezioni caratteristiche: le sezioni 29 – 33 – 32 – 24 – 21, rispettivamente in ordine progressivo decrescente di pendenza media.

Profili caratteristici

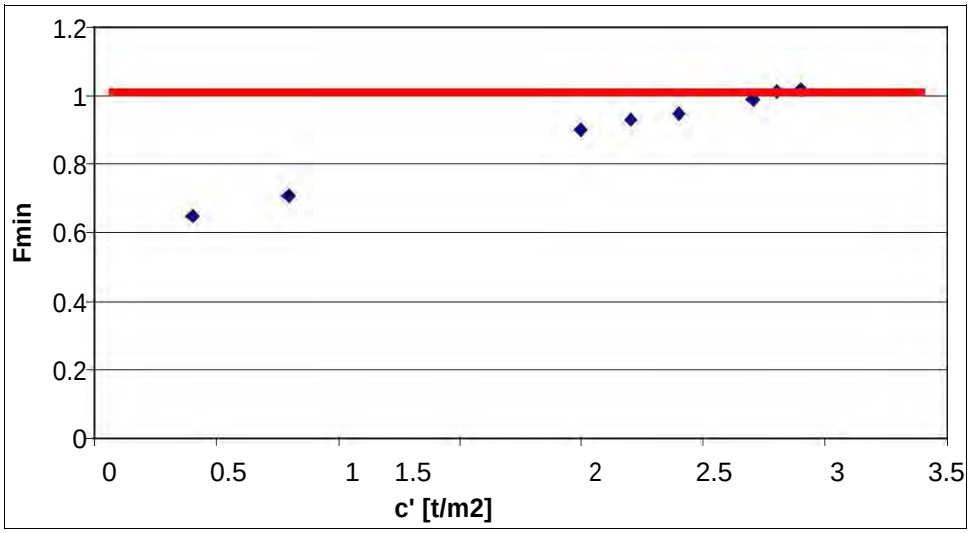


Dovendo comunque fissare un parametro tra l'angolo di resistenza al taglio e la coesione (è possibile la risoluzione del problema con una sola incognita) è stato possibile, eseguendo una ricerca in letteratura, risalire ad un valore caratteristico di □' abbastanza realistico proprio di tali conglomerati.

Il valore dell'angolo di resistenza al taglio è stato definito pari a □' = 30° e si è quindi proceduto tramite l'analisi inversa alla ricerca del valore di coesione c'.

I risultati della back-analisys effettuata sulle suddette sezioni ha portato i seguenti risultati.

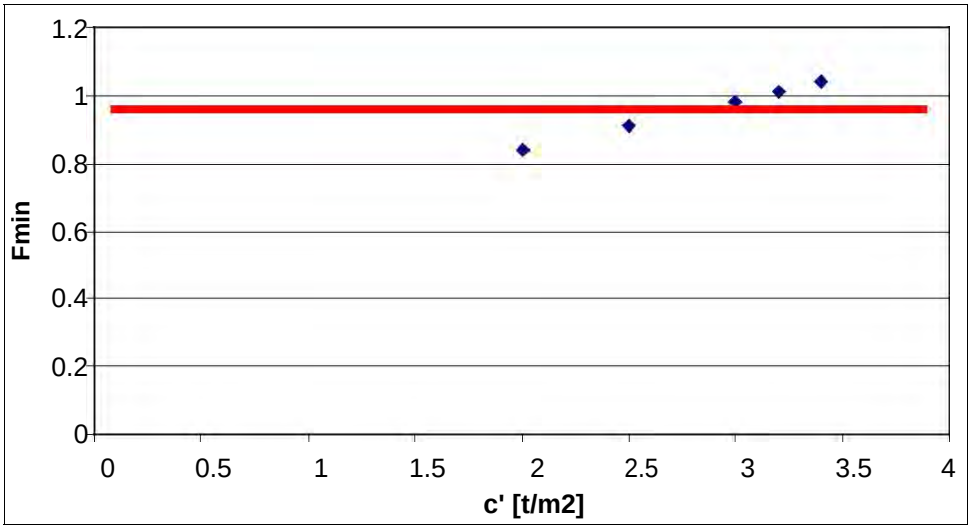
SEZIONE 29



f'=30°

c' [t/m2]	F_{min}
0.4	0.65
0.8	0.71
2	0.9
2.2	0.93
2.4	0.95
2.7	0.99
2.8	1.01
2.9	1.02

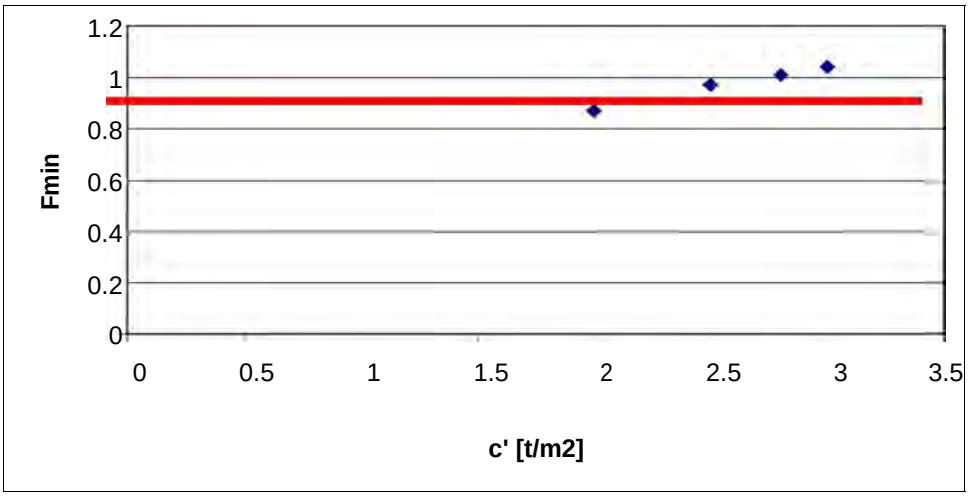
SEZIONE 32



f'=30°

c [t/m2]	F_{min}
2	0.84
2.5	0.91
3	0.98
3.2	1.01
3.4	1.04

SEZIONE 33

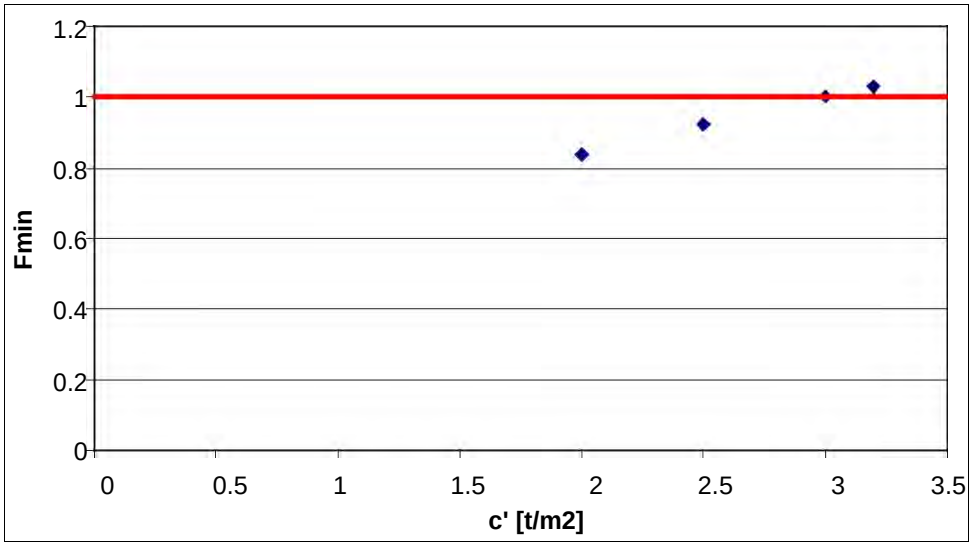


2
0.97

f'=30°

c' [t/m2]	F_{min}
	0.87
2.8	1.01
3	1.04

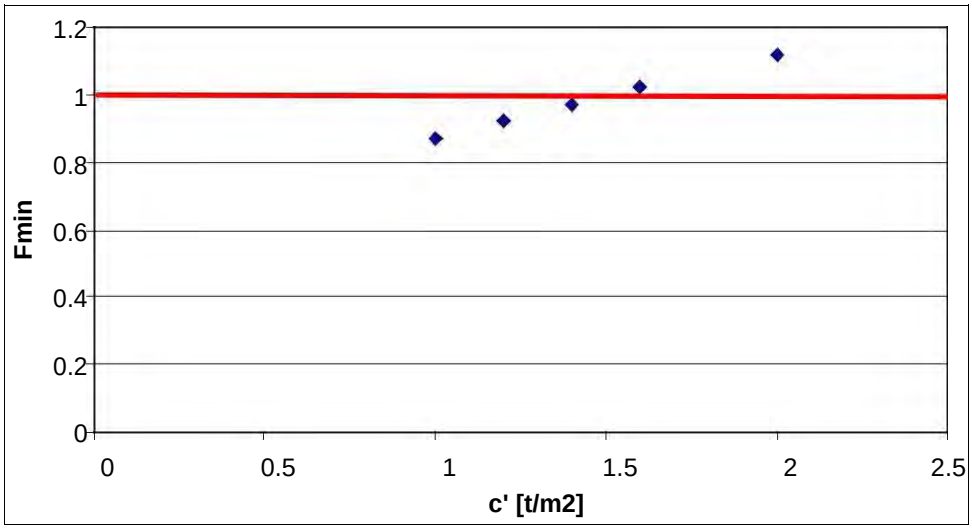
SEZIONE 24



f'=30°

c' [t/m2]	F_{min}
2	0.84
2.5	0.92
3	1
3.2	1.03

SEZIONE 21



f'=30°

c' [t/m2]	F_{min}
1	0.87
1.2	0.92
1.4	0.97
1.6	1.02

Dall'analisi condotta si può desumere un valore di c' medio esposto in tabella:

c' (t/m^2)
2.8
3.2
2.8
3
1.6

c' medio (t/m^2)
2.6

7.2 TERRENO FC

Le indagini hanno consentito di ricostruire il modello geotecnico dei terreni che costituisco la scarpata settentrionale dell'ammasso roccioso.
I dati fisici e meccanici nonché i rilievi eseguiti hanno consentito di classificare e caratterizzare la roccia e l'ammasso nel suo complesso.

Caratterizzazione e classificazione "roccia intatta" – terreno FC

Peso dell'unità di volume

Il peso dell'unità di volume è stato determinato su 4 provini ricavati dai campioni prelevati in sito.

Con riferimento alla tabella ed al grafico seguente risulta che il peso dell'unità di volume è compreso fra 2701 e 2783 kg/m^3 con un valore medio di 2740 kg/m^3 .

Resistenza a compressione monoassiale

La resistenza a compressione monoassiale è stata determinata su 4 campioni cubici con rapporto h/F = 1

Con riferimento alle prove di laboratorio risulta che il valore di rottura è compreso fra **63.8** Mpa e **112** Mpa

Classificazione della roccia sulla base della resistenza

La resistenza a compressione della roccia è un primo indicatore delle problematiche ingegneristiche a cui la stessa può essere soggetta.
Sulla base di tale parametro può effettuarsi la classificazione sulla base di una scala proposta dall'ISRM:

Valori di σc(Mpa)	DESCRIZIONE
1-5	Molto Massa
5-25	Bassa
25-50	Moderatamente Bassa
50-100	Mediamente Alta
100-250	Alta
>250	Molto Alta

I calcari in oggetto dell'indagine possono essere classificati di resistenza **"Mediamente Alta" ed "Alta".**

<u>Caratterizzazione e classificazione "ammasso roccioso" – terreno FC</u>

Ai fini delle applicazioni ingegneristiche è fondamentale definire il comportamento dell'ammasso roccioso nel suo complesso.

I diversi "criteri di rottura" sono finalizzati a descrivere il campo tensionale a rottura definendo le relative equazioni fondamentali.

<u>Nel caso in esame, utilizzeremo il criterio di Mohr-Coulomb.</u>

<u>Classificazione "ammasso roccioso"</u>

I diversi criteri di classificazione mirano a definire degli indici, basati su alcuni fattori geologici, che influiscono sulla stabilità del versante.

Nel caso in esame sono stati utilizzati i criteri di BIENIAWSKI e di BARTON.

La classificazione di BIENIAWSKI, denominata RMR (Rock Mass Rating) è basata su gli indici attribuiti ai seguenti fattori:

1. A1 Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta (Co)

A2 Qualità della massa rocciosa mediante l'indice di recupero (RQD)

A3 Spaziatura delle discontinuità (If)

A4 Condizioni delle discontinuità (natura delle pareti, separazione, riempimento)

A5 Venute d'acqua

A6 Giacitura delle discontinuità in rapporto alla direzione di scavo

Il valore di RMR è dato dalla relazione

RMR=A1+A2+A3+A4+A5+A6

Nella pratica si usa differenziare:

RMR asciutto=RMRa= A1+A2+A3+A4

RMR di base=RMRb= A1+A2+A3+A4+A5

RMR corretto=RMRc = A1+A2+A3+A4+A5+A6

Sulla base dei dati caratteristici dell'ammasso si ha:

PARAMETRI BIENIAWSKI

Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta (Co)

Is (MPa)	Co (MPa)	Rating
>10	>250	15
4-10	100-250	12
2-4	50-100	7
1-2	25-50	4
-	5-25	2
-	1-5	1
-	<1	0

2-4	50-100	7

Qualità della massa rocciosa mediante l'indice di recupero (RQD)

RQD(%)	Rating
90-100%	20
75-90%	17
50-75%	13
25-50%	8
<25%	3

90-100%	20

Spaziatura delle discontinuità (If)

If (m)	Rating
>2	20
0.6-2	15
0.2-0.6	10
0.06-0.2	8
<0.06	5

0.6-2	15

Condizioni delle discontinuità (natura delle pareti, separazione, riempimento)

Condizione	Rating
Molto scabre, non continue, non separate, lembi duri	30
Debolmente scabre con separazione < 1 mm, lembi duri	25
Debolmente scabre con separazione < 1 mm, lembi soffici	20
Levigate o riempimento < 5 mm o giunti aperti 1-5 mm continui	10
Riempimento di debole resistenza > 5 mm o giunti aperti > 5 mm continui	0

Debolmente scabre con separazione < 1 mm, lembi duri	25

Venute d'acqua

Q (l/min)	Press./sigma v max	Condizioni generali	Rating
0	0.0	Secco	15
<10	0.1	Acqua interstiziale	10
10-25	0.1-0.2	Bagnato	7
25-125	0.2-0.5	Acqua in pressione bassa	4
>125	>0.5	Problemi dovuti a venute	0

0	0.0	Secco	15

Giacitura delle discontinuità in rapporto alla direzione di scavo

Valutazione	Rating Gallerie	Rating Fondazioni	Rating Pendii
Molto favorevole	0	0	0
Favorevole	-2	-2	-5
Discreta	-5	-7	-25
Non favorevole	-10	-15	-50
Decisamente non favorevole	-12	-25	-60

Decisamente non favorevole	---	---	-12

Indice RMR (Bieniawski) = 70

BUONO

	61-80

Indice GSI (Geological Strength Index) = 80

Indice RMRa (Bieniawski) = 67
Indice RMRb (Bieniawski) = 82
Indice RMRc (Bieniawski) = 70

Sulla base dei valori di RMR l'ammasso è classificabile come **"BUONO" (RMR 61-80)**

Il valore di RMR consente di valutare i parametri caratteristici dell'ammasso:

PARAMETRI GEOTECNICI

COESIONE C= 5 RMRb = 400 (kPa)

ANGOLO ATTRITO ϕ ' = 0.5 RMRb +5 = 46°

MODULO DEFORMAZIONE E= 2 RMRb -100 (GPa) = 64000 Mpa

PARAMETRI BARTON

Valore di RQD (%)

RQD [%]	90

Jn - Numero di sistemi o discontinuità

Tipologia	Rating
Roccia massiva	0.5
Un sistema	2.0
Due sistemi	4.0
Tre sistemi	9.0
Quattro o più sistemi	15.0
Roccia frantumata	20.0

Un sistema	2.0

Jr - Scabrezza delle discontinuità

Tipologia	Rating
Giunti discontinui	30
Scabri e ondulati	25
Lisci e ondulati	20
Scabri e planari	10
Lisci e planari	5
Discontinuità con riempimento	5

Scabri e planari	10

Ja - Riempimento e alterazione dei lembi delle fratture

Tipologia	Rating
Senza riempimento	0.75
Solo ossidazione	1.00
Patina limosa	3.00
Patina argillosa	4.00
Sabbia o breccia cataclastica	4.00
Argilla dura < 5 mm	6.00
Argilla soffice < 5 mm	8.00
Argilla rigonfiante < 5 mm	12.00
Argilla dura > 5 mm	10.00
Argilla soffice > 5 mm	15.00
Argilla rigonfiante > 5 mm	20.00

Senza riempimento	0.75

Jw - Condizioni idrauliche

Tipologia	Rating
Secco	1.000
Venute medie	0.660
Venute elevate (giunti senza riempimento)	0.500
Venute elevate (giunti con riempimento dilavati)	0.330
Venute elevate (giunti con riempimento e flusso discontinuo elevato)	0.150
Venute elevate (giunti con riempimento e flusso continuo elevato)	0.075

Secco	1.0

SRF - Fattore di riduzione per le condizioni di carico litostatico

Tipologia	Rating
Roccia sciolta con fratture riempite di argilla	10.0
Roccia sciolta con fratture aperte	5.0
Condizione di bassa copertura (< 50 m) con argilla nelle fratture	2.5
Roccia con fratture serrate e condizioni medie di carico litostatico	1.0

Roccia con fratture serrate e condizioni medie di carico litostatico	1.0

Indice Q (Barton)

Valore	Rating
Eccezionalmente scadente	<0.01
Estremamente scadente	0.01-0.10
Molto scadente	0.10-1.00
Scadente	1.00-4.00

Discreta	4.00-10.00
Buona	10.00-40.00
Molto buona	40.00-100.00
Estremamente buona	100.00-400.00
Eccezionalmente buona	400.00-1000.00

Indice Q (Barton) = 600.00

Eccezionalmente buona		400.00-1000.00

Caratterizzazione "ammasso roccioso"

Criterio di rottura di Hoek-Brown

Il criterio è basato sulle tensioni principali a rottura ed è regolato dall'equazione:

$$s_1 = s_3 + m s_c s_3 + s s_c^2$$

dove s_1 e s_3 sono le tensioni principali maggiore e minore a rottura e s_c la resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta..

Le costanti m ed s sono empiriche ed adimensionali legate all'assetto geologico e strutturale dell'ammasso. Per una roccia intatta s assume valore 1 mentre m è variabile con l'assetto tessiturale e la natura della roccia.

Il criterio può essere rappresentato sia in un grafico a coordinate cartesiane (s_3 ;s_1) che su un cerchio di Mohr.

Il criterio di Hoeck-Brown propone una soluzione per calcolare la resistenza per coesione e l'angolo di attrito di un ammasso roccioso.

Il criterio è espresso dall'equazione:

$$\mathbf{s_1 = s_3 + s_c (m_b\, s_3 / s_c + s)^a}$$

dove

$m_b = m_i \exp(\text{GSI-100/28-14D})$ parametro m_i ridotto della roccia

s_c è il valore della resistenza a compressione monoassiale della roccia integra

s ed **a** costanti dell'ammasso roccioso date dalle:

s= exp(GSI-100/9-3D) a=

½ + 1/6 (e-$^{GSI/15}$ – e-$^{20/3}$)

D è un fattore di disturbo che tiene conto del disturbo dell'ammasso in seguito a scavi e variabile da 0 per ammassi non disturbati ad 1 per ammassi fortemente disturbati.

Ponendo s_3=0 si ottiene la resistenza a compressione monoassiale:

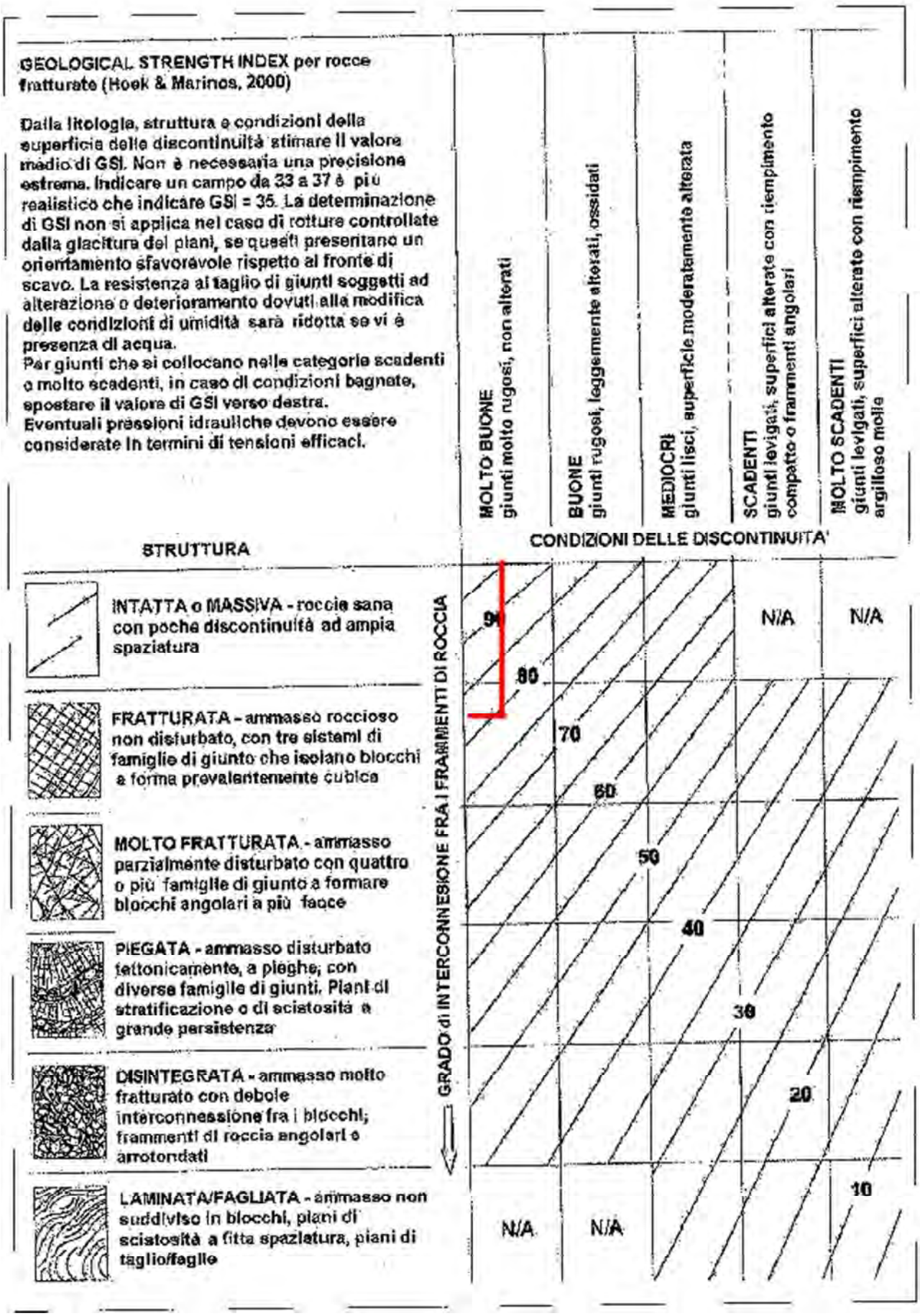
$s_{cm}=s_c(s)^a$

e la resistenza a trazione

$s_t= s * s_c / m_b$

GSI (geological strength index) è un indice che permette di definire una valutazione della resistenza e deformabilità di un ammasso roccioso, combinando l,assetto strutturale dell'ammasso con le caratteristiche delle discontinuità.

Il valore di GSI è affidato all'utilizzo del seguente grafico dove le caratteristiche strutturali dell'ammasso in termini di grado di fatturazione e disturbo tettonico sono correlate con le caratteristiche delle superfici di discontinuità.



Nel caso in esame si ha:

GSI= 80; D= 0

Il valore della costante **mi**, riferito alla roccia intatta, può essere ricavato dalle tabelle di Hoek in funzione della litologia della roccia

LITOTIPO	m_i (Hoek)	m_i (MEDIO MISURATO)	AUTORE
Granito	32 ± 3	25,3 ± 9	Sjoberg
Calcare	12 ± 3	11,2 ± 9	Sjoberg
Dolomia	9 ± 3	11,4 ± 4	Sjoberg
Arenaria	17 ± 4	16,0 ± 9	Sjoberg
Marmo	9 ± 3	8,0 ± 3	Sjoberg
Quarzite	20 ± 3	18,2 ± 7	Sjoberg
Calcare cristallino	12 ± 3	9,5	Bruschi
Calcare cristallino	12 ± 3	16,5	Bruschi
Calcare micritico	8 ± 3	14,0	Bruschi
Calcare brecciato	20 ± 2	15,8	Bruschi
Arenaria	17 ± 4	10,4	Bruschi
Arenaria	17 ± 4	18,2	Bruschi
Arenaria	17 ± 4	14,7	Bruschi
Arenaria	17 ± 4	8,3	Bruschi
Marmo	9 ± 3	10,8	Bruschi
Marmo	9 ± 3	10,4	Bruschi
Argilloscisto	6 ± 2	7,5	Bruschi
Argilloscisto	6 ± 2	5,5	Bruschi
Scisto	10 ± 3	14,0	Bruschi

Per i calcari si può

assumere mi= 10

Applicando una approssimazione lineare all'inviluppo di rottura curvilineo proprio del criterio di Hoeck-Brown nel campo della tensione principale minore $s_t < s_3 < s_{3max}$ si possono ottenere i parametri di Mohr-Coulomb:

$$f = sen^{-1} \left(6am_b(s+m_b)^{a-1} / 2(1+a)(2+a) + 6am_b (s + m_b s_{3n})^{a-1} \right)$$

$$c = (s_{cg} (1+2a)s + (1-a)s_{3n})(s+m_b s_{3n})^{a-1}) / (1+a)(2+a) \, Rad \, ((1+(6am_b (s+ m_b s_{3n})^{a-1}) / (1+a)(2+a)$$

dove

$$s_{3n} = s_{3max} / s_c$$

$$s_{3max} = s_{cg} * 0.72 (s_{cg} / gH)^{-0.91}$$

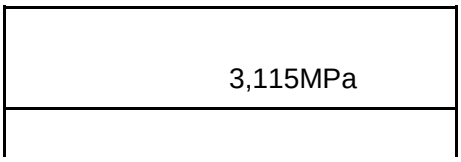
$$s_{cg} = ((m_b + 4s - a(m_b - 8s) * (m_b / 4 + s)^{a-1}) / (2(1+a)(2+a))) \, s_{ci}$$

Con riferimento al seguente diagramma di Mohr l'inviluppo di rottura è dato dall'equazione:

$$t = c + s \tan F = 3{,}1 + s \tan 57° \, (Mpa)$$

E = 44916,96MPa φ' = 57,55°

c' =



7.4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI – PARAMETRI CARATTERISTICI

I terreni interessati dal percorso stradale sono limitati ai termini alluvionali sia attuali che recenti e ai litotipi rigidi della serie della *Rocca del Castello di Termini*.

I terreni alluvionali, sono costituiti da conglomerati, areniti quarzose, sabbie siltose e/o silts sabbiosi giallastri e ghiaie (depositi marini litoranei e di spiaggia sommersa). In subordine, depositi alluvionali fluviali sabbioso-ciottolosi, passanti lateralmente a fanglomerati, in matrice siltoso-argillosa giallo ocra, ritagliati superiormente da superfici di abrasione.

La caratterizzazione geotecnica dei terreni è stata effettuata con una comparazione tra i dati ottenuti dall'interpretazione delle prove in sito eseguite in aree limitrofe (prove penetrometriche), dati in possesso del geologo su litotipi appartenenti alla stessa facies petrografica, quanto riportato in letteratura tecnica specializzata ed i risultati delle elaborazioni prima riportate.

Terreni AL

I *depositi pleistocenici* presenti nell'area in esame sono caratterizzati da una serie di lenti e/o livelli aventi caratteristiche granulometriche differenti le une dalle altre.

Dall'osservazione di tali elementi e dalle risultanze dei sondaggi eseguiti si rivela che si è in presenza di ciottoli di varia pezzatura più o meno arrotondati di natura prevalentemente quarzarenitica con livelli sabbiosi e/o limosi.

I fusi granulometrici nel settore in oggetto non appaiono uniformi.

In generale, i materiali che costituiscono tale deposito vengono classificate da un punto di vista geotecnico come “incoerenti” o “sciolte” e sono costituite, nel loro insieme, da ciottoli, ghiaie, e sabbie misti a silt.

Studi effettuati su tali materiali (A. Pellegrini *“Proprietà geotecniche dei materiali a grana grossa”* e R. Jappelli *“ Proprietà geotecniche di tipiche rocce sciolte a grana media e grossa della Sicilia”*), dimostrano che dal punto di vista granulometrico, la frazione d < 0.2 mm è presente in percentuale assai modesta e che all’interno di ciascun deposito è stata riscontrata una elevata variabilità della granulometria sia in senso verticale che orizzontale.

L’arrotondamento delle particelle non è uniforme, ciò è dovuto alla composizione mineralogica della roccia dalla quale il materiale ha tratto origine, ed ai successivi processi di trasporto e deposito.

Pertanto, l’arrotondamento risulta strettamente legato alla durata e alla modalità con le quali i materiali in questione sono stati trasportati dal punto di origine al luogo in cui si trovano attualmente.

<u>Inoltre dall’osservazione del versante in esame si rileva come tali sedimenti, sono mediamente addensati e presentano qualche livello cementato.</u>

Per avere utili indicazioni sul comportamento meccanico di tali materiali si è fatto riferimento ai risultati delle sperimentazioni eseguite in materiali simili, riportati nella letteratura tecnica.

Le ricerche effettuate si riferiscono all’esecuzione di prove di laboratorio su campioni ricostituiti ed a prove e misure in sito su rocce sciolte a grana grossa di varia origine (depositi fluviali, glaciali, conglomeratici ecc.).

Da tali studi risulta che il comportamento meccanico di tali materiali dipende principalmente dalla loro composizione granulometrica, dalla forma e natura dei grani, dalla tessitura del deposito, “dall’indice di addensamento” D_r e dal “contenuto d’acqua”.

In particolare le prove di rottura per compressione triassiale hanno fornito valori dell’angolo di attrito che hanno raggiunto anche i 45° in funzione del grado di

addensamento D_r, mentre la coesione è risultata praticamente nulla.
I parametri geotecnici di tali materiali possono così essere

riassunti:

$\gamma = 1.92 - 2.19\ t/m^3$	peso dell’unità di volume
$c' = 0 - 1\ t/m^2$	coesione
$\varphi' = 28° – 44°$	peso dell’unità di volume

TERRENO FC

Tali complessi sono rappresentati da rocce lapidee stratificate e sovente fratturate e fessurate, dotate singolarmente di buone caratteristiche meccaniche (resistenza al taglio elevata e compressibilità praticamente nulla). Però a causa dell'intensa fratturazione, specialmente nelle porzioni più prossime alla superficie, le caratteristiche tecniche di tali litotipi possono decadere tanto da poter essere assimilati, prevalentemente, a quelle di un terreno dotato di attrito interno elevato e, subordinatamente, un valore di coesione molto contenuto. Appare quindi evidente che, il valore dell'angolo d'attrito interno risulta legato anche alle discontinuità presenti nella roccia (fessure e fratture). Skempton e Petley (1967) hanno mostrato come la resistenza lungo le fratture e fessure si avvicina molto alla resistenza al taglio; in effetti, come prima detto, le discontinuità privano tali materiali dell'elemento di coesione, mentre per quanto attiene l'angolo di resistenza al taglio rimane pressoché inalterato rispetto alla formazione delle discontinuità.

Prove meccaniche di compressione semplice a carico puntuale fanno rientrare tali materiali come rocce dalla resistenza molto bassa, bassa e media. Il carico unitario di rottura si attesta per la massima parte tra *83.00 e 92.00 N/mm*^{2}.

L'irregolare distribuzione, la particolare giacitura e la struttura intrinseca di tali materiali, non consente di formulare elementi geotecnici di dettaglio estendibili a tutta la formazione, pertanto, volendo operare ai fini della sicurezza, per la caratterizzazione geomeccanica di tali litotipi è possibile stimare i seguenti valori:

La caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni è stata sviluppata sulla base dei risultati delle prove ed integrata con dati provenienti dalla letteratura tecnica per materiali simili.

TERRENO AL

Peso nell'unità di volume	γ = 20 kN/m^3
Coesione	c' = 26 kPa
Angolo di resistenza al taglio	ϕ' = 30°

TERRENO FC

Peso nell'unità di volume	γ = 24-27 kN/m^3
Coesione	c' = 50 kPa
Angolo di resistenza al taglio	ϕ' = 45°

È inoltre necessario caratterizzare i terreni che costituiranno i rilevati stradali secondo i parametri minimi di resistenza ed i terreni di riempimento.

Questi saranno appartenenti alle categorie A1, A2, A3 della classificazione secondo la normativa CNR-UNI e costipati con addensamento almeno pari al 95% del ottimo Proctor.

TERRENO RL

Peso nell'unità di volume $\gamma = 19\ kN/m^3$

Coesione $c' = 0\ kPa$

Angolo di resistenza al taglio $\phi' = 30°$

Pertanto, per quanto sopra detto, si sono attribuiti, cautelativamente, i seguenti valori di coesione (*c'*) ed angolo d'attrito interno (*φ'*) per i diversi spessori di terreno rilevati, potendo così ricostruire la seguente colonna geotecnica:

Litotipo	***Caratteristiche fisico / meccaniche***	***Valori***
(5) *Ruditi e calcareniti a Rudistidi ed Orbitolinidi*	*peso dell'unità di volume* *coesione* *angolo di attrito interno*	***2.50 t/m³*** ***5 t/m²*** ***45°***
(10) *Conglomerati, areniti quarzose, sabbie siltose e/o silts sabbiosi giallastri e ghiaie*	*peso dell'unità di volume* *coesione* *angolo di attrito interno*	***2.10 t/m³*** ***1.00 t/m²*** ***35°***
(13) *Sabbie siltose, silts sabbiosi e ghiaie; alluvioni fluviali, depositi di rotta fluviale, fanglomerati clinostratificati*	*peso dell'unità di volume* *coesione* *angolo di attrito interno*	***1.95 t/m³*** ***0.10 t/m²*** ***30°***

Colonna geotecnica riepilogativa

L’elaborazione dei dati acquisiti viene rappresentata nelle allegate cartografie tematiche (carta geologica - geomorfologica), e nelle sezioni geologiche trasversali che mostrano con chiarezza i lineamenti geologici del sottosuolo dell’area in studio.
Inoltre, è stato preso in esame il P.A.I. (Piano per l’Assetto Idrogeologico) relativo al piano stralcio di bacino per l’assetto idrogeologico del fiume San Leonardo, redatto a cura dell’Assessorato Regionale Territorio e Ambiente e pubblicato con Decreto presidenziale del 29.09.2004, sulla G.U.R.S. n°53 del 10.12.2004 .

Inoltre in ottemperanza all’Ordinanza n. 3274 del 20 Marzo 2003, *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”* e successive modifiche ed integrazioni, è stata eseguita un’indagine geofisica con sismica a rifrazione applicando il metodo *“MASW”*, al fine di approfondire le conoscenze sui terreni oggetto di studio, ed in particolare per la definizione della categoria di suolo di fondazione.
Infatti sull’area interessata dal progetto, in tempi differenti, sono state eseguite due stese sismiche a rifrazione, ubicate la prima sul piazzale in prossimità del sottopasso, per la redazione del progetto definitivo, e la seconda in occasione del progetto esecutivo per il rafforzamento corticale nel 2014, sul tracciato stradale esistente posto a valle del cimitero comunale .

8. DESCRIZIONE DELLE OPERE E RELATIVE PROBLEMATICHE GEOTECNICHE

Di seguito verranno esposte le problematiche geotecniche inerenti la progettazione e la realizzazione di alcune opere presenti nel presente progetto; tali problematiche saranno poi oggetto di argomentazione nei paragrafi successivi.

Dalla sezione n°1 alla sezione n°49 il progetto riguarda l'ammodernamento della strada esistente; in particolare il percorso stradale, per lo più pianeggiante, viene realizzato allargando la sede stradale tramite muri di sostegno e di controripa.
Dalla sezione n°1 alla sezione n°12 i muri di sostegno presentano altezze comprese tra 2,5 m e 5 m. Le sezioni dalla n°13 alla n°20 presentano, lato monte, un muro di controripa, con altezze comprese

tra 1,5 m e 5,20 m; la presenza di quest'ultimo è legata all'accentuarsi delle pendenze in corrispondenza della rupe del cimitero di Termini Imerese.

In corrispondenza di questo tratto si riscontra la presenza di alluvioni fluviali e conglomerati.

Dalla sezione n°18 alla sezione n°39 è previsto un intervento di consolidamento tramite rete corticale armata in corrispondenza dell'area R3 a protezione del tratto stradale da realizzare.

In questa fascia si riscontra un esteso fenomeno di dissesto per "crollo" della scarpata composta da materiale sabbioso con ghiaia e conglomerati.

Dalla sezione n°21 alla sezione n°25 il tracciato stradale risulta essere a mezzacosta ed è realizzato tramite uno scavo a monte che non supera mai i 2 m di altezza.

Dalla sezione n°42 alla sezione n°72 la sede stradale è realizzata tramite muri di controripa alti al massimo 6 m e, a valle tramite rilevati di altezza massima 1,5 m o muri di sostegno.

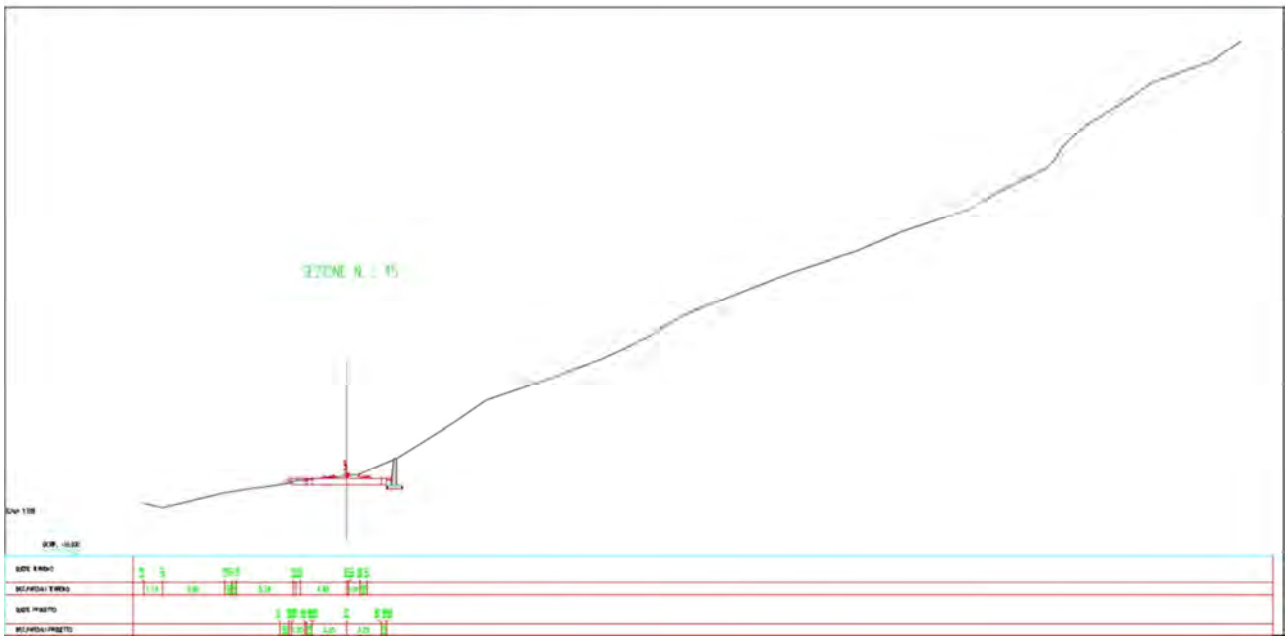
A partire dalla sezione n°73 inizia la rampa di accesso del sottopasso, realizzata con pendenza pari al 6% e con muri di sostegno di altezza massima 5,5 m.

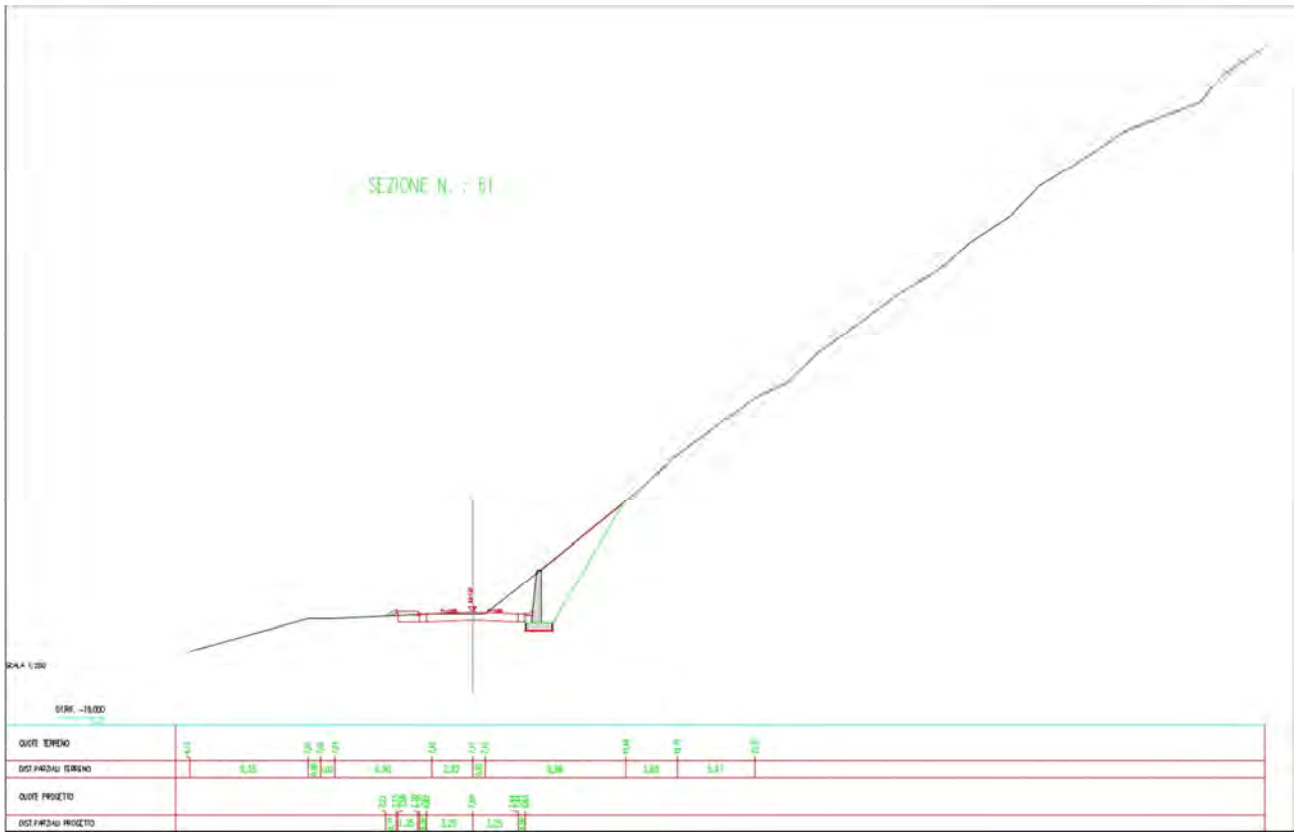
La condizione di rischio esposta nel PAI, di fatto, è l'unica a destare un problema di sicurezza nei confronti dell'asse stradale proprio per le pendenze che il versante di monte raggiunge in quel tratto.

Le suddette aree sottoposte al rischio sono morfologicamente e geologicamente differenti dalle aree successive che presentano infatti una pendenza del versante notevolmente inferiore.

Per comprendere le differenze di pendenza presenti lungo l'asse stradale si riportano di seguito le sezioni 33 – 45 – 61.

SEZIONE N. : 33
SCALA 1:200
QUOTE TERRENO
DISTPARZIALI TERRENO
QUOTE PROGETTO
DISTPARZIALI PROGETTO


SEZIONE N. : 15



Il tracciato stradale è caratterizzato dalla presenza di alcuni tratti in rilevato, le cui altezze sono comunque modeste e mai superiori a 1,7 m.

Laddove le altezze del rilevato crescono è stato scelto di operare tramite la realizzazione di muri di sostegno o di controripa le cui altezze massime risultano rispettivamente pari a 6,5 m e 5,00 m.

Le verifiche geotecniche effettuate riguardano le verifiche di stabilità a ribaltamento, a scivolamento e globale e la verifica a carico limite della fondazione.

Una ulteriore problematica riguardante la progettazione dei muri è la loro realizzazione in sicurezza, infatti le verifiche di sicurezza prevedranno anche il calcolo di stabilità della scarpata dello scavo da eseguire per la realizzazione dei suddetti muri.

Dalla sezione n°79 alla sezione n°90 è presente il sottopasso ferroviario; in particolare l'opera in sotterraneo, dalla sezione n°83 alla sezione n°86, è realizzata tramite il "Sistema Monolite a spinta" mentre per la restante parte realizzato in opera uno scatolare con conseguente rinterro.

Il suddetto sistema prevede la realizzazione del solo impalcato ferroviario "fuori terra" ed il successivo varo, al di sotto della sede ferroviaria.

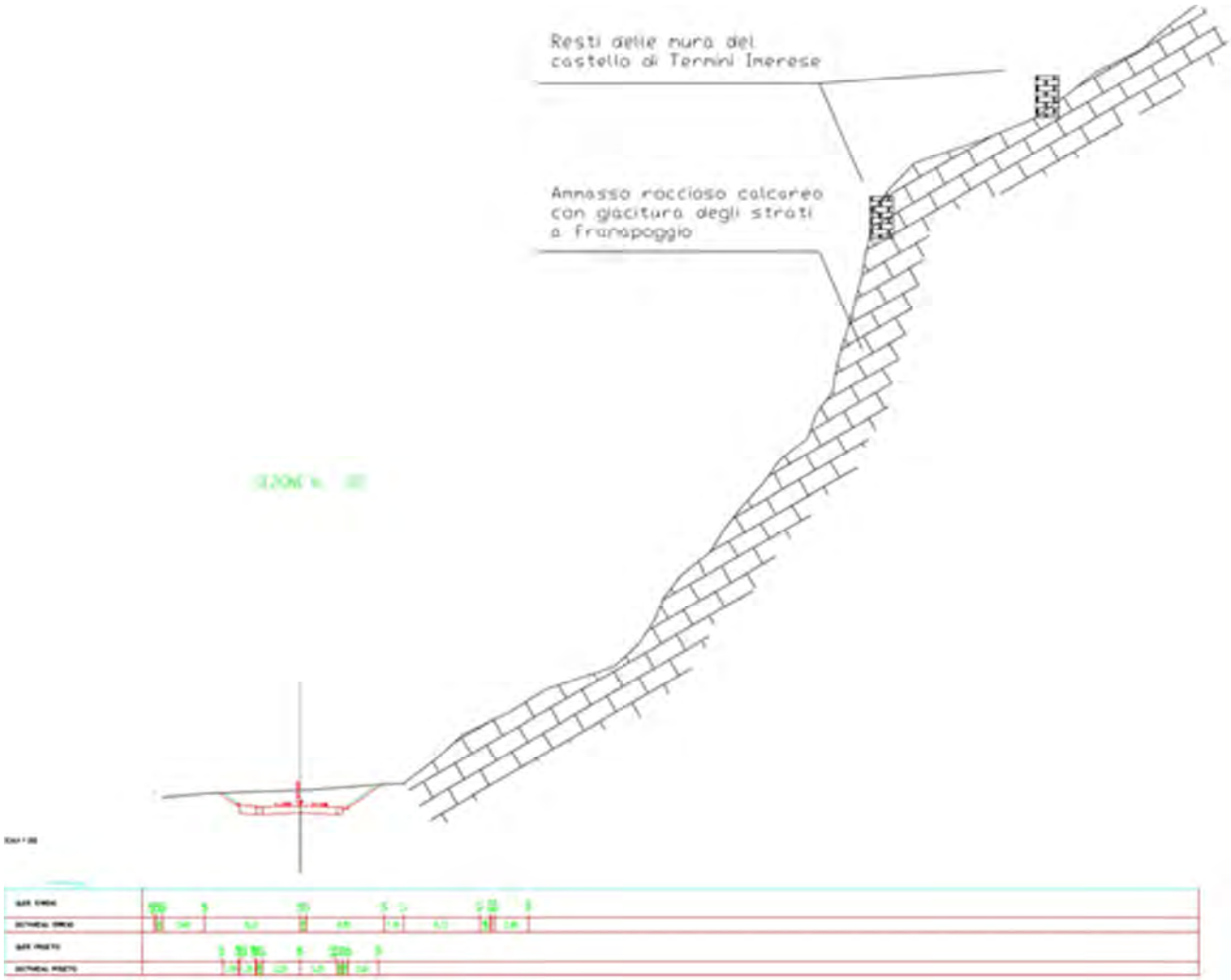
Prima dell'esecuzione delle operazioni di varo è necessaria la realizzazione di alcune opere provvisionali:

paratia di pali e micropali provvisionale
sostegno provvisorio dell’armamento ferroviario

Tali operazioni avvengono in un punto del tracciato in cui si intercettano sia i terreni alluvionali (Terreno AL) che la formazione rocciosa calcarea (Terreno FC) avente discontinuità con giacitura pressoché parallela alla pendenza della scarpata (e quindi a franapoggio).

Il corpo stradale in tale tratto sarà protetto dall’azione erosiva del mare da una scogliera in massi naturali, realizzata a fianco dello scatolare in c.a.
Dalla sezione n°91 alla sezione n° 96 è presente la seconda rampa di accesso, realizzata in scavo con muri di controripa alti al massimo 4,5 m.
Dalla sezione n°97 alla sezione n°109 il tracciato è pressoché pianeggiante presentando tratti di scavo o di rilevati che non superano 1m.
In corrispondenza di queste sezioni si riscontrano delle possibili situazioni di rischio legato al possibile distacco di massi dalla scarpata in materiale calcareo.
In particolare si presentano situazioni nelle quali il rischio è causato dalla presenza di blocchi di materiale naturale disposti a franapoggio, facenti parte dell’ammasso roccioso, oppure dai resti delle antiche mura del castello di Termini Imerese.
Al fine di consentire una messa in sicurezza dell’asse stradale nel tratto in questione, il progetto prevede il disgaggio dei blocchi che presentano una situazione di rischio.
Si riporta di seguito una sezione nella quale si rappresenta la situazione descritta.

4


Resti delle mura del
castello di Termini Imerese
Ammasso roccioso calcareo
con giacitura degli strati
a franapoggio

9- OPERE DI CONTENIMENTO

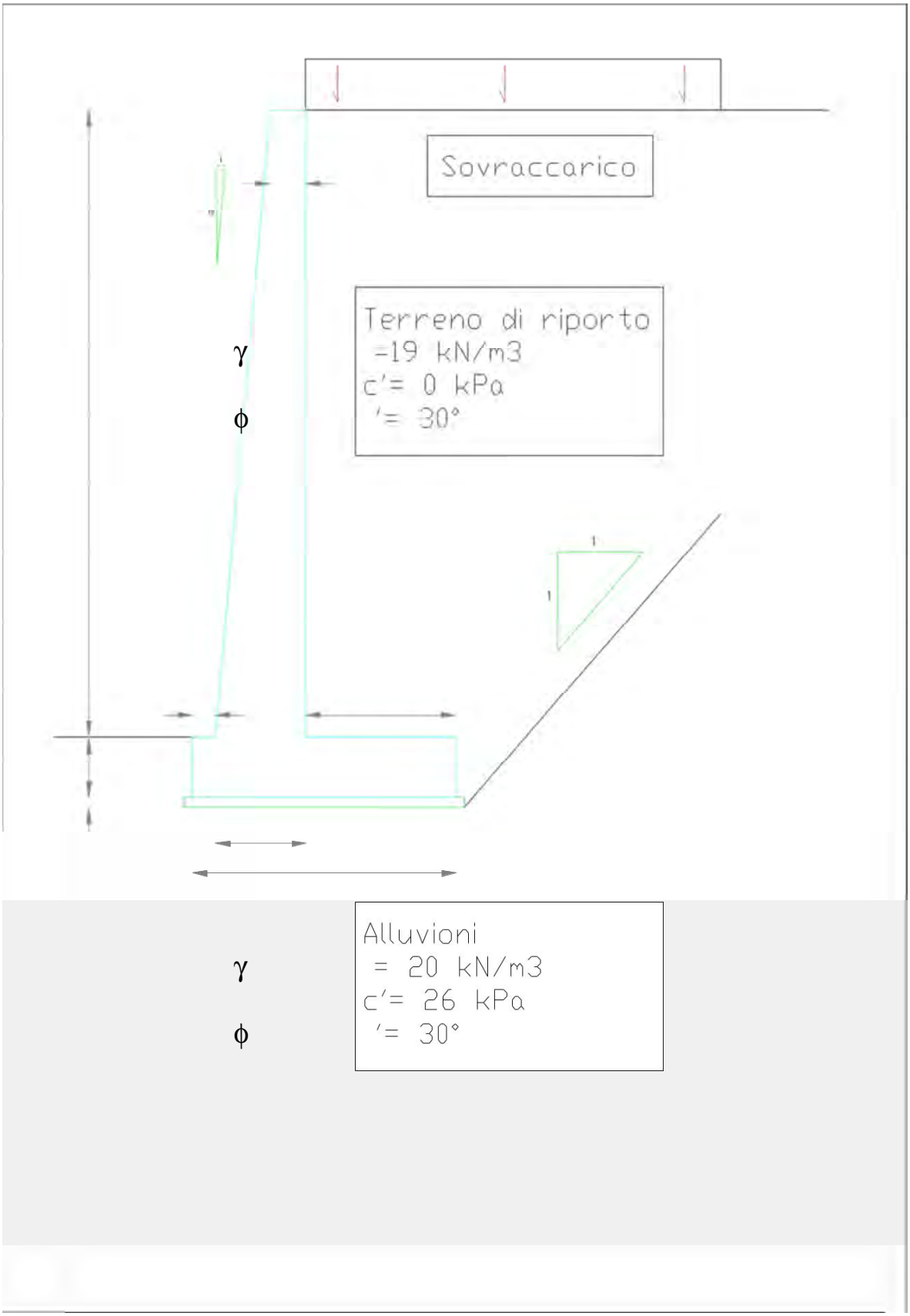
Per l'allargamento del tronco viario in progetto, saranno necessarie delle opere di contenimento del terreno ai margini della carreggiata, costituite da muri in cemento armato, sia di controripa che di sostegno.

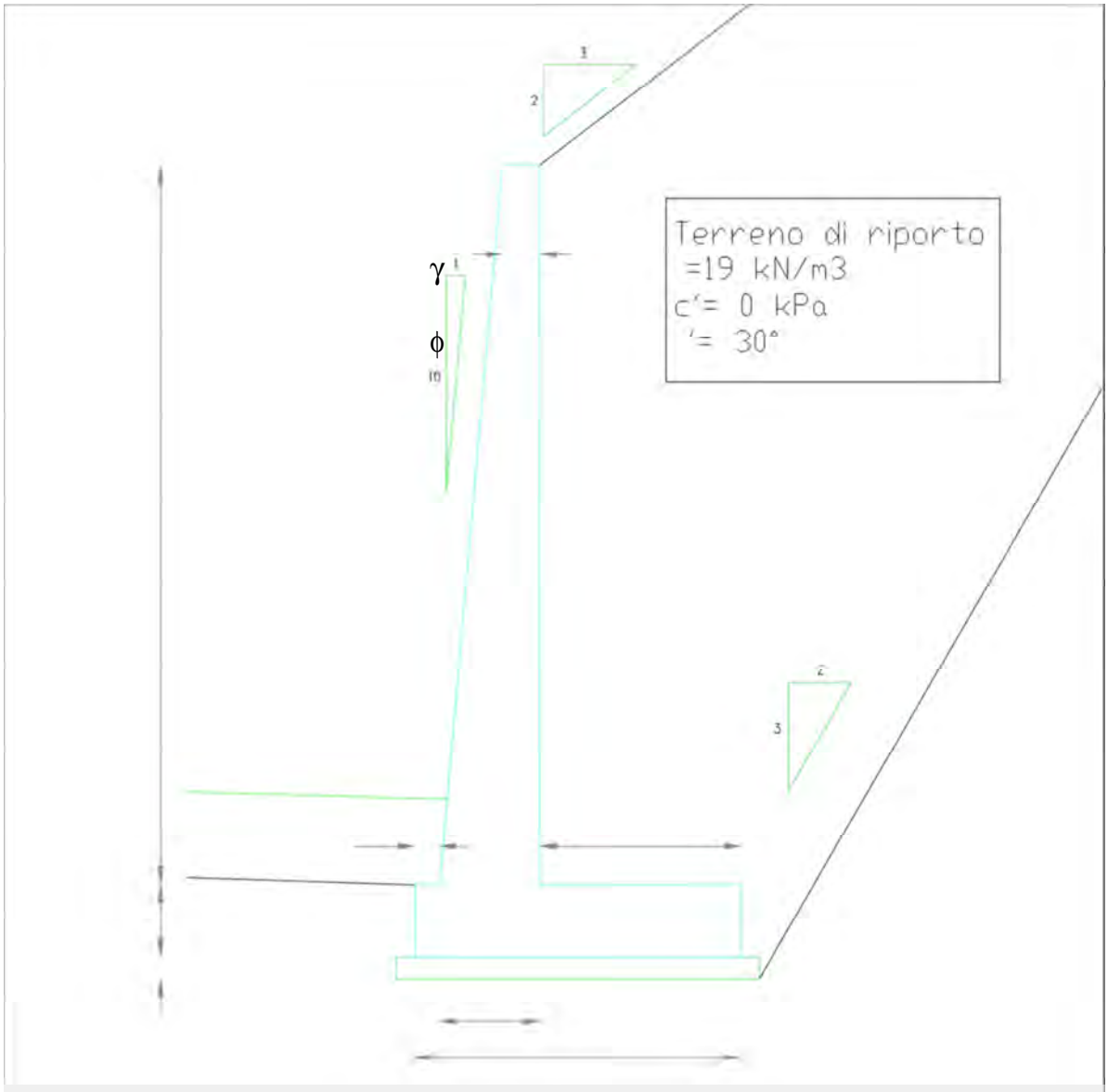
La fondazione dei muri sarà realizzata sopra uno strato di massetto in cls dello spessore di cm 15.

Il calcolo delle suddette opere di contenimento è stato effettuato utilizzando il software "Geostru MDC".

I muri in oggetto, di sostegno e di controripa, sono stati schematizzati come nelle figure seguenti:

67

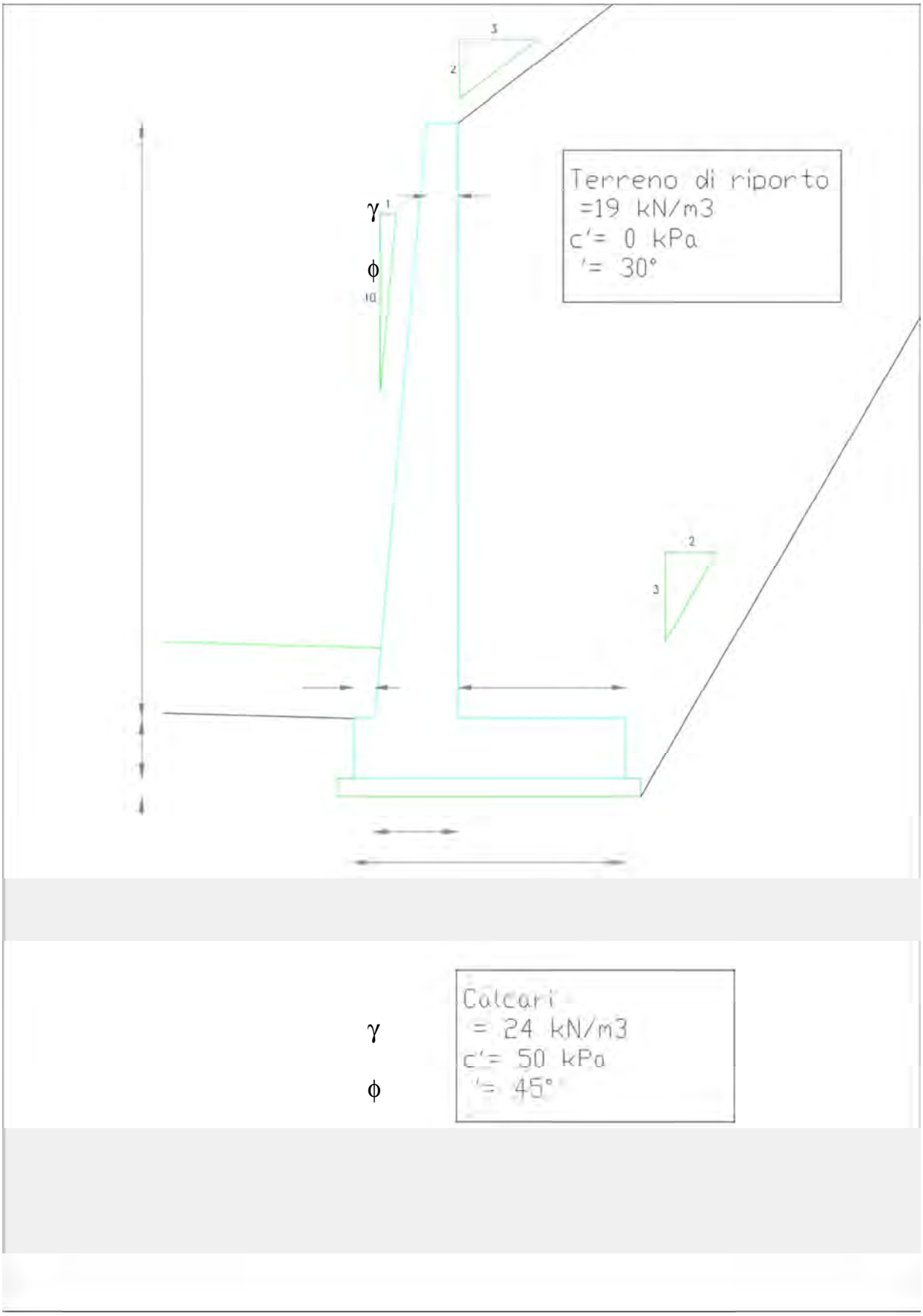

Sovraccarico
Terreno di riporto
-19 kN/m3
c'= 0 kPa
'= 30°
γ
ϕ
Alluvioni
= 20 kN/m3
c'= 26 kPa
'= 30°
γ
ϕ



γ

ϕ

Alluvioni
= 20 kN/m3
c'= 26 kPa
'= 30°



Il sovraccarico considerato nel calcolo dei muri di sostegno è pari a: 20 kPa

Muri di controripa - Terreno di base ALL								
H [m]	**h [m]**	**B [m]**	**b1 [m]**	**b2 [m]**	**L1 [m]**	**L2 [m]**	**SEZIONI VALLE**	**SEZIONI MONTE**
2	0,30	2,00	0,30	0,55	0,45	1,00		18-19-20-42-43
2,5	0,30	2,50	0,30	0,60	0,60	1,30		39-44-45-47-48-49-52-53
3	0,40	3,00	0,30	0,65	0,75	1,60		27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-4613-14-15-51
3,5	0,40	3,50	0,30	0,70	0,90	1,90	75-96	17-26-54
4	0,40	3,50	0,30	0,70	0,90	1,90	95	50-61-63-74
4,5	0,50	4,80	0,30	0,80	1,50	2,50	76-93-94	57
5	0,50	5,55	0,30	0,85	1,90	2,80	77	58-60-62-77
5,5	0,60	7,50	0,40	1,00	3,70	2,80	78	16-55-59-78
6	0,60	8,00	0,40	1,00	4,20	2,80		75
6,5	0,65	8,95	0,40	1,05	4,50	3,40		56-76

Muri di sostegno - Terreno di base ALL								
H [m]	**h [m]**	**B [m]**	**b1 [m]**	**b2 [m]**	**L1 [m]**	**L2 [m]**	**SEZIONI VALLE**	**SEZIONI MONTE**
2	0,30	1,50	0,30	0,50	0,30	0,70	21-22-27-28-29-30	
2,5	0,30	2,00	0,30	0,55	0,45	1,00	2-3-33-34-37	2-3
3	0,30	2,50	0,30	0,60	0,60	1,30	1-4-17-23-35-36	1
3,5	0,40	3,00	0,30	0,65	0,75	1,60	5-6-18-26	7-8
4	0,40	3,50	0,30	0,70	0,90	1,90	7-8-19-20-24-25	
4,5	0,40	4,00	0,30	0,75	1,05	2,20	9	
5	0,50	4,50	0,30	0,80	1,20	2,50	10-11-12	

9.1 Verifiche geotecniche

Per i tabulati delle verifiche geotecniche si rimanda all'ALLEGATO 1 [Tavola 1.2.2.1.1].

Normativa di riferimento

NTC2008 - Norme tecniche per le costruzioni - D.M. 14 Gennaio 2008.
CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27).

Calcolo della spinta attiva con Coulomb

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di *Coulomb* è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura nell'ipotesi di parete ruvida.
Per terreno omogeneo ed asciutto il diagramma delle pressioni si presenta lineare con distribuzione:

$$P_t = K_a \times \gamma_t \times z$$

La spinta *St* è applicata ad 1/3 H di valore

$$S_t = \frac{1}{2}\gamma_t H^2 K_a$$

Avendo indicato con:

$$K_a = \frac{\operatorname{sen}^2(b - f)}{\operatorname{sen}^2\beta \cdot \left[\operatorname{sen}(\beta + d) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(d + f) \cdot \sin(f - e)}{\operatorname{sen}(b + d) \cdot \operatorname{sen}(b - e)}}\right]^2\right]}$$

Valori limite di K_A:

$\delta < (\beta - \phi - \varepsilon)$ secondo Muller-Breslau

γ_t Peso unità di volume del terreno;

β Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;
ϕ Angolo di resistenza al taglio del terreno;
δ Angolo di attrito terra-muro;
ε Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, positiva se antioraria;
H Altezza della parete.

Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di *Mononobe & Okabe* riguarda la valutazione della spinta in condizioni sismiche con il metodo pseudo-statico. Esso è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura in una configurazione fittizia di calcolo nella quale l'angolo ε, di inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, e l'angolo β, di inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede, vengono aumentati di una quantità θ tale che:

$$\operatorname{tg}\theta = k_h/(1 \pm k_v)$$

con k_h coefficiente sismico orizzontale e k_v verticale.

Calcolo coefficienti sismici

Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti Kh e Kv in dipendenza di vari fattori: $K_h = \beta_m \times (a_{max}/g)$ $K_v = \pm 0{,}5 \times K_h$

β_m coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito; per i muri che non siano in grado di subire

spostamenti relativi rispetto al terreno il coefficiente β_m assume valore unitario. Per i muri liberi di traslare o ruotare intorno al piede, si può assumere che l'incremento di spinta dovuto al sisma agisca nello stesso punto di quella statica. Negli altri casi, in assenza di studi specifici, si assume che tale incremento sia applicato a metà altezza del muro.

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito; g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \, S_T \, a_g$

S coefficiente comprendente l'effetto di amplificazione stratigrafica Ss e di amplificazione topografica

$S_T \cdot a_g$ accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$T_R = -V_R / \ln(1-PVR)$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Effetto dovuto alla coesione

La coesione induce delle pressioni negative costanti pari a:

$$P_c = -2 \times c \times \sqrt{K_a}$$

Non essendo possibile stabilire a priori quale sia il decremento indotto nella spinta per effetto della coesione, è stata calcolata un'altezza critica Z_C come segue:

$$Z_c = \frac{2 \times c}{\gamma} \times \frac{1}{\sqrt{K_A}} - \frac{Q \times \frac{\operatorname{sen}\beta}{\operatorname{sen}(\beta + \varepsilon)}}{\gamma}$$

dove

Q = Carico agente sul terrapieno;

Se $Z_c < 0$ è possibile sovrapporre direttamente gli effetti, con decremento pari a:

$S_c = P_c' H$

con punto di applicazione pari a *H/2*;

Carico uniforme sul terrapieno

Un carico *Q*, uniformemente distribuito sul piano campagna induce delle pressioni costanti pari a:

$P_q = K_A' Q' \operatorname{sen}b / \operatorname{sen}(b+e)$

Per integrazione, una spinta pari a S_q:

$$S_q = K_a \times Q \times H \frac{\operatorname{sen}b}{\operatorname{sen}(b+e)}$$

Con punto di applicazione ad H/2, avendo indicato con K_a il coefficiente di spinta attiva secondo *Muller-Breslau.*

Spinta attiva in condizioni sismiche

In presenza di sisma la forza di calcolo esercitata dal terrapieno sul muro è data da:

$$E_d = \frac{1}{2} g(1 \pm k_v) K H^2 + E_{ws} + E_{wd}$$

dove:

H altezza muro

k_v coefficiente sismico verticale

peso per unità di volume del terreno

K coefficienti di spinta attiva totale (statico + dinamico)

E_{ws} spinta idrostatica dell'acqua

E_{wd} spinta idrodinamica.

Per terreni impermeabili la spinta idrodinamica $E_{wd} = 0$, ma viene effettuata una correzione sulla valutazione dell'angolo q della formula di Mononobe & Okabe così come di seguito:

$$tgJ = \frac{g_{sat}}{g_{sat} - g_w} \cdot \frac{k_h}{1 - k_v}$$

Nei terreni ad elevata permeabilità in condizioni dinamiche continua a valere la correzione di cui sopra, ma la spinta idrodinamica assume la seguente espressione:

$$E_{wd} = \frac{7}{12} k_h g_w H'^2$$

Con H' altezza del livello di falda misurato a partire dalla base del muro.

Spinta idrostatica

La falda con superficie distante H_w dalla base del muro induce delle pressioni idrostatiche normali alla parete che, alla profondità *z*, sono espresse come segue:

$$P_w(z) = g_w \cdot z$$

Con risultante pari a:

$$S_w = 1/2 \cdot g_w \cdot H^2$$

La spinta del terreno immerso si ottiene sostituendo g_t con g'_t ($g'_t = g_{saturo} - g_w$), peso efficace del materiale immerso in acqua.

Resistenza passiva

Per terreno omogeneo il diagramma delle pressioni risulta lineare del tipo:

$$P_t = K_p \cdot g_t \cdot z$$

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

$$S_p = \frac{1}{2} \times g_t \times H^2 \times K_p$$

Avendo indicato con:

$$K_p = \frac{\operatorname{sen}^2(f + b)}{\operatorname{sen}^2 \beta \cdot \operatorname{sen}(\beta - d) \cdot \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(d + f) \cdot \sin(f + e)}{\operatorname{sen}(b - d) \cdot \operatorname{sen}(b - e)}}\right]^2}$$

(Muller-Breslau) con valori limiti di δ pari a:

$$d < b - f - e$$

L'espressione di K_p secondo la formulazione di Rankine assume la seguente forma:

$$Kp = \frac{\cos e + \sqrt{\cos^2 e - \cos^2 f}}{\cos e - \sqrt{\cos^2 e - \cos^2 f}}$$

Carico limite di fondazioni superficiali su terreni

Vesic

Affinché la fondazione di un muro possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$Vd \leq Rd$

Dove Vd è il carico di progetto, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso del muro; mentre Rd è il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi normali, tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici.

Nella valutazione analitica del carico limite di progetto Rd si devono considerare le situazioni a breve e a lungo termine nei terreni a grana fine. Il carico limite di progetto in condizioni non drenate si calcola come:

$R/A' = (2 + \pi)\, c_u\, s_c\, i_c + q$

Dove:

A' = B' L' area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.

c_u coesione non drenata

q pressione litostatica totale sul piano di posa

s_c Fattore di forma

$s_c = 0{,}2\,(B'/L')$ per fondazioni rettangolari

i_c Fattore correttivo per l'inclinazione del carico dovuta ad un carico H.

$$i_c = 1 - \frac{2H}{A_f \times c_a \times N_c}$$

A_f area efficace della fondazione

c_a aderenza alla base, pari alla coesione o ad una sua frazione.

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

$R/A' = c'\, N_c\, s_c\, i_c + q'\, N_q\, s_q\, i_q + 0{,}5\, \gamma'\, B'\, N_\gamma\, s_\gamma\, i_\gamma$

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi'} \tan^2\left(45 + \frac{f}{2}\right)$$

$$N_c = (N_q - 1)\cot f'$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1)\tan f'$$

Fattori di forma

$s_q = 1 + (B'/L')\tan f'$ per forma rettangolare

$s_\gamma = 1 - 0{,}4(B'/L')$ per forma rettangolare

$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \times \frac{B'}{L'}$ per forma rettangolare, quadrata o circolare.

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a B'

$$i_q = \left(1 - \frac{H}{V + A_f \times c_a \cot f'}\right)^m$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V + A_f \times c_a \cot f'}\right)^{m+1}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$m = \frac{2 + D/L'}{1 + D/L'}$$

Sollecitazioni muro

Per il calcolo delle sollecitazioni il muro è stato discretizzato in n-tratti in funzione delle sezioni significative e per ogni tratto sono state calcolate le spinte del terreno (valutate secondo un piano di rottura passante per il paramento lato monte), le risultanti delle forze orizzontali e verticali e le forze inerziali.

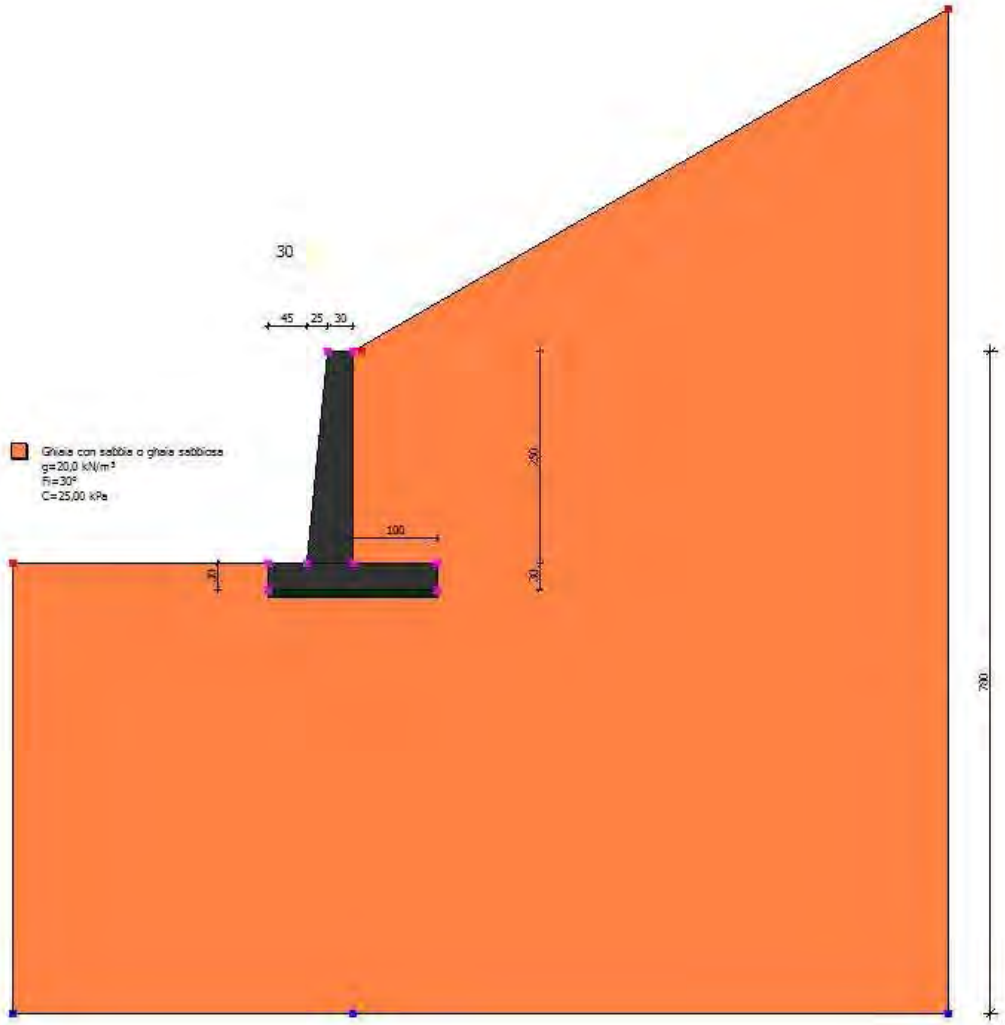
Calcolo delle spinte per le verifiche globali

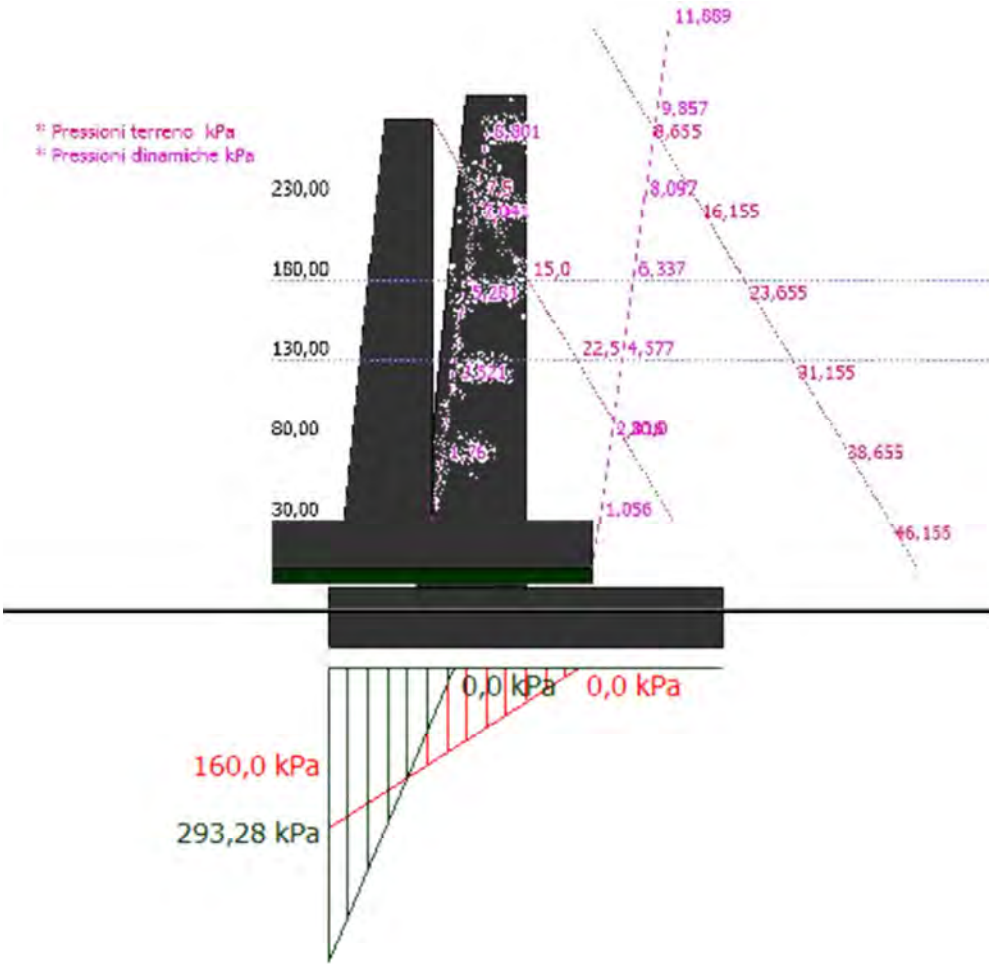
Le spinte sono state valutate ipotizzando un piano di rottura passante per l'estradosso della mensola di fondazione lato monte, tale piano è stato discretizzato in *n-tratti*.

Convenzione segni

Forze verticali	positive se dirette dall'alto verso il basso;
Forze orizzontali	positive se dirette da monte verso valle;
Coppie	positive se antiorarie;
Angoli	positivi se antiorari.

MURO CONTRORIPA H=200cm




* Pressioni terreno kPa
* Pressioni dinamiche kPa
230,00
180,00
130,00
80,00
30,00
11,889
9,857
8,655
8,097
16,155
15,0
6,337
23,655
22,5
4,577
31,155
38,655
1,056
46,155
0,0 kPa
0,0 kPa
160,0 kPa
293,28 kPa

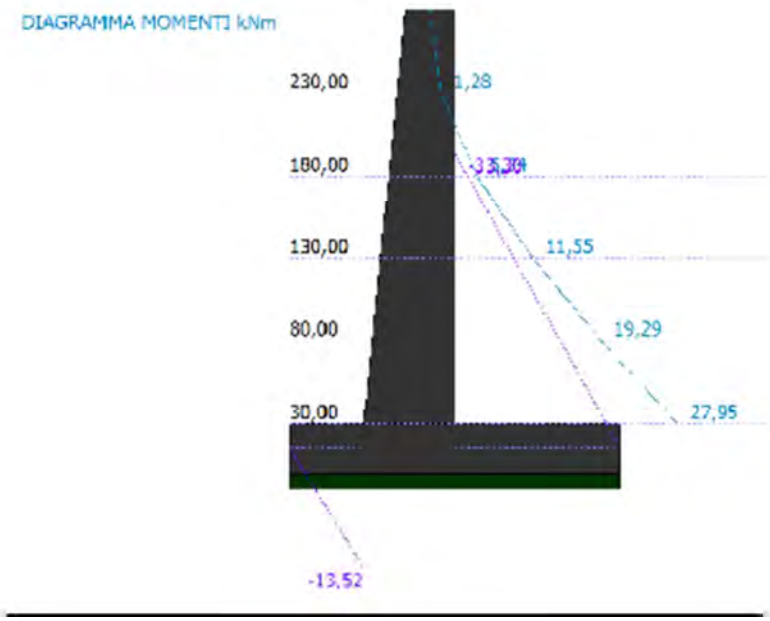
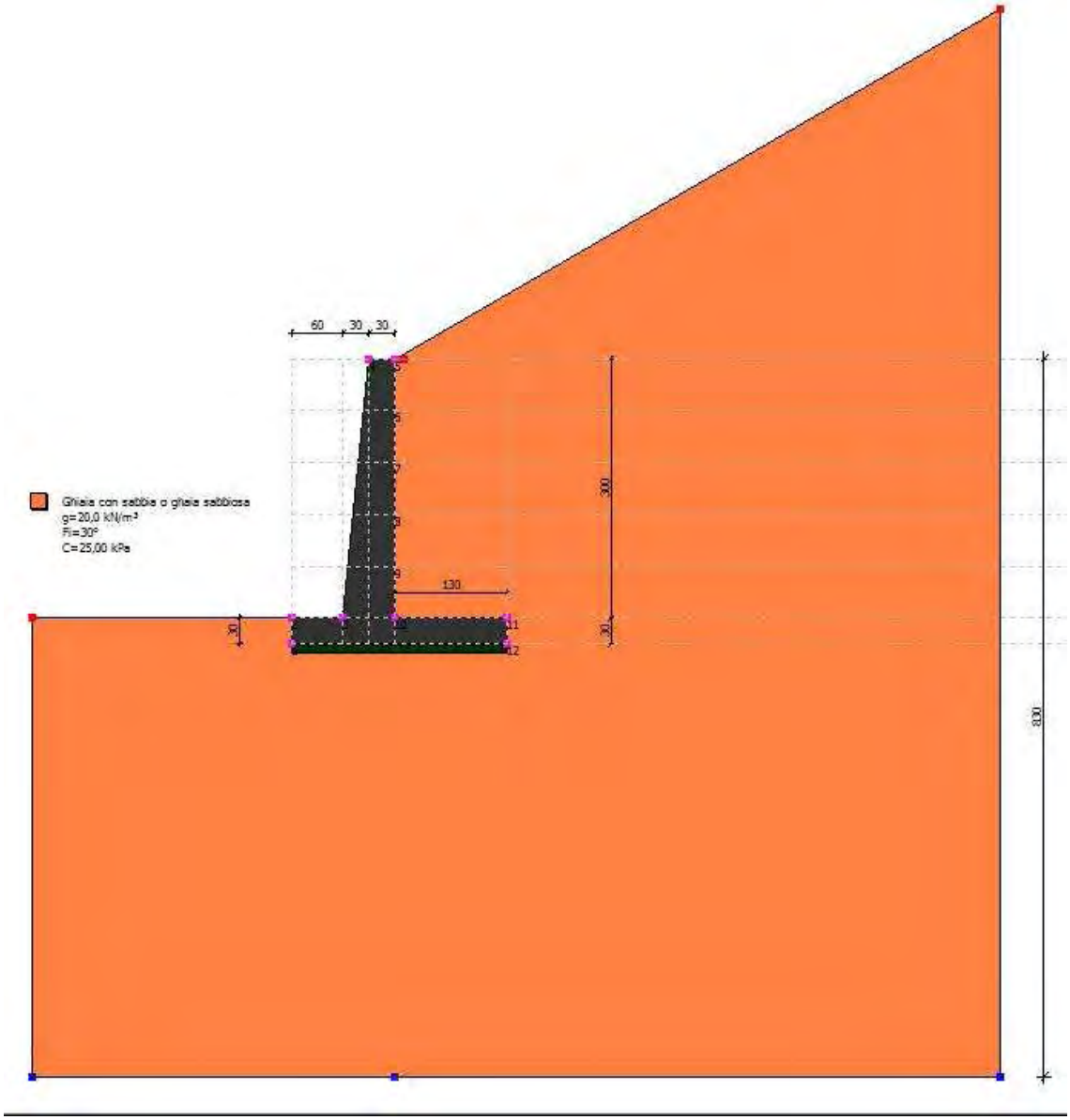


DIAGRAMMA MOMENTI kNm
230,00
180,00
130,00
80,00
30,00
1,28
11,55
19,29
27,95
-13,52

MURO CONTRORIPA H=250cm


60
30
30
Ghiaia con sabbia o ghiaia sabbiosa
g=20,0 kN/m³
Fi=30°
C=25,00 kPa
300
130
30
30
800
11
12

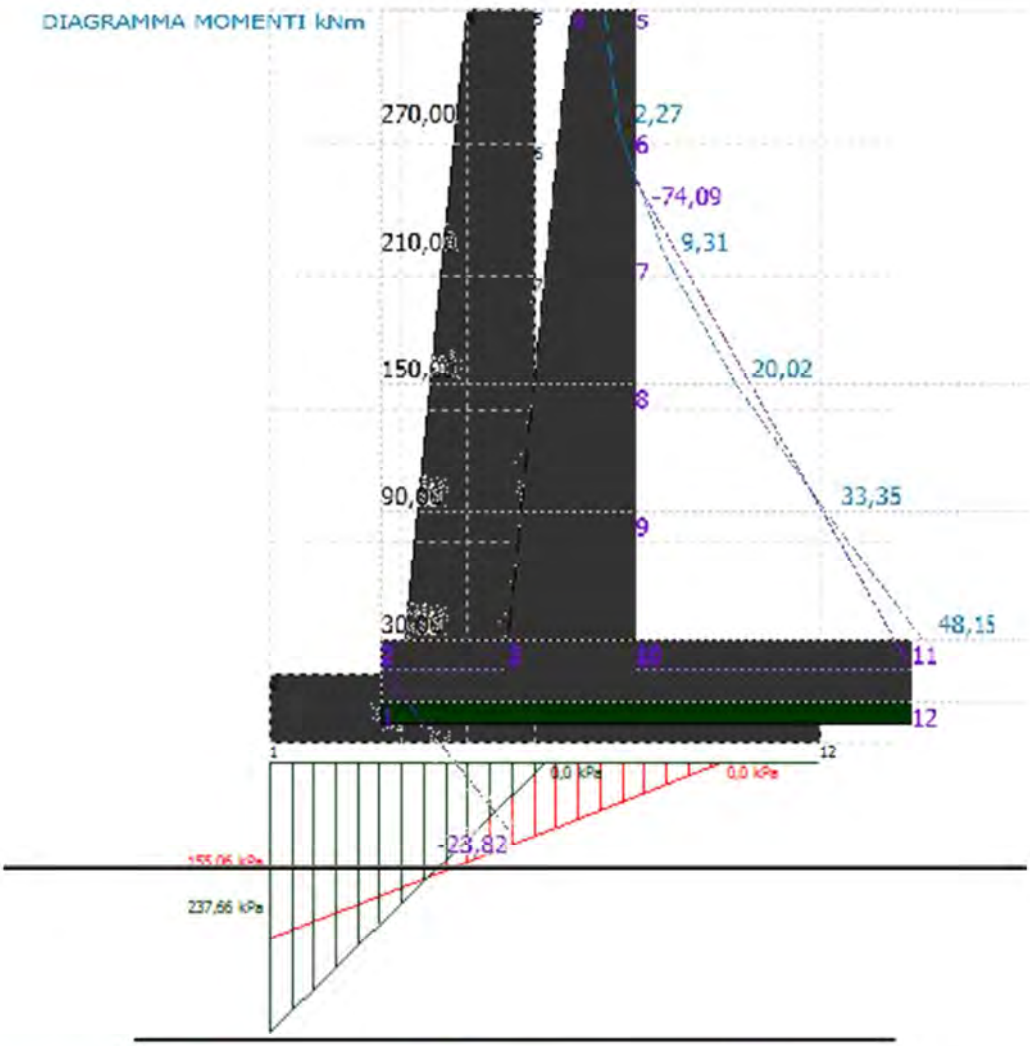
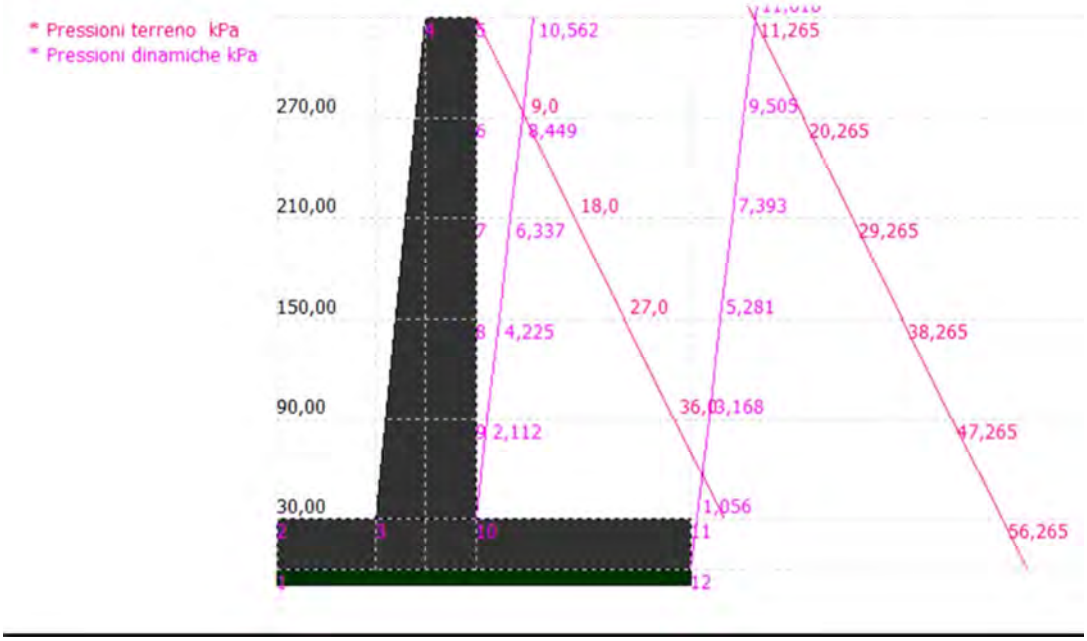


DIAGRAMMA MOMENTI kNm
270,00
210,00
150,00
90,00
30,00
2,27
-74,09
9,31
20,02
33,35
48,15
-23,82
0,0 kPa
0,0 kPa
155,06 kPa
237,66 kPa


* Pressioni terreno kPa
* Pressioni dinamiche kPa
270,00
210,00
150,00
90,00
30,00
10,562
9,0
8,449
18,0
6,337
27,0
4,225
36,0
2,112
11,265
9,505
20,265
7,393
29,265
5,281
38,265
3,168
47,265
1,056
56,265

MURO CONTRORIPA H=300cm

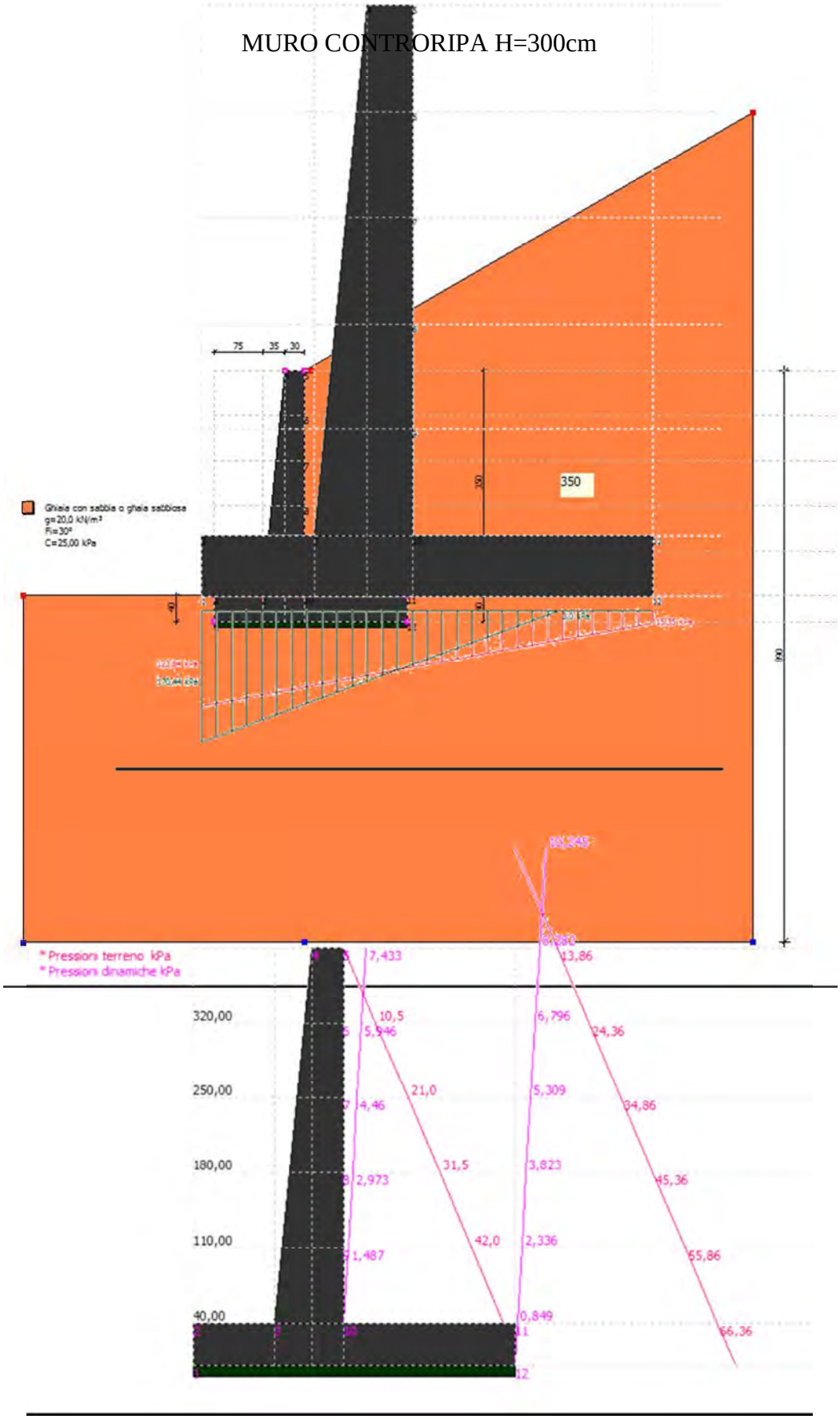
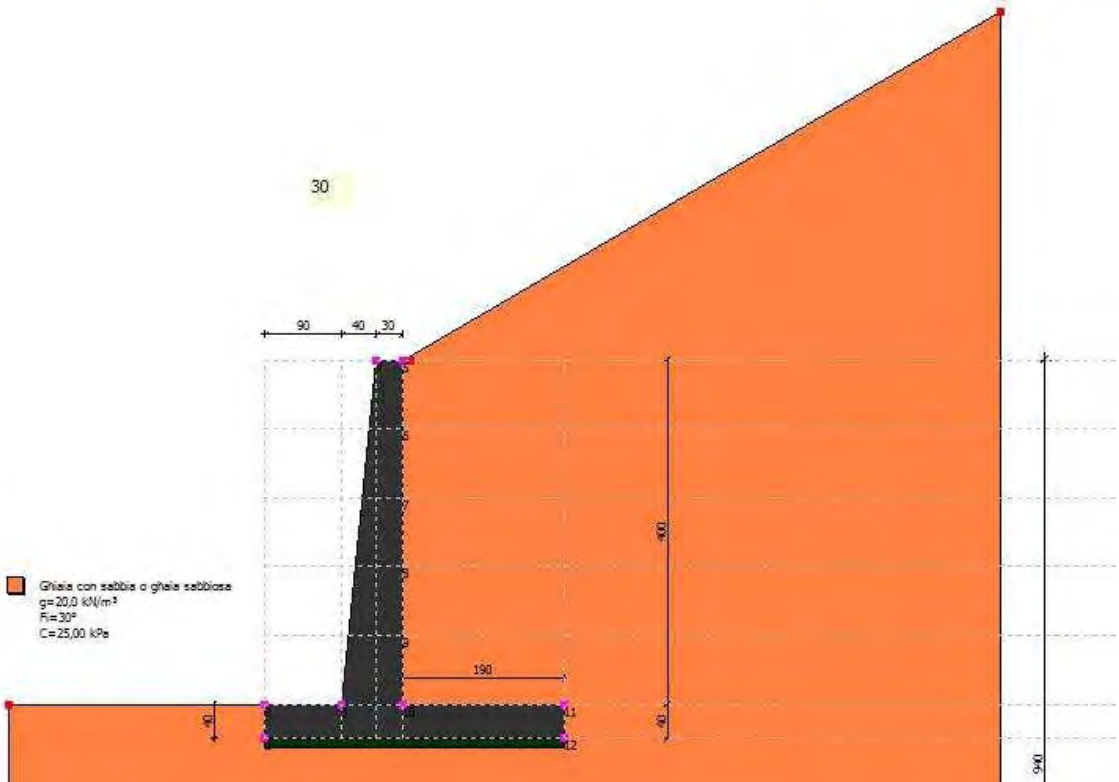
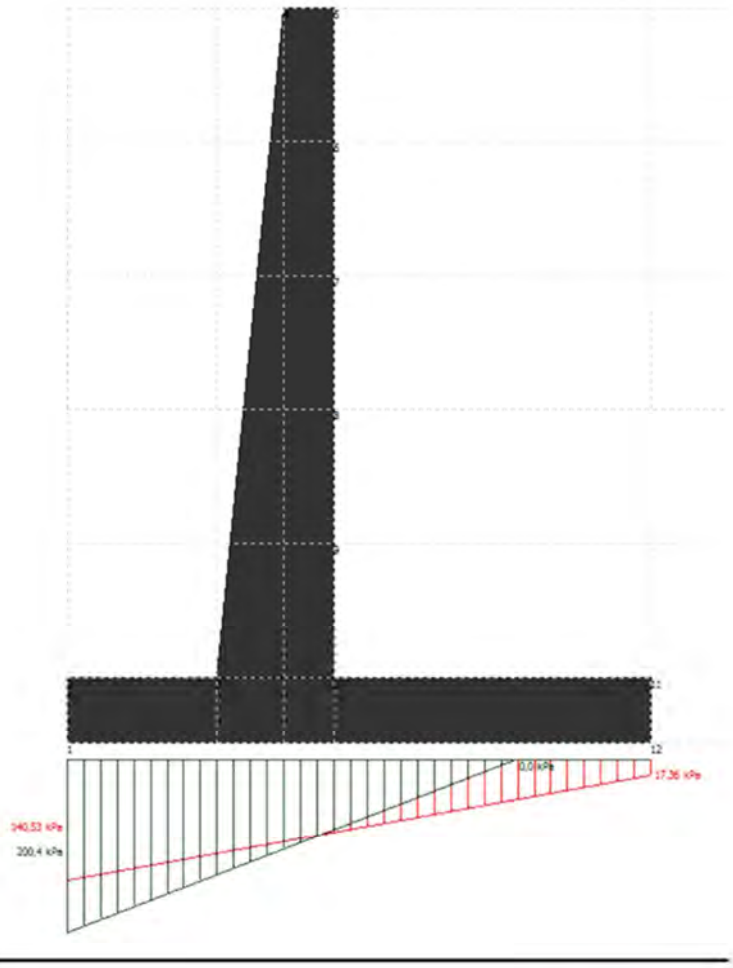
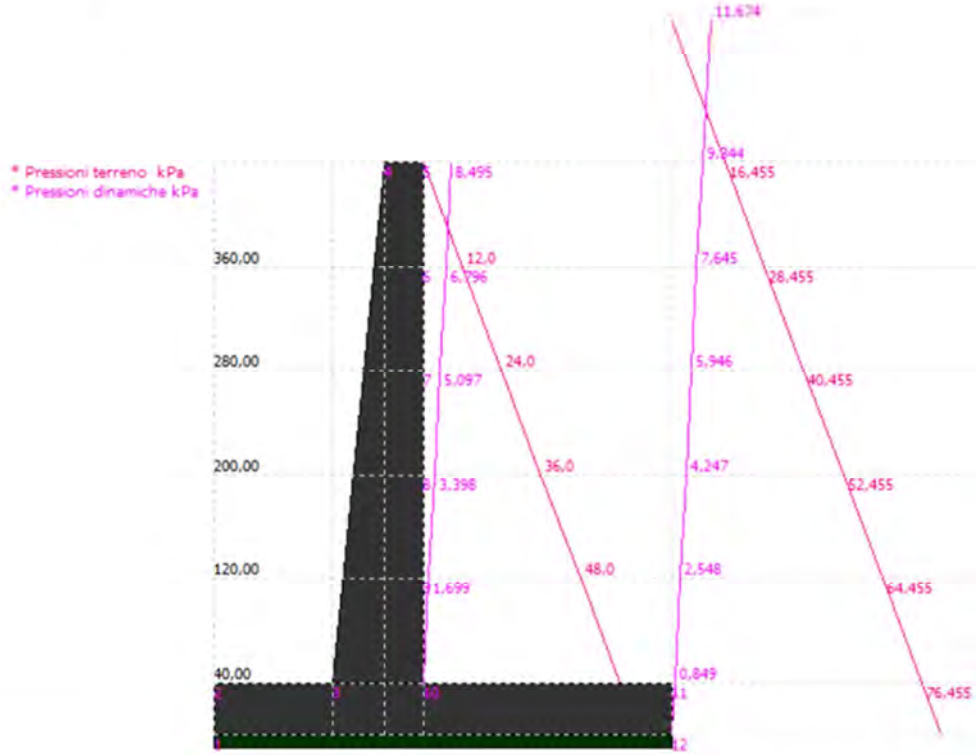


DIAGRAMMA MOMENTI kNm
320,00
250,00
180,00
110,00
40,00
5
-98,52
2,19
6
8,83
7
18,88
8
31,27
9
45,71
11
12
-29,44

MURO CONTRORIPA H=350cm




1
12
0,0 kPa
17,36 kPa
240,52 kPa
200,4 kPa


* Pressioni terreno kPa
* Pressioni dinamiche kPa
360,00
280,00
200,00
120,00
40,00
8,495
12,0
6,796
24,0
5,097
36,0
3,398
48,0
1,699
11,624
9,244
16,455
7,645
28,455
5,946
40,455
4,247
52,455
2,548
64,455
0,849
76,455

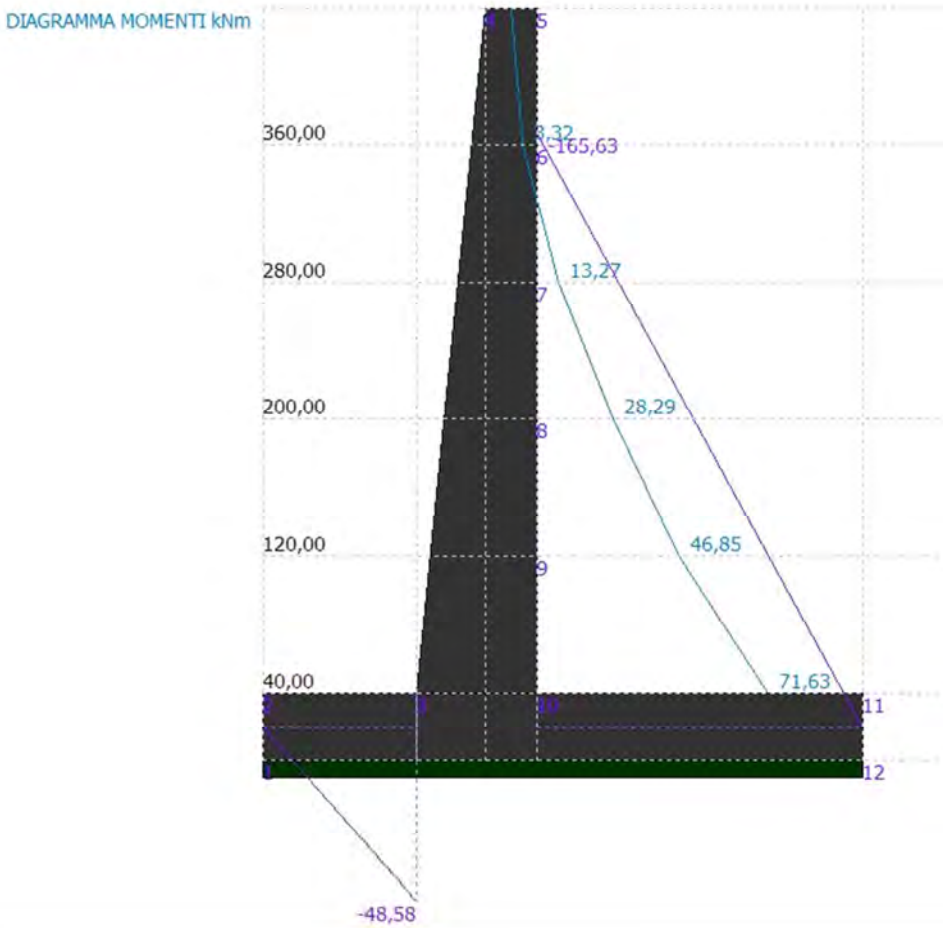
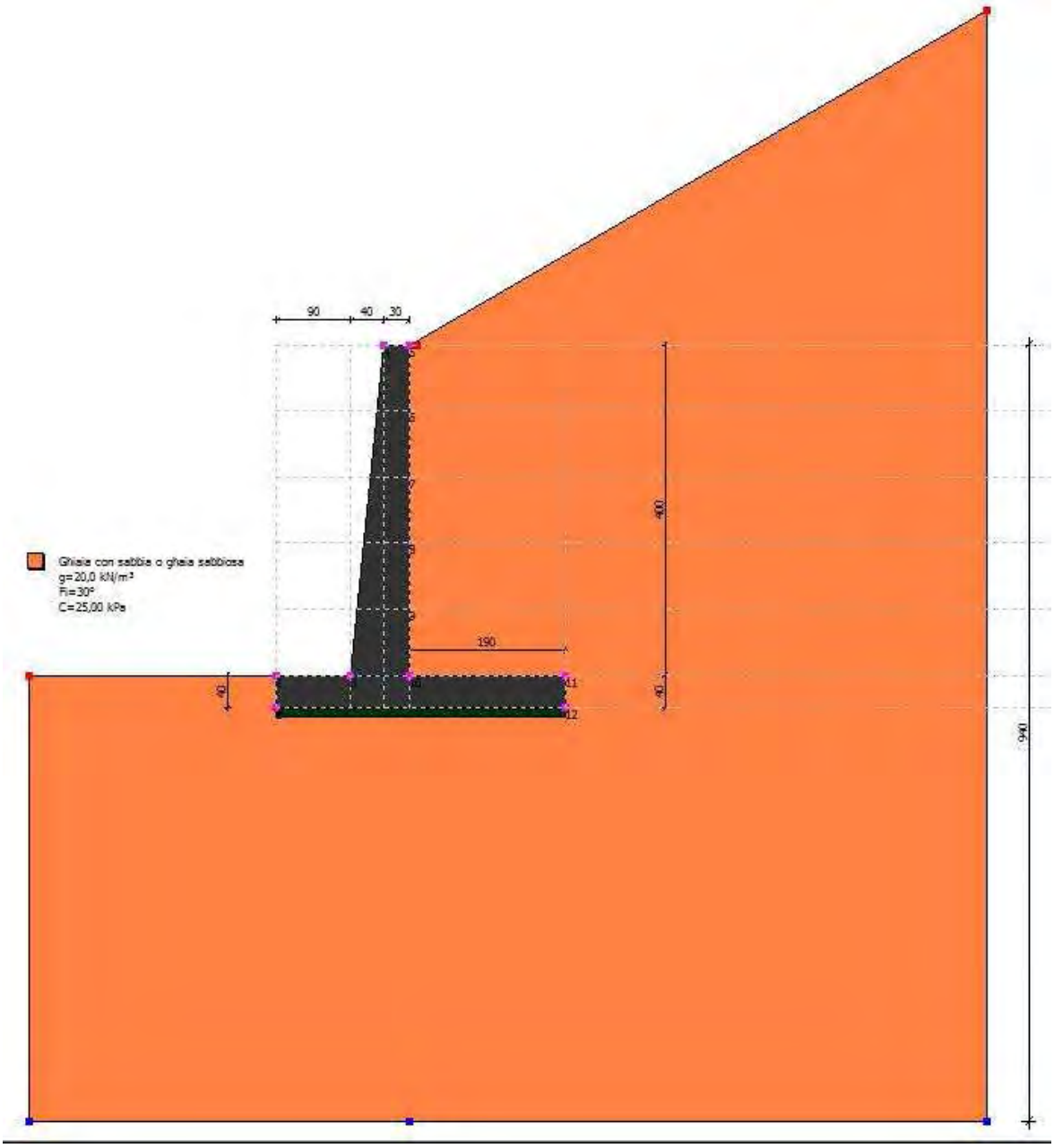
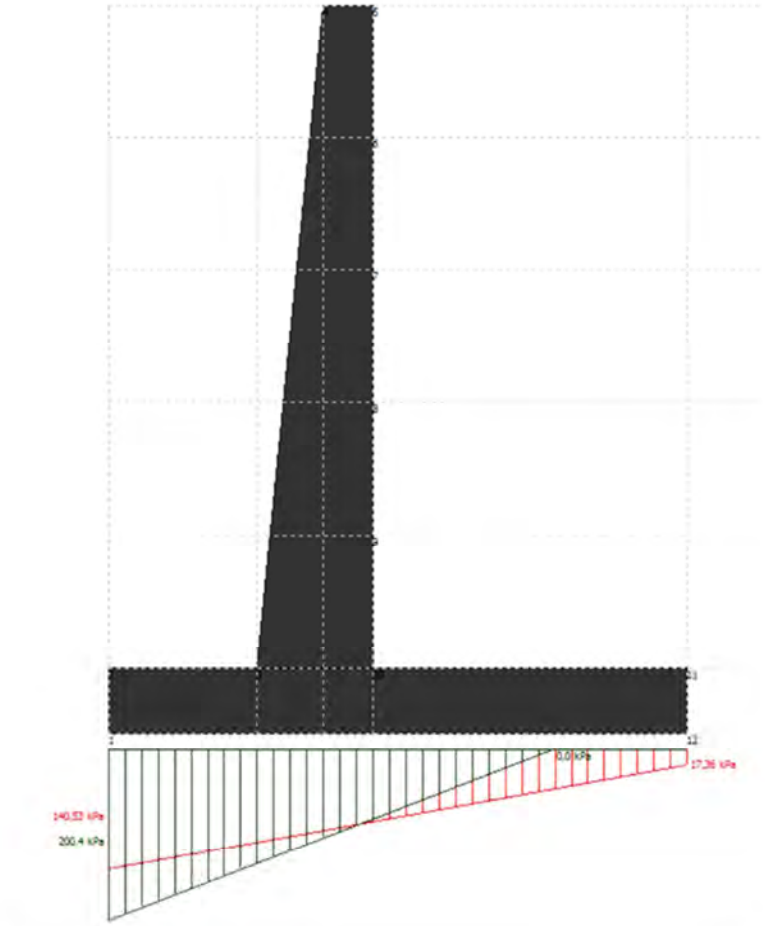
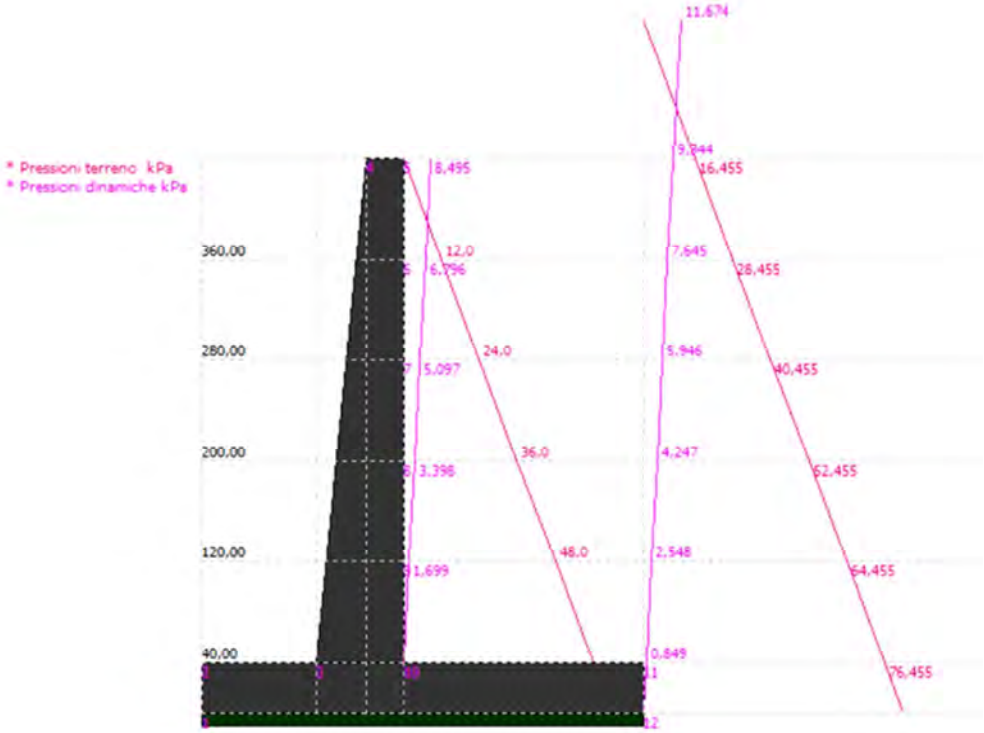


DIAGRAMMA MOMENTI kNm
360,00
280,00
200,00
120,00
40,00
5
3,32
-165,63
6
13,27
7
28,29
8
46,85
9
71,63
10
11
12
-48,58

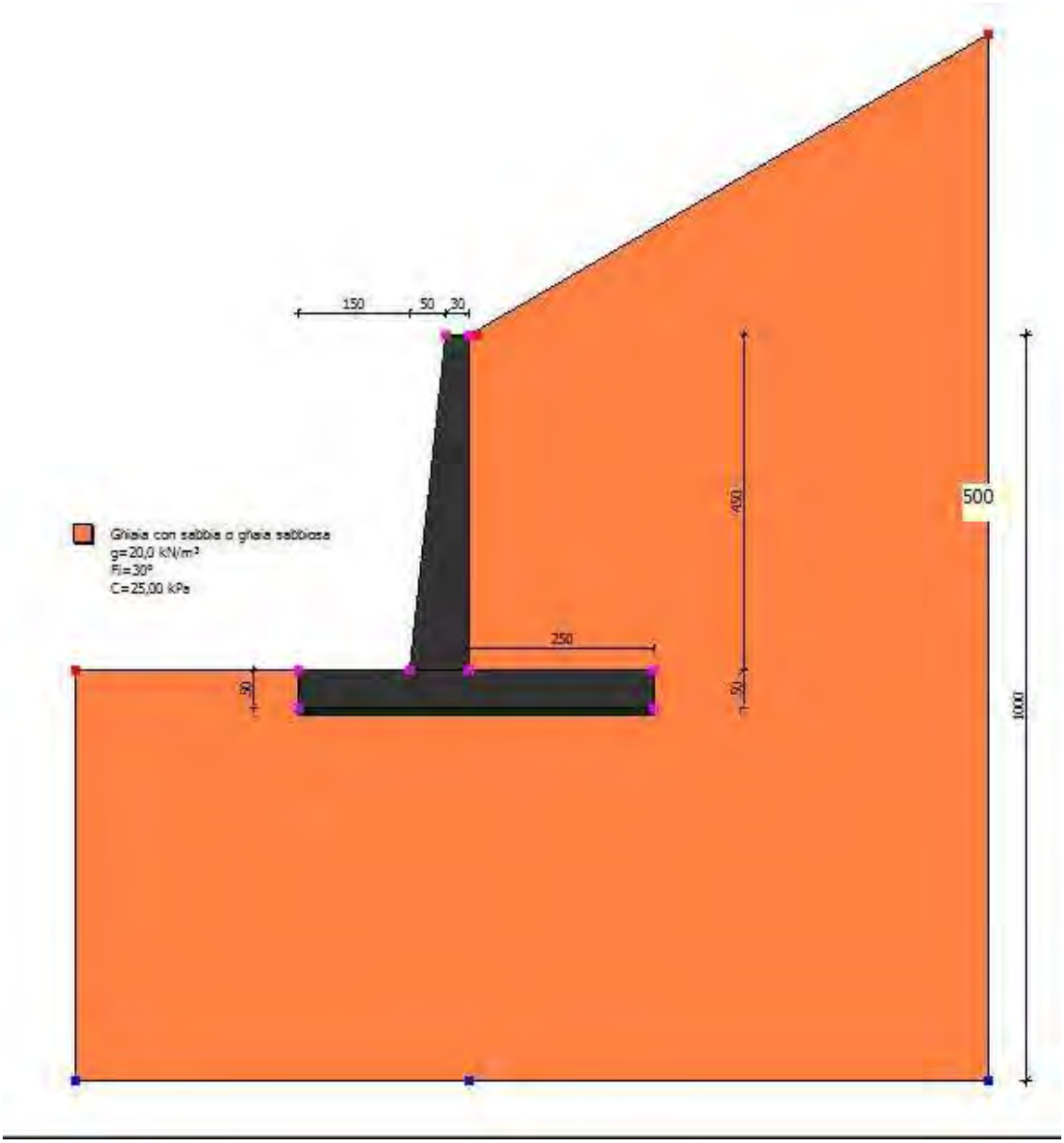
MURO CONTRORIPA H=400cm




0.0 kPa
17.36 kPa
140.53 kPa
200.4 kPa


* Pressioni terreno kPa
* Pressioni dinamiche kPa
360,00
280,00
200,00
120,00
40,00
8.495
12.0
6.796
24.0
5.097
36.0
3.398
48.0
1.699
11.674
9.244
16.455
7.645
28.455
5.946
40.455
4.247
52.455
2.548
64.455
0.849
76.455

MURO CONTRORIPA H=450cm



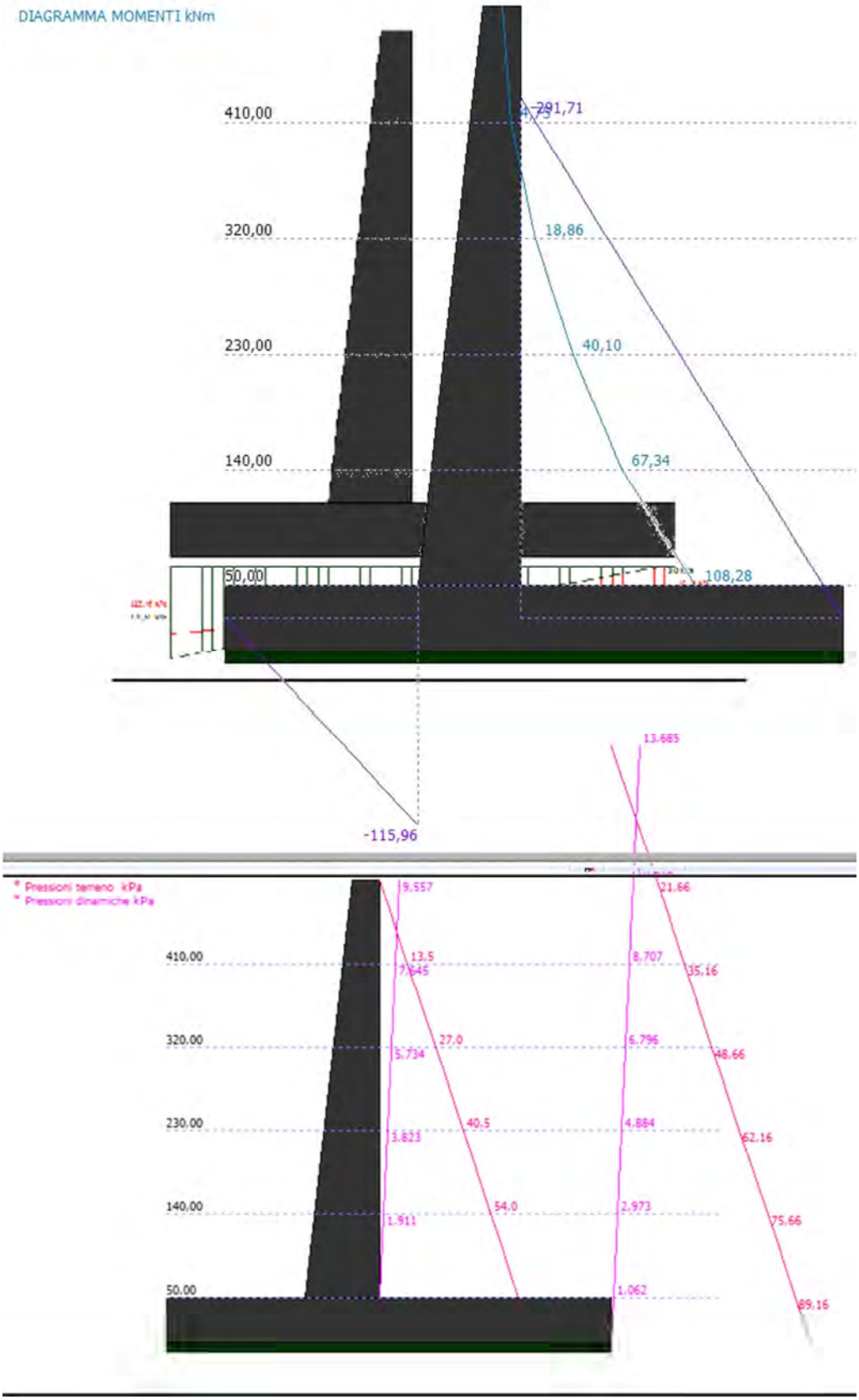
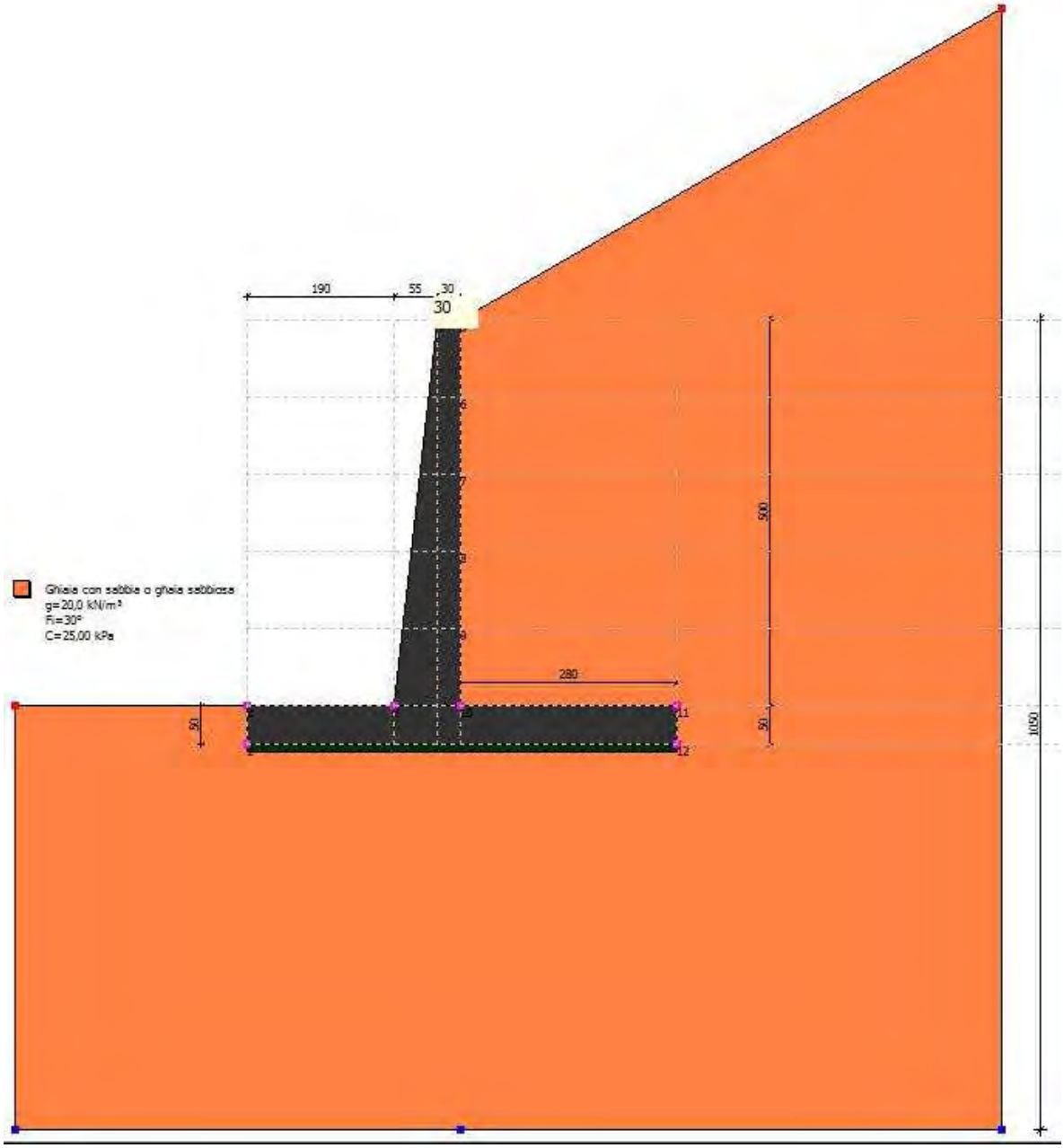
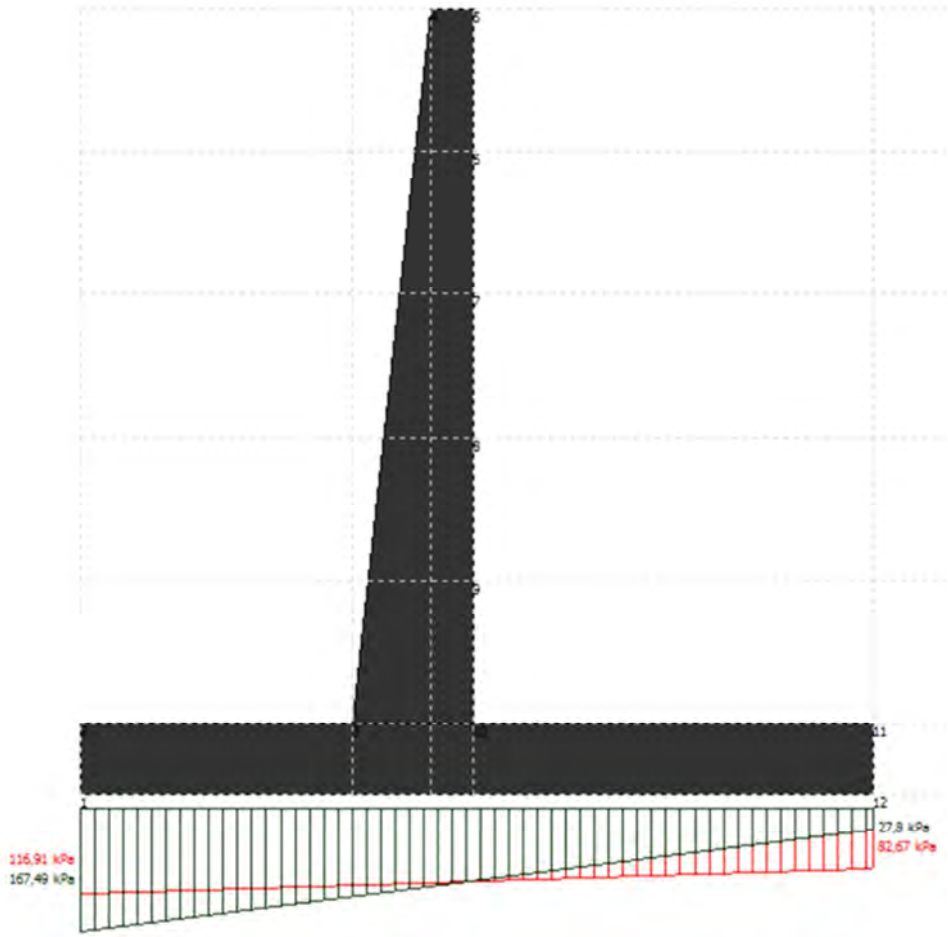
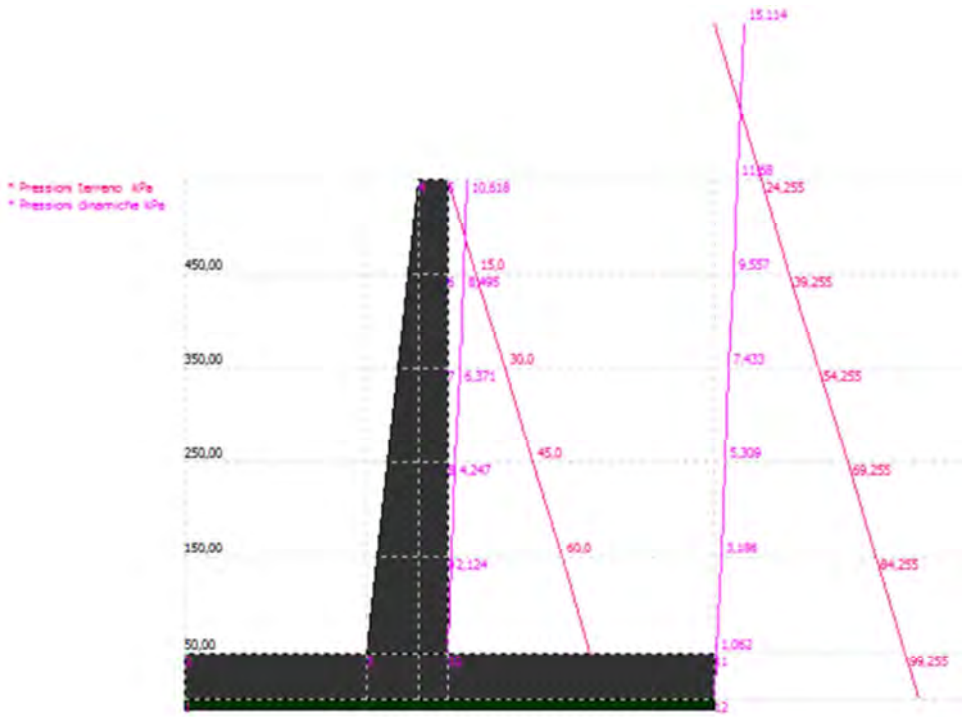


DIAGRAMMA MOMENTI kNm
410,00
320,00
230,00
140,00
50,00
-291,71
18,86
40,10
67,34
108,28
-115,96
13.685
* Pressioni terreno kPa
* Pressioni dinamiche kPa
9.557
13.5
7.645
27.0
5.734
40.5
3.823
54.0
1.911
21.66
8.707
35.16
6.796
48.66
4.884
62.16
2.973
75.66
1.062
89.16

MURO CONTRORIPA H=500cm




116,91 kPa
167,49 kPa
27,8 kPa
82,67 kPa


* Pressioni terreno kPa
* Pressioni dinamiche kPa
450,00
350,00
250,00
150,00
50,00
10,618
15,0
30,0
45,0
60,0
15,114
24,255
39,255
54,255
69,255
84,255
99,255

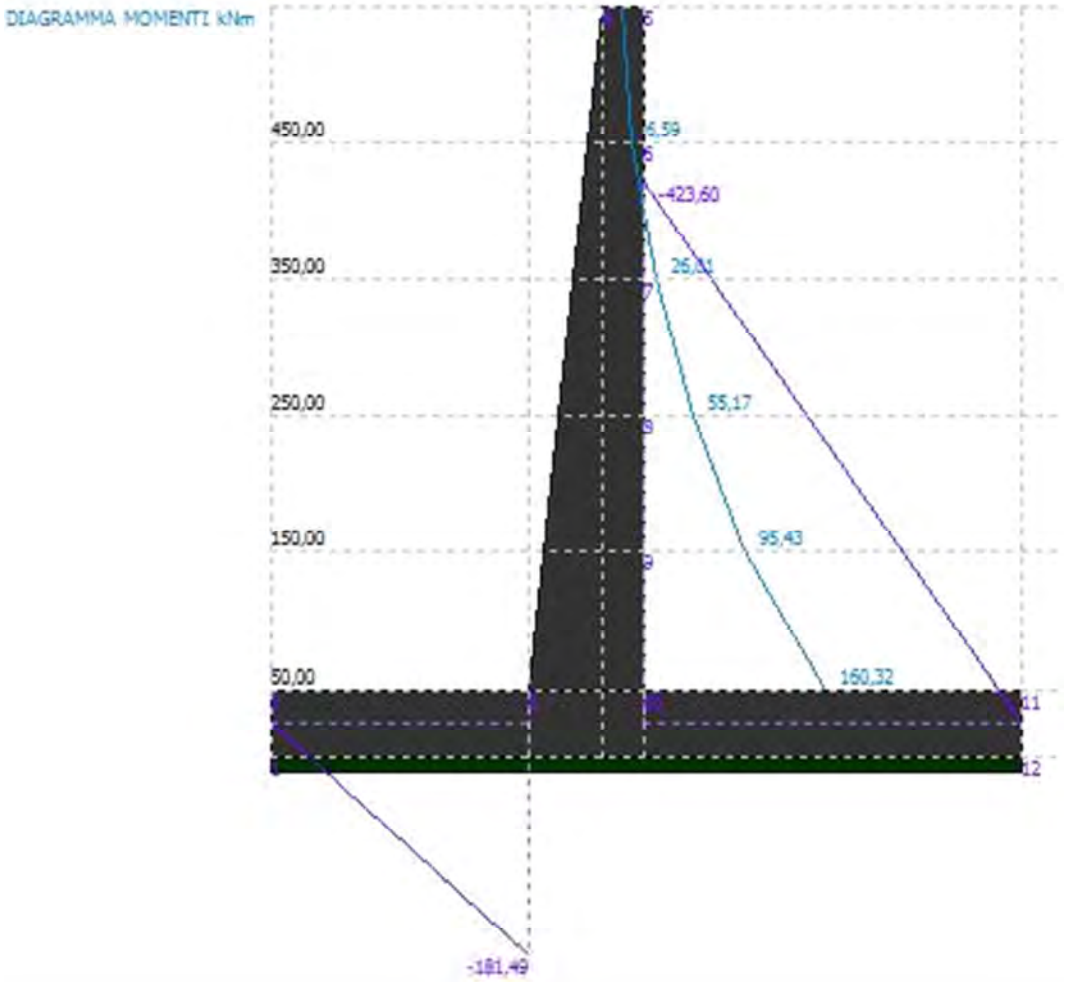
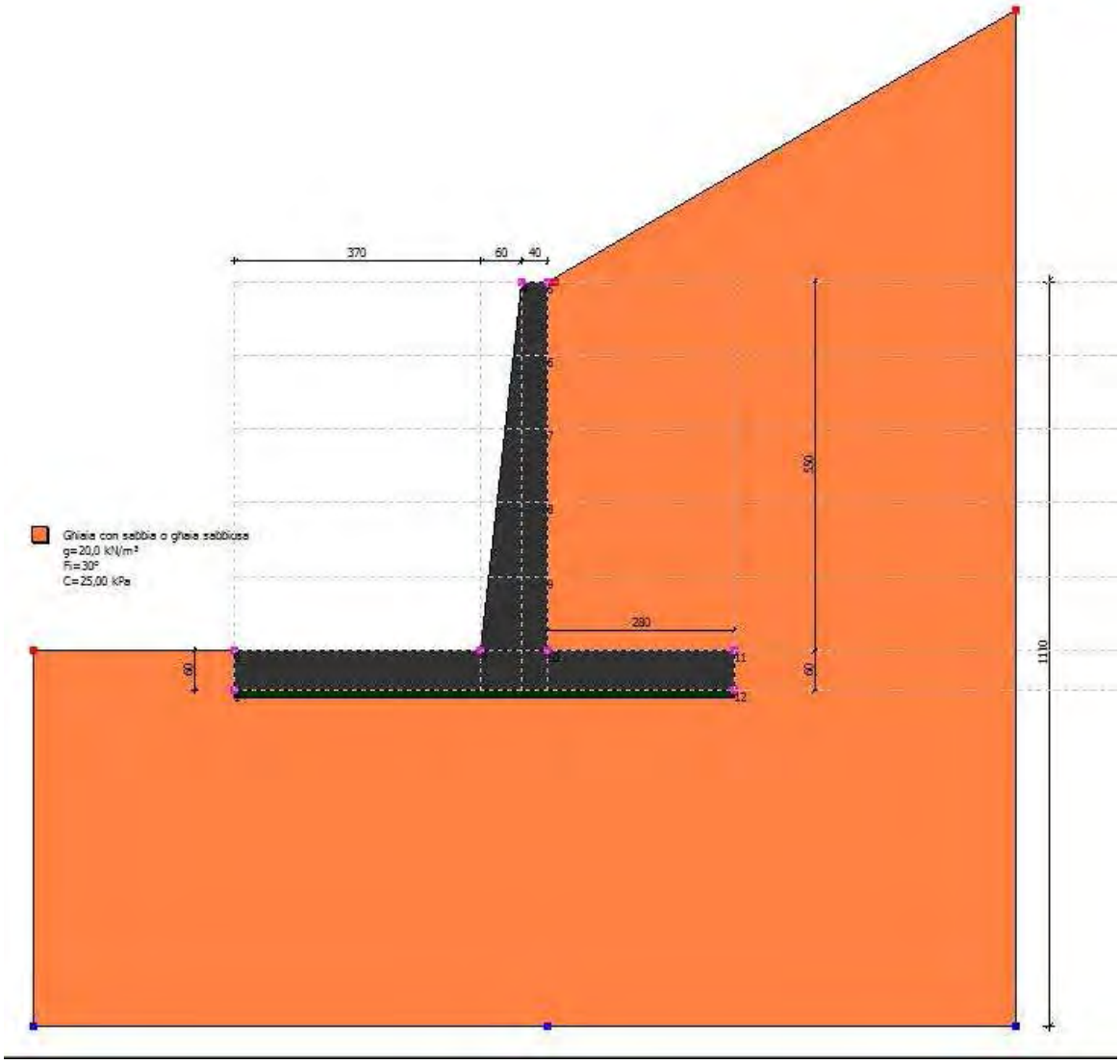


DIAGRAMMA MOMENTI kNm
450,00
350,00
250,00
150,00
50,00
-423,60
55,17
95,43
160,32
-181,49

MURO CONTRORIPA H=550cm



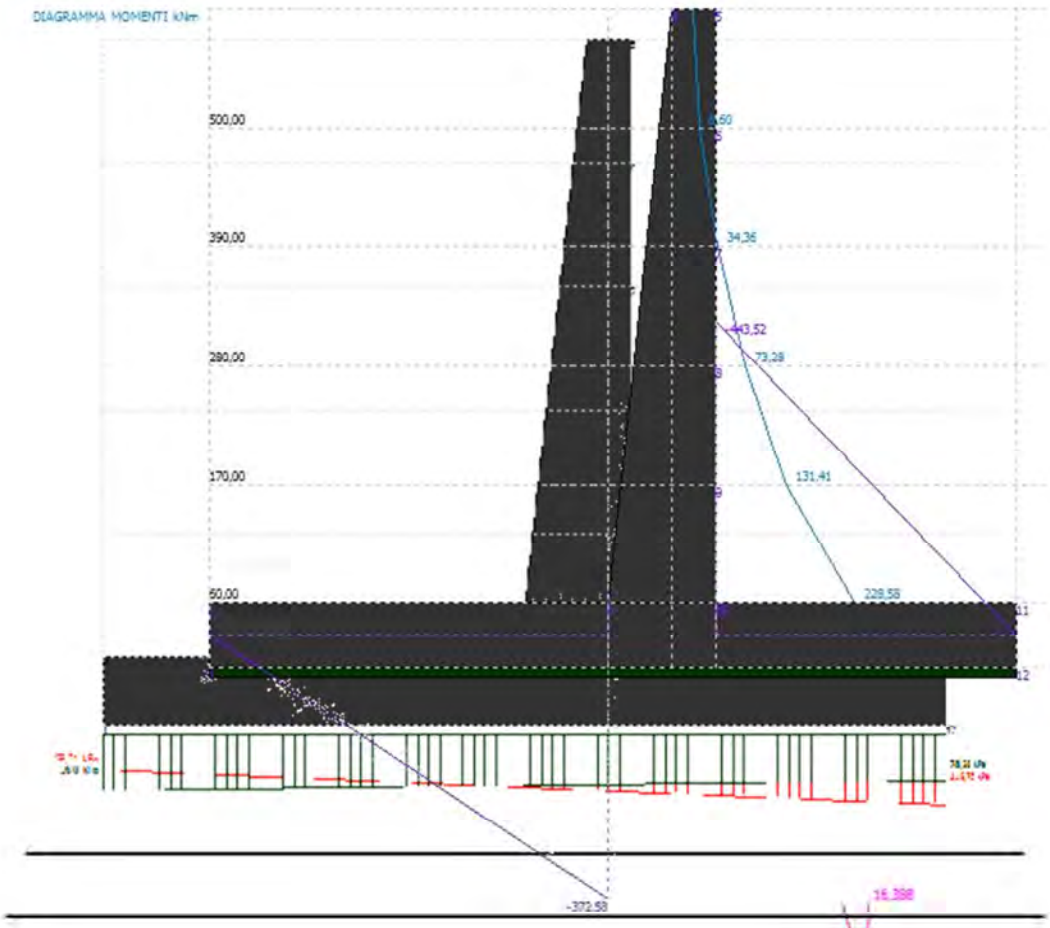
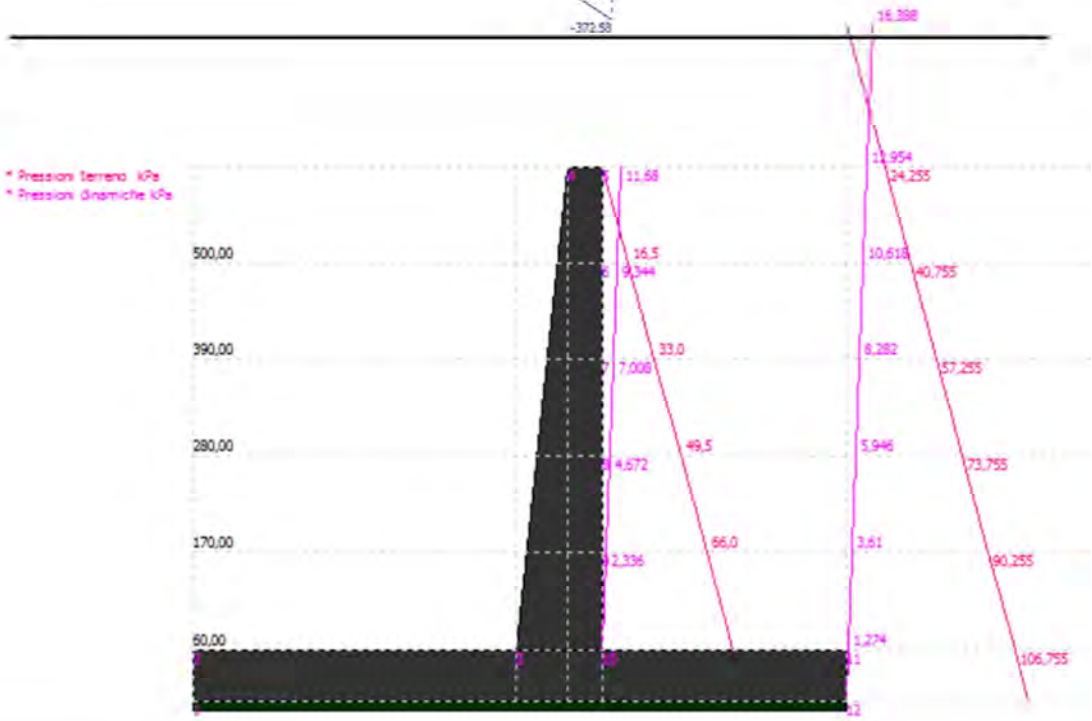
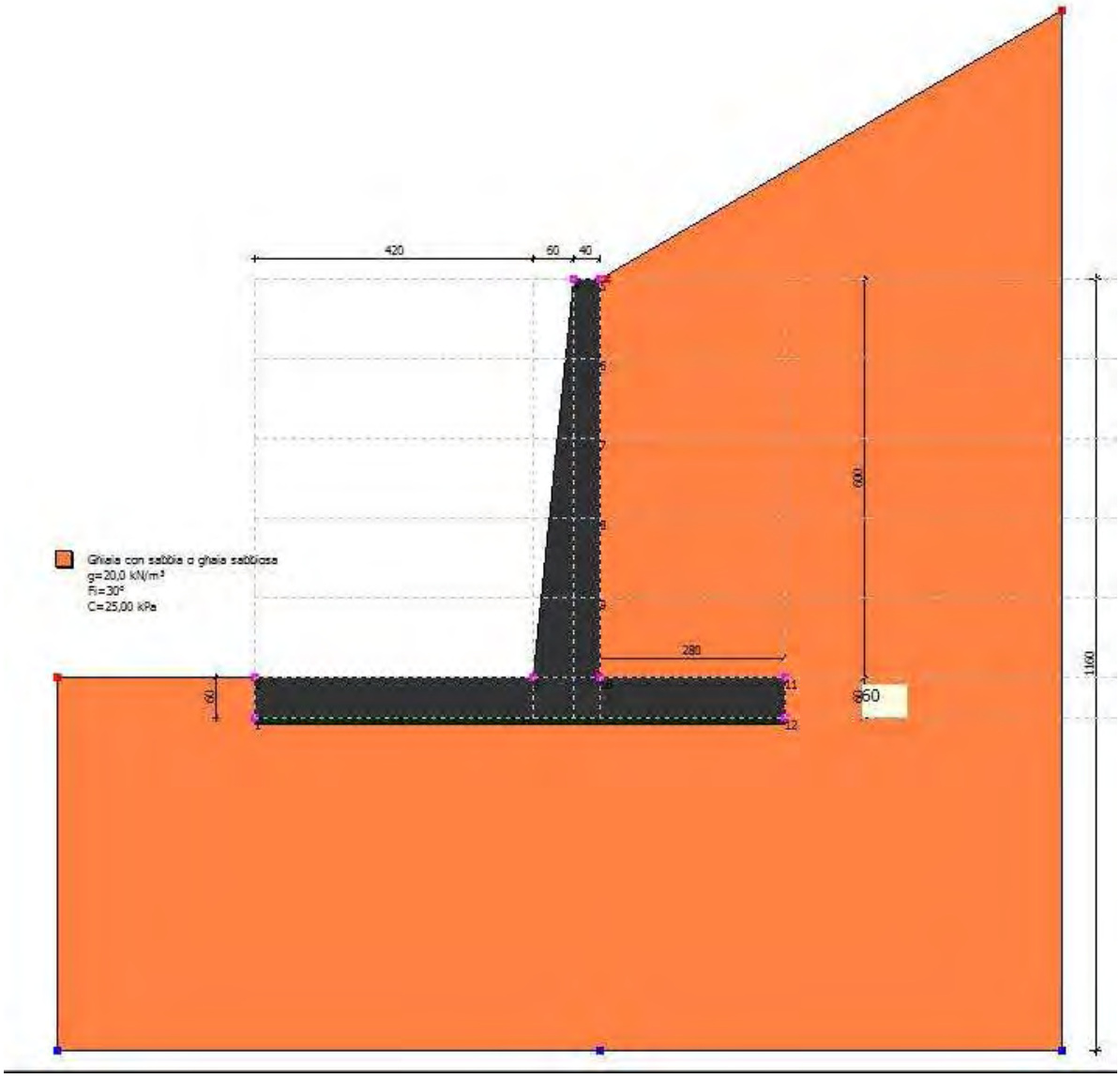
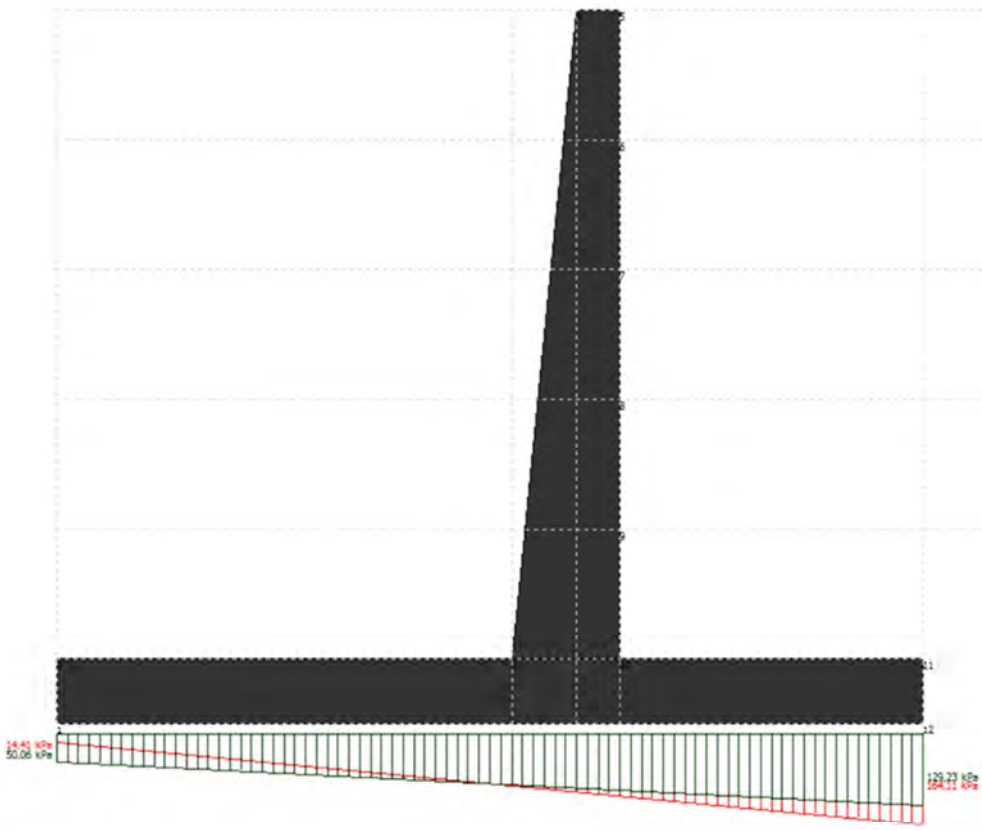


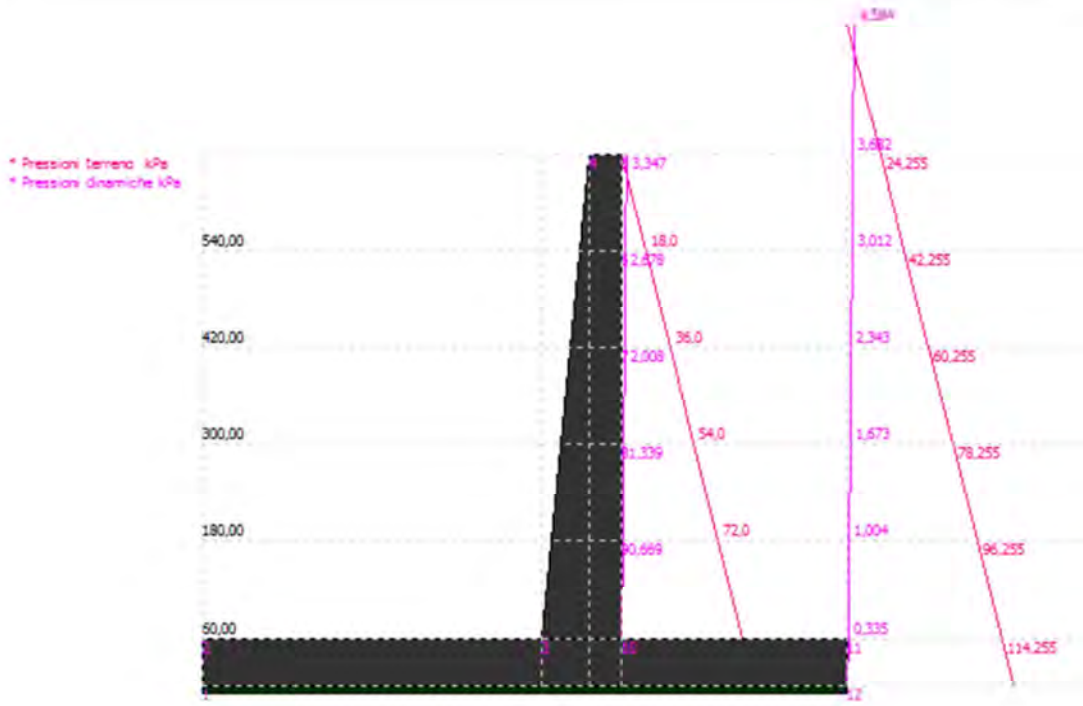
DIAGRAMMA MOMENTI kNm
500,00
390,00
280,00
170,00
60,00
34,36
43,52
73,28
131,41
228,58
-372,58


* Pressioni terreno kPa
* Pressioni dinamiche kPa
500,00
390,00
280,00
170,00
60,00
11,68
16,5
9,344
33,0
7,008
49,5
4,672
66,0
2,336
16,388
12,954
24,255
10,618
40,755
8,282
57,255
5,946
73,755
3,61
90,255
1,274
106,755

MURO CONTRORIPA H=600cm




14.41 kPa
50.06 kPa
129.23 kPa
184.11 kPa


* Pressioni terreno kPa
* Pressioni dinamiche kPa
540,00
420,00
300,00
180,00
60,00
3,347
18,0
2,678
36,0
2,008
54,0
1,339
72,0
0,669
3,682
24,255
3,012
42,255
2,343
60,255
1,673
78,255
1,004
96,255
0,335
114,255

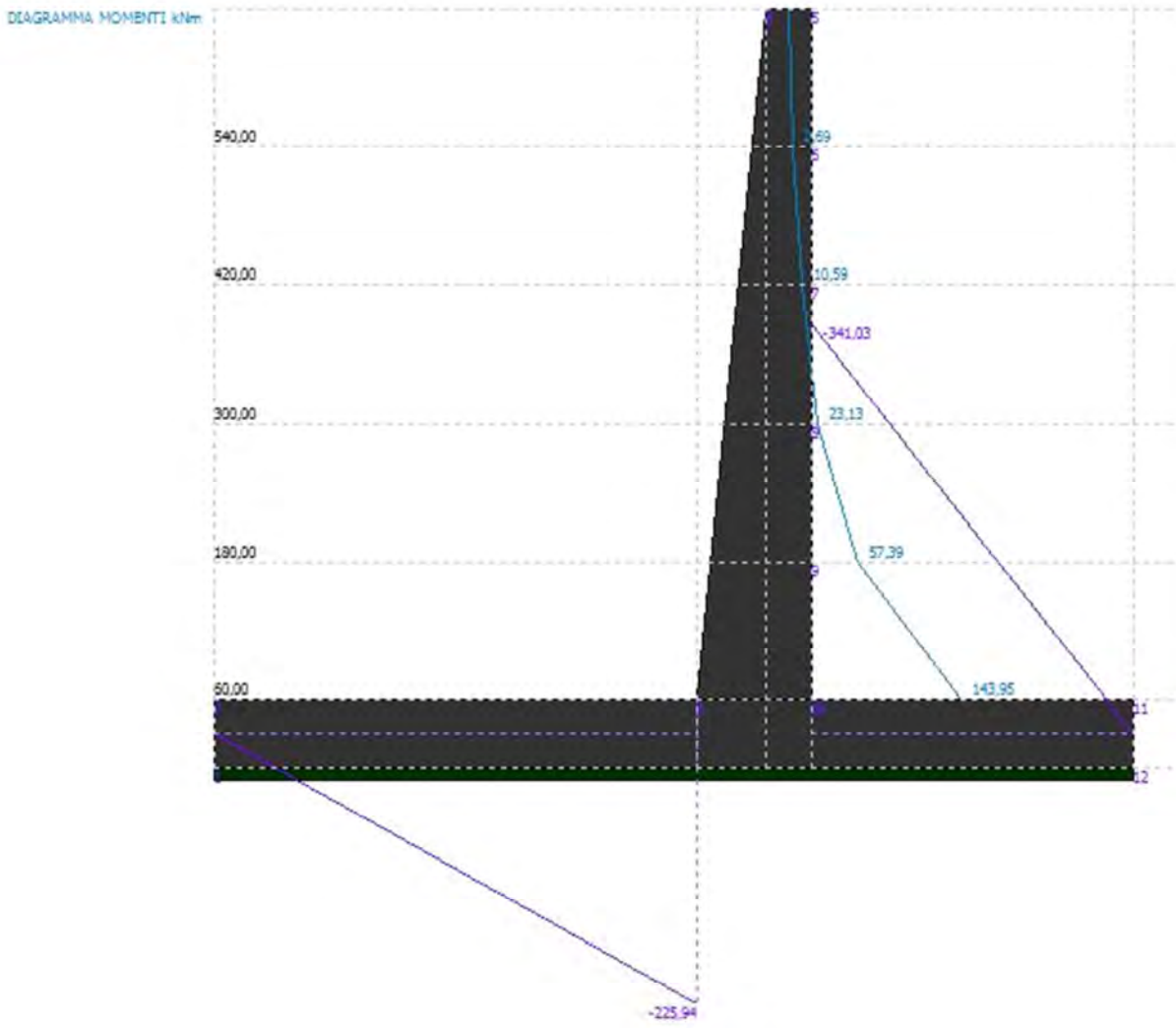
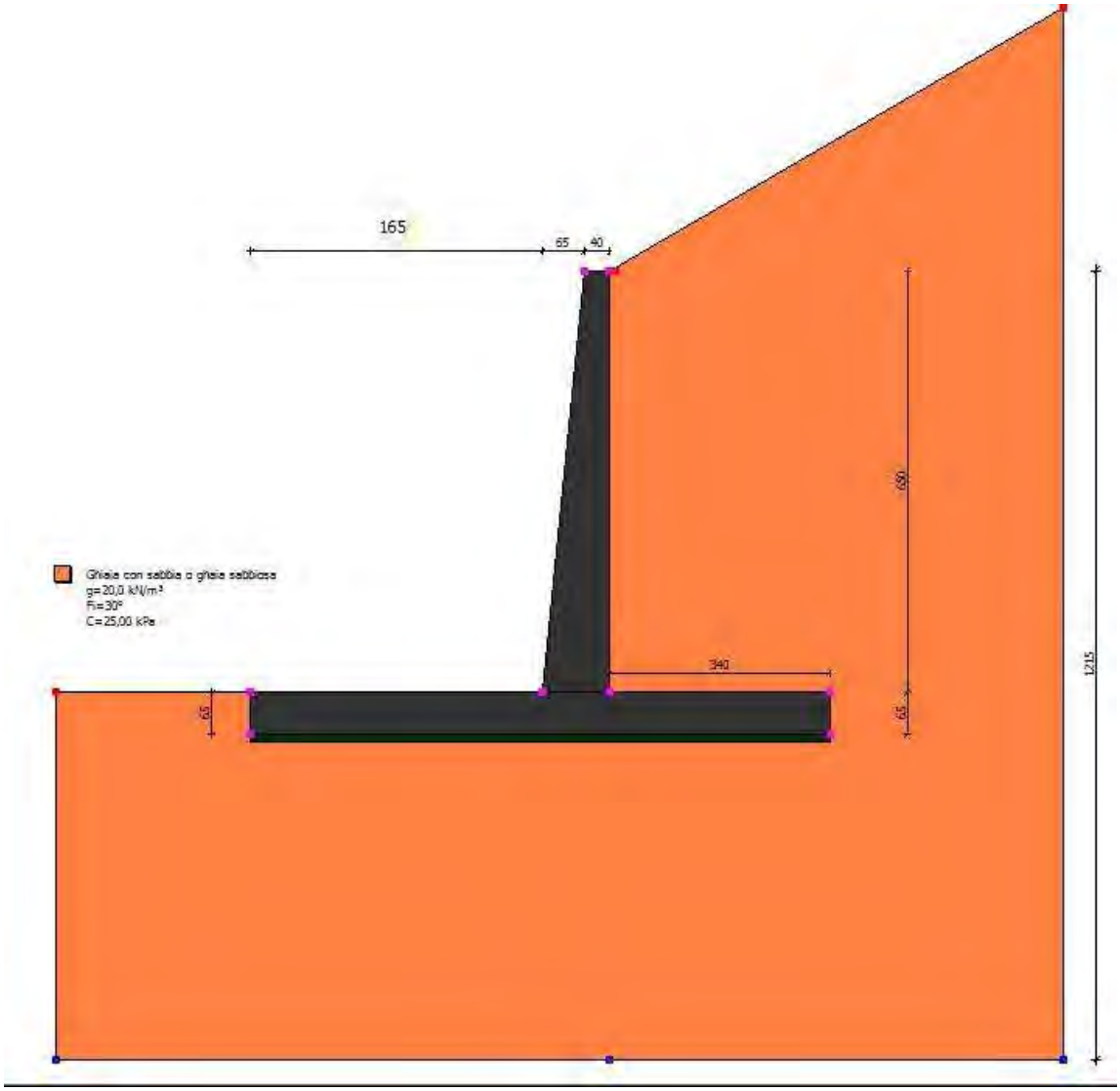
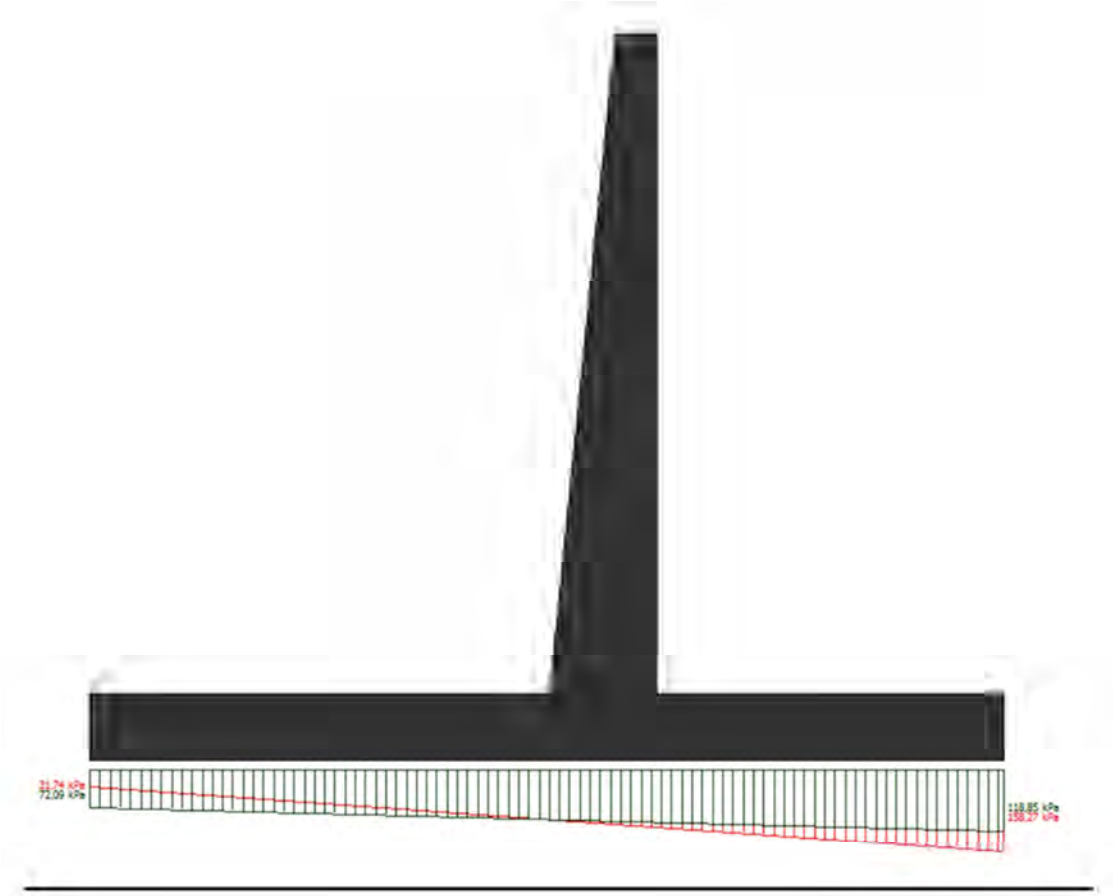
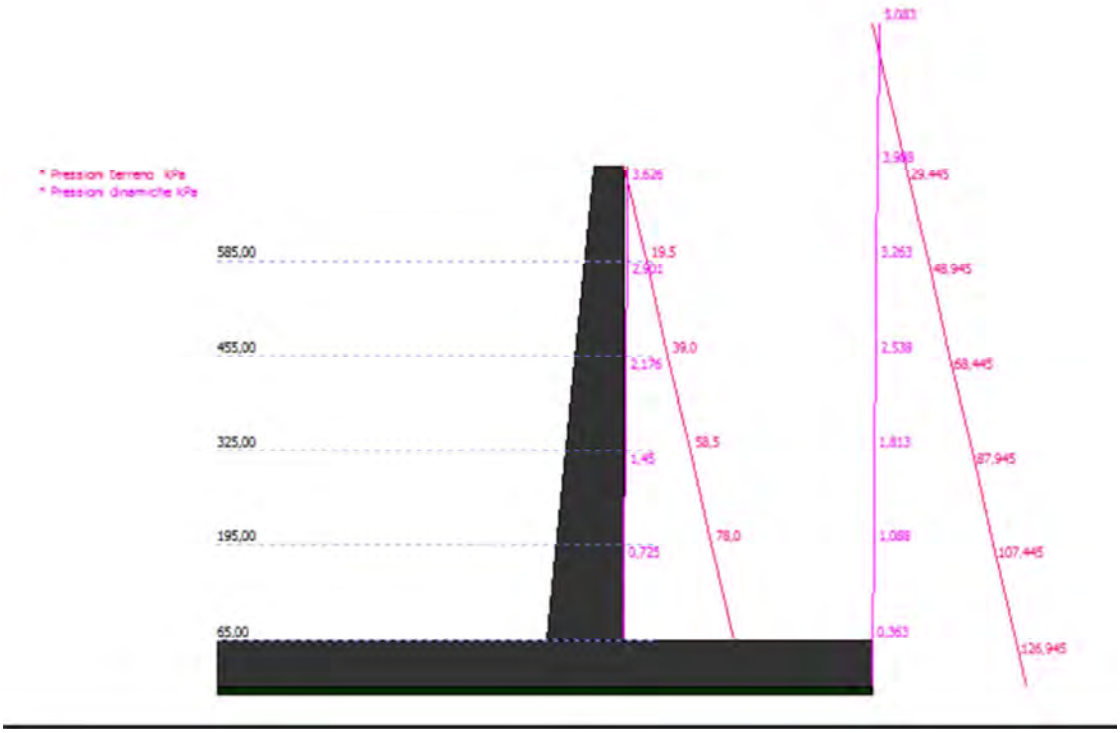


DIAGRAMMA MOMENTI kNm
540,00
420,00
300,00
180,00
60,00
10,59
-341,03
23,13
57,39
143,95
-225,94

MURO CONTRORIPA H=650cm




31.74 kPa
72.09 kPa
118.85 kPa
188.27 kPa


* Presion terreno kPa
* Presion dinamicha kPa
585,00
455,00
325,00
195,00
65,00
3.626
19.5
2.601
39.0
2.176
58.5
1.45
78.0
0.725
5.083
3.263
48.945
2.538
68.445
1.813
87.945
1.088
107.445
0.363
126.945

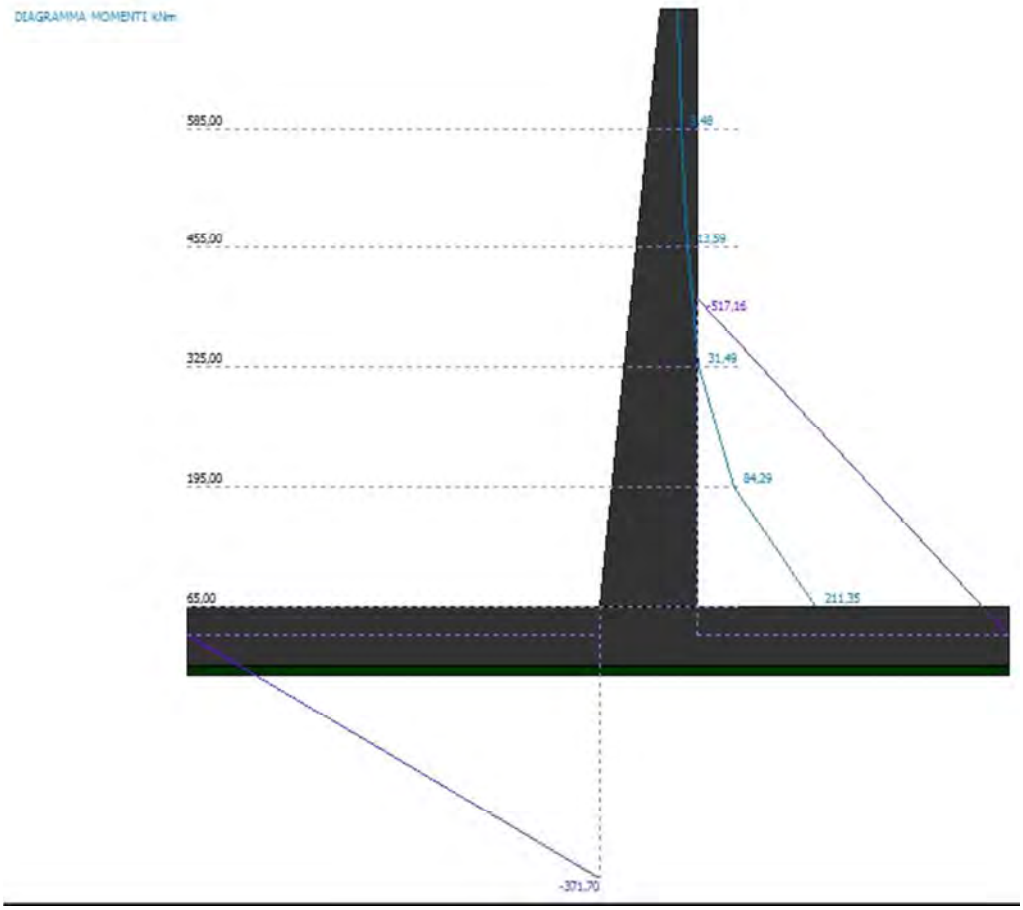
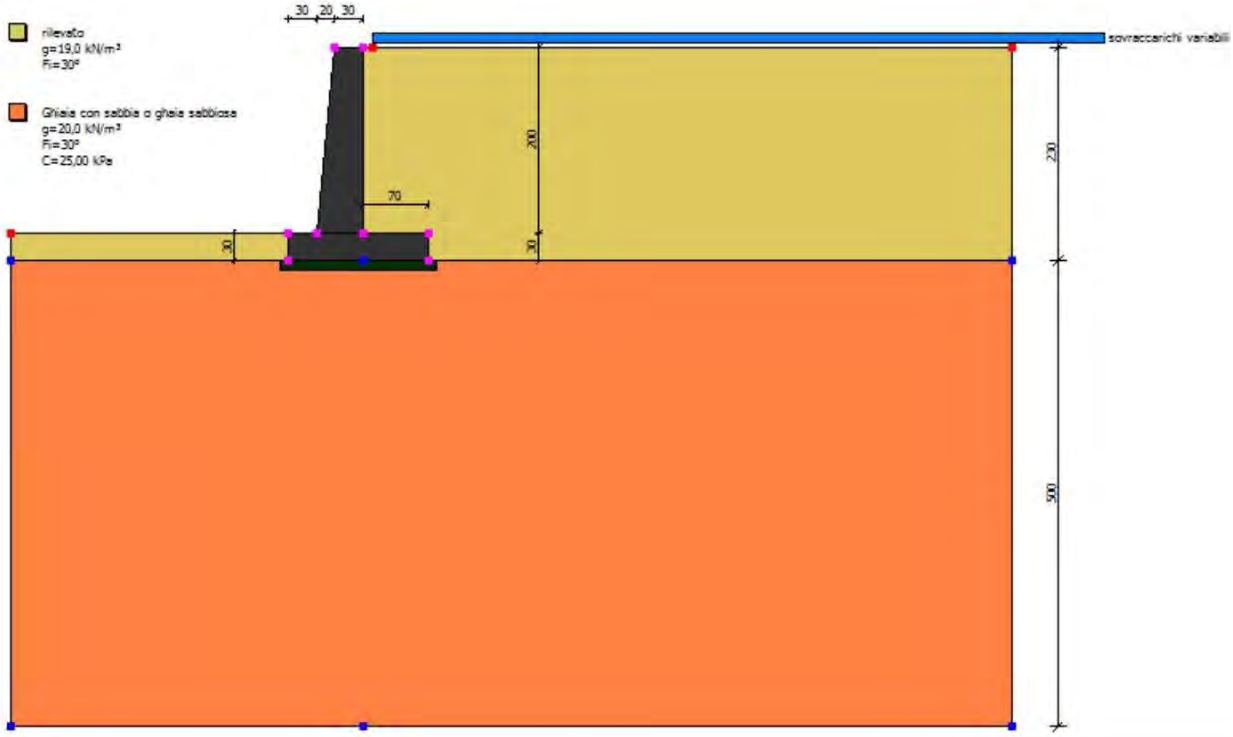
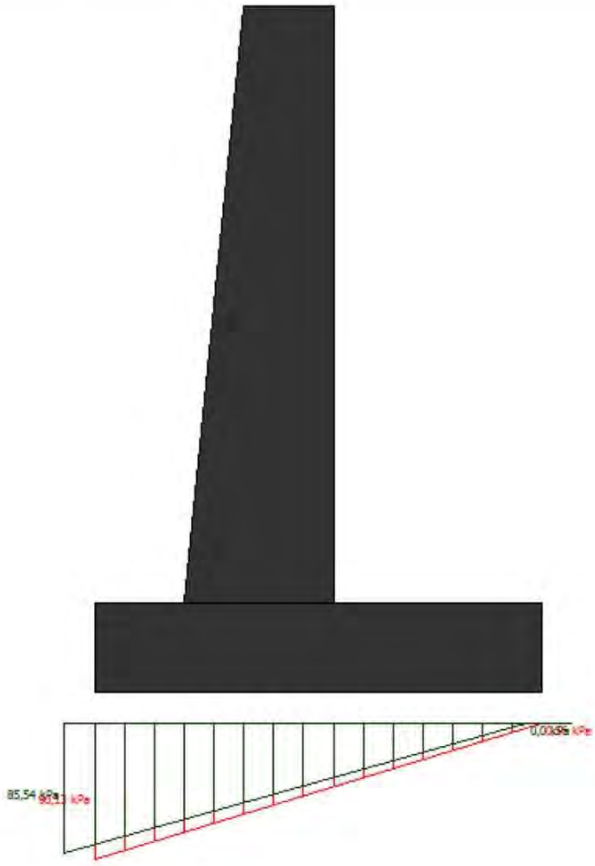
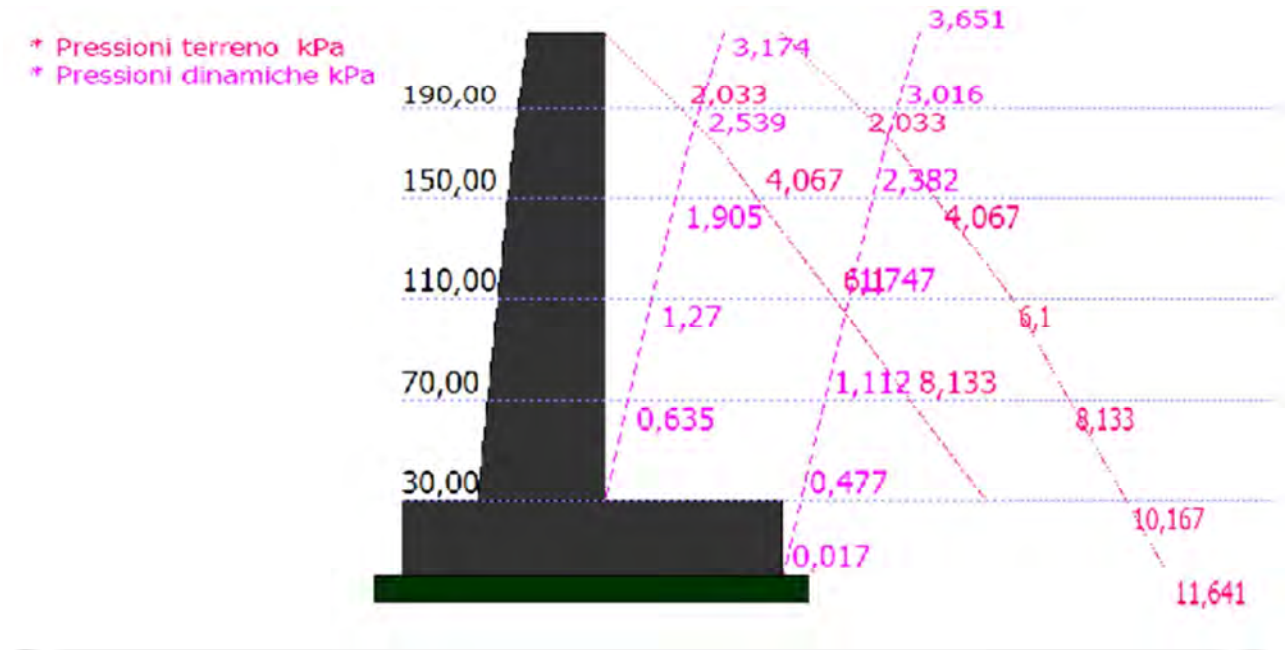


DIAGRAMMA MOMENTI kNm
585,00
455,00
325,00
195,00
65,00
-517,16
31,49
84,29
211,35
-371,70

MURO SOSTEGNO H=200cm






* Pressioni terreno kPa
* Pressioni dinamiche kPa
190,00
150,00
110,00
70,00
30,00
3,651
3,174
2,033
3,016
2,539
2,033
4,067
2,382
1,905
4,067
1,747
1,27
6,1
1,112
8,133
0,635
8,133
0,477
10,167
0,017
11,641

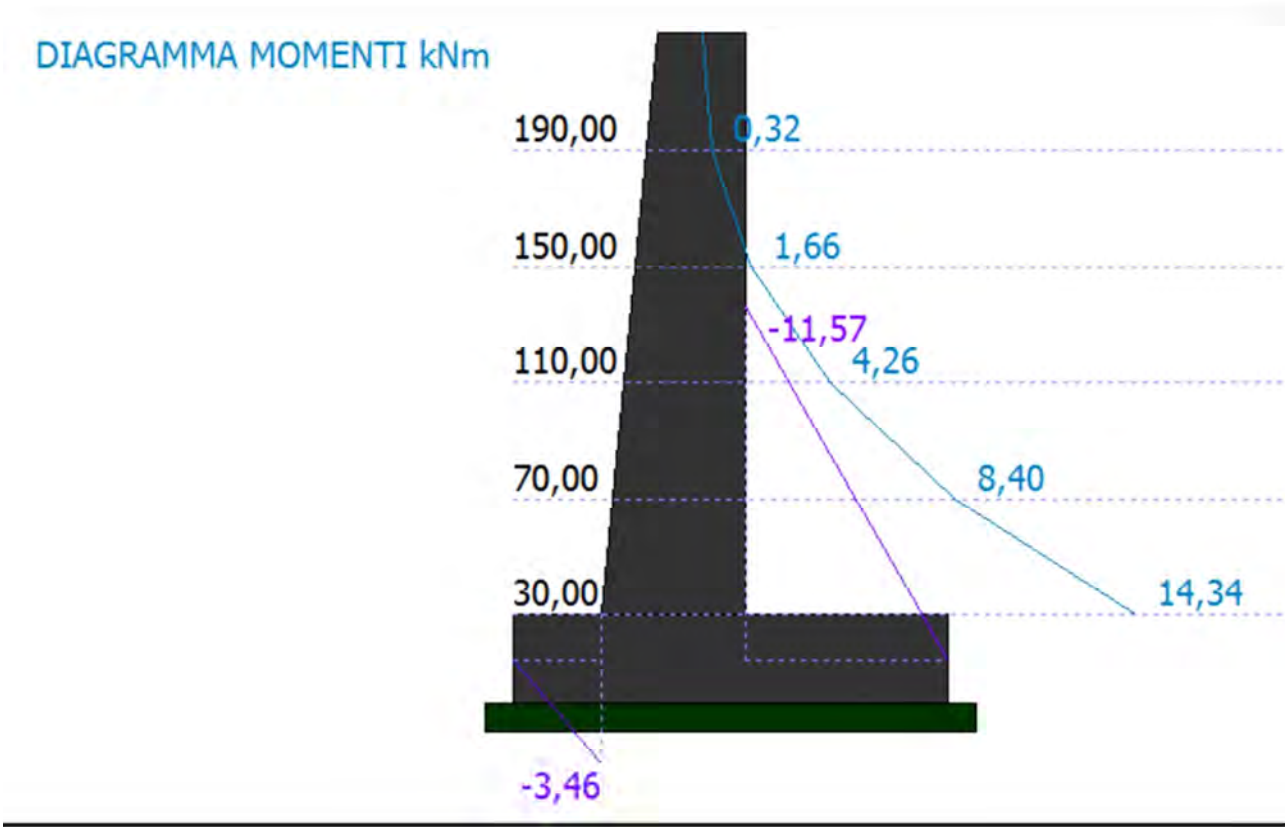
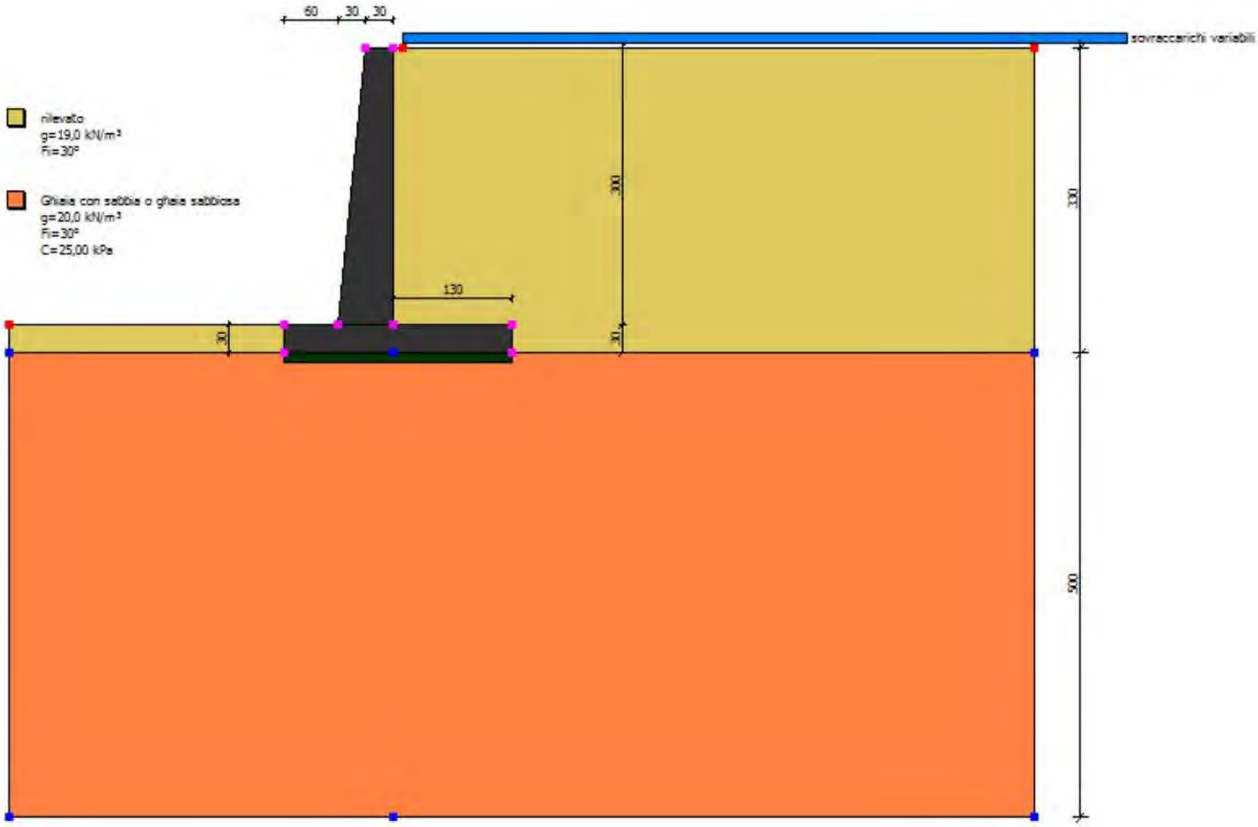
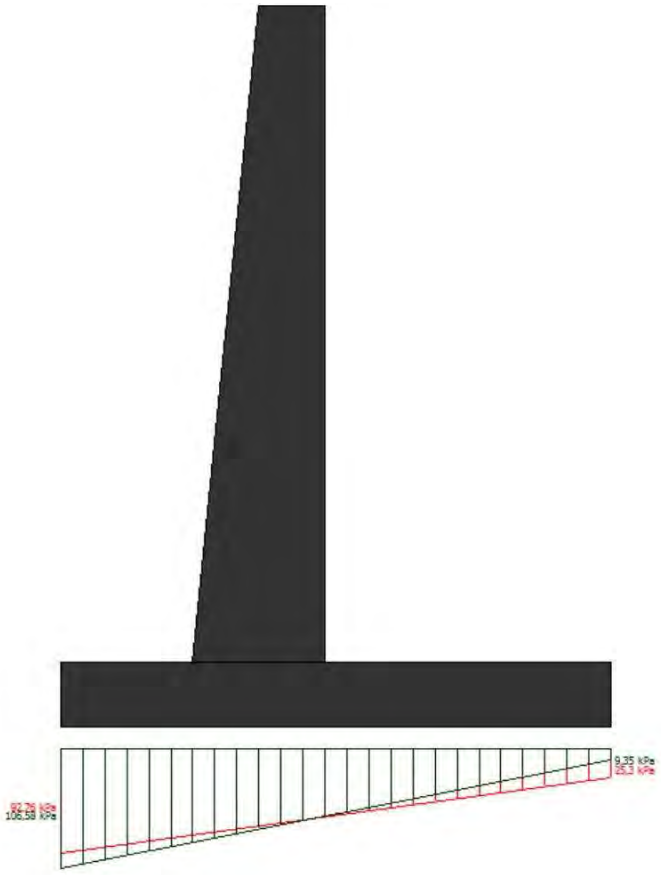
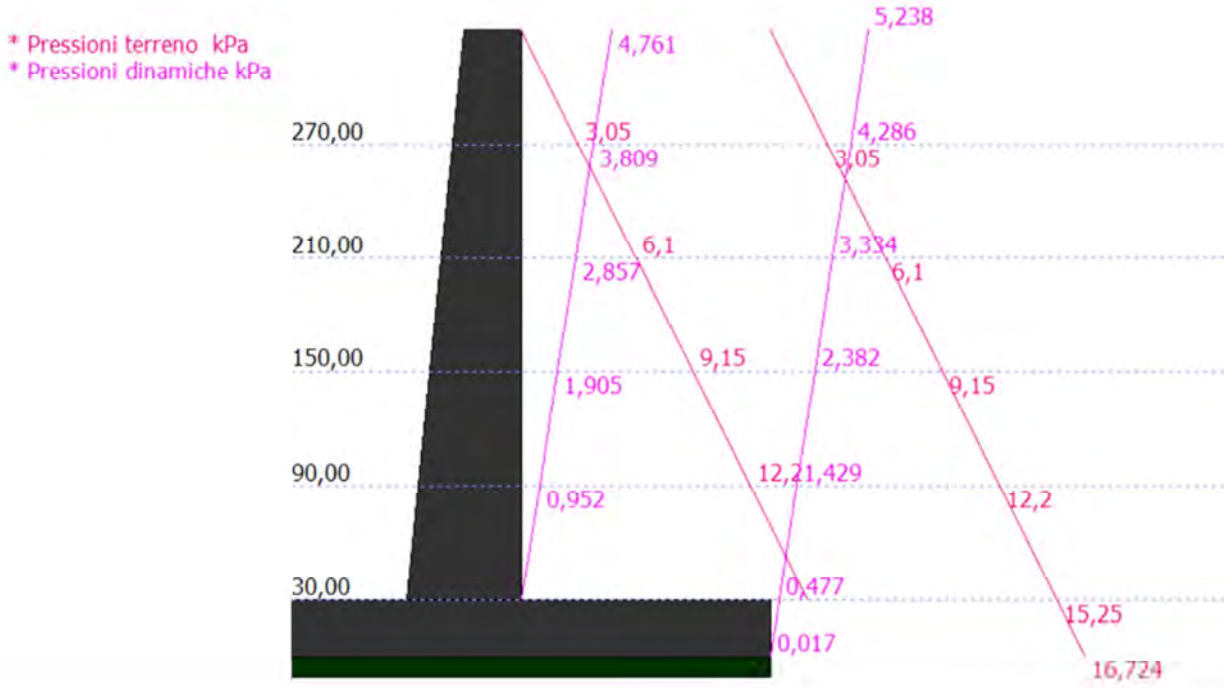


DIAGRAMMA MOMENTI kNm
190,00
150,00
110,00
70,00
30,00
0,32
1,66
-11,57
4,26
8,40
14,34
-3,46

MURO SOSTEGNO H=300cm






* Pressioni terreno kPa
* Pressioni dinamiche kPa
270,00
210,00
150,00
90,00
30,00
4,761
3,05
3,809
6,1
2,857
9,15
1,905
0,952
5,238
4,286
3,05
3,334
6,1
2,382
9,15
12,21,429
12,2
0,477
15,25
0,017
16,724

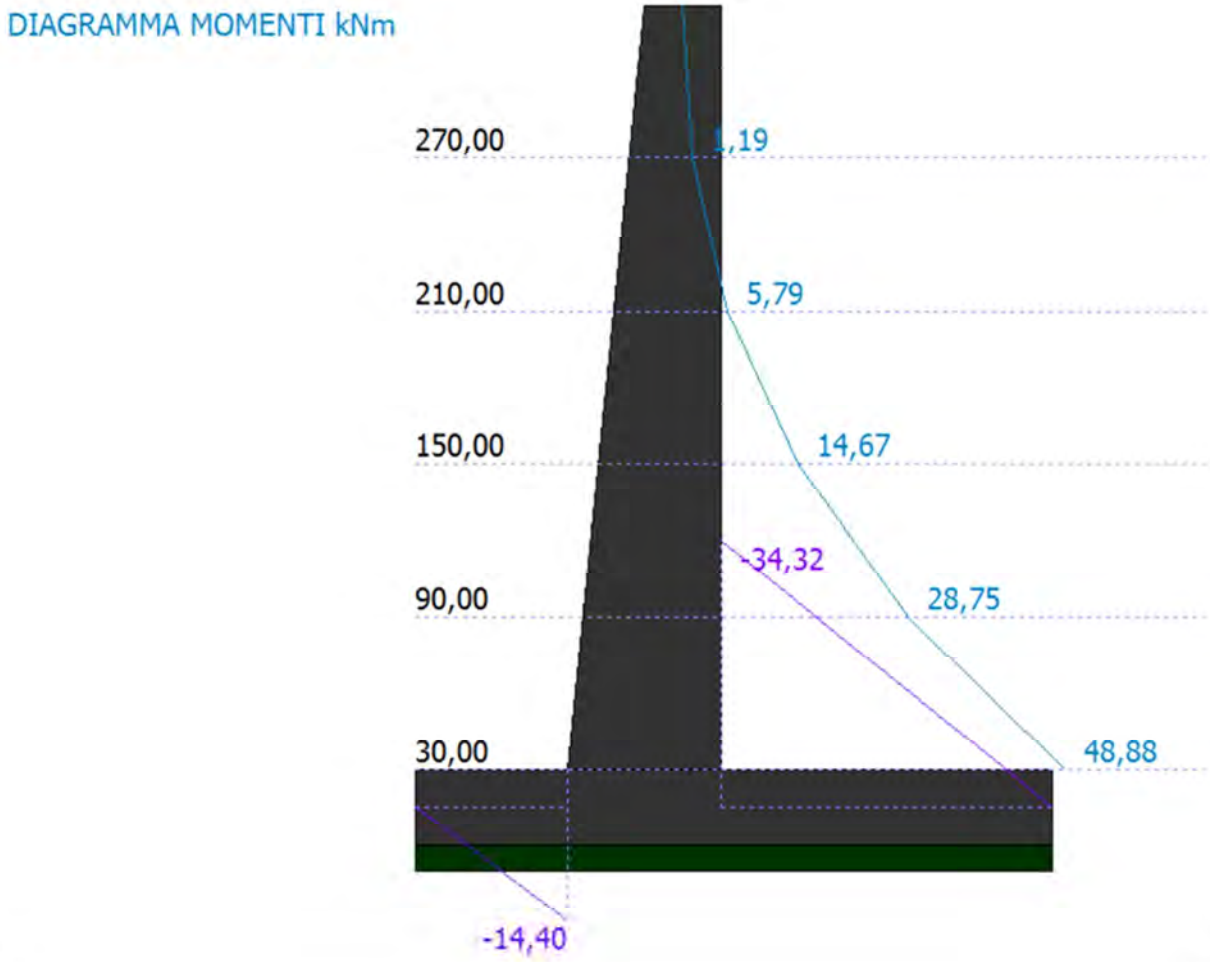
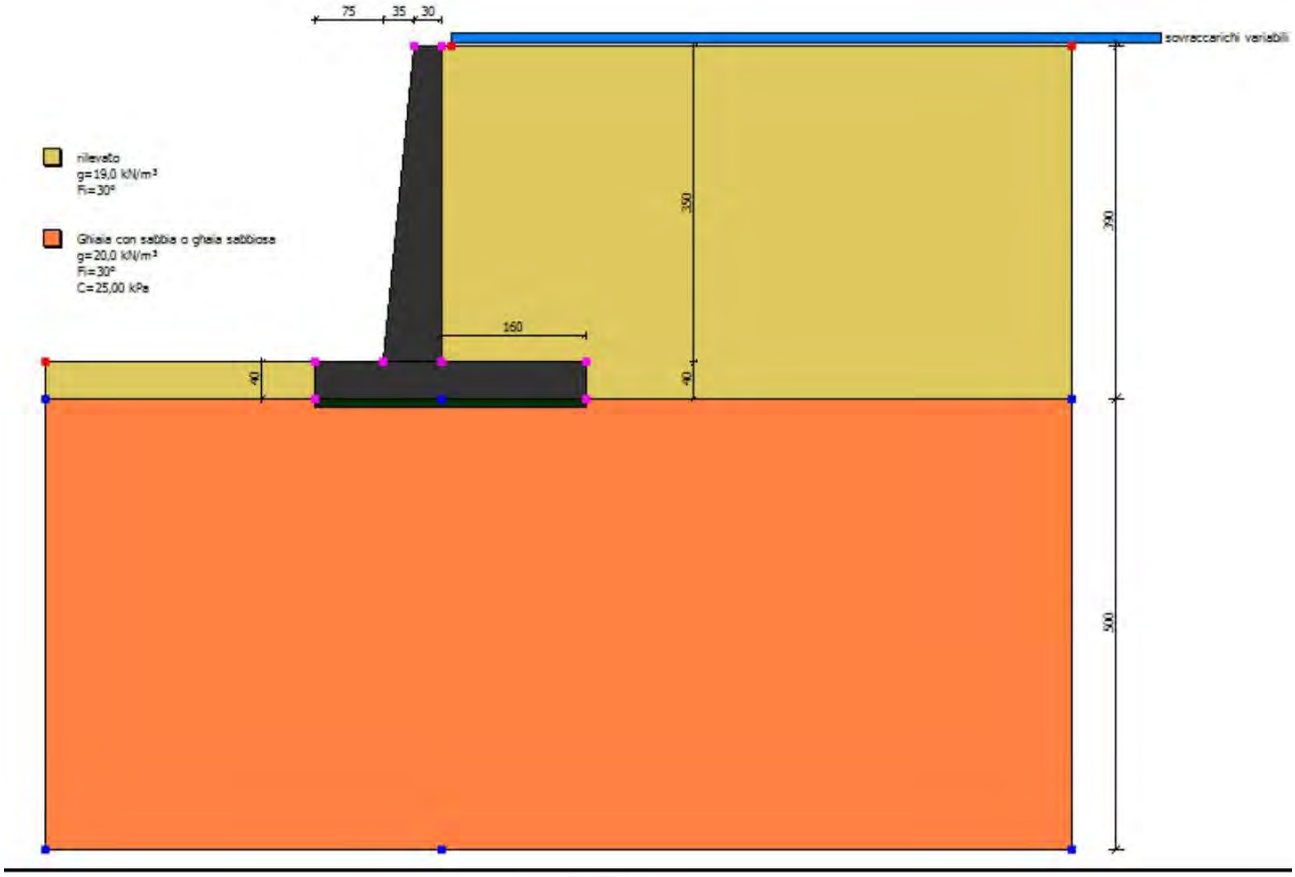
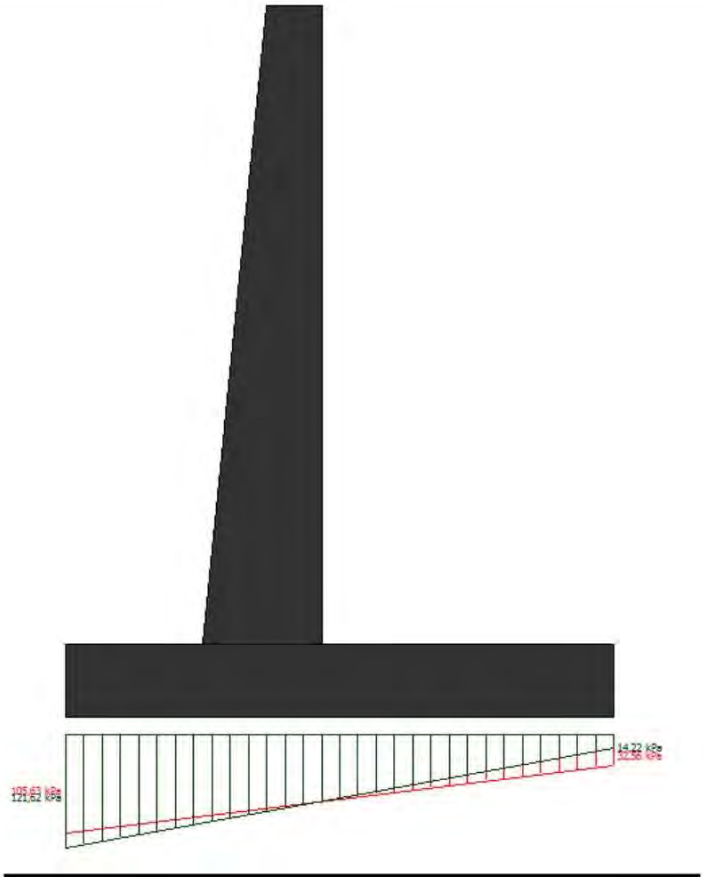


DIAGRAMMA MOMENTI kNm
270,00
210,00
150,00
90,00
30,00
1,19
5,79
14,67
-34,32
28,75
48,88
-14,40

MURO SOSTEGNO H=350cm





* Pressioni terreno kPa
* Pressioni dinamiche kPa
320,00
250,00
180,00
110,00
40,00
5,555
3,558
4,444
7,117
3,333
10,675
2,222
14,233
1,111
6,191
5,08
3,558
3,969
7,117
2,858
10,675
1,747
14,233
0,636
17,792
0,017
19,774

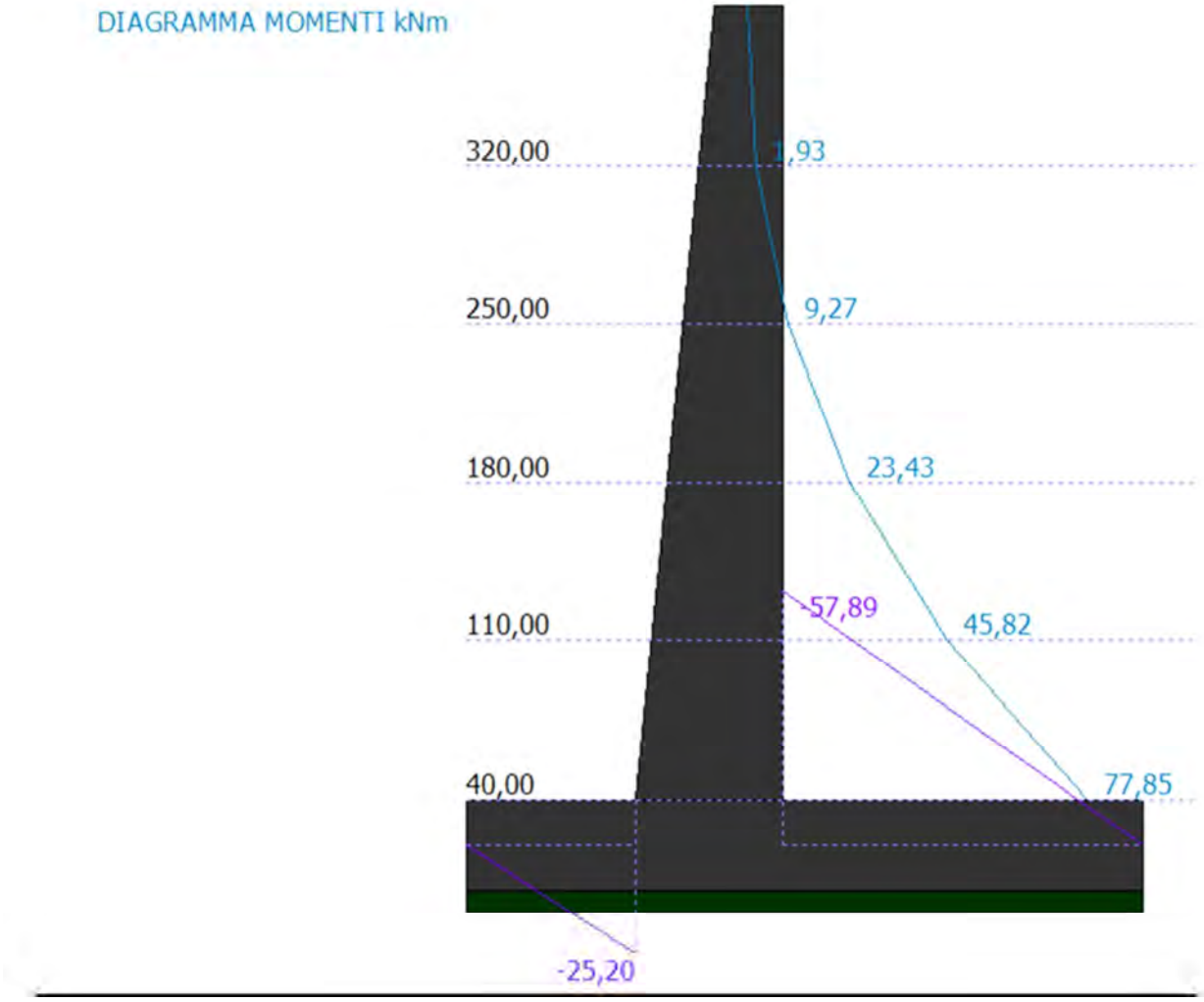
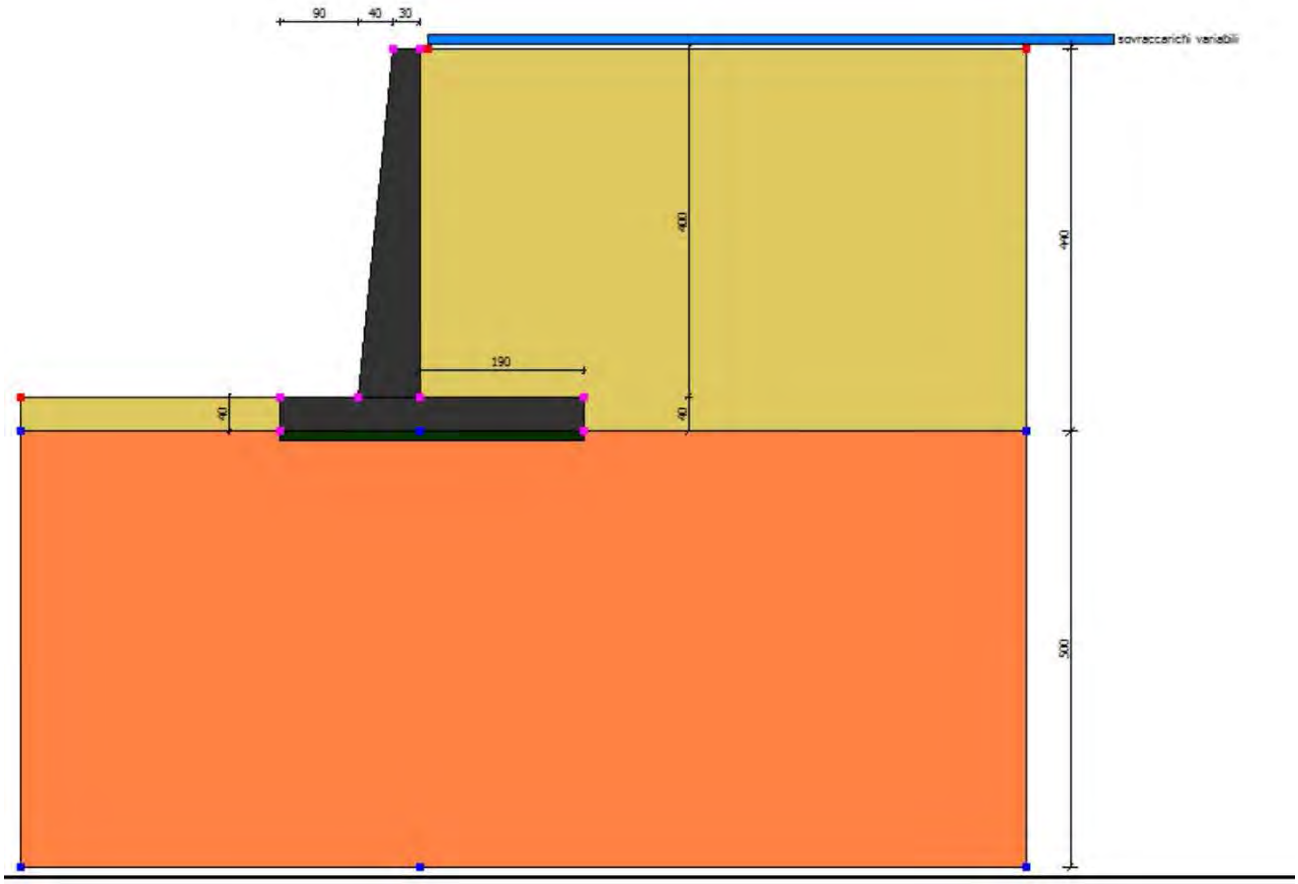
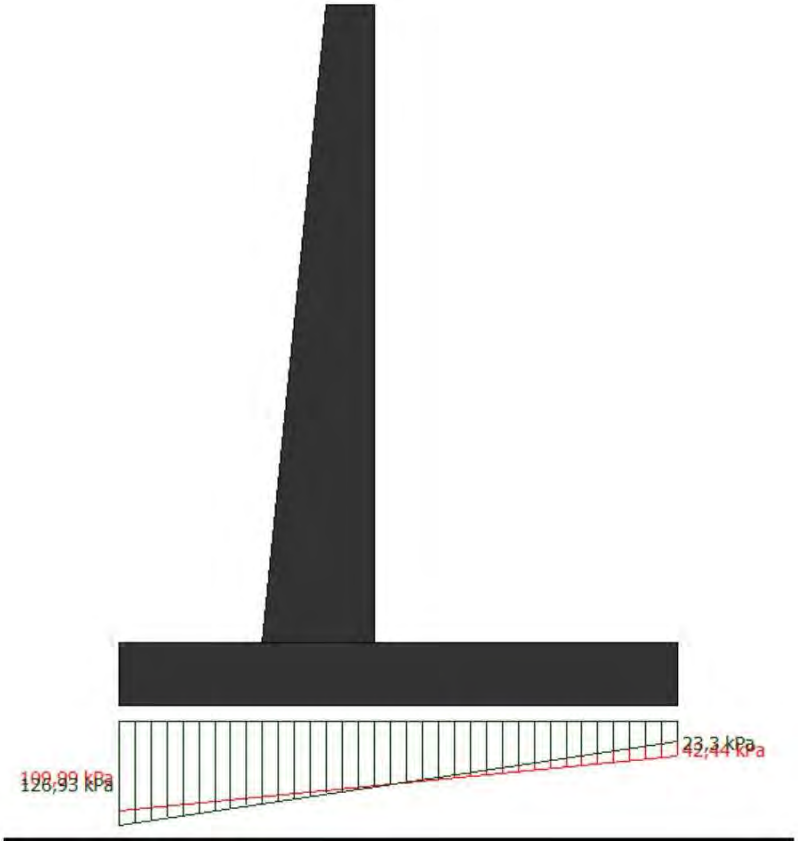
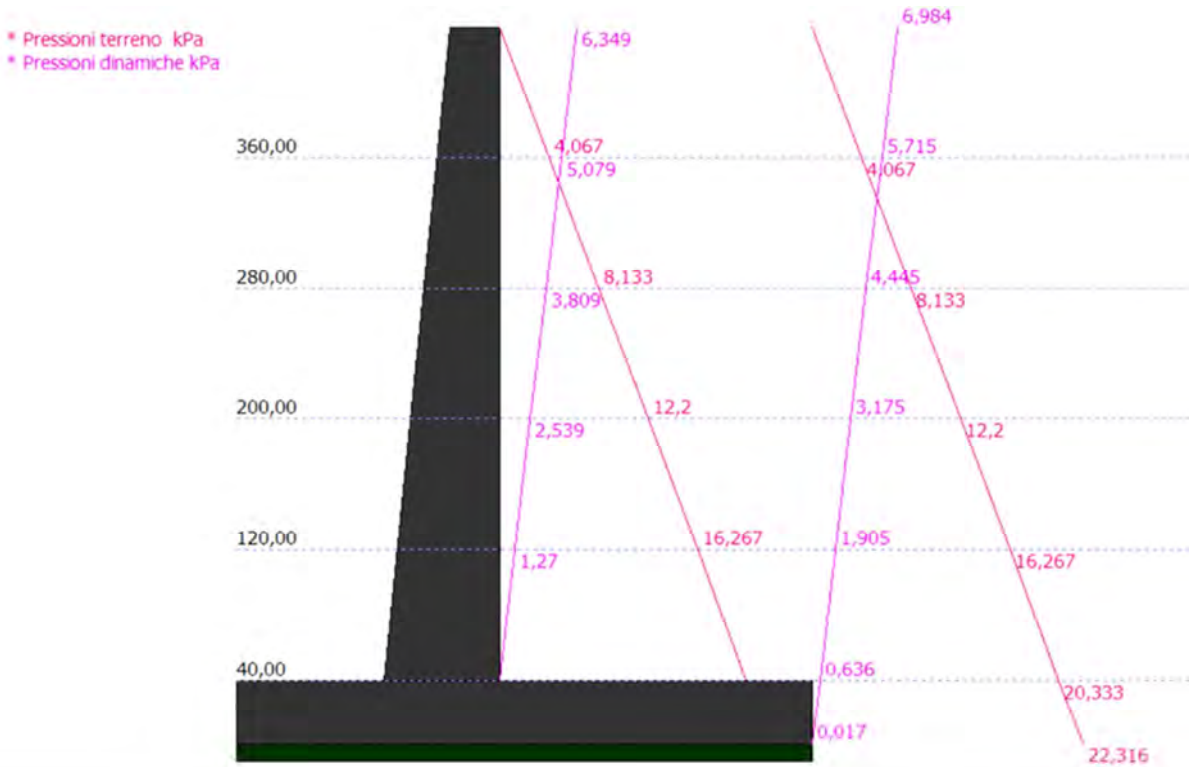


DIAGRAMMA MOMENTI kNm
320,00
250,00
180,00
110,00
40,00
1,93
9,27
23,43
-57,89
45,82
77,85
-25,20

MURO SOSTEGNO H=400cm






* Pressioni terreno kPa
* Pressioni dinamiche kPa
360,00
280,00
200,00
120,00
40,00
6,349
4,067
5,079
8,133
3,809
12,2
2,539
16,267
1,27
6,984
5,715
4,067
4,445
8,133
3,175
12,2
1,905
16,267
0,636
20,333
0,017
22,316

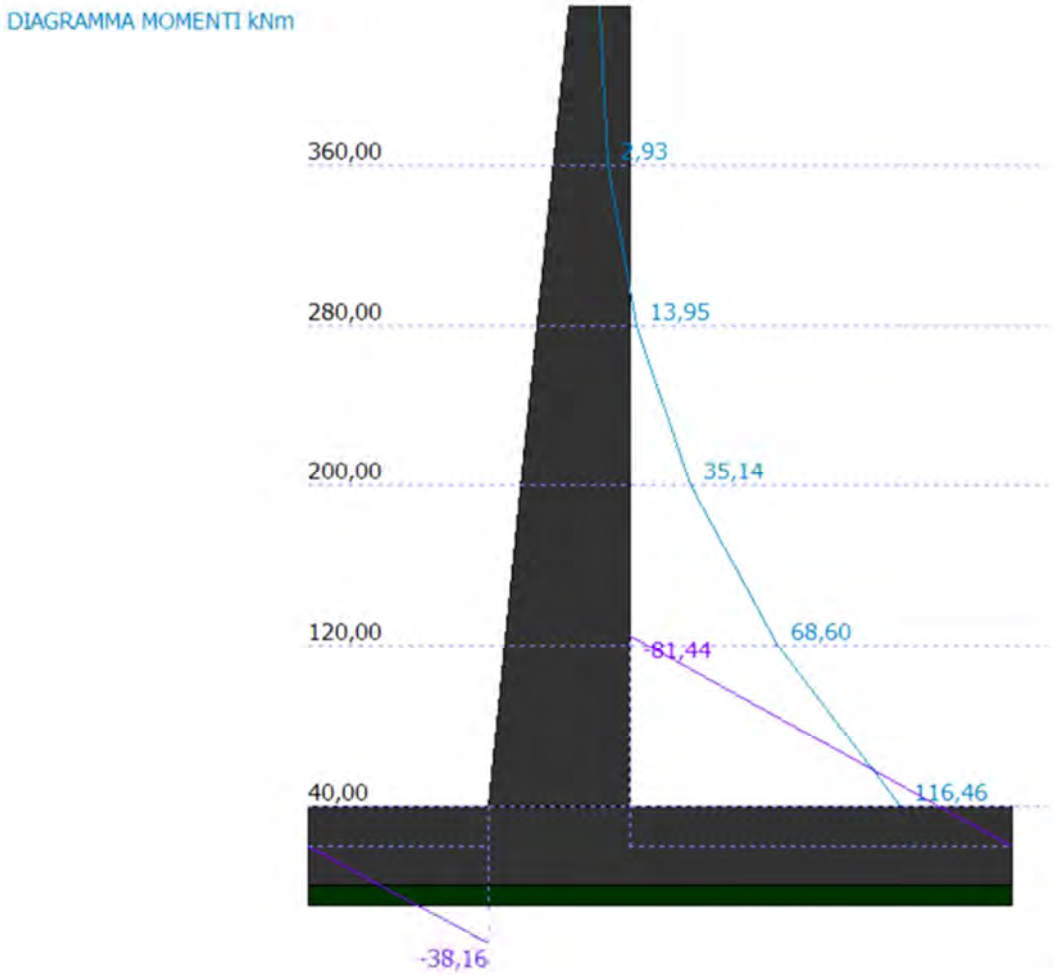
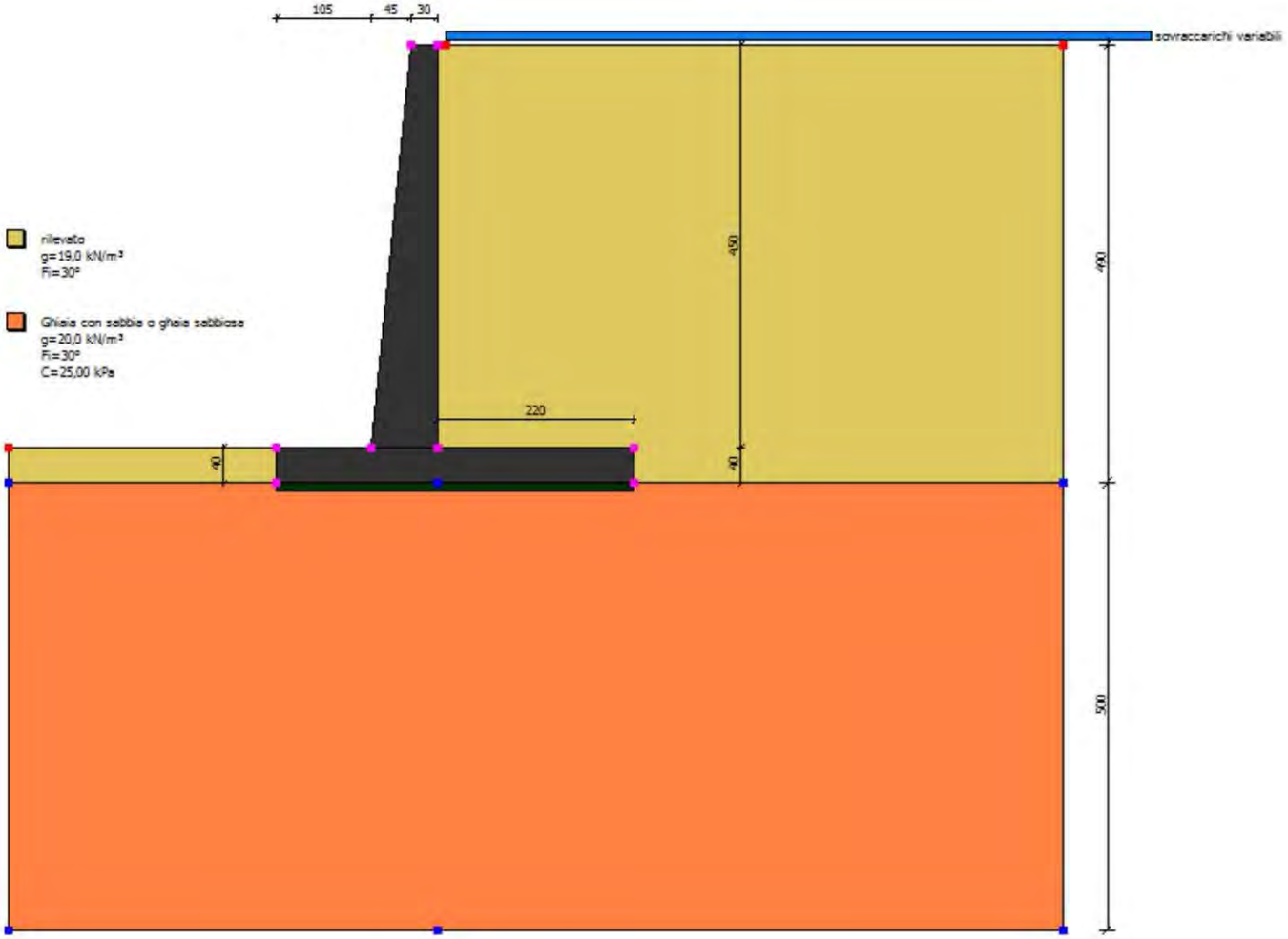
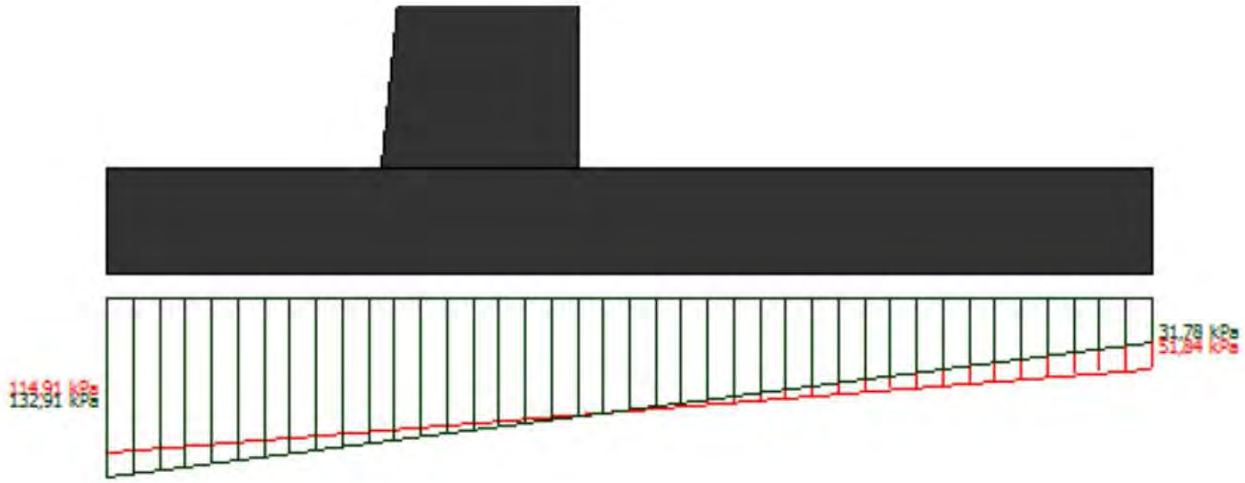
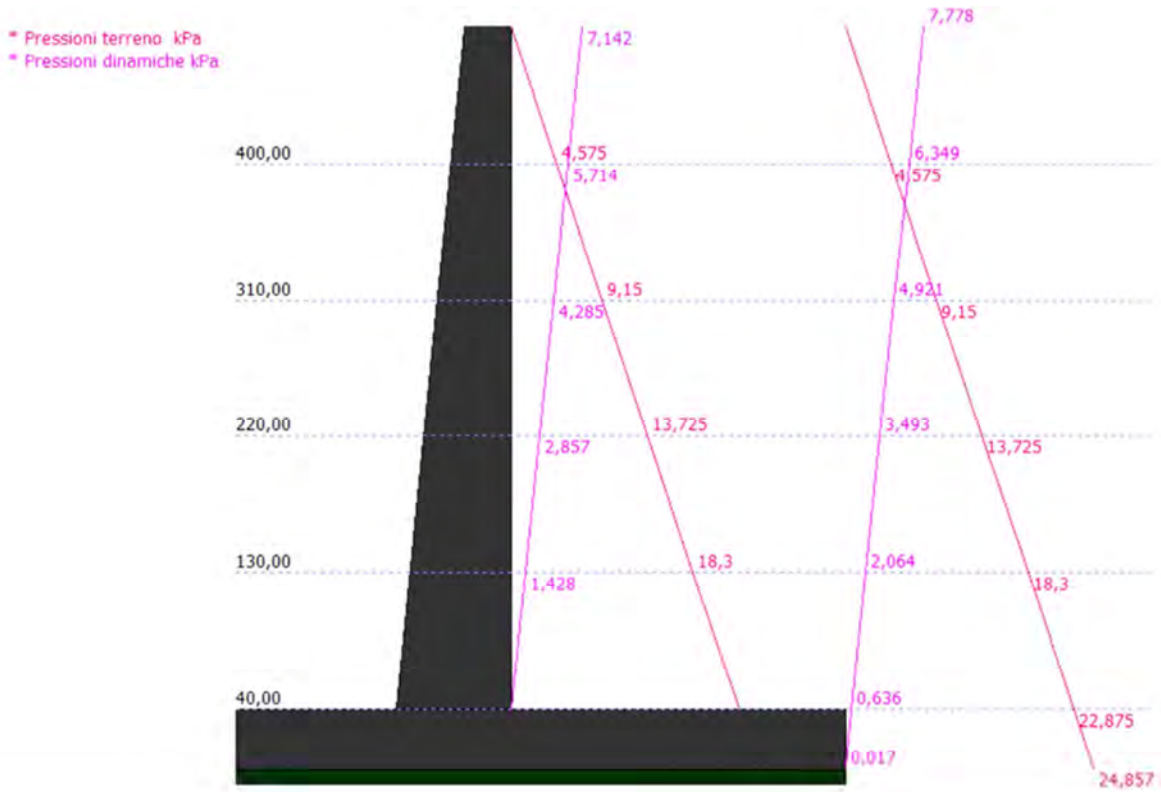


DIAGRAMMA MOMENTI kNm
360,00
280,00
200,00
120,00
40,00
2,93
13,95
35,14
68,60
-81,44
116,46
-38,16

MURO SOSTEGNO H=450cm






* Pressioni terreno kPa
* Pressioni dinamiche kPa
400,00
310,00
220,00
130,00
40,00
7,142
4,575
5,714
9,15
4,285
13,725
2,857
18,3
1,428
7,778
6,349
4,575
4,921
9,15
3,493
13,725
2,064
18,3
0,636
22,875
0,017
24,857

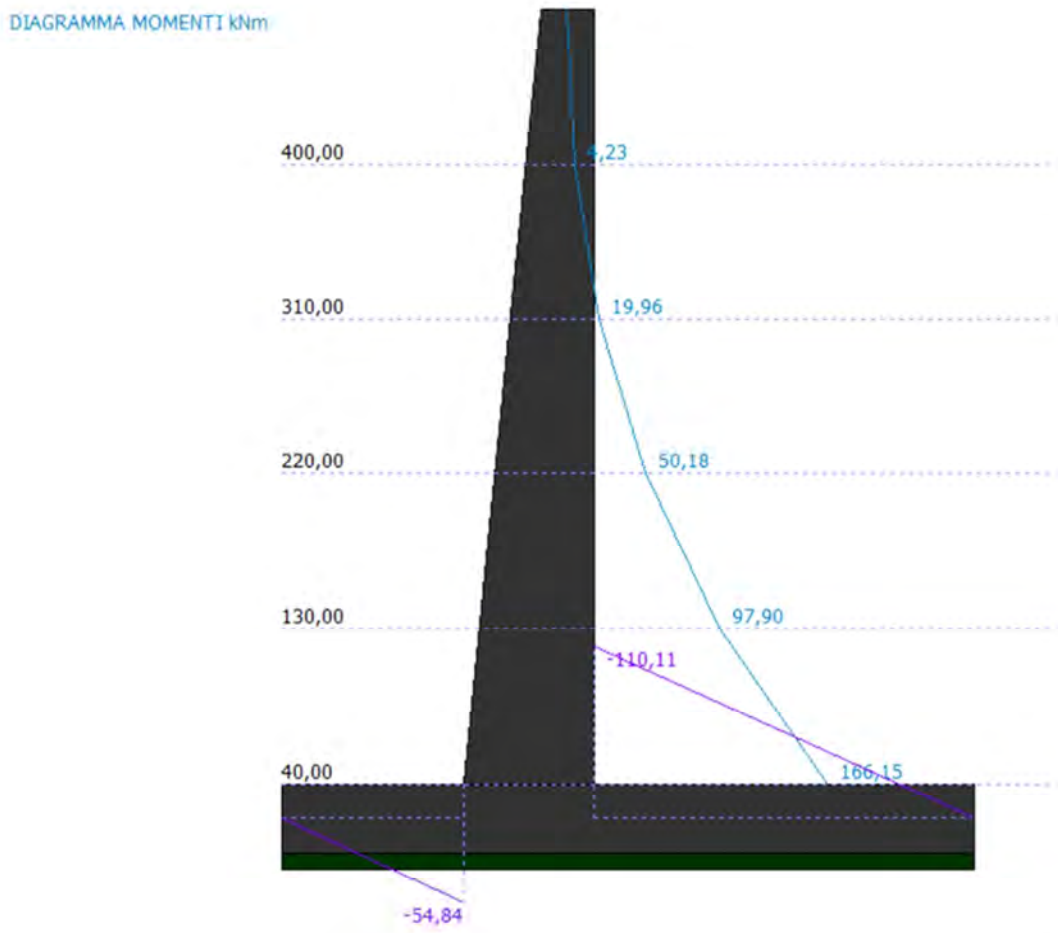
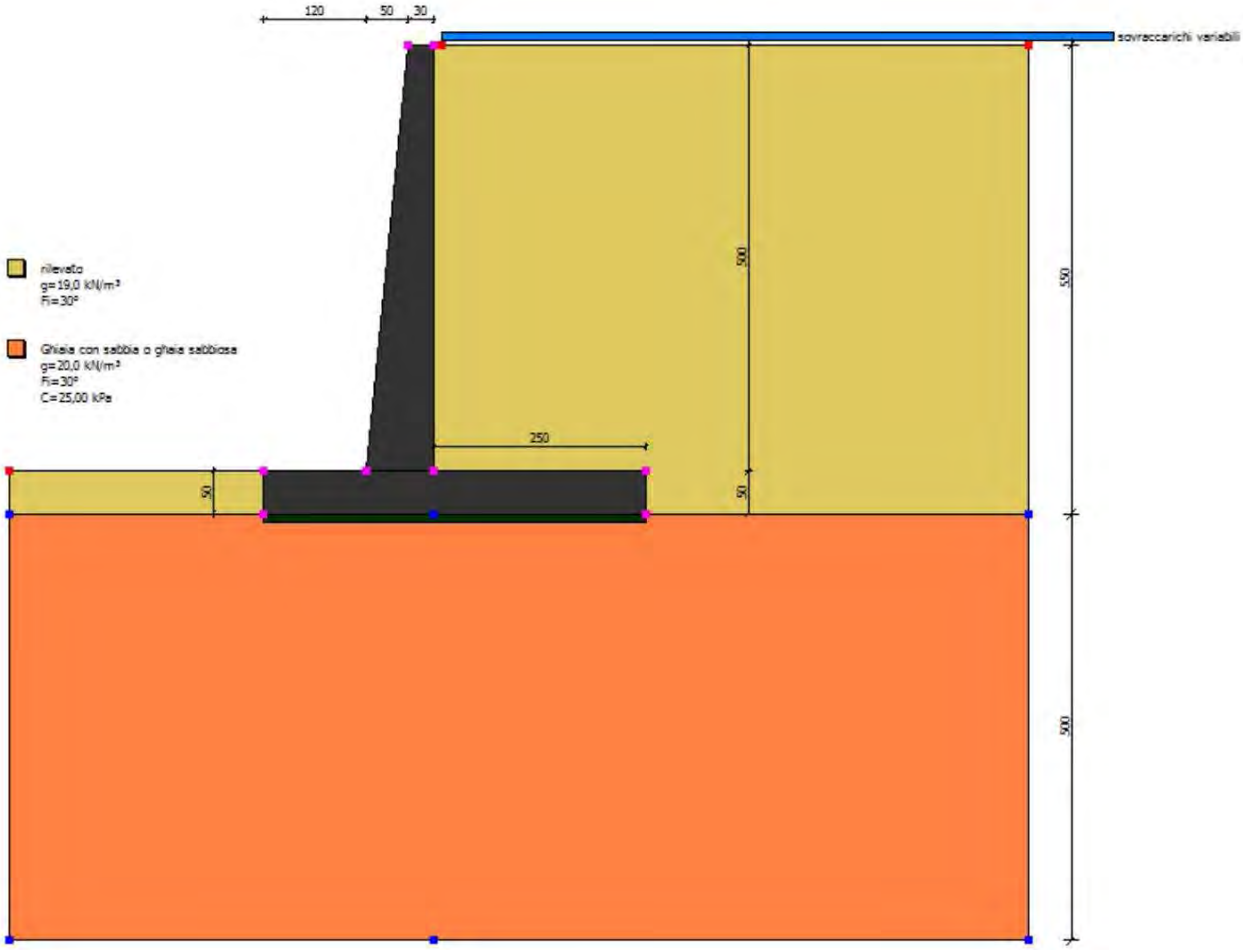
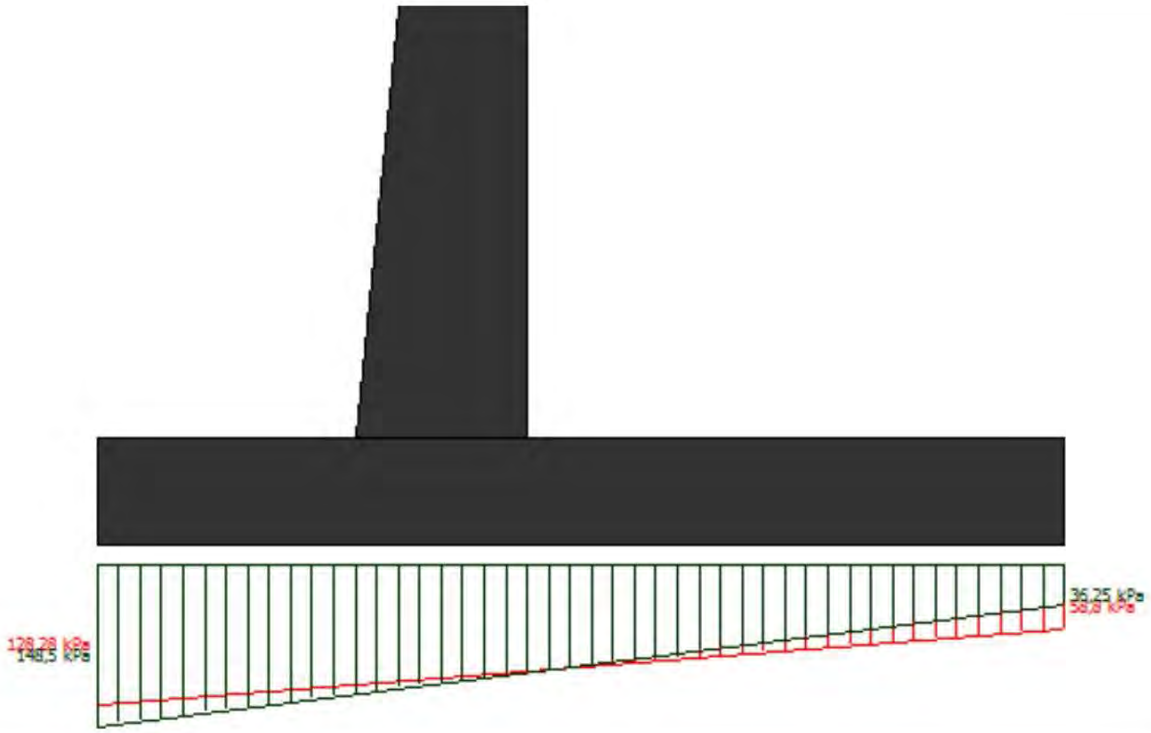
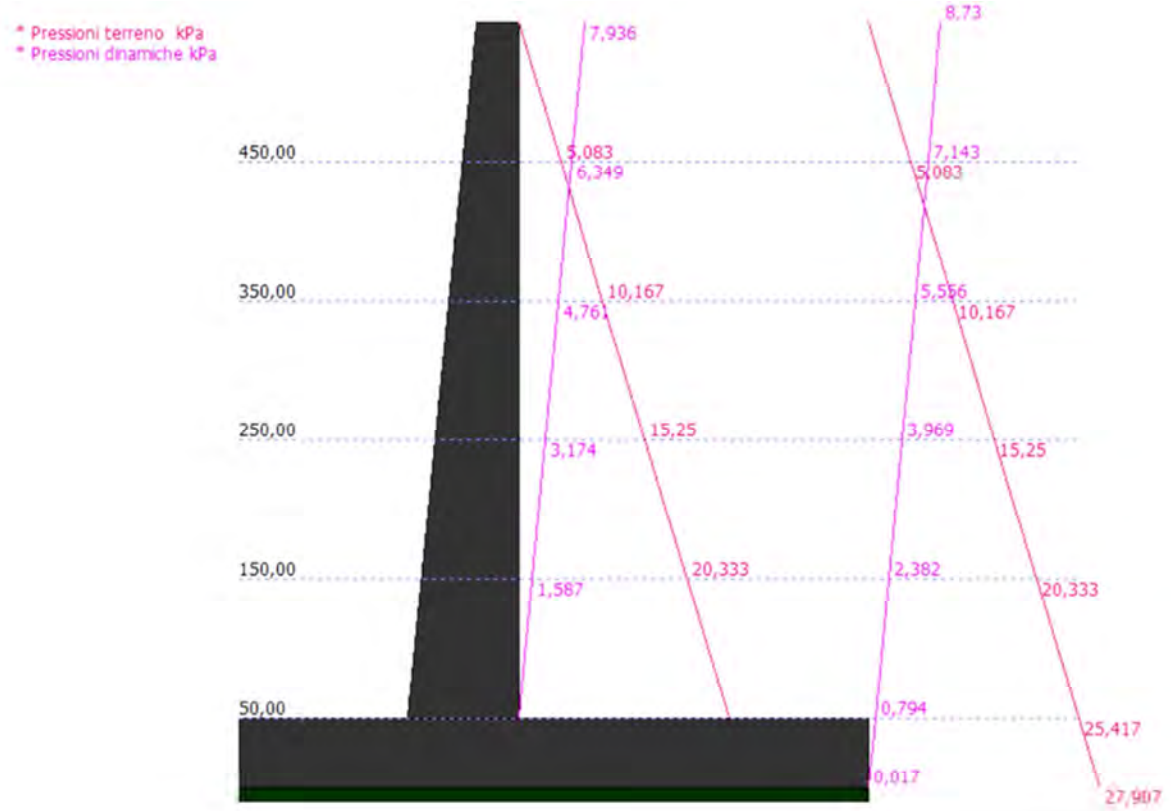


DIAGRAMMA MOMENTI kNm
400,00
310,00
220,00
130,00
40,00
4,23
19,96
50,18
97,90
-110,11
166,15
-54,84

MURO SOSTEGNO H=500cm






* Pressioni terreno kPa
* Pressioni dinamiche kPa
450,00
350,00
250,00
150,00
50,00
7,936
5,083
6,349
10,167
4,761
15,25
3,174
20,333
1,587
8,73
7,143
5,083
5,556
10,167
3,969
15,25
2,382
20,333
0,794
25,417
0,017
27,907

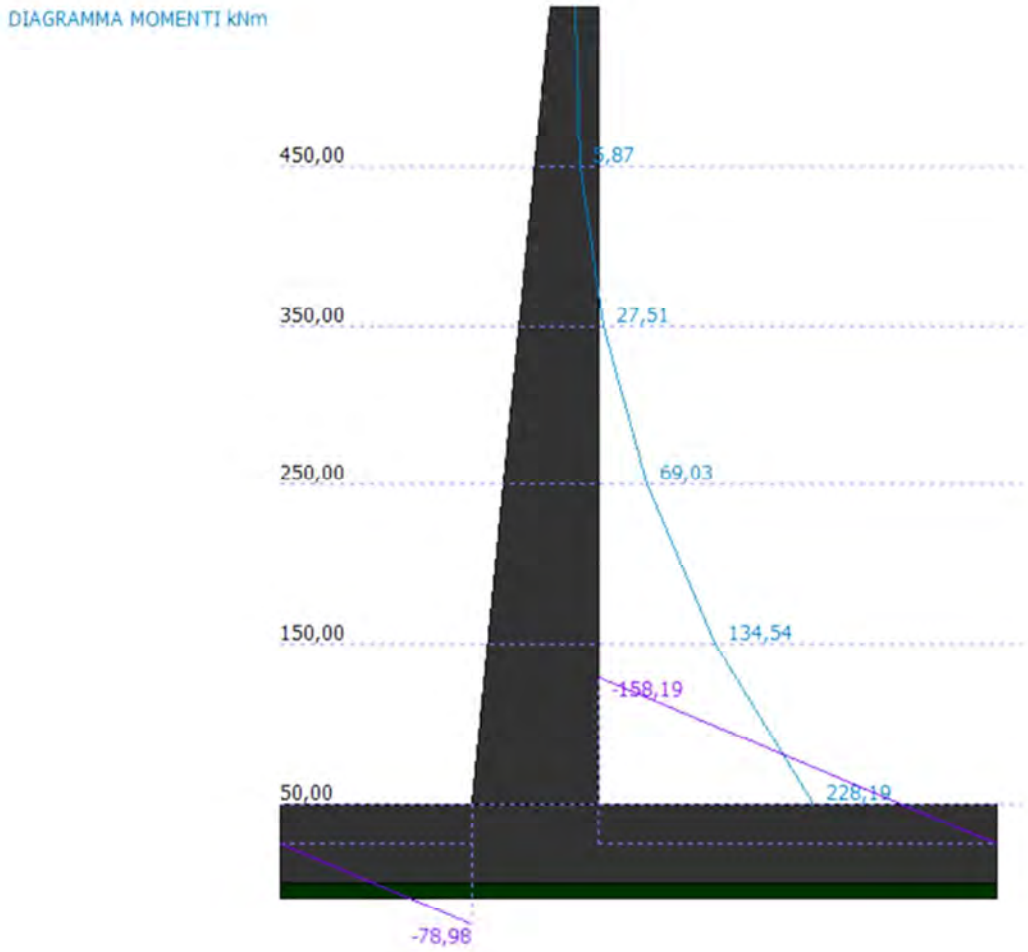
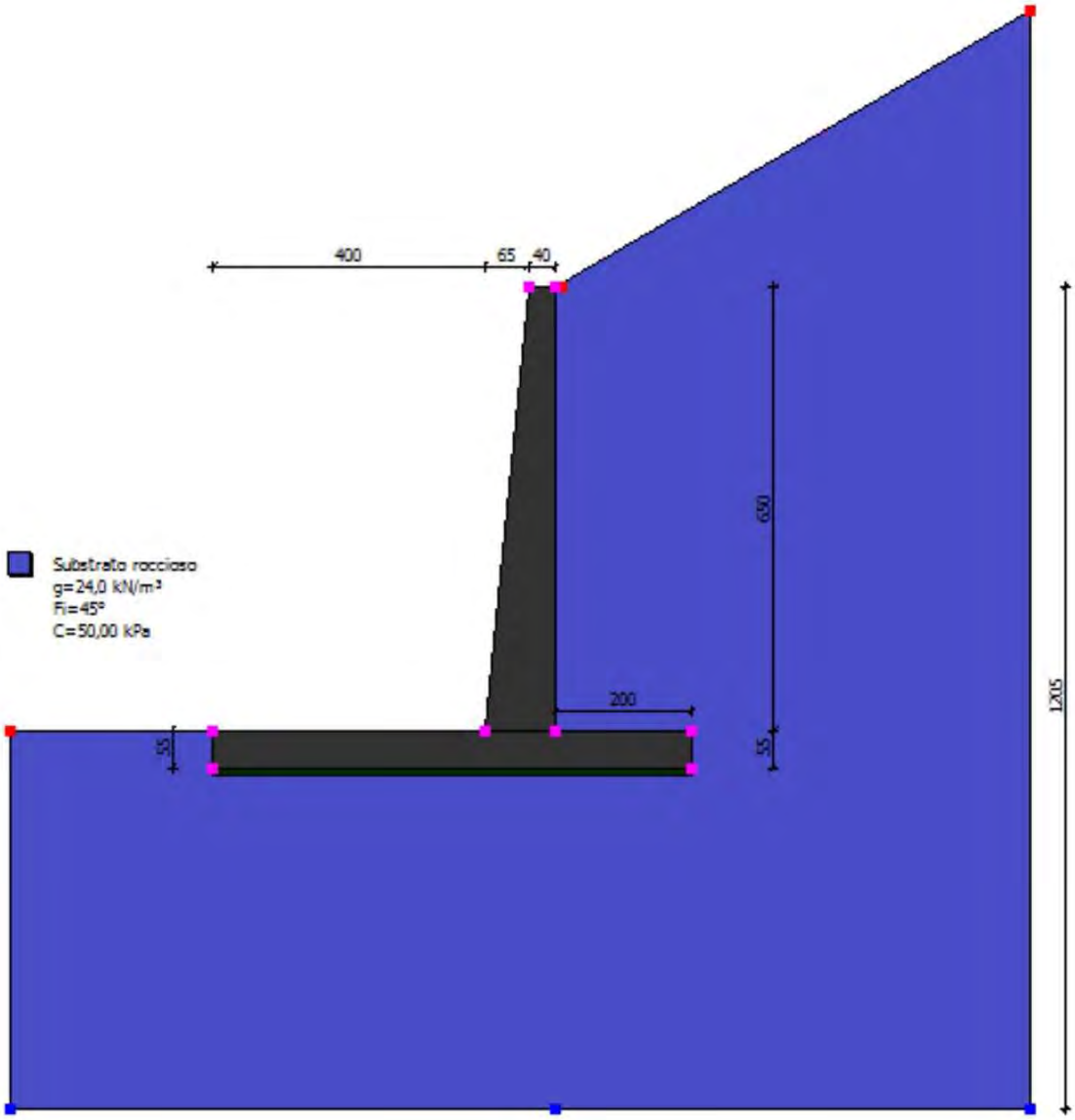
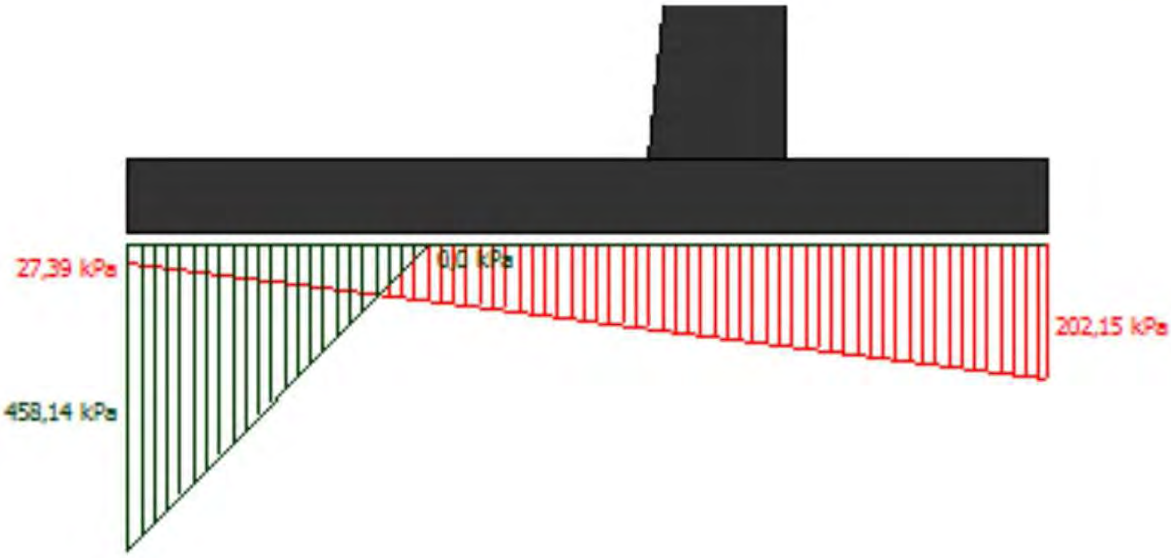
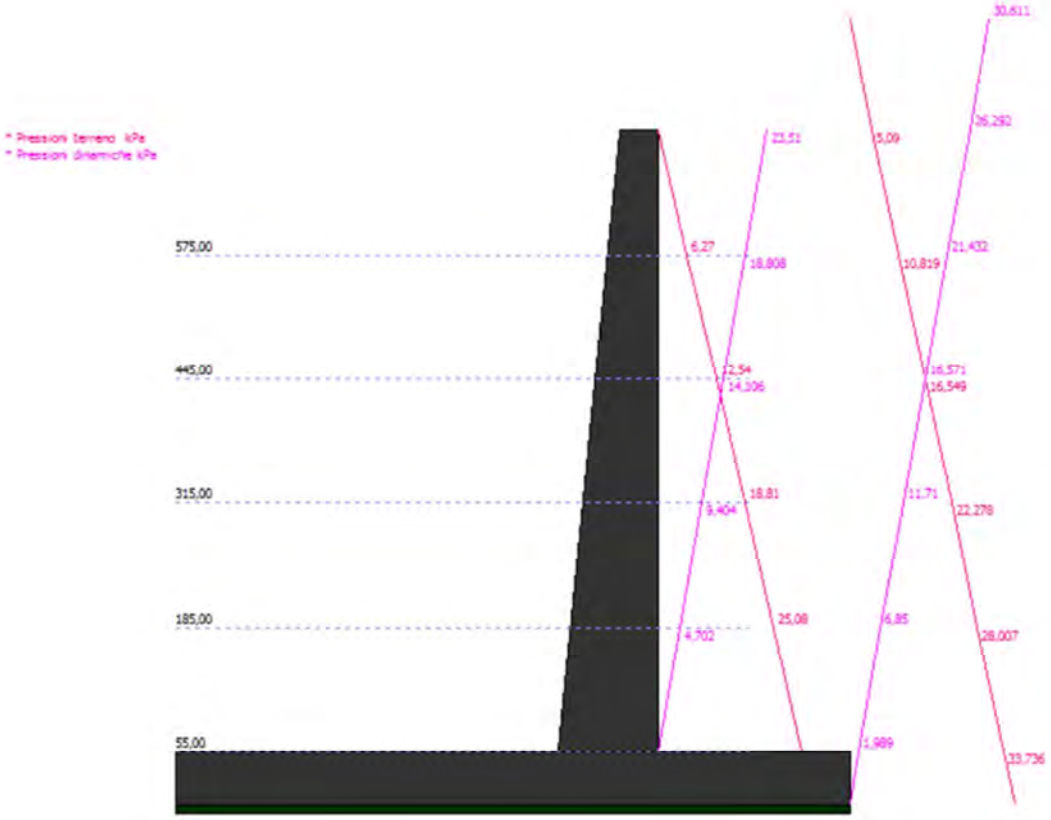


DIAGRAMMA MOMENTI kNm
450,00
350,00
250,00
150,00
50,00
6,87
27,51
69,03
134,54
-158,19
228,19
-78,98

MURO CONTRORIPA SU CALCARE H=650cm






* Pressioni terreno kPa
* Pressioni dinamiche kPa
575,00
445,00
315,00
185,00
55,00
6,27
18,808
12,54
14,306
18,81
9,404
25,08
4,702
23,51
5,09
10,819
16,571
16,549
11,71
22,278
6,85
28,007
1,989
33,736
30,611
36,292
21,432

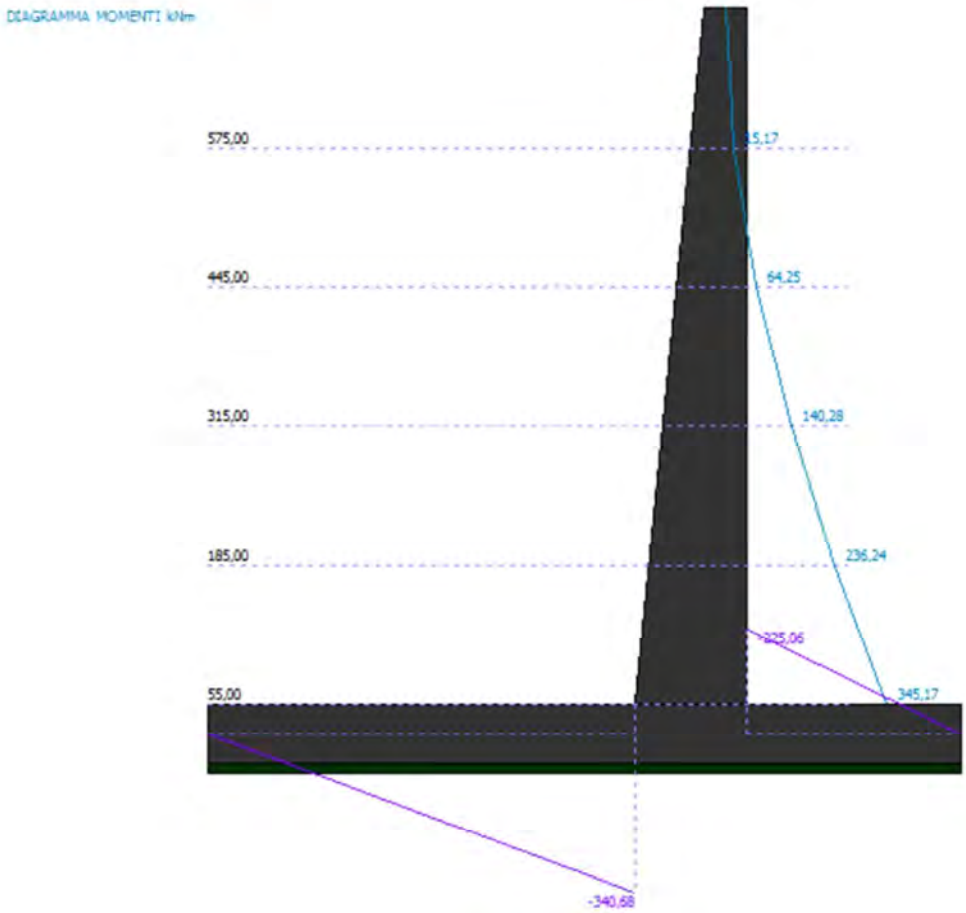
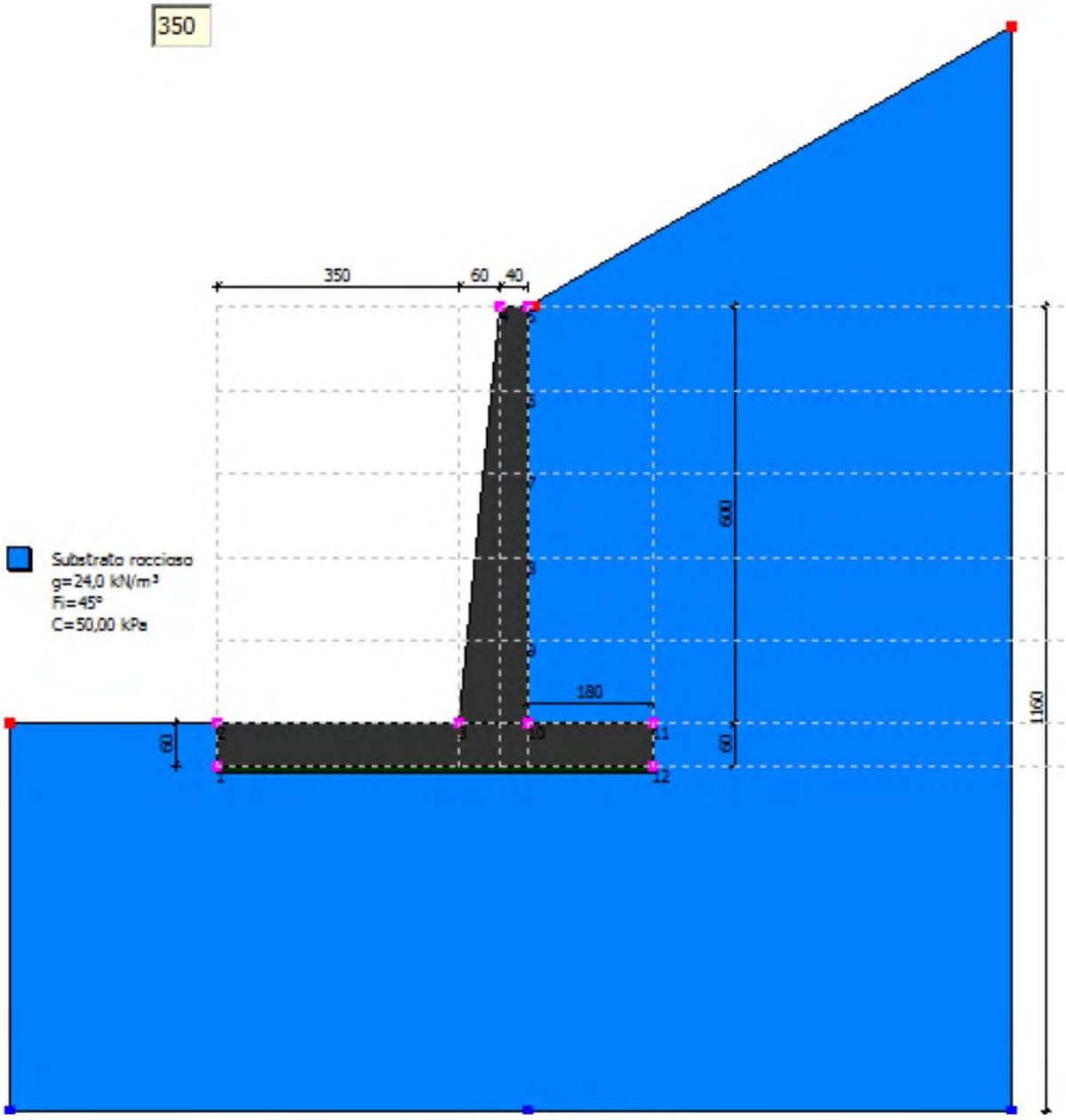
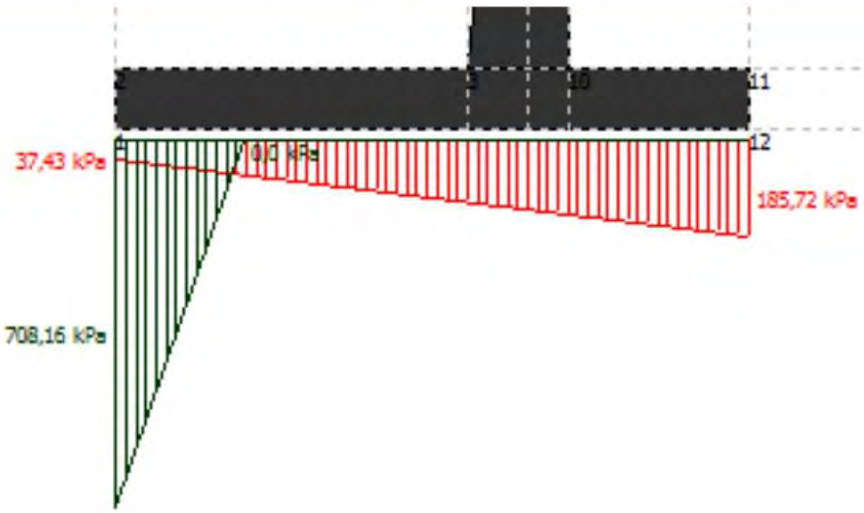
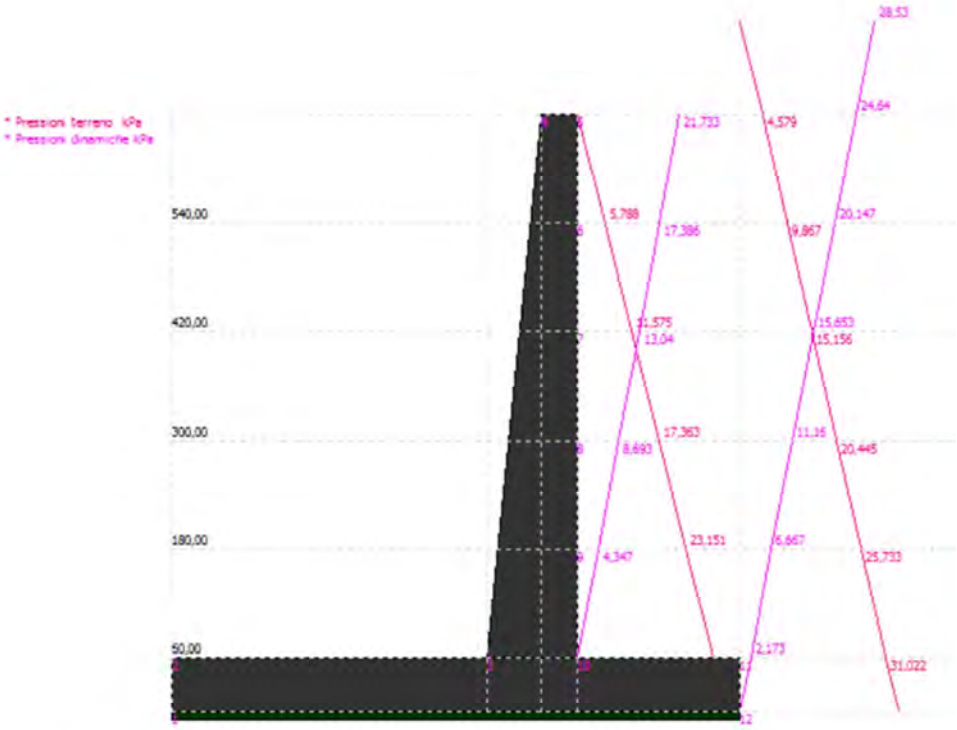


DIAGRAMMA MOMENTI kNm
575,00
445,00
315,00
185,00
55,00
15,17
64,25
140,28
236,24
325,06
345,17
-340,68

MURO CONTRORIPA SU CALCARE H=600cm






* Pressioni terreno kPa
* Pressioni dinamiche kPa
540,00
420,00
300,00
180,00
50,00
21,733
4,579
28,53
24,64
5,788
17,386
9,867
20,147
11,575
13,04
15,653
15,156
17,363
8,693
11,16
20,445
23,151
4,347
6,667
25,733
2,173
31,022

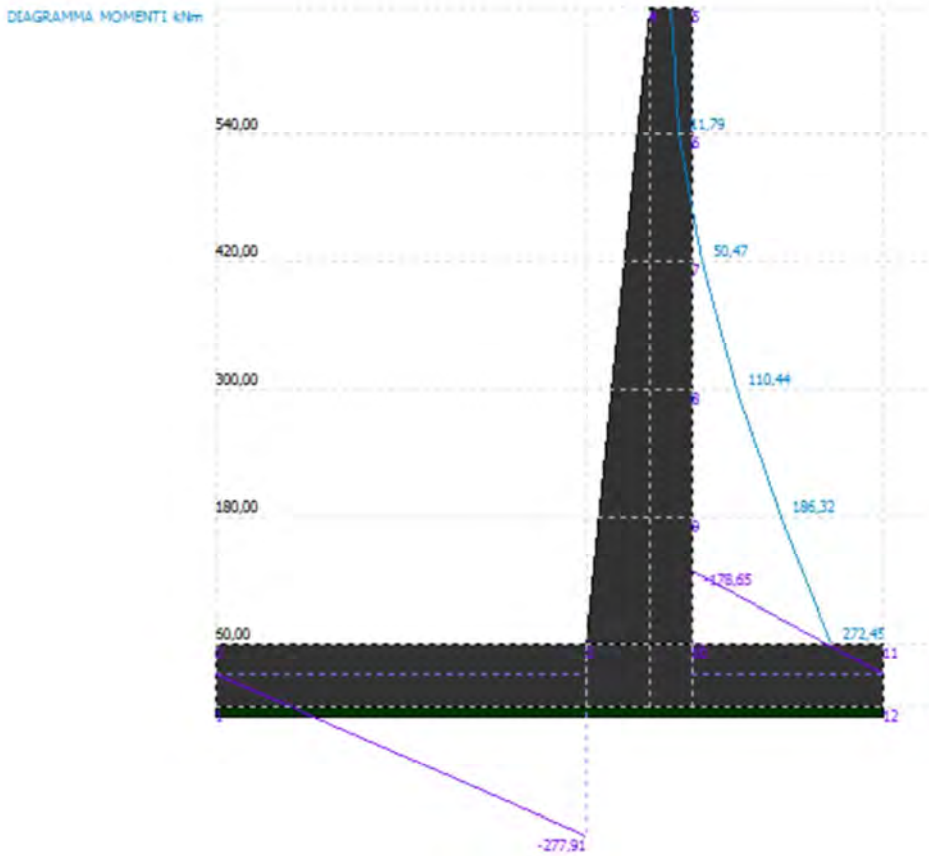


DIAGRAMMA MOMENTI kNm
540,00
420,00
300,00
180,00
50,00
11,79
50,47
110,44
186,32
-178,65
272,45
-277,91

9.2 Verifica di stabilità globale

Definizione
Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

Introduzione all'analisi di stabilità
La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.
Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:
(a) Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (φ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
(b) In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

Metodo equilibrio limite (LEM)
Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di *Coulomb*, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza $F = \tau_f / \tau$.
Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (*Culman*), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (*Fellenius, Bishop, Janbu ecc.*).
Di seguito vengono discussi i metodi dell'equilibrio limite dei conci.

Metodo dei conci
La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a *n*, il problema presenta le seguenti incognite:

n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio; *n* valori delle forze di taglio alla base del concio T_i

(n-1) forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei conci; *(n-1)* forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;

n valori della coordinata *a* che individua il punto di applicazione delle E_i; *(n-1)* valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i;

una incognita costituita dal fattore di sicurezza *F*.

Complessivamente le incognite sono *(6n-2)*.

mentre le equazioni a disposizione sono:
Equazioni di equilibrio dei momenti *n*
Equazioni di equilibrio alla traslazione verticale *n*
Equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale *n*
Equazioni relative al criterio di rottura *n*
Totale numero di equazioni *4n*

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a

$i = (6n-2)-(4n) = 2n-2.$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a *(n-2)* in quando si fa l'assunzione che N_i sia applicato nel punto medio della striscia, ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.
I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le *(n-2)* indeterminazioni.

$$F = \frac{\Sigma\{ c_i \times l_i + (W_i \times \cos\alpha_i - u_i \times l_i) \times \tan\varphi_i \}}{\Sigma W_i \times \sin\alpha_i}$$

Questa equazione è semplice da risolvere ma si è trovato che fornisce risultati conservativi (fattori di sicurezza bassi) soprattutto per superfici profonde.

Metodo di BISHOP (1955)
Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali.
Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$\Sigma F_V = 0$, $\Sigma M_0 = 0$, Criterio di rottura.

$$F = \frac{\Sigma\{c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan\varphi_i\} \times \dfrac{\sec\alpha_i}{1 + \tan\alpha_i \times \tan\varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \sin\alpha_i}$$

I valori di *F* e di *ΔX* per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre *ΔX= 0* ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di ***Bishop ordinario,*** gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

Metodo di MORGENSTERN e PRICE
Si stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia del tipo $X = \lambda f(x)E$, dove λ è un fattore di scala e f(x), funzione della posizione di E e di X, definisce una relazione tra la variazione della forza X e della forza E all'interno della massa scivolante. La funzione f(x) è scelta

arbitrariamente (costante, sinusoide, semisinusoide, trapezia, spezzata…) e influenza poco il risultato, ma va verificato che i valori ricavati per le incognite siano fisicamente accettabili.

La particolarità del metodo è che la massa viene suddivisa in strisce infinitesime alle quali vengono imposte le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale e di rottura sulla base delle strisce stesse. Si perviene ad una prima equazione differenziale che lega le forze d'interfaccia incognite E, X, il coefficiente di sicurezza F_S, il peso della striscia infinitesima dW e la risultante delle pressioni neutra alla base dU.

Si ottiene la cosiddetta "equazione delle forze":

$$c'\sec^2\frac{\alpha}{F_s}\left(\frac{dW}{dx}+tg\phi\right)-\frac{dX}{dx}-tg\alpha\frac{dE}{dx}-\sec\alpha\frac{dU}{dx}=$$

$$=\frac{dE}{dx}-tg\alpha\left(\frac{dX}{dx}-\frac{dW}{dx}\right)$$

Una seconda equazione, detta "equazione dei momenti", viene scritta imponendo la condizione di equilibrio alla rotazione rispetto alla mezzeria della base:

$$X=\frac{d(E_\gamma)}{dx}-\gamma\frac{dE}{dx}$$

queste due equazioni vengono estese per integrazione a tutta la massa interessata dallo scivolamento.
Il metodo di calcolo soddisfa tutte le equazioni di equilibrio ed è applicabile a superfici di qualsiasi forma, ma implica necessariamente l'uso di un calcolatore.

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.
Ai fini della valutazione dell'azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \times W$$
$$F_V = K_v \times W$$

Essendo:

F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
W: peso concio
Ko: Coefficiente sismico orizzontale

Kv: Coefficiente sismico verticale.

Calcolo coefficienti sismici

Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti K_O e K_V in dipendenza di vari fattori: K_O

$= \beta s \times (a_{max}/g)$

$K_V = \pm 0{,}5 \times K_O$

Con

βs coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
g accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S S_T a_g$$

S_S (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq Ss \leq 1.80$; è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E). S_T (effetto di amplificazione topografica).

Il valore di S_T varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

T1(*S_T = 1.0)* ***T2***(*S_T = 1.20)* ***T3***(*S_T =1.20)* ***T4***(*S_T = 1.40).*

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$T_R = -V_R / \ln(1-PVR)$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Ricerca della superficie di scorrimento critica

In presenza di mezzi omogenei non si hanno a disposizione metodi per individuare la superficie di scorrimento critica ed occorre esaminarne un numero elevato di potenziali superfici.
Nel caso vengano ipotizzate superfici di forma circolare, la ricerca diventa più semplice, in quanto dopo aver posizionato una maglia dei centri costituita da m righe e n colonne saranno esaminate tutte le superfici aventi per centro il generico nodo della maglia m×n e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

==========

Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0

Superficie di forma circolare

==========

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	5,89 m

Ordinata vertice sinistro inferiore yi	17,0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	13,11 m
Ordinata vertice destro superiore ys	24,23 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

==========

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	37,99
Longitudine:	13,69
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	100,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	60,0	1,0	2,31	0,28
S.L.D.	101,0	1,27	2,32	0,28
S.L.V.	949,0	2,86	2,48	0,32
S.L.C.	1950,0	3,12	2,5	0,32

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,8	0,24	0,0441	0,022
S.L.D.	2,286	0,24	0,0559	0,028
S.L.V.	3,761	0,28	0,1074	0,0537
S.L.C.	3,7654	0,28	0,1075	0,0538

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,108
Coefficiente azione sismica verticale	0,054

Vertici profilo

N	X m	y m
1	2,0	5,65
2	5,0	5,65
3	9,5	5,65
4	10,55	12,15
5	10,55	12,15
6	17,55	16,19
7	27,3	16,19

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c	Fi	G	Gs	K	Litologia	

	(kg/cm²)	(°)	(Kg/m³)	(Kg/m³)	(Kg/cm³)			
1	0,255	30	2039,432	2039,432	4,00			Ghiaia con sabbia o ghaia sabbiosa

Risultati analisi pendio

==========

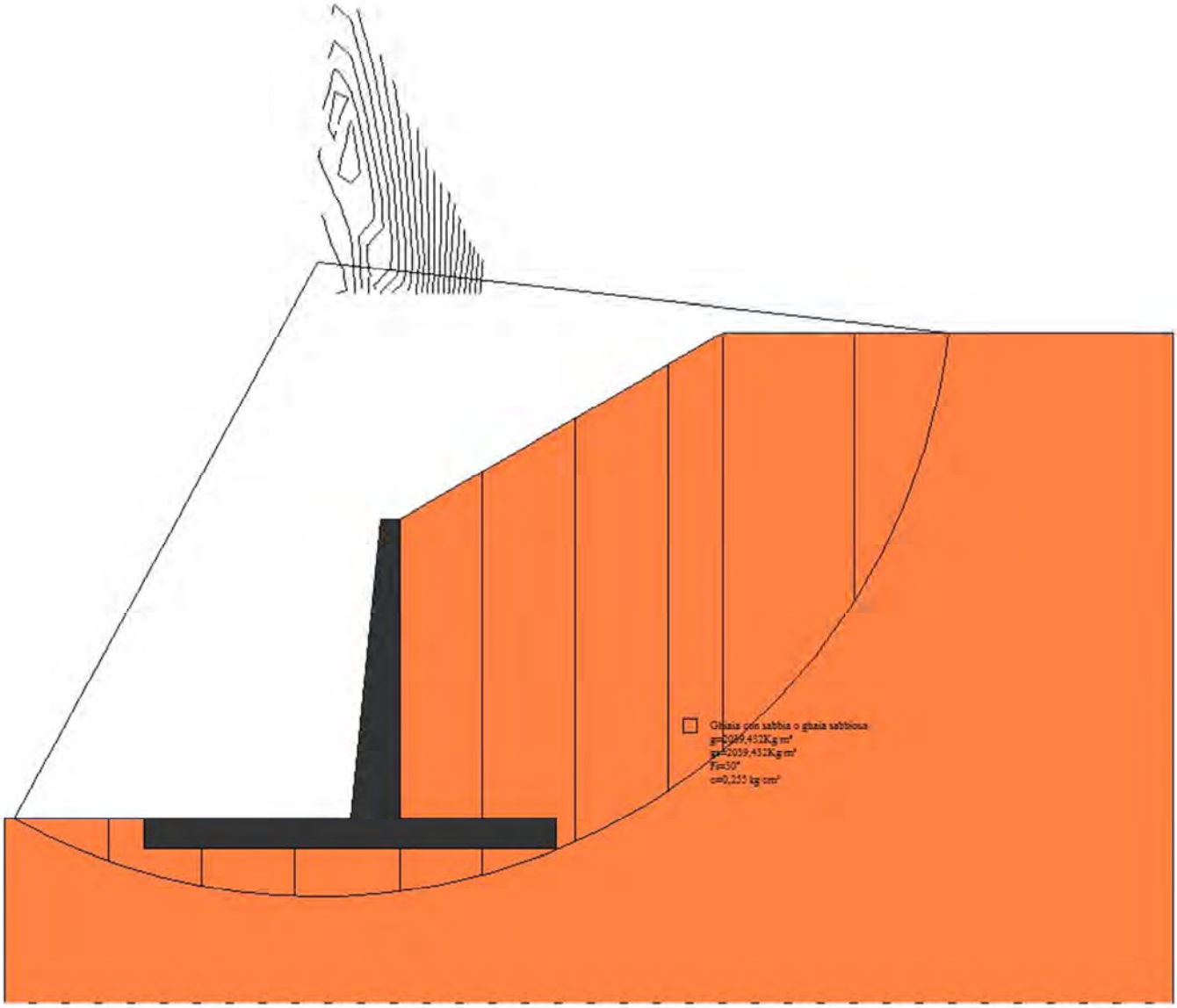
Fs minimo individuato	1,2
Ascissa centro superficie	8,78 m
Ordinata centro superficie	17,73 m
Raggio superficie	13,75 m

==========

Analisi dei conci. Superficie... xc = 8,777 yc = 17,727 Rc = 13,749 Fs=1,1989

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	2,02	-23,9	2,21	2054,59	221,9	110,95	0,2	24,8	0,0	4728,5	5588,7
2	2,02	-14,9	2,09	4991,57	539,09	269,54	0,2	24,8	0,0	6819,3	6190,9
3	2,02	-6,3	2,04	6555,9	708,04	354,02	0,2	24,8	0,0	7292,7	6273,8
4	2,27	2,7	2,28	7686,71	830,16	415,08	0,2	24,8	0,0	7382,9	6717,9
5	1,77	11,2	1,81	30367,63	3279,7	1639,85	0,2	24,8	0,0	28200,5	13939,5
6	2,02	19,4	2,15	37078,28	4004,45	2002,23	0,2	24,8	0,0	33480,6	16549,5
7	2,02	28,7	2,31	38220,05	4127,77	2063,88	0,2	24,8	0,0	34208,8	17104,8
8	1,18	36,6	1,47	22072,96	2383,88	1191,94	0,2	24,8	0,0	19932,6	10180,2
9	2,87	48,7	4,35	44882,54	4847,31	2423,66	0,2	24,8	0,0	41432,7	23359,5
10	2,02	70,7	6,13	15879,25	1714,96	857,48	0,2	24,8	0,0	8703,3	13777,9

xc = 8,78 yc = 17,70 Rc = 13,75 Fs=1,20



Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

==========

Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0

Superficie di forma circolare

==========

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	3,41 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	11,13 m
Ascissa vertice destro superiore xs	8,99 m
Ordinata vertice destro superiore ys	16,7 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

==========

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	37,99
Longitudine:	13,69
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe IV
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	200,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	120,0	1,0	2,31	0,28
S.L.D.	201,0	1,27	2,32	0,28
S.L.V.	1898,0	2,86	2,48	0,32
S.L.C.	2475,0	3,12	2,5	0,32

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1,8	0,24	0,0441	0,022
S.L.D.	2,286	0,24	0,0559	0,028
S.L.V.	3,761	0,28	0,1074	0,0537
S.L.C.	3,7654	0,28	0,1075	0,0538

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,1075
Coefficiente azione sismica verticale	0,0538

Vertici profilo

N	X m	y m
1	2,0	5,5
2	5,0	5,5

3	6,2	5,5
4	7,0	10,5
5	7,0	10,5
6	14,0	10,5
7	21,5	10,5

Vertici strato 1

N	X m	y m
1	2,0	5,0
2	7,0	5,0
3	21,5	5,0

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm²)	Fi (°)	G (Kg/m³)	Gs (Kg/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia	
1	0	30	1937,461	1937,461	4,00		rilevato
2	0,255	30	2039,432	2039,432	0,00		Ghiaia con sabbia o ghaia sabbiosa

Carichi distribuiti

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm²)
1	7,1	10,5	15	10,5	0,2651262

Risultati analisi pendio

==========

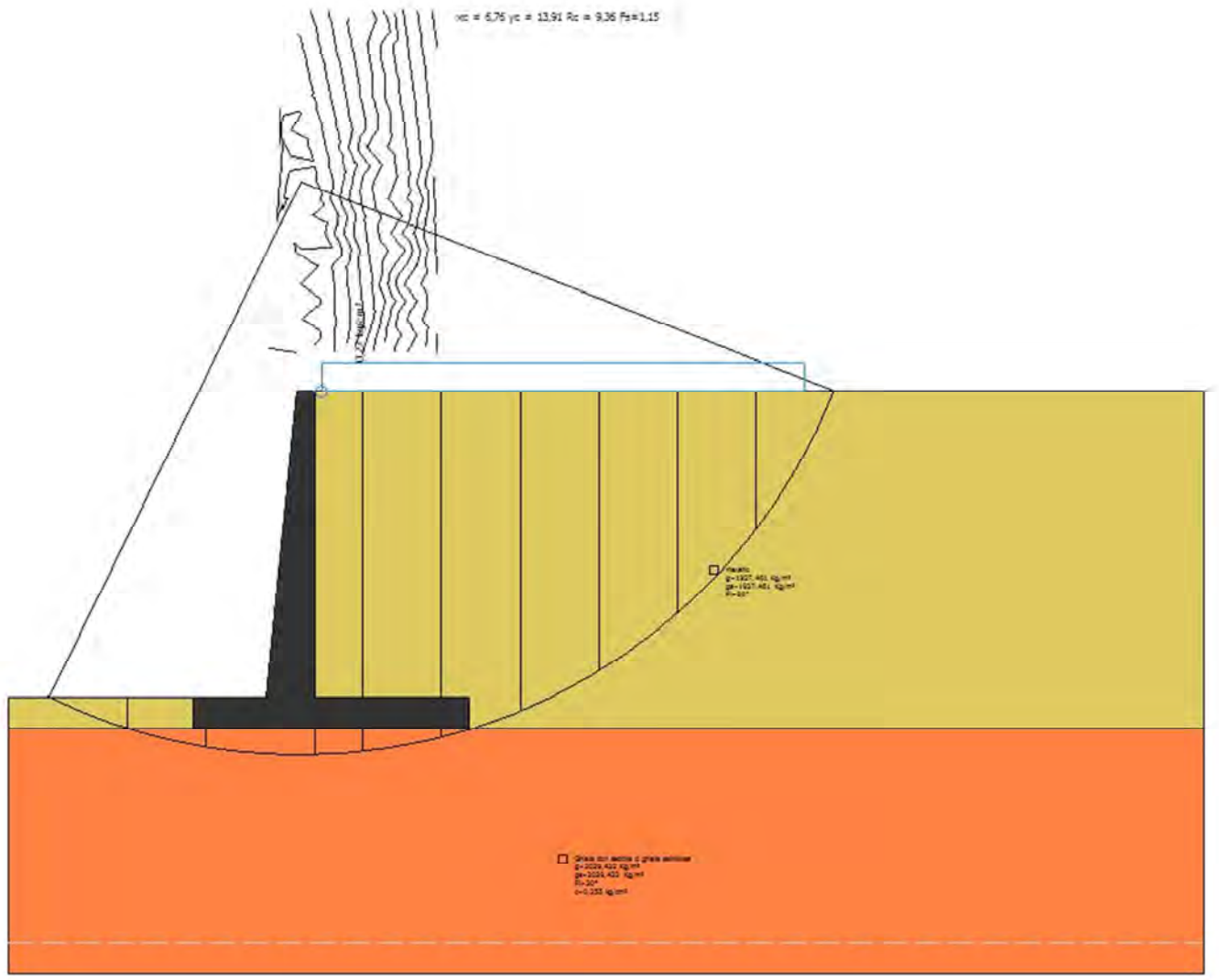
Fs minimo individuato	1,15
Ascissa centro superficie	6,76 m
Ordinata centro superficie	13,91 m
Raggio superficie	9,36 m

==========

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

Analisi dei conci. Superficie...xc = 6,757 yc = 13,911 Rc = 9,357 Fs=1,1518

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1,28	-21,8	1,38	703,22	75,6	37,83	0,0	24,8	0,0	901,5	361,5
2	1,28	-13,5	1,32	1736,22	186,64	93,41	0,2	24,8	0,0	2595,8	3375,0
3	1,78	-4,0	1,79	3265,71	351,06	175,69	0,2	24,8	0,0	3594,5	4603,4
4	0,78	3,9	0,78	10818,29	1162,97	582,02	0,2	24,8	0,0	10463,8	5584,2
5	1,28	10,3	1,3	17829,2	1916,64	959,21	0,2	24,8	0,0	16501,7	8924,0
6	1,28	18,4	1,35	16979,12	1825,26	913,48	0,0	24,8	0,0	15787,8	6331,0
7	1,28	27,0	1,44	15654,03	1682,81	842,19	0,0	24,8	0,0	14587,1	5849,5
8	1,28	36,2	1,59	13706,71	1473,47	737,42	0,0	24,8	0,0	13133,1	5266,5
9	1,28	46,8	1,87	10911,24	1172,96	587,02	0,0	24,8	0,0	11173,2	4480,6
10	1,28	60,6	2,61	5429,16	583,63	292,09	0,0	24,8	0,0	6461,6	2591,2



10- RILEVATI E SCAVI

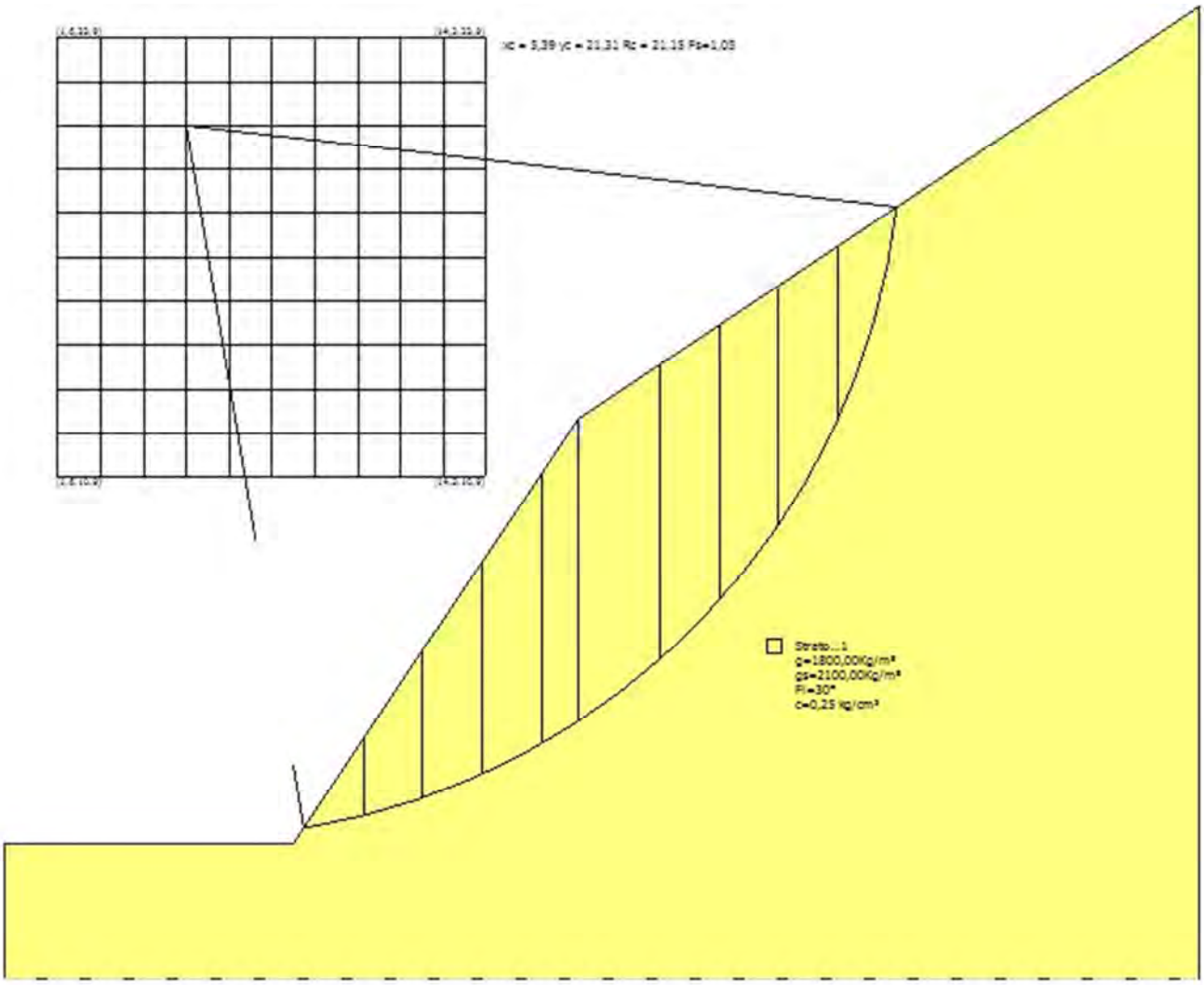
I rilevati oggetto del presente progetto risultano di modeste altezze e comunque mai superiori ai 2m. Il materiale da utilizzare proviene da cave regolarmente autorizzate e site a distanza non superiore ai 5 km dal cantiere, accettate dalla D.L.

La realizzazione avverrà secondo strati orizzontali di 30 cm, disposti secondo le sagome prescritte nel quaderno delle sezioni, i quali saranno compattati fino a raggiungere una densità superiore a 90% di quella massima AASHO modificata.

Più in particolare il materiale da utilizzare sarà composto per l'80% da materiale proveniente da scavi e demolizioni nell'ambito dello stesso cantiere e per il 20% prelevato da cava.

È stata eseguita una verifica di stabilità dello scavo per la realizzazione dei muri di controripa nelle alluvioni.

I risultati dell'analisi sono riportati di seguito.


Strato...1
g=1800,00Kg/m³
gs=2100,00Kg/m³
Fi=30°
c=0,25 kg/cm²

Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

==========

Numero di strati	1,0
Numero dei conci	10,0
Coefficiente di sicurezza [R2]	1,3

Superficie di forma circolare

==========

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	1,59 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	10,9 m
Ascissa vertice destro superiore xs	14,26 m
Ordinata vertice destro superiore ys	23,92 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

==========

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	0,0
2	8,57	0,0
3	16,97	12,6
4	35,34	24,84

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm²)	Fi (°)	G (Kg/m³)	Gs (Kg/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia	
1	0,25	30	1800,00	2100,00	0,00		

Risultati analisi pendio

==========

Fs minimo individuato	1,05
Ascissa centro superficie	5,39 m
Ordinata centro superficie	21,31 m
Raggio superficie	21,15 m

==========

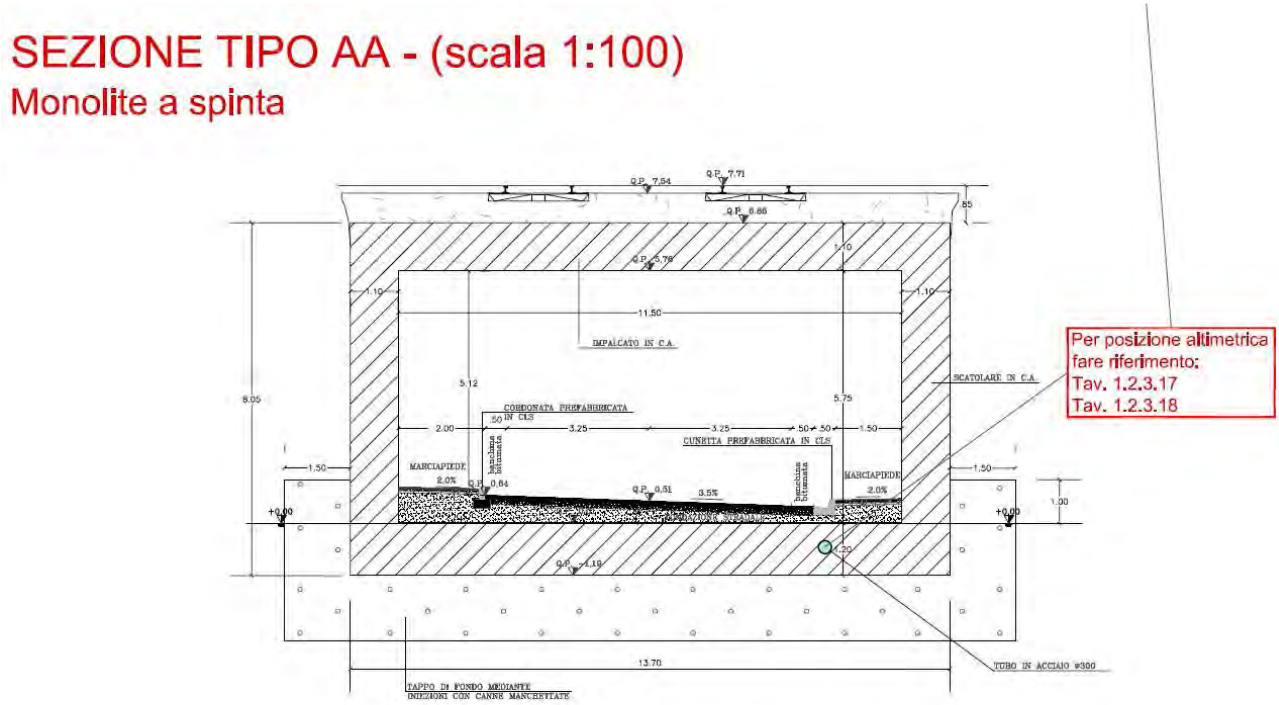
Analisi dei conci. Superficie xc =... 5,391 yc = 21,313 Rc = 21,153 Fs=1,0458

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1,75	11,9	1,79	3629,64	0,0	0,0	0,2	24,8	0,0	2733,4	4634,2
2	1,75	16,8	1,83	10517,81	0,0	0,0	0,2	24,8	0,0	8760,9	7372,2
3	1,75	21,8	1,89	16881,71	0,0	0,0	0,2	24,8	0,0	14221,7	9893,8
4	1,75	27,1	1,97	22670,08	0,0	0,0	0,2	24,8	0,0	19200,7	12245,9
5	1,09	31,5	1,27	16668,17	0,0	0,0	0,2	24,8	0,0	14209,5	8713,0
6	2,42	37,3	3,04	38950,2	0,0	0,0	0,2	24,8	0,0	33322,1	20535,4
7	1,75	44,8	2,47	26898,6	0,0	0,0	0,2	24,8	0,0	23088,3	14921,8
8	1,75	52,0	2,85	24383,52	0,0	0,0	0,2	24,8	0,0	20848,2	14653,6
9	1,75	60,7	3,58	19838,5	0,0	0,0	0,2	24,8	0,0	15850,6	13855,7
10	1,75	74,5	6,56	10943,33	0,0	0,0	0,2	24,8	0,0	-1649,2	11814,4

11. SOTTOPASSO FERROVIARIO

L'impalcato ferroviario che, seguendo il cosiddetto "sistema del monolite a spinta", viene varato al di sotto del piano ferroviario.

L'estradosso della piastra ospita la sede ferroviaria, mentre l'intradosso funge da copertura del sottopasso per il traffico stradale.



La struttura è costruita mediante prefabbricazione in un apposito cantiere a lato del rilevato ferroviario da sottopassare, e poi spinta idraulicamente all'interno del terrapieno stesso con l'ausilio di una platea di varo ed utilizzando un'opera di controspinta da demolire successivamente

Il sottopasso, per la fase di esercizio, sarà quindi corredato dai seguenti elementi:

muri di sostegno a protezione delle rampe di accesso
monolite a sostegno dell'impalcato ferroviario
scatolare in c.a. realizzato fuori terra e successivamente rinterrato
Sono invece considerati elementi provvisionali:

paratia di micropali
paratia di pali

11.1- Monolite

La messa in opera di un sottopasso, ferroviario, con la tecnica degli scatolari a spinta, consiste nella costruzione di un monolite in cemento armato prefabbricato di sezione in genere quadrata o rettangolare e nella sua successiva infissione nel terreno tramite martinetti oleodinamici. (Fig. 1)

La sezione che viene infissa nel terreno è provvista di un "rostro"(Fig. 2), la quale deve agevolare la penetrazione e che verrà demolito al termine del processo di spinta;

Le opere provvisionali da approntare sono: una platea di varo e un muro reggispinta.
La platea di varo consiste in una piattaforma in cemento armato di altezza 40 cm, sulla quale sarà fatto scorrere il monolite.
Fra la piattaforma di varo ed il monolite viene interposto un foglio in polietilene oppure un letto di listelli di legno e sabbia per diminuire l'attrito al contatto e favorire il distacco e lo scorrimento del manufatto.
Lo scopo del muro reggispinta è, invece, offrire un contrasto alla spinta dei martinetti, e deve essere adeguatamente ancorato al terreno mediante pali, micropali od anche file di palancole. Il suo dimensionamento e la tecnica di ancoraggio dipendono strettamente dal tipo di terreno interessato.

FASI ESECUTIVE

La realizzazione può sinteticamente suddividersi nelle seguenti operazioni: (Fig. 5)

1) *allestimento delle opere di servizio per la prefabbricazione dello scatolare:*

consistono nella costruzione della platea in calcestruzzo armato che, costruita su di un lato della linea da sottopassare, ha tre funzioni specifiche:

- costituire la base di appoggio provvisoria per l'allestimento dell'opera d'arte prefabbricata;
- assicurare il contrasto alla spinta oleodinamica per il varo del manufatto prefabbricato dalla sede di allestimento a quella di esercizio;
- costruire il piano di scorrimento e di guida per detta traslazione.

2) *preparazione dei servizi necessari alle operazioni di varo*: consistono nella realizzazione dell'opera di contrasto alla spinta oleodinamica per il varo del manufatto prefabbricato. Si schematizza come muro di sostegno a un rilevato con altezza sufficiente a consentire con la sua spinta passiva un'opportuna resistenza allo sforzo esercitato dai martinetti in fase di spinta.

Quest'ultima viene distribuita uniformemente sulla parete da una trave molto rigida in acciaio, alla quale se ne aggiungeranno altre per compensare la corsa dei pistoni dei martinetti, ogni volta che questa si azzera.

3) *allestimento fuori opera della struttura statica monolitica prefabbricata del sottopasso*: il manufatto viene realizzato con un getto monolitico in calcestruzzo armato ed allestito in posizione tale per cui il suo asse longitudinale coincida in direzione e quota con quello di progetto dell'opera finita.

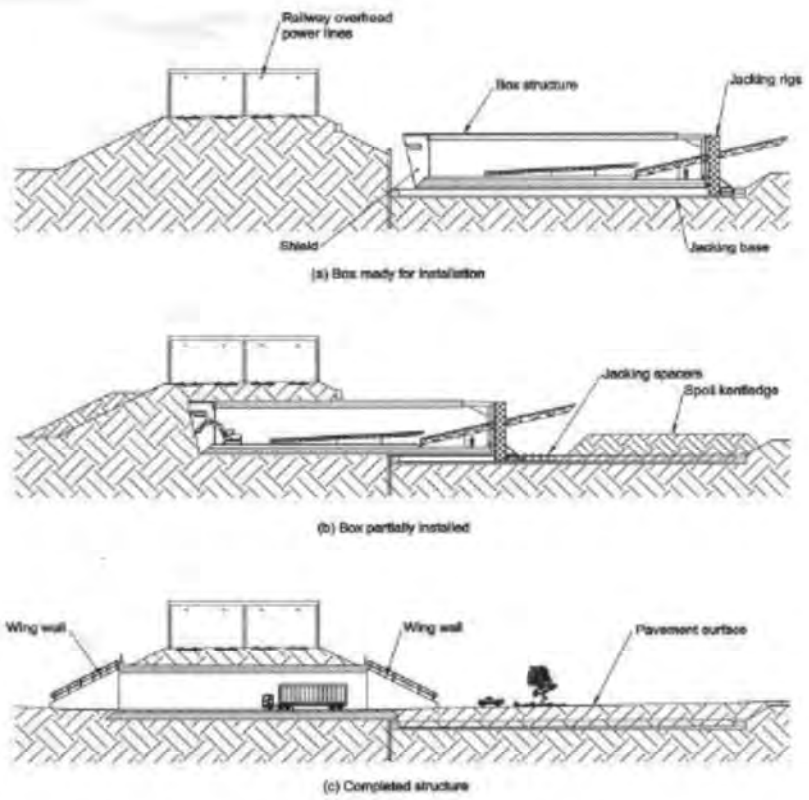


Fig. 5 - Fasi operative: Spinta dello scatolare nel terreno

Il monolite è un'opera in cemento armato tradizionale, la cui realizzazione prevede una prima fase di installazione delle armature, una seconda fase di casseratura, una terza fase di getto del calcestruzzo e, infine, un congruo tempo di attesa per la maturazione del getto.
Il monolite è messo in opera secondo le seguenti fasi :

- costruzione della platea di varo;
- costruzione dello scatolare;
- consolidamento del terreno del rilevato mediante jet-grouting o micropali;
- realizzazione del muro di contrasto nel lato platea opposto;
- collocazione dei martinetti;
- inizio delle operazioni di infilaggio mediante spinta e traslazione del monolite sulla platea.

NELLA TAV 1.4.2 sono rappresentate le fasi esecutive previste in progetto

11.2 Paratie di pali e micropali

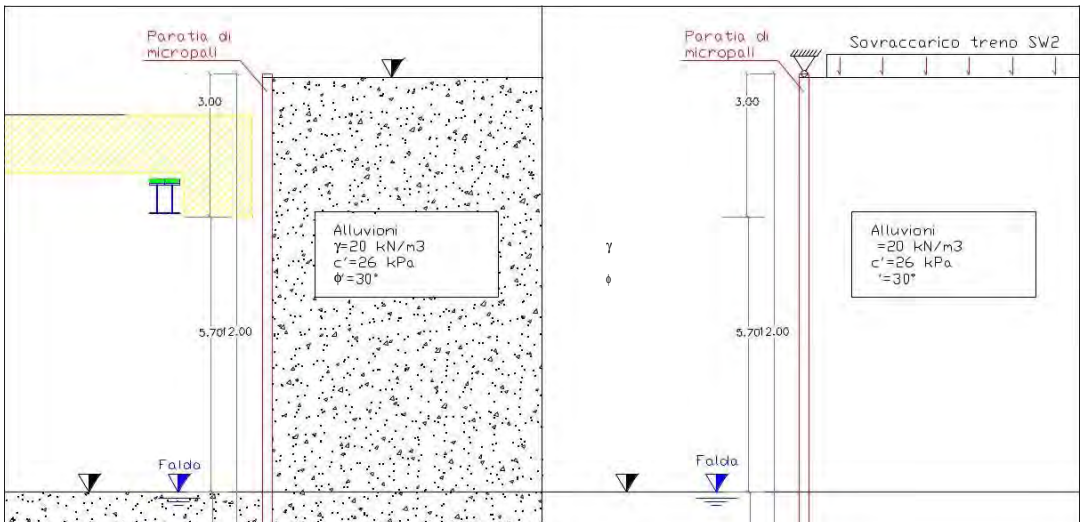
La paratia di micropali viene realizzata ai fini di garantire la sicurezza dello scavo del terreno sottostante l'impalcato.

La funzione della paratia è comunque provvisionale in quanto, una volta eseguito lo scavo, viene realizzato uno scatolare interno per reggere la spinta delle terre.

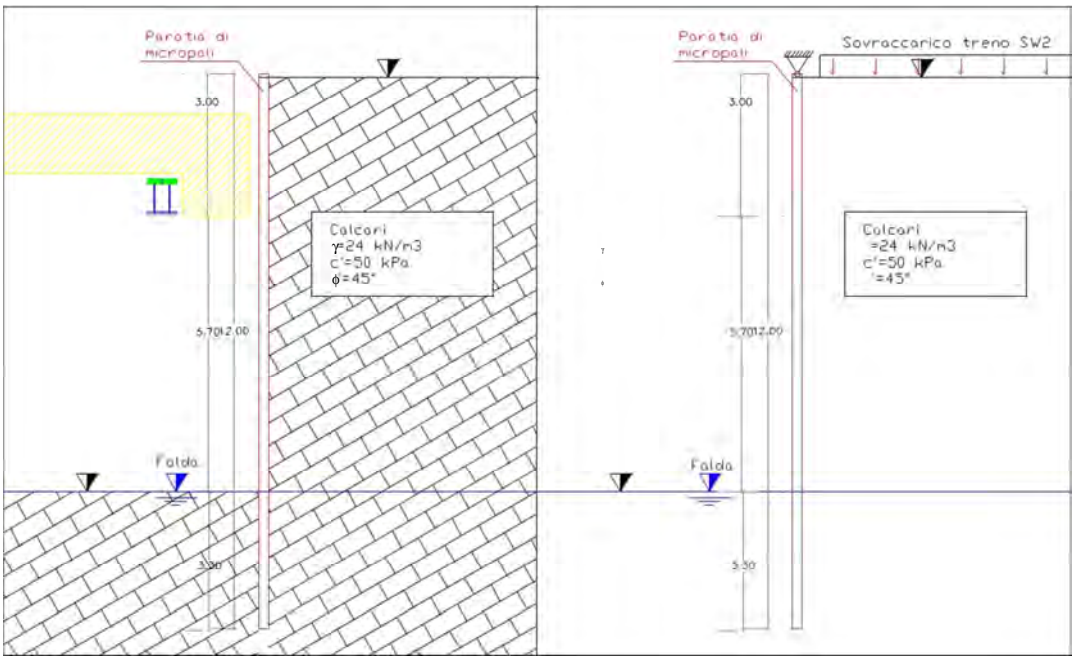
La paratia in oggetto è formata da micropali ϕ200 e saranno disposti sub-normalmente al binario.

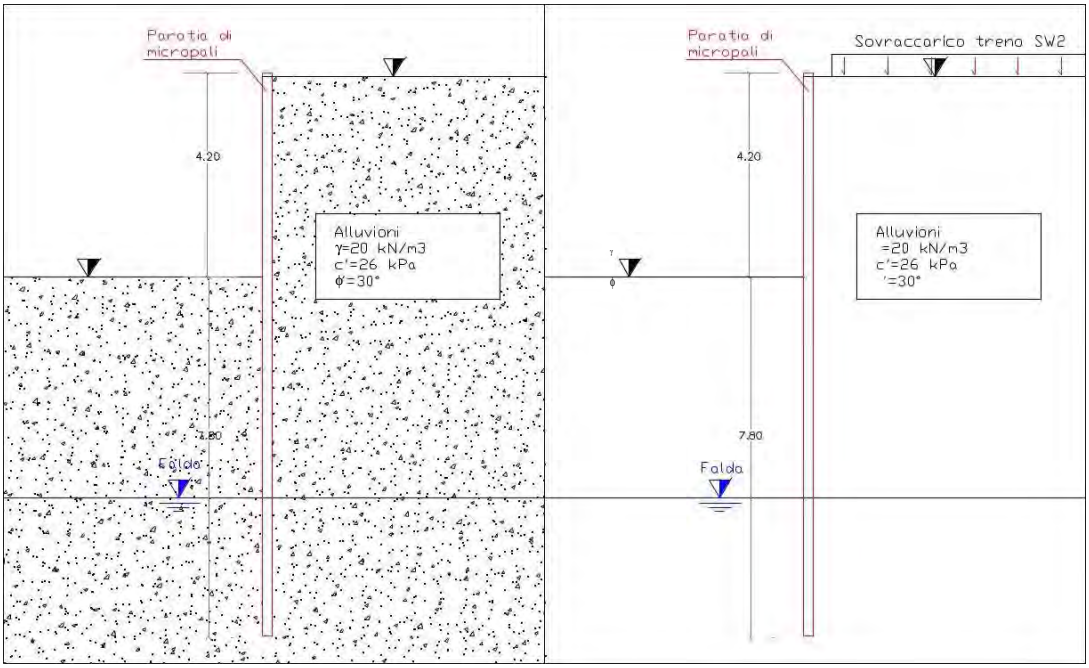
Vengono inoltre analizzate le due possibili condizioni in cui i micropali si trovino nello strato delle alluvioni oppure dei calcari.

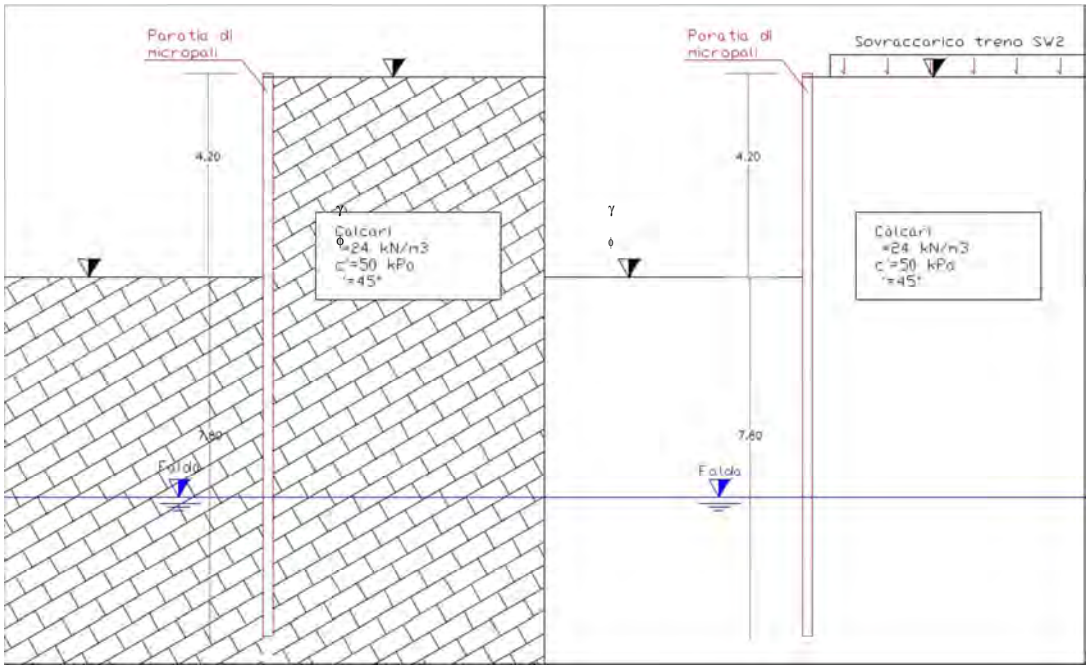
I due schemi di calcolo sono riportati nelle figure successive in relazione anche alla stratigrafia presente.



151


Paratia di micropali
3.00
Calcari
γ=24 kN/m3
c'=50 kPa
ϕ=45°
5.70
12.00
Falda
3.50
Paratia di micropali
Sovraccarico treno SW2
3.00
Calcari
=24 kN/m3
c'=50 kPa
'=45°
5.70
12.00
Falda
5.50


Paratia di micropali
4.20
Alluvioni
γ=20 kN/m3
c'=26 kPa
ϕ'=30°
7.80
Falda
Paratia di micropali
Sovraccarico treno SW2
4.20
Alluvioni
=20 kN/m3
c'=26 kPa
'=30°
7.80
Falda



Lo scavo della rampa in discesa nonché lo scavo per la realizzazione del monolite fuori opera comporta la necessità di realizzare una paratia di pali a protezione di un edificio esitente.

11.2.1 Analisi della paratia

Introduzione.

Le paratie sono opere di ingegneria civile che trovano molta applicazione in problemi legati alla stabilizzazione di versanti o al sostegno di rilevati di terreno. Tuttavia è anche facile sentire parlare di paratie che sono utilizzate per l'ormeggio di grandi imbarcazioni, o per puntellare pareti di trincee e altri scavi o per realizzare cassoni a tenuta stagna per lavori subacquei. Come si può quindi intuire grande importanza deve essere data alla progettazione di una simile opera, soprattutto per quanto riguarda il progetto strutturale e geotecnico. Per quanto riguarda l'aspetto del calcolo vale la pena sottolineare che non esistono, ad oggi, metodi esatti, e questo è anche dovuto alla complessa interazione tra la profondità di scavo, la rigidezza del materiale costituente la paratia e la resistenza dovuta alla pressione passiva. In ogni caso, i metodi correntemente utilizzati possono essere classificati in due categorie:

Metodi che si basano su una discretizzazione del modello di paratia (si parla di differenze finite o di elementi finiti);

Metodi che si basano su congetture di tipo semplicistico, al fine di poter affrontare il problema con il semplice studio dell'equilibrio di un corpo rigido.

Tra le due classi di metodi esposti all'elenco precedente, quello degli elementi finiti è quello che più di tutti risulta razionale, in quanto basato su considerazioni che coinvolgono sia la statica del problema (equilibrio) sia la cinematica (congruenza).

Tipi di paratie.

I tipi di paratie maggiormente utilizzate allo stato attuale possono essere classificati come segue:

Paratie in calcestruzzo armato, costruite per mezzo di pali o per mezzo di setti (entrambi armati);

Paratie di legno;

Paratie in acciaio.

Analisi della paratia.

Alcune considerazioni preliminari.

Gli elementi che concorrono al calcolo di una paratia sono vari. Si coinvolgono infatti concetti legati alla flessibilità dei pali, al calcolo della spinta del terrapieno, alla rigidezza del terreno ecc. Si osservi la seguente figura:

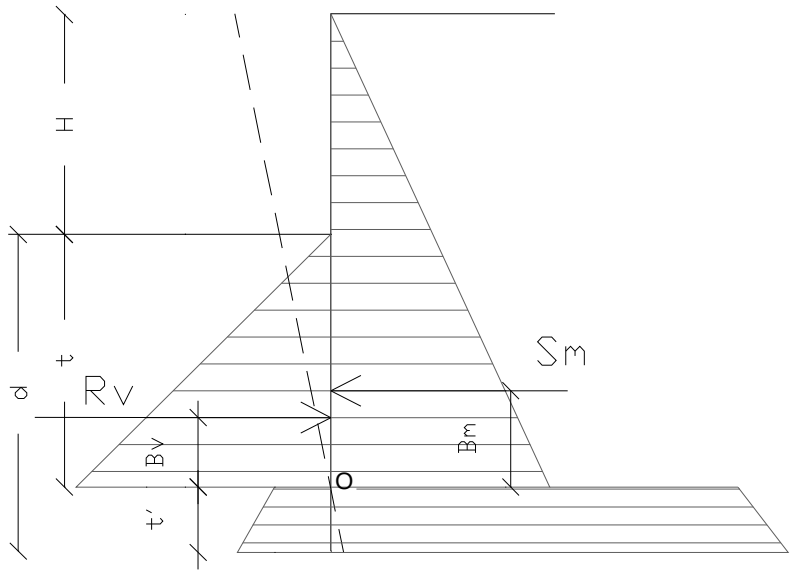


Figura 1: Schema delle pressioni agenti sulla paratia

Si vede che le pressioni laterali che sono chiamate a concorrere nell'equilibrio sono la pressione attiva sviluppata a tergo della paratia e la pressione passiva che si sviluppa nella parte anteriore della paratia (Parte di valle della paratia). Il calcolo, sia nell'ambito dei metodi semplificati che nell'ambito di metodi numerici, della spinta a tergo ed a valle della paratia viene solitamente condotto sia con il metodo di Rankine che con il metodo do Coulomb. Si rileva però che il metodo di Coulomb fornisce risultati più accurati in quanto essendo la paratia un opera solitamente flessibile, e manifestando quindi spostamenti maggiori si generano fenomeni di attrito all'interfaccia paratia-terreno che possono essere tenuti in conto solo attraverso i coefficienti di spinta di Coulomb. Nell'utilizzo del metodo degli elementi finiti si deve calcolare anche un coefficiente di reazione del terreno ks, oltre che la spinta attiva e passive del terreno. Se si parla di analisi in condizioni non drenate è inoltre necessario conoscere il valore della coesione non drenata. E' inoltre opportuno considerare che se si vuole tenere debitamente in conto l'attrito tra terreno e opera si deve essere a conoscenza dell'angolo di attrito tra terreno e opera (appunto). In conclusione i parametri (in termini di proprietà del terreno) di cui si deve disporre per effettuare l'analisi sono i seguenti:

Angolo di attrito interno del terreno;

Coesione del terreno;

Peso dell'unità di volume del terreno;

Angolo di attrito tra il terreno ed il materiale che costituisce l'opera.

Calcolo delle spinte.

Come accennato in uno dei paragrafi precedenti, deve in ogni caso essere effettuato il calcolo della spinta attiva e passiva. Si espone quindi in questa sezione il calcolo delle spinte con il metodo di Coulomb.

Calcolo della spinta attiva.

La spinta attiva può essere calcolata con il metodo di Coulomb o alternativamente utilizzando la Teoria di Caquot.

Metodo di Coulomb.

Il metodo di Coulomb è capace di tenere in conto le variabili più significative, soprattutto con riguardo al fenomeno attritivo che si genera all'interfaccia paratia-terreno. Per terreno omogeneo ed asciutto il diagramma delle pressioni si presenta lineare con distribuzione (valutata alla profondità z):

$$\sigma_h(z) = k_a \cdot \gamma_t \cdot z$$

La spinta totale, che è l'integrale della relazione precedente su tutta l'altezza, è applicata ad 1/3 di H e si calcola con la seguente espressione:

$$S_t(z) = \frac{1}{2} k_a \cdot \gamma_t \cdot H^2$$

Avendo indicato con ka il valore del coefficiente di pressione attiva, determinabile con la seguente relazione:

$$\begin{cases} k_a = \dfrac{\sin^2(\phi+\beta)}{\sin^2\beta \times \sin(\beta-\delta) \times \left[1+\sqrt{\dfrac{\sin(\phi+\delta)\times\sin(\phi-\varepsilon)}{\sin(\beta-\delta)\times\sin(\beta+\varepsilon)}}\right]^2} \\ con\ \delta < (\beta-\phi-\varepsilon)\ \text{secondo}\ Muller-Breslau \end{cases}$$

γt = Peso unità di volume del terreno;

β = Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;

ϕ = Angolo di resistenza al taglio del terreno;

δ = Angolo di attrito terreno-paratia positivo se antiorario;

ε = Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale positiva se antioraria;

Metodo di Caquot.

Il metodo di Coulomb risulta essere un metodo sufficientemente accurato per la valutazione dei coefficienti di pressione allo stato limite. Tuttavia soffre dell'ipotesi riguardante la planarità della superficie di scorrimento. Tale ipotesi è rimossa applicando la teoria di Caquot la quale si basa sull'utilizzo di una superficie di scorrimento a forma di spirale logaritmica. Secondo questa teoria il coefficiente di pressione attiva si determina utilizzando la seguente formula:

$$K_a = \rho \cdot K_a^{Coulomb}$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

$K_a^{Coulomb}$ è il coefficiente di pressione attiva calcolato con la teoria di Coulomb;
ρ è un coefficiente moltiplicativo calcolato con la seguente formula:

$$\rho = \left(\left[1 - 0.9 \cdot \lambda^2 - 0.1 \cdot \lambda\right] \cdot \left[1 - 0.3 \cdot \lambda^3\right]\right)^{-n}$$

Dove i simboli sono calcolati con le seguenti formule:

$$\lambda = \frac{\Delta + \beta - \Gamma}{4 \cdot \varphi - 2 \cdot \pi \cdot (\Delta + \beta - \Gamma)}$$

$$\Delta = 2 \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\left|\cot(\delta)\right| - \sqrt{\cot^2(\delta) - \cot^2(\varphi)}}{1 + \cos ec(\varphi)}\right)$$

$$\Gamma = \sin^{-1}\left(\frac{\sin(\beta)}{\sin(\varphi)}\right)$$

Dove i simboli hanno il seguente significato (vedere anche figura seguente):

β è l'inclinazione del profilo di monte misurata rispetto all' orizzontale;

φ è l' angolo di attrito interno del terreno spingente;

δ è l' angolo di attrito all'interfaccia opera-terreno;

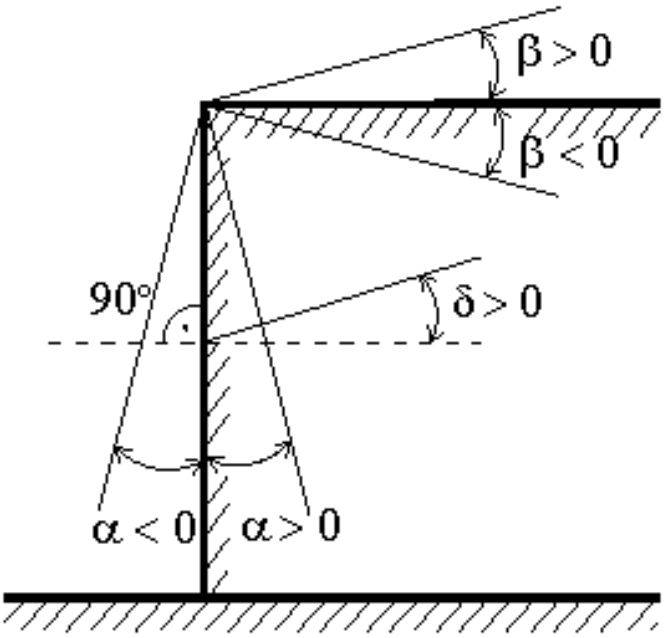


Figura: Convenzione utilizzata per il calcolo del coefficiente di pressione secondo la teoria di Caquot

Carico uniforme sul terrapieno

Un carico Q, uniformemente distribuito sul piano campagna induce delle pressioni costanti pari:

$$\sigma_q(z) = k_a \cdot Q \cdot \frac{\sin(\beta)}{\sin(\beta + \varepsilon)}$$

Integrando la tensione riportata alla formula precedente si ottiene la spinta totale dovuta al sovraccarico:

$$S_q = k_a \cdot Q \cdot \frac{\sin(\beta)}{\sin(\beta + \varepsilon)} \cdot H$$

Con punto di applicazione ad H/2 (essendo la distribuzione delle tensioni costante). Nelle precedenti formule i simboli hanno il seguente significato:

β = Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede

ε = Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale positiva se antioraria

Ka = Coefficiente di pressione attiva calcolato al paragrafo precedente

Striscia di carico su pc inclinato

Il carico agente viene decomposto in un carico ortogonale ed in uno tangenziale al terrapieno, le pressioni indotte sulla parete saranno calcolate come illustrato nei due paragrafi che seguono.

Striscia di carico ortogonale al piano di azione

Un carico ripartito in modo parziale di ascissa iniziale x1 ed ascissa finale x2 genera un diagramma di pressioni sulla parete i cui valori sono stati determinati secondo la formulazione di Terzaghi, che esprime la pressione alla generica profondità z come segue:

$$\sigma_q(z) = \frac{Q}{2\pi \times (2\Delta\theta + A)}$$

$$\tau_{xz} = -\frac{Q}{2\pi B}$$

Con:

$\Delta\theta = \theta_1 - \theta_2$;

$A = \mathrm{sen}(2\theta_1) - \mathrm{sen}(2\theta_2)$

$B = \cos(2\theta_1) - \cos(2\theta_2)$

$\theta_1 = \mathrm{arctg}(z/x1)$

$\theta_2 = \mathrm{arctg}(z/x2)$

Per integrazione si otterrà la risultante ed il relativo braccio.

Striscia di carico tangenziale al p.c.

$$\sigma_x = \frac{t}{2\pi \times (D - 2E)}$$

T = Intensità del carico [F/L²]

D = $4 \times \log[\mathrm{sen}\theta 1/\mathrm{sen}\theta 2]$

E = $\mathrm{sen}^2\theta 1 - \mathrm{sen}^2\theta 2$

Linee di carico sul terrapieno

Le linee di carico generano un incremento di pressioni sulla parete che secondo BOUSSINESQ, alla profondità z, possono essere espresse come segue:

$$\sigma_x(x,z) = \frac{2V}{\pi \cdot x^2 \cdot z \cdot (x^2 + z^2)^2}$$

$$\tau_{xz}(x,z) = \frac{2V}{\pi \cdot x \cdot z^2 \cdot (x^2 + z^2)^2}$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

V = Intensità del carico espessa in [F/L];

X = Distanza, in proiezione orizzontale, del punto di applicazione del carico dalla parete;

Se il piano di azione è inclinato di ε viene ruotato il sistema di riferimento xz in XZ, attraverso la seguente trasformazione:

$$\begin{cases} X = x \cdot \cos(\varepsilon) - z \cdot \sin(\varepsilon) \\ Z = z \cdot \cos(\varepsilon) + x \cdot \sin(\varepsilon) \end{cases}$$

Spinta in presenza di falda acquifera

La falda con superficie distante Hw dalla base della struttura, induce delle pressioni idrostatiche normali alla parete che, alla profondità z sono espresse come segue:

$$u(z) = \gamma_w \cdot z$$

La spinta idrostatica totale si ottiene per integrazione su tutta l'altezza della relazione precedente:

$$S_w = \frac{1}{2}\gamma_w \cdot H^2$$

Avendo indicato con H l'altezza totale di spinta e con γw il peso dell'unità di volume dell'acqua. La spinta del terreno immerso si ottiene sostituendo γt con γ't (γ't = γsaturo - γw), peso specifico del materiale immerso in acqua. In condizioni sismiche la sovraspinta esercitata dall'acqua viene valutata nel seguente modo:

$$\Delta S_w = \frac{7}{12}\gamma_w \cdot H_w{}^2 \cdot C$$

applicata a 2/3 dell'altezza della falda Hw [Matsuo O'Hara (1960) Geotecnica , R. Lancellotta]

Effetto dovuto alla presenza di coesione

La coesione induce delle pressioni negative costanti pari a:

$$P_c = -\frac{2 \cdot c}{\sqrt{k_a}}$$

Non essendo possibile stabilire a priori quale sia il decremento indotto della spinta per effetto della coesione. E' stata calcolate l'altezza critica Zc come segue:

$$Z_c = \frac{2c}{\gamma_t \times \sqrt{Ka}} - \left\{ \frac{\left[Q \times \sin\beta \big/ \sin(\beta + \varepsilon) \right]}{\gamma_t} \right\}$$

Dove i simboli hanno il seguente significato

Q =Carico agente sul terrapieno eventualmente presente.

γt = Peso unità di volume del terreno

β = Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede

ε = Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale positiva se antioraria

C = Coesione del materiale

Ka = Coefficiente di pressione attiva, come calcolato ai passi precedenti

Nel caso in cui si verifichi la circostanza che la Zc, calcolata con la formula precedente, sia minore di zero è possibile sovrapporre direttamente gli effetti dei diagrammi, imponendo un decremento al diagramma di spinta originario valutato come segue:

$$S_c = P_c \cdot H$$

Dove si è indicata con il simbolo H l'altezza totale di spinta.

Sisma

Spinta attiva in condizioni sismiche

In presenza di sisma la forza di calcolo esercitata dal terrapieno sulla parete è data da:

$$E_d = \frac{1}{2}\gamma(1 \pm k_v)KH^2 + E_{ws} + E_{wd}$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

H =altezza di scavo

Kv = coefficiente sismico verticale

γ =peso per unità di volume del terreno

K =coefficienti di spinta attiva totale (statico + dinamico) (vedi Mononobe & Okabe)

Ews =spinta idrostatica dell'acqua

Ewd =spinta idrodinamica.

Per terreni impermeabili la spinta idrodinamica Ewd = 0, ma viene effettuata una correzione sulla valutazione dell'angolo β della formula di Mononobe & Okabe così come di seguito:

$$tg\vartheta = \frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w}\frac{k_h}{1 \mp k_v}$$

Nei terreni ad elevata permeabilità in condizioni dinamiche continua a valere la correzione di cui sopra, ma la spinta idrodinamica assume la seguente espressione:

$$E_{wd} = \frac{7}{12}k_h\gamma_w H'^2$$

Con H' altezza del livello di falda (riportata nella sezione relativa al calcolo della spinta idrostatica).

Resistenza passiva

Anche per il calcolo della resistenza passiva si possono utilizzare i due metodi usati nel calcolo della pressione allo stato limite attivo (metodo di Coulomb e metodo di Caquot).

Metodo di Coulomb

Per terreno omogeneo il diagramma delle pressioni in condizioni di stato limite passivo risulta lineare con legge del tipo del tipo:

$$\sigma_p(z) = k_p \gamma_t z$$

Ancora una volta integrando la precedente relazione sull'altezza di spinta (che per le paratie deve essere valutata attentamente) si ottiene la spinta passiva totale:

$$S_t = \frac{1}{2} k_p \cdot \gamma_t \cdot H^2$$

Avendo indicato al solito con H l'altezza di spinta, gt il peso dell'unità di volume di terreno e con kp il coefficiente di pressione passiva (in condizioni di stato limite passivo). Il valore di questo coefficiente è determinato con la seguente formula:

$$\begin{cases} k_p = \dfrac{\sin^2(\beta - \phi)}{\sin^2 \beta \times \sin(\beta + \delta) \times \left[1 - \sqrt{\dfrac{\sin(\phi + \delta) \times \sin(\phi + \varepsilon)}{\sin(\beta + \delta) \times \sin(\beta + \varepsilon)}} \right]^2} \\ con\ \ \delta < \beta - \phi - \varepsilon\ \ \text{secondo}\ \ Muller - Breslau \end{cases}$$

con valori limite pari a:δ< β–ϕ–ε□ (Muller-Breslau).

Metodo di Caquot

Il metodo di Caquot differisce dal metodo di Coulomb per il calcolo del coefficiente di pressione allo stato limite passivo. Il coefficiente di pressione passiva viene calcolato, con questo metodo, interpolando i valori della seguente tabella:

Coefficient of passive earth pressure K_p *for* δ = -φ											
α [°]	φ [°]	K_p when β°									
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
	10	1,17	1,41	1,53							
	15	1,30	1,70	1,92	2,08						
	20	1,71	2,08	2,42	2,71	2,92					
	25	2,14	2,81	2,98	3,88	4,22	4,43				
-30	30	2,78	3,42	4,18	5,01	5,98	8,94	7,40			
	35	3,75	4,73	5,87	7,21	8,78	10,80	12,50	13,80		
	40	5,31	8,87	8,77	11,00	13,70	17,20	24,80	25,40	28,40	
	45	8,05	10,70	14,20	18,40	23,80	90,60	38.90	49,10	60,70	69,10
	10	1,36	1,58	1,70							
	15	1,68	1,97	2,20	2,38						
	20	2,13	2,52	2,92	3,22	3,51					
	25	2,78	3,34	3,99	4,80	5,29	5,57				
-20	30	3,78	4,81	8,58	8,81	7,84	9,12	9,77			

	35	5,38	8,89	8,28	10,10	12,20	14,80	17,40	19,00		
	40	8,07	10,40	12,00	18,50	20,00	25,50	38,50	37,80	42,20	
	45	13,2	17,50	22,90	29,80	38,30	48,90	82,30	78,80	97,30	111,04
	10	1,52	1,72	1,83							.
	15	1,95	2,23	2,57	2,88						
	20	2,57	2,98	3,42	3,75	4,09					
	25	3,50	4,14	4,90	5,82	8,45	8,81				
-10	30	4,98	8,01	7,19	8,51	10,10	11,70	12,80			
	35	7,47	9,24	11,30	13,80	18,70	20,10	23,70	2ó,00		
	40	12,0	15,40	19,40	24,10	29,80	37,10	53,20	55,10	61,80	
	45	21,2	27,90	38,50	47,20	80,80	77,30	908,20	124,00	153,00	178,00
	10	1,84	1,81	1,93							
	15	2,19	2,46	2,73	2,91						
	20	3,01	3,44	3,91	4,42	4,66					
	25	4,28	5,02	5,81	8,72	7,71	8,16				
0	30	8,42	7,69	9,19	10,80	12,70	14,80	15,90			
	35	10,2	12,60	15,30	18,80	22,30	28,90	31,70	34,90		
	40	17,5	22,30	28,00	34,80	42,90	53,30	78,40	79,10	88,70	
	45	33,5	44,10	57,40	74,10	94,70	120,00	153,00	174,00	240,00	275,00
	10	1,73	1,87	1,98							
	15	2,40	2,65	2,93	3,12						
	20	3,45	3,90	4,40	4,96	5,23					
10	25	5,17	5,99	6,90	7,95	9,11	9,67				
	30	8,17	9,69	11,40	13,50	15,90	18,50	19,90			
	35	13,8	16,90	20,50	24,80	29,80	35,80	42,30	46,60		
	40	25,5	32,20	40,40	49,90	61,70	76,40	110,00	113,00	127,00	
	45	52,9	69,40	90,90	116,00	148,00	i88,00	239,00	303,00	375,00	431,00
	10	1,78	1,89 I	2,01							
	15	2,58	2,821	3,11	3,30						
	20	3,90	4,38	4,92	5,53	5,83					
20	25	6,18	7,12	8,17	9,39	10,70	11,40				
	30	10,4	12,30	14,40	16,90	20,00	23,20	25,00			
	35	18,7	22,80	27,60	33,30	40,00	48,00	56,80	62,50		
	40	37,2	46,90	58,60	72,50	89,30	111,00	158,00	164,00	185,00	
	45	84,0	110,00	143,00	184,00	234,00	297,00	378,00	478,00	592,00	680,00

Tabella: Valutazione del coefficiente di pressione passiva con la teoria di Caquot

Carico uniforme sul terrapieno

La resistenza indotta da un carico uniformemente distribuito Sq vale:

$$S_q = k_p \cdot Q \cdot H \cdot \frac{sen\beta}{sen(\beta + \varepsilon)}$$

Con punto di applicazione pari a H/2 (essendo il diagramma delle tensioni orizzontali costante per tutta l'altezza). Nella precedente formula k_p è il coefficiente di spinta passiva valutato al paragrafo precedente.

Coesione

La coesione determina un incremento di resistenza pari a:

$$Pc = 2c \times \sqrt{k_p}$$

Tale incremento va a sommarsi direttamente al diagramma principale di spinta.

Metodo dell'equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nel ricercare soluzioni, al problema di verifica o di progetto, che siano compatibili con il solo aspetto statico del problema. In sostanza si ragiona in termini di equilibrio di un corpo rigido, senza preoccuparsi della congruenza cinematica degli spostamenti. I principali schemi di calcolo cui si farà riferimento sono i seguenti:

Paratia a sbalzo;

Paratia tirantata ad estremo libero;

Paratia tirantata ad estremo fisso;

Paratia a sbalzo: calcolo della profondità d'infissione limite

Per paratia non tirantata, la stabilità è assicurata dalla resistenza passiva del terreno che si trova a valle della stessa; dall'equilibrio dei momenti rispetto al centro di rotazione si ottiene:

$$S_m \cdot B_m - R_v \cdot B_v = 0$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

S_m =componente orizzontale della spinta attiva;

B_m =braccio di S_m rispetto ad O centro di rotazione;

R_v =componente orizzontale della resistenza passiva;

B_v =braccio di R_v rispetto ad O centro di rotazione;

ogni termine risulta funzione di t dove t è la profondità del centro di rotazione rispetto al piano di riferimento di valle (piano campagna a valle). La lunghezza necessaria per assicurare l'equilibrio alla traslazione orizzontale si ottiene aumentando t come segue:

$$t' = a \cdot t \;\; d = t \cdot (1 + a) \;\; dove\; a = 0.2 \;\; (Metodo\ di\ Blum)$$

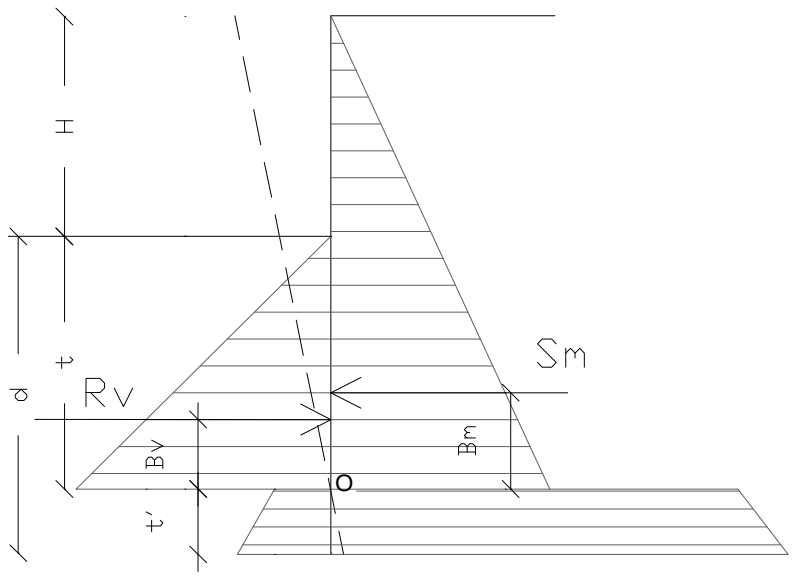


Figura 2: Schema di riferimento per il calcolo dell'equilibrio della paratia

Coefficiente di sicurezza sulla resistenza passiva

La lunghezza d'infissione d come sopra determinata è relativa alla condizione limite di incipiente collasso, tramite un coefficiente F. E' possibile introdurre un margine di sicurezza sulle resistenze passive; la riduzione si effetua come segue:

$$S_m \cdot B_m - \frac{R_v}{F} \cdot B_v = 0$$

Paratia tirantata ad estremo libero: calcolo della profondità d'infissione limite

La stabilità dell'opera è assicurata anche dai tiranti ancorati sulla paratia. Per utilizzare lo schema di calcolo ad estremo libero, la paratia deve essere sufficientemente corta e rigida. La lunghezza di infissione, sarà determinata imponendo l'equilibrio alla rotazione sull'origine del tirante indicato B1

$$S_m \cdot (H + t - B_m - t_m) - R_v \cdot (H + t - B_v - t_m) = 0$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

S_m = componente orizzontale spinta attiva;

H = altezza terreno da sostenere;

t = profondità di infissione calcolata;

B_m = braccio di S_m rispetto alla base della paratia;

P_m = ordinata del punto di applicazione del tirante a monte;

R_v = componente orizzontale della resistenza passiva;

B_v = braccio di R_v.

Noto t, si determinano S_m ed R_v ed il relativo sforzo del tirante.

Coefficiente di sicurezza F sulle resistenze passive

La lunghezza d'infissione sarà ulteriormente aumentata per avere margine di sicurezza in condizioni di esercizio tramite il coefficiente di sicurezza F:

$$S_m \cdot (H + t - B_m - t_m) - \frac{R_v}{F} \cdot (H + t - B_v - t_m) = 0$$

Paratia tirantata ad estremo fisso: calcolo della profondità d'infissione limite

Se la sezione più profonda della paratia non trasla e non ruota può essere assimilata ad un incastro, in tal caso la paratia si definisce ad estremo fisso. Un procedimento elaborato da BLUM consente di ricavare la profondità d'infissione (t+t'), imponendo le condizioni cinematiche di spostamenti nulli alla base dell'opera ed all'origine del tirante (B1), e le condizioni statiche di momento e taglio nullo alla base della paratia. Si perviene ad una equazione di 5° grado in (t+t') che può essere risolta in modo agevole.

Coefficiente di sicurezza F sulle resistenze

Per aumentare il fattore di sicurezza sono stati introdotti negli sviluppi numerici, valori delle resistenze passive ridotte.

Metodo degli elementi finiti (FEM)

Il metodo degli elementi finiti è il metodo che più di tutti si fonda su basi teoriche solide e razionali. Di fatti tutto il metodo presuppone che il problema sia affrontato tenendo in conto sia l'aspetto statico (e quindi l'equilibrio del problema, sia l'aspetto cinematica (e quindi la congruenza degli spostamenti o meglio delle deformazioni). In questo approccio la paratia è modellata come un insieme di travi, con vincolo di continuità tra loro (elementi beam) vincolati al terreno mediante molle elastiche, la cui rigidezza è valutata in funzione delle proprietà elastiche del terreno. Nella figura che segue è mostrato schematicamente il modello utilizzato per l'analisi ad elementi finiti:

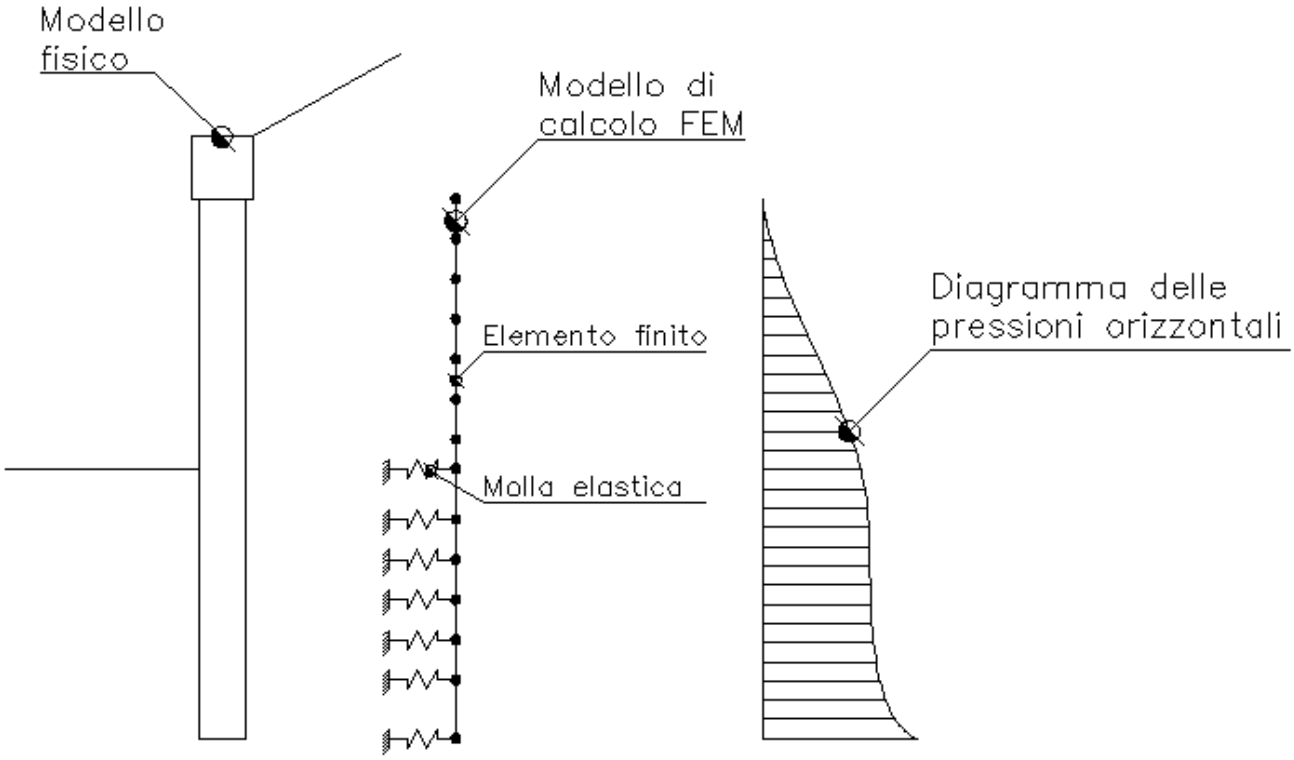


Figura 3: Schematizzazione della paratia ad elementi finiti

Vari aspetti hanno importanza centrale in questo metodo di calcolo. Si riportano nel seguito gli aspetti essenziali.

Calcolo del modulo di rigidezza Ks del terreno

Come già detto in precedenza, il terreno viene schematizzato con delle molle di rigidezza Ks applicate sui nodi dei conci compresi tra il nodo di fondo scavo e l'estremità di infissione. La stima della rigidezza *Ks* è stata effettuata sulla base della capacità portante delle fondazioni secondo la seguente formula:

$$ks = A_s + B_s \cdot z^n$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

As =costante, calcolata come segue As=C×(c×Nc+0.5×G×B×Ng)

Bs =coefficiente funzione della profondità Bs=C×G×Nq

Z =Profondità in esame

C =40 nel sistema internazionale SI

n $= \pi \times \tan\varphi$

Nq $= \exp[n \times (\tan^2(45° + \varphi/2)]$

Nc $= (Nq-1) \times \cot\varphi$

Ng $= 1.5 \times (Nq-1) \times \tan\varphi$

Tiranti

I tiranti vengono schematizzati come elementi elastici, con sezione trasversale di area pari ad A modulo di elasticità E e lunghezza L. Per un tratto di paratia di larghezza unitaria, l'azione dei tiranti inclinati di un angolo β vale:

$$F = \frac{A \cdot E}{S \cdot L} \cdot \cos(\beta)$$

Sifonamento

Il sifonamento è un fenomeno che in una fase iniziale si localizza al piede della paratia, e poi rapidamente si estende nell'intorno del volume resistente. Si verifica quando, per una elevata pressione idrodinamica o di infiltrazione, si annullano le pressioni passive efficaci, con la conseguente perdita di resistenza del terreno. Si assume di norma un fattore di sicurezza Fsif=3.5-4 Indicando con:

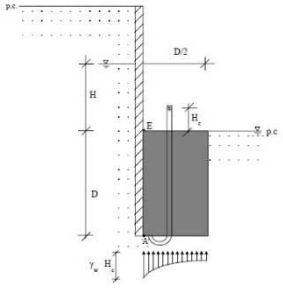
ic = Gradiente Idraulico critico;

ie = Gradiente Idraulico in condizioni di esercizio;

Il margine di sicurezza è definito come rapporto tra *ic* ed *ie*, se *ie*<*ic* la paratie è stabile.

Verifica di sollevamento del fondo scavo.

Nel caso di un diaframma infisso nel terreno, la presenza della falda in posizioni tali da innescare un moto di filtrazione comporta l'instaurarsi di una forza di filtrazione che, se diretta verso l'alto, può annullare il peso del terreno il quale, in assenza di coesione, può essere trascinato dal flusso dell'acqua e compromettere la stabilità dell'opera. Il fenomeno della stabilità del fondo scavo, analogo a quello del sifonamento, è stato affrontato per la prima volta da Terzaghi (1943). A differenza del sifonamento, che è un fenomeno localizzato nel punto di sbocco della prima linea di flusso, quello del sollevamento del fondo scavo si estende per una profondità pari a quella d'infissione della paratia per una larghezza pari a metà di tale infissione.



Per semplificare il problema della determinazione dell'effettivo andamento della pressione interstiziale nel punto A, si assume che il valore della sovrappressione al piede del diaframma sia

costante sulla lunghezza D/2 e pari a $\gamma_W x H_C$. Per determinare H_C si ricorre all'espressione del gradiente di efflusso i_E:

$$i_E = \frac{H_c}{D} = \frac{H}{H + 2D}$$

Da cui si ottiene:

$$H_c = \frac{H \times D}{H + 2D}$$

La forza di filtrazione S_W che tende a sollevare il blocco di terreno coinvolto è pari a:

$$S_w = H_c \times \gamma_w \times \frac{D}{2}$$

Le condizioni limite di stabilità vengono raggiunte quando S_W uguaglia il peso efficace del blocco, pertanto il fattore di sicurezza a sollevamento del fondo scavo si definisce come il rapporto tra il peso efficace del blocco e la forza di filtrazione:

$$F_s = \frac{W'}{S_w} = \frac{\gamma' \times {D^2}/{2}}{H_c \times \gamma_w \times \frac{D}{2}} = \frac{\gamma' \times D}{H_c \times \gamma_w}$$

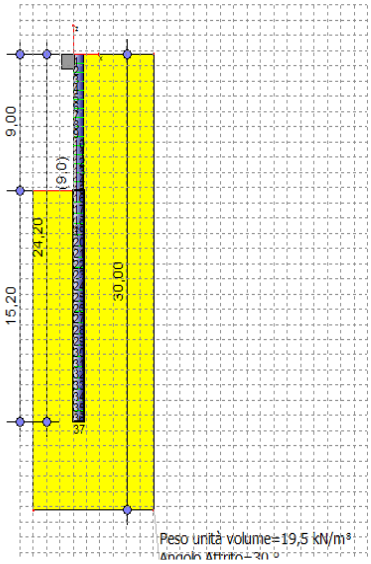
Verifica delle sezioni e calcolo armature

Il calcolo delle armature e le verifiche a presso-flessione e taglio della paratia soggetta alle sollecitazioni N,M e T, si effettuano sulla sezione maggiormente sollecitata. Le sollecitazioni di calcolo sono ottenute come prodotto tra le sollecitazioni ottenute con un calcolo a metro lineare e l'interasse tra i pali (o larghezza dei setti se la paratia è costituita da setto):

$$N_d = N' \cdot i; M_d = M' \cdot i; T_d = T' \cdot i$$

Dove M', M', T' rappresentano il momento il taglio e lo sforzo normale relativi ad una striscia unitaria di calcolo mentre i è l'interasse tra i pali per paratia costituita da pali o micropali (o larghezza setti per paratia costituita da setti).

PARATIA H= 9.00 m



Archivio materiali

CONGLOMERATI

Nr.	Classe calcestruzzo	fck,cubi [MPa]	Ec [MPa]	fck [MPa]	fcd [MPa]	fctd [MPa]	fctm [MPa]
1	C20/25	25	29960	20	11.33	1.03	2.21
2	C25/30	30	31470	25	14,16	1,19	2,56
3	C28/35	35	32300	28	15,86	1,28	2,76
4	C40/50	50	35220	40	19,83	1,49	3,2

Acciai:

Nr.	Classe acciaio	Es [MPa]	fyk [MPa]	fyd [MPa]	ftk [MPa]	ftd [MPa]	ep_tk	epd_ult	ß1*ß2 in.	ß1*ß2 fin.
1	B450C	200000	450	391,3	540	391,3	.075	.0675	1	0,5
2	B450C*	200000	450	391,3	540	450	.05	.04	1	0,5
3	S235H	210000	235	204,35	360	204,35	0,05	0,04	1	0,5
4	S275H	210000	275	239,13	430	239,13	0,05	0,04	1	0,5
5	S355H	210000	355	308,7	510	308,7	0,05	0,04	1	0,5
6	C1860	200205	1600	1116	1860	1116	0.05	0.04	1	0.5

GEOMETRIA SEZIONE

Sezione	Circolare Barre	
Calcestruzzo	C28/35	
Acciaio	B450C	
Nome	PALI F 800 I=0.80 m--	
Diametro	0,8	m
Disposizione	Singola fila	
Interasse Iy	0,8	m

Dati generali FEM

Massimo spostamento lineare terreno	1,5	cm
Fattore tolleranza spostamento	0,03	cm
Tipo analisi	Lineare	
Massimo numero di iterazioni	10	
Fattore riduzione molla fondo scavo	1	
Profondità infissione iniziale	15	m
Incremento profondità infissione	0,2	m
Numero di elementi	36	
Numero nodo di fondo scavo	16	

Stratigrafia

Fase: 1

Nr.	Peso specifico [kN/m³]	Peso specifico saturo [kN/m³]	Coesione [kN/m²]	Angolo attrito [°]	O.C.R.	Modulo edometrico [kN/m²]	Attrito terra muro monte [°]	Attrito terra muro valle [°]	Spessore [m]	Inclinazione [°]	Descrizione
1	19,5	21,0	0,0	30,0	0,0	0,0	20,0	15,0	30,0	0,0	

Analisi Paratia Metodo calcolo: FEM

Profondità massima di infissione 15,2 [m]

Fase: 1 Analisi geotecnica Fase: 1 - Combinazione: 1

Altezza scavo 9 [m]

Tipo: S.L.U. [STR]
Nome: A1+M1+R1
Coefficienti sismici: Kh = 0, Kv = 0
Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1,3
3	Spinta falda	1,5
4	Spinta sismica x	1,5
5	Spinta sismica y	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione 15,20 [m]
Pressione massima terreno 141,91 [kPa]
Momento massimo 999,82 [kNm/m]
Taglio massimo 249,98 [KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0,60	4,25	47,76	-0,21	-3,17	7,9236	--
1,20	8,50	72,00	-2,10	-7,90	7,4289	--
1,80	12,75	95,24	-6,88	-15,71	6,9343	--
2,40	17,00	118,49	-16,28	-25,94	6,4400	--
3,00	21,25	141,73	-31,84	-38,65	5,9465	--
3,60	25,50	165,97	-55,04	-54,04	5,4544	--
4,20	29,75	189,21	-87,42	-71,82	4,9649	--
4,80	34,00	212,46	-130,52	-92,23	4,4793	--
5,40	38,24	235,70	-185,84	-115,16	3,9996	--
6,00	42,49	259,94	-254,93	-140,65	3,5282	--
6,60	46,74	283,18	-339,40	-168,63	3,0683	--
7,20	50,99	306,43	-440,55	-199,31	2,6235	--
7,80	55,24	330,67	-560,14	-232,44	2,1984	--
8,40	59,49	353,91	-699,63	-249,98	1,7983	--
9,00	63,74	377,15	-849,62	-179,48	1,4293	20230,10
9,72	--	405,30	-979,53	-28,02	1,0344	20230,10
10,45	-141,91	434,45	-999,82	74,70	0,7015	20230,10
11,17	-87,45	462,60	-945,75	137,99	0,4323	20230,10
11,90	-45,25	490,75	-845,87	170,75	0,2237	20230,10
12,62	-14,03	518,90	-722,28	180,90	0,0694	20230,10
13,34	7,77	547,05	-591,34	175,28	-0,0384	20230,10
14,07	21,84	576,20	-464,47	159,46	-0,1080	20230,10

14,79	29,83	604,35	-349,05	137,87	-0,1474	20230,10
15,51	33,22	632,50	-249,26	113,83	-0,1642	20230,10
16,24	33,32	660,65	-166,87	89,71	-0,1647	20230,10
16,96	31,20	689,80	-101,93	67,12	-0,1542	20230,10
17,69	27,72	717,95	-53,35	47,06	-0,1370	20230,10
18,41	23,51	746,10	-19,29	30,04	-0,1162	20230,10
19,13	19,02	774,25	2,45	16,27	-0,0940	20230,10
19,86	14,54	802,40	14,23	5,74	-0,0719	20230,10
20,58	10,23	831,55	18,38	-1,66	-0,0506	20230,10
21,30	6,15	859,70	17,18	-6,11	-0,0304	20230,10
22,03	2,29	887,85	12,75	-7,77	-0,0113	20230,10
22,75	-1,41	916,00	7,13	-6,74	0,0070	20230,10
23,48	-5,02	945,15	2,25	-3,11	0,0248	20230,10

Fase: 1 - Combinazione: 2

Altezza scavo **9 [m]**
Tipo: S.L.U. [GEO-STR]
Nome: A2+M2+R1
Coefficienti sismici: Kh = 0, Kv = 0
Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1,3
3	Spinta falda	1,3
4	Spinta sismica x	1,3
5	Spinta sismica y	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione	15,20	[m]
Pressione massima terreno	161,82	[kPa]
Momento massimo	1320,86	[kNm/m]
Taglio massimo	317,07	[KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0,60	5,29	51,76	-0,27	-3,69	12,8800	--
1,20	10,59	79,00	-2,53	-10,10	12,1282	--
1,80	15,88	105,24	-8,68	-19,19	11,3765	--
2,40	21,18	132,49	-20,34	-32,21	10,6253	--

3,00	26,47	159,73	-39,80	-48,18	9,8751	--
3,60	31,77	186,97	-68,58	-67,22	9,1266	--
4,20	37,06	214,21	-108,96	-89,31	8,3813	--
4,80	42,36	240,46	-162,59	-115,00	7,6410	--
5,40	47,65	267,70	-231,61	-143,38	6,9079	--
6,00	52,95	294,94	-317,69	-175,22	6,1853	--
6,60	58,24	322,18	-422,77	-210,36	5,4768	--
7,20	63,54	348,43	-548,98	-248,19	4,7873	--
7,80	68,83	375,67	-697,95	-289,63	4,1223	--
8,40	74,13	402,91	-871,75	-317,07	3,4884	--
9,00	79,42	430,15	-1061,96	-257,74	2,8933	9731,48
9,72	--	462,30	-1248,48	-100,00	2,2384	9731,48
10,45	-161,82	495,45	-1320,86	17,13	1,6629	9731,48
11,17	-114,02	527,60	-1308,44	99,68	1,1717	9731,48
11,90	-74,37	560,75	-1236,29	153,52	0,7642	9731,48
12,62	-42,45	592,90	-1125,18	184,26	0,4362	9731,48
13,34	-17,57	626,05	-991,81	196,97	0,1805	9731,48
14,07	1,10	658,20	-849,24	196,18	-0,0113	9731,48
14,79	14,42	691,35	-707,25	185,74	-0,1482	9731,48
15,51	23,30	723,50	-572,81	168,87	-0,2395	9731,48
16,24	28,57	755,65	-450,58	148,19	-0,2936	9731,48
16,96	30,99	788,80	-343,31	125,75	-0,3185	9731,48
17,69	31,24	820,95	-252,29	103,14	-0,3210	9731,48
18,41	29,89	854,10	-177,64	81,51	-0,3072	9731,48
19,13	27,41	886,25	-118,64	61,67	-0,2816	9731,48
19,86	24,16	919,40	-74,00	44,18	-0,2483	9731,48
20,58	20,44	951,55	-42,02	29,39	-0,2100	9731,48
21,30	16,44	984,70	-20,75	17,49	-0,1690	9731,48
22,03	12,31	1016,85	-8,09	8,58	-0,1265	9731,48
22,75	8,11	1050,00	-1,88	2,71	-0,0834	9731,48
23,48	3,90	1082,15	0,08	-0,11	-0,0401	9731,48

Risultati analisi struttural e

Fase: 1 Risultati analisi struttural e

Fase: 1 - Combinazione: 1

Z [m]	Nome sezione	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	Nr.Barre Diametro	Nu [kN]	Mu [kNm]	Cond. Verfica Flessione	Ver. Flessione
0,60	PALI F 800 I=0.80 m--	38,21	-0,17	-2,53	10Ø24	38,21	-565,75	3422,88	Verificata
1,20	PALI F 800 I=0.80 m--	57,60	-1,68	-6,32	10Ø24	57,61	-570,86	340,03	Verificata
1,80	PALI F 800 I=0.80 m--	76,20	-5,50	-12,57	10Ø24	76,20	-575,76	104,59	Verificata
2,40	PALI F 800 I=0.80 m--	94,79	-13,02	-20,75	10Ø24	94,79	-580,63	44,58	Verificata
3,00	PALI F 800 I=0.80 m--	113,38	-25,47	-30,92	10Ø24	113,39	-585,46	22,98	Verificata
3,60	PALI F 800 I=0.80 m--	132,78	-44,03	-43,23	10Ø24	132,78	-590,51	13,41	Verificata
4,20	PALI F 800 I=0.80 m--	151,37	-69,94	-57,45	10Ø24	151,36	-595,28	8,51	Verificata

4,80	PALI F 800 I=0.80 m--	169,97	-104,42	-73,78	10Ø24	169,96	-600,05	5,75	Verificata
5,40	PALI F 800 I=0.80 m--	188,56	-148,67	-92,13	10Ø24	188,57	-604,82	4,07	Verificata
6,00	PALI F 800 I=0.80 m--	207,95	-203,94	-112,52	10Ø24	207,96	-609,72	2,99	Verificata
6,60	PALI F 800 I=0.80 m--	226,55	-271,52	-134,90	10Ø24	226,55	-614,42	2,26	Verificata
7,20	PALI F 800 I=0.80 m--	245,14	-352,44	-159,45	10Ø24	245,14	-618,59	1,76	Verificata
7,80	PALI F 800 I=0.80 m--	264,54	-448,11	-185,95	10Ø24	264,53	-622,51	1,39	Verificata
8,40	PALI F 800 I=0.80 m--	283,13	-559,70	-199,98	10Ø24	283,13	-626,27	1,12	Verificata
9,00	PALI F 800 I=0.80 m--	301,72	-679,70	-143,59	12Ø24	301,72	-717,46	1,06	Verificata
9,72	PALI F 800 I=0.80 m--	324,24	-783,63	-22,41	14Ø24	324,25	-819,99	1,05	Verificata
10,45	PALI F 800 I=0.80 m--	347,56	-799,86	59,76	14Ø24	347,57	-824,17	1,03	Verificata
11,17	PALI F 800 I=0.80 m--	370,08	-756,60	110,39	13Ø24	370,09	-783,83	1,04	Verificata
11,90	PALI F 800 I=0.80 m--	392,60	-676,70	136,60	11Ø24	392,61	-689,76	1,02	Verificata
12,62	PALI F 800 I=0.80 m--	415,12	-577,82	144,72	10Ø24	415,12	-652,79	1,13	Verificata
13,34	PALI F 800 I=0.80 m--	437,64	-473,07	140,22	10Ø24	437,65	-657,29	1,39	Verificata
14,07	PALI F 800 I=0.80 m--	460,96	-371,58	127,57	10Ø24	460,96	-661,94	1,78	Verificata
14,79	PALI F 800 I=0.80 m--	483,48	-279,24	110,30	10Ø24	483,49	-666,42	2,39	Verificata
15,51	PALI F 800 I=0.80 m--	506,00	-199,40	91,06	10Ø24	506,00	-670,89	3,36	Verificata
16,24	PALI F 800 I=0.80 m--	528,52	-133,49	71,77	10Ø24	528,52	-675,35	5,06	Verificata
16,96	PALI F 800 I=0.80 m--	551,84	-81,55	53,70	10Ø24	551,84	-679,95	8,34	Verificata
17,69	PALI F 800 I=0.80 m--	574,36	-42,68	37,64	10Ø24	574,35	-684,39	16,04	Verificata
18,41	PALI F 800 I=0.80	596,88	-15,43	24,03	10Ø24	596,87	-688,82	44,63	Verificata

	m--								
19,13	PALI F 800 I=0.80 m--	619,40	1,96	13,02	10Ø24	619,40	693,24	353,72	Verificata
19,86	PALI F 800 I=0.80 m--	641,92	11,38	4,59	10Ø24	641,91	697,64	61,29	Verificata
20,58	PALI F 800 I=0.80 m--	665,24	14,71	-1,33	10Ø24	665,25	702,19	47,75	Verificata
21,30	PALI F 800 I=0.80 m--	687,76	13,74	-4,89	10Ø24	687,76	706,57	51,41	Verificata
22,03	PALI F 800 I=0.80 m--	710,28	10,20	-6,21	10Ø24	710,28	710,93	69,67	Verificata
22,75	PALI F 800 I=0.80 m--	732,80	5,71	-5,40	10Ø24	732,81	715,28	125,36	Verificata
23,48	PALI F 800 I=0.80 m--	756,12	1,80	-2,49	10Ø24	756,12	719,77	399,76	Verificata

Z [m]	Def.Max calcestruzzo	Def.Max acciaio	Asse neutro [cm]	Passo staffe [cm]	Resistenza taglio kN	Misura sicurezza taglioOK<=1	Verifica a taglio	Angolo inclinazione puntoni [°]
0,60	3,50E-03	-1,21E-02	-23,19	24,9Ø10	Calcestruzzo=1056,72 Staffe=366,83	1,00	Verificata	21,80
1,20	3,50E-03	-1,19E-02	-23,01	24,9Ø10	Calcestruzzo=1059,28 Staffe=366,83	1,00	Verificata	21,80
1,80	3,50E-03	-1,18E-02	-22,82	24,9Ø10	Calcestruzzo=1061,73 Staffe=366,83	1,00	Verificata	21,80
2,40	3,50E-03	-1,16E-02	-22,65	24,9Ø10	Calcestruzzo=1064,19 Staffe=366,83	1,00	Verificata	21,80
3,00	3,50E-03	-1,15E-02	-22,47	24,9Ø10	Calcestruzzo=1066,64 Staffe=366,83	1,00	Verificata	21,80
3,60	3,50E-03	-1,13E-02	-22,27	24,9Ø10	Calcestruzzo=1069,20 Staffe=366,83	1,00	Verificata	21,80
4,20	3,50E-03	-1,12E-02	-22,10	24,9Ø10	Calcestruzzo=1071,65 Staffe=366,83	1,00	Verificata	21,80
4,80	3,50E-03	-1,10E-02	-21,92	24,9Ø10	Calcestruzzo=1074,10 Staffe=366,83	1,00	Verificata	21,80
5,40	3,50E-03	-1,09E-02	-21,73	24,9Ø10	Calcestruzzo=1096,43	1,00	Verificata	21,80

					Staffe=364,00			
6,00	3,50E-03	-1,07E-02	-21,55	24,9Ø10	Calcestruzzo=1099,04 Staffe=364,00	1,00	Verificata	21,80
6,60	3,50E-03	-1,06E-02	-21,36	24,9Ø10	Calcestruzzo=1101,54 Staffe=364,00	1,00	Verificata	21,80
7,20	3,50E-03	-1,05E-02	-21,21	24,9Ø10	Calcestruzzo=1104,03 Staffe=364,00	1,00	Verificata	21,80
7,80	3,50E-03	-1,04E-02	-21,09	24,9Ø10	Calcestruzzo=1106,64 Staffe=364,00	1,00	Verificata	21,80
8,40	3,50E-03	-1,03E-02	-20,97	24,9Ø10	Calcestruzzo=1109,14 Staffe=364,00	1,00	Verificata	21,80
9,00	3,50E-03	-9,86E-03	-20,35	24,9Ø10	Calcestruzzo=1111,64 Staffe=364,00	1,00	Verificata	21,80
9,72	3,50E-03	-8,86E-03	-18,76	24,9Ø10	Calcestruzzo=1133,30 Staffe=361,16	1,00	Verificata	21,80
10,45	3,50E-03	-8,77E-03	-18,61	24,9Ø10	Calcestruzzo=1136,48 Staffe=361,16	1,00	Verificata	21,80
11,17	3,50E-03	-9,10E-03	-19,17	24,9Ø10	Calcestruzzo=1139,56 Staffe=361,16	1,00	Verificata	21,80
11,90	3,50E-03	-9,68E-03	-20,09	24,9Ø10	Calcestruzzo=1142,64 Staffe=361,16	1,00	Verificata	21,80
12,62	3,50E-03	-9,68E-03	-20,09	24,9Ø10	Calcestruzzo=1145,71 Staffe=361,16	1,00	Verificata	21,80
13,34	3,50E-03	-9,58E-03	-19,94	24,9Ø10	Calcestruzzo=1148,79 Staffe=361,16	1,00	Verificata	21,80
14,07	3,50E-03	-9,48E-03	-19,78	24,9Ø10	Calcestruzzo=1151,97 Staffe=361,16	1,00	Verificata	21,80
14,79	3,50E-03	-9,38E-03	-19,62	24,9Ø10	Calcestruzzo=1155,05 Staffe=361,16	1,00	Verificata	21,80
15,51	3,50E-03	-9,29E-03	-19,47	24,9Ø10	Calcestruzzo=1158,13 Staffe=361,16	1,00	Verificata	21,80

16,24	3,50E-03	-9,19E-03	-19,31	24,9Ø10	Calcestruzzo=1161,20 Staffe=361,16	1,00	Verificata	21,80
16,96	3,50E-03	-9,09E-03	-19,15	24,9Ø10	Calcestruzzo=1164,39 Staffe=361,16	1,00	Verificata	21,80
17,69	3,50E-03	-9,00E-03	-19,00	24,9Ø10	Calcestruzzo=1167,46 Staffe=361,16	1,00	Verificata	21,80
18,41	3,50E-03	-8,90E-03	-18,84	24,9Ø10	Calcestruzzo=1170,54 Staffe=361,16	1,00	Verificata	21,80
19,13	3,50E-03	-8,81E-03	18,68	24,9Ø10	Calcestruzzo=1173,62 Staffe=361,16	1,00	Verificata	21,80
19,86	3,50E-03	-8,72E-03	18,52	24,9Ø10	Calcestruzzo=1176,69 Staffe=361,16	1,00	Verificata	21,80
20,58	3,50E-03	-8,63E-03	18,35	24,9Ø10	Calcestruzzo=1197,46 Staffe=358,35	0,99	Verificata	21,80
21,30	3,50E-03	-8,54E-03	18,19	24,9Ø10	Calcestruzzo=1200,59 Staffe=358,35	1,00	Verificata	21,80
22,03	3,50E-03	-8,45E-03	18,03	24,9Ø10	Calcestruzzo=1203,71 Staffe=358,35	1,00	Verificata	21,80
22,75	3,50E-03	-8,36E-03	17,87	24,9Ø10	Calcestruzzo=1206,83 Staffe=358,35	1,00	Verificata	21,80
23,48	3,50E-03	-8,27E-03	17,70	24,9Ø10	Calcestruzzo=1210,06 Staffe=358,35	1,00	Verificata	21,80

Fase: 1 - Combinazione: 2

Z [m]	Nome sezione	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	Nr.Barre Diametro	Nu [kN]	Mu [kNm]	Cond. Verfica Flessione	Ver. Flessione
0,60	PALI F 800 I=0.80 m--	41,41	-0,21	-2,95	10Ø24	41,42	-566,59	2636,54	Verificata
1,20	PALI F 800 I=0.80 m--	63,20	-2,03	-8,08	10Ø24	63,21	-572,34	282,40	Verificata
1,80	PALI F 800 I=0.80 m--	84,20	-6,94	-15,35	10Ø24	84,20	-577,87	83,22	Verificata
2,40	PALI F 800 I=0.80 m--	105,99	-16,27	-25,77	10Ø24	105,99	-583,54	35,87	Verificata

3,00	PALI F 800 I=0.80 m--	127,78	-31,84	-38,54	10Ø24	127,79	-589,21	18,51	Verificata
3,60	PALI F 800 I=0.80 m--	149,58	-54,87	-53,78	10Ø24	149,58	-594,82	10,84	Verificata
4,20	PALI F 800 I=0.80 m--	171,37	-87,17	-71,45	10Ø24	171,37	-600,41	6,89	Verificata
4,80	PALI F 800 I=0.80 m--	192,37	-130,08	-92,00	10Ø24	192,36	-605,78	4,66	Verificata
5,40	PALI F 800 I=0.80 m--	214,16	-185,29	-114,70	10Ø24	214,17	-611,29	3,30	Verificata
6,00	PALI F 800 I=0.80 m--	235,95	-254,15	-140,17	10Ø24	235,95	-616,73	2,43	Verificata
6,60	PALI F 800 I=0.80 m--	257,75	-338,21	-168,29	10Ø24	257,75	-621,14	1,84	Verificata
7,20	PALI F 800 I=0.80 m--	278,74	-439,18	-198,55	10Ø24	278,73	-625,38	1,42	Verificata
7,80	PALI F 800 I=0.80 m--	300,54	-558,36	-231,71	10Ø24	300,54	-629,78	1,13	Verificata
8,40	PALI F 800 I=0.80 m--	322,33	-697,40	-253,65	12Ø24	322,33	-722,13	1,04	Verificata
9,00	PALI F 800 I=0.80 m--	344,12	-849,57	-206,19	15Ø24	344,12	-863,27	1,02	Verificata
9,72	PALI F 800 I=0.80 m--	369,84	-998,79	-80,00	18Ø24	369,83	-1002,76	1,00	Verificata
10,45	PALI F 800 I=0.80 m--	396,36	-1056,69	13,71	20Ø24	396,36	-1096,11	1,04	Verificata
11,17	PALI F 800 I=0.80 m--	422,08	-1046,75	79,74	19Ø24	422,08	-1054,59	1,01	Verificata
11,90	PALI F 800 I=0.80 m--	448,60	-989,04	122,82	18Ø24	448,60	-1016,28	1,03	Verificata
12,62	PALI F 800 I=0.80 m--	474,32	-900,14	147,40	16Ø24	474,33	-933,93	1,04	Verificata
13,34	PALI F 800 I=0.80 m--	500,84	-793,45	157,58	13Ø24	500,84	-811,94	1,02	Verificata
14,07	PALI F 800 I=0.80 m--	526,56	-679,39	156,94	11Ø24	526,56	-718,30	1,06	Verificata
14,79	PALI F 800 I=0.80 m--	553,08	-565,80	148,59	10Ø24	553,08	-680,20	1,20	Verificata
15,51	PALI F 800 I=0.80 m--	578,80	-458,25	135,10	10Ø24	578,80	-685,27	1,50	Verificata
16,24	PALI F 800 I=0.80	604,52	-360,46	118,55	10Ø24	604,51	-690,32	1,92	Verificata

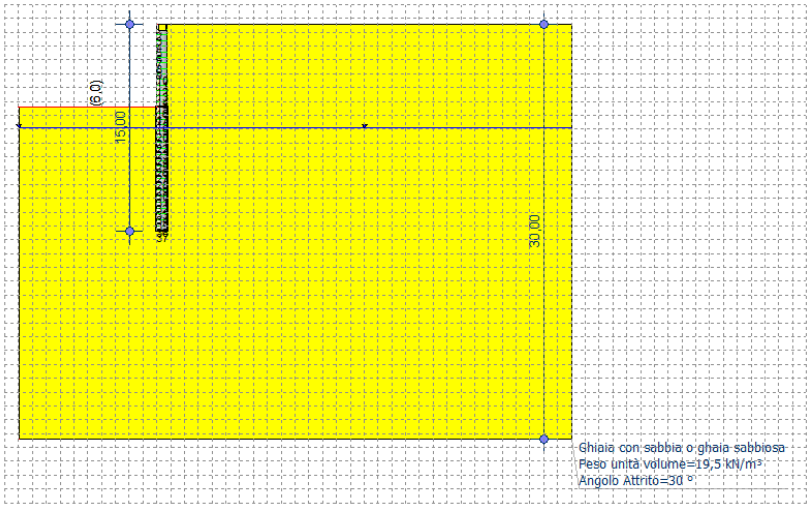
	m--								
16,96	PALI F 800 I=0.80 m--	631,04	-274,65	100,60	10Ø24	631,04	-695,51	2,53	Verificata
17,69	PALI F 800 I=0.80 m--	656,76	-201,83	82,52	10Ø24	656,76	-700,53	3,47	Verificata
18,41	PALI F 800 I=0.80 m--	683,28	-142,11	65,21	10Ø24	683,29	-705,70	4,97	Verificata
19,13	PALI F 800 I=0.80 m--	709,00	-94,91	49,34	10Ø24	709,00	-710,68	7,49	Verificata
19,86	PALI F 800 I=0.80 m--	735,52	-59,20	35,34	10Ø24	735,52	-715,81	12,09	Verificata
20,58	PALI F 800 I=0.80 m--	761,24	-33,62	23,51	10Ø24	761,25	-720,76	21,44	Verificata
21,30	PALI F 800 I=0.80 m--	787,76	-16,60	13,99	10Ø24	787,76	-725,84	43,72	Verificata
22,03	PALI F 800 I=0.80 m--	813,48	-6,47	6,87	10Ø24	813,48	-730,76	112,88	Verificata
22,75	PALI F 800 I=0.80 m--	840,00	-1,51	2,17	10Ø24	840,00	-735,80	488,73	Verificata
23,48	PALI F 800 I=0.80 m--	865,72	0,06	-0,09	10Ø24	865,73	740,67	11427,25	Verificata

Z [m]	Def.Max calcestruzzo	Def.Max acciaio	Asse neutro [cm]	Passo staffe [cm]	Resistenza taglio kN	Misura sicurezza taglioOK<=1	Verifica a taglio	Angolo inclinazione puntoni [°]
0,60	3,50E-03	-1,21E-02	-23,16	24,9Ø10	Calcestruzzo=1057,14 Staffe=366,83	1,00	Verificata	21,80
1,20	3,50E-03	-1,19E-02	-22,95	24,9Ø10	Calcestruzzo=1060,02 Staffe=366,83	1,00	Verificata	21,80
1,80	3,50E-03	-1,17E-02	-22,74	24,9Ø10	Calcestruzzo=1062,79 Staffe=366,83	1,00	Verificata	21,80
2,40	3,50E-03	-1,15E-02	-22,54	24,9Ø10	Calcestruzzo=1065,66 Staffe=366,83	1,00	Verificata	21,80
3,00	3,50E-03	-1,14E-02	-22,32	24,9Ø10	Calcestruzzo=1068,54 Staffe=366,83	1,00	Verificata	21,80
3,60	3,50E-03	-1,12E-02	-22,11	24,9Ø10	Calcestruzzo=1071,41 Staffe=366,83	1,00	Verificata	21,80
4,20	3,50E-03	-1,10E-02	-21,90	24,9Ø10	Calcestruzz	1,00	Verificata	21,80

					o=1074,29 Staffe=366,83			
4,80	3,50E-03	-1,08E-02	-21,69	24,9Ø10	Calcestruzzo=1096,94 Staffe=364,00	1,00	Verificata	21,80
5,40	3,50E-03	-1,07E-02	-21,49	24,9Ø10	Calcestruzzo=1099,87 Staffe=364,00	1,00	Verificata	21,80
6,00	3,50E-03	-1,05E-02	-21,27	24,9Ø10	Calcestruzzo=1102,80 Staffe=364,00	1,00	Verificata	21,80
6,60	3,50E-03	-1,04E-02	-21,13	24,9Ø10	Calcestruzzo=1105,73 Staffe=364,00	1,00	Verificata	21,80
7,20	3,50E-03	-1,03E-02	-21,00	24,9Ø10	Calcestruzzo=1108,55 Staffe=364,00	1,00	Verificata	21,80
7,80	3,50E-03	-1,02E-02	-20,85	24,9Ø10	Calcestruzzo=1111,48 Staffe=364,00	1,00	Verificata	21,80
8,40	3,50E-03	-9,76E-03	-20,20	24,9Ø10	Calcestruzzo=1133,04 Staffe=361,16	1,00	Verificata	21,80
9,00	3,50E-03	-8,63E-03	-18,36	24,9Ø10	Calcestruzzo=1152,95 Staffe=358,35	1,00	Verificata	21,80
9,72	3,50E-03	-7,83E-03	-16,83	24,9Ø10	Calcestruzzo=1156,51 Staffe=358,35	1,00	Verificata	21,80
10,45	3,50E-03	-7,45E-03	-16,02	24,9Ø10	Calcestruzzo=1175,23 Staffe=355,63	1,00	Verificata	21,80
11,17	3,50E-03	-7,55E-03	-16,25	24,9Ø10	Calcestruzzo=1178,84 Staffe=355,63	1,00	Verificata	21,80
11,90	3,50E-03	-7,60E-03	-16,36	24,9Ø10	Calcestruzzo=1182,57 Staffe=355,63	1,00	Verificata	21,80
12,62	3,50E-03	-7,90E-03	-16,98	24,9Ø10	Calcestruzzo=1171,00 Staffe=358,35	1,00	Verificata	21,80
13,34	3,50E-03	-8,44E-03	-18,01	24,9Ø10	Calcestruzzo=1174,67 Staffe=358,35	1,00	Verificata	21,80
14,07	3,50E-03	-9,07E-03	-19,12	24,9Ø10	Calcestruzzo=1160,94 Staffe=361,	1,00	Verificata	21,80

					16			
14,79	3,50E-03	-9,09E-03	-19,14	24,9Ø10	Calcestruzzo=1164,56 Staffe=361,16	1,00	Verificata	21,80
15,51	3,50E-03	-8,98E-03	-18,97	24,9Ø10	Calcestruzzo=1168,07 Staffe=361,16	1,00	Verificata	21,80
16,24	3,50E-03	-8,87E-03	-18,78	24,9Ø10	Calcestruzzo=1171,58 Staffe=361,16	1,00	Verificata	21,80
16,96	3,50E-03	-8,77E-03	-18,60	24,9Ø10	Calcestruzzo=1175,21 Staffe=361,16	1,00	Verificata	21,80
17,69	3,50E-03	-8,66E-03	-18,42	24,9Ø10	Calcestruzzo=1196,29 Staffe=358,35	1,00	Verificata	21,80
18,41	3,50E-03	-8,55E-03	-18,22	24,9Ø10	Calcestruzzo=1199,97 Staffe=358,35	1,00	Verificata	21,80
19,13	3,50E-03	-8,46E-03	-18,04	24,9Ø10	Calcestruzzo=1203,53 Staffe=358,35	1,00	Verificata	21,80
19,86	3,50E-03	-8,35E-03	-17,85	24,9Ø10	Calcestruzzo=1207,21 Staffe=358,35	1,00	Verificata	21,80
20,58	3,50E-03	-8,25E-03	-17,67	24,9Ø10	Calcestruzzo=1210,77 Staffe=358,35	1,00	Verificata	21,80
21,30	3,50E-03	-8,15E-03	-17,47	24,9Ø10	Calcestruzzo=1214,45 Staffe=358,35	1,00	Verificata	21,80
22,03	3,50E-03	-8,06E-03	-17,28	24,9Ø10	Calcestruzzo=1218,02 Staffe=358,35	1,00	Verificata	21,80
22,75	3,50E-03	-7,96E-03	-17,09	24,9Ø10	Calcestruzzo=1221,69 Staffe=358,35	1,00	Verificata	21,80
23,48	3,50E-03	-7,87E-03	16,90	24,9Ø10	Calcestruzzo=1225,26 Staffe=358,35	0,90	Verificata	21,80

PARATIA H= 7.00 m



Archivio materiali

CONGLOMERATI

Nr.	Classe calcestruzzo	fck,cubi [MPa]	Ec [MPa]	fck [MPa]	fcd [MPa]	fctd [MPa]	fctm [MPa]
1	C20/25	25	29960	20	11.33	1.03	2.21
2	C25/30	30	31470	25	14,16	1,19	2,56
3	C28/35	35	32300	28	15,86	1,28	2,76
4	C40/50	50	35220	40	19,83	1,49	3,2

Acciai:

Nr.	Classe acciaio	Es [MPa]	fyk [MPa]	fyd [MPa]	ftk [MPa]	ftd [MPa]	ep_tk	epd_ult	ß1*ß2 in.	ß1*ß2 fin.
1	B450C	200000	450	391,3	540	391,3	.075	.0675	1	0,5
2	B450C*	200000	450	391,3	540	450	.05	.04	1	0,5
3	S235H	210000	235	204,35	360	204,35	0,05	0,04	1	0,5
4	S275H	210000	275	239,13	430	239,13	0,05	0,04	1	0,5
5	S355H	210000	355	308,7	510	308,7	0,05	0,04	1	0,5
6	C1860	200205	1600	1116	1860	1116	0.05	0.04	1	0.5

GEOMETRIA SEZIONE

Sezione	Circolare Barre	
Calcestruzzo	C28/35	
Acciaio	B450C	
Nome	CIR 0.8/I=1.0	
Diametro	0,8	m
Disposizione	Singola fila	
Interasse Iy	1	m

Dati generali FEM

Massimo spostamento lineare terreno	1,5	cm
Fattore tolleranza spostamento	0,03	cm
Tipo analisi	Lineare	
Massimo numero di iterazioni	1	
Fattore riduzione molla fondo scavo	1	
Profondità infissione iniziale	9	m
Incremento profondità infissione	0,2	m
Numero di elementi	36	
Numero nodo di fondo scavo	16	

Stratigrafia

Fase: 1

Nr.	Peso specifico [kN/m³]	Peso specifico saturo [kN/m³]	Coesione [kN/m²]	Angolo attrito [°]	O.C.R.	Modulo edometrico [kN/m²]	Attrito terra muro monte [°]	Attrito terra muro valle [°]	Spessore [m]	Inclinazione [°]	Descrizione
1	19,5	19,5	0,0	30,0	1,0	30000,0	20,0	15,0	30,0	0,0	Ghiaia con sabbia o ghaia sabbiosa

Fase: 2

Nr.	Peso specifico [kN/m³]	Peso specifico saturo	Coesione [kN/m²]	Angolo attrito [°]	O.C.R.	Modulo edometrico	Attrito terra muro	Attrito terra muro	Spessore [m]	Inclinazione [°]	Descrizione

		[kN/m³]				[kN/m²]	monte [°]	valle [°]			
1	19,5	19,5	0,0	30,0	1,0	30000,0	20,0	15,0	30,0	0,0	Ghiaia con sabbia o ghaia sabbiosa

Calcolo coefficienti sismici

Dati generali
- Descrizione zona
- Latitudine 37,9898 [°]
- Longitudine 13,6994 [°]

Dati opera
- Tipo opera Opere ordinarie
- Classe d'uso II
- Vita nominale 50 [anni]
- Vita di riferimento 50 [anni]

Parametri sismici su un sito di riferimento
- Categoria sottosuolo C
- Categoria topografica T1

SL	Tr [Anni]	ag [m/sec²]	F0 [-]	TS* [sec]
SLO	30	0,46	2,34	0,25
SLD	50	0,63	2,33	0,26
SLV	475	1,76	2,38	0,29
SLC	975	2,27	2,42	0,31

Coefficienti sismici orizzontale e verticale
Opera: Paratia
- Altezza totale paratia 1,00 [m]
- Spostamento ammissibile 0,07 [m]
- Coefficiente deformabilità 0,00

SL	Amax [m/sec²]	beta [-]	kh [-]	kv [-]
SLO	0,69	0,42	0,03	0,01
SLD	0,95	0,42	0,04	0,02
SLV	2,54	0,42	0,11	0,05
SLC	3,10	0,42	0,13	0,07

Puntoni

Fase: 2

Descrizione	Z [m]	Lunghezza [m]	Inclinazione [°]	Interasse [m]	Materiale	Modulo reazione [kN/m]
fondaione	-6,5	5	0	1	S235H	42000

Analisi Paratia Metodo calcolo: FEM

Profondità massima di infissione 9 [m]

Fase: 1 Analisi geotecnica Fase: 1 - Combinazione: 1

Altezza scavo	**6 [m]**
Tipo:	S.L.U. [STR]
Nome:	A1+M1+R1
Coefficienti sismici:	Kh = 0, Kv = 0

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1,3
3	Spinta falda	1,5
4	Spinta sismica x	1,5
5	Spinta sismica y	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione	9,00	[m]
Pressione massima terreno	83,88	[kPa]
Momento massimo	335,27	[kNm/m]
Taglio massimo	115,03	[KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0,40	2,83	14,06	-0,05	-1,46	2,2483	--
0,80	5,67	21,99	-0,58	-3,83	2,1260	--
1,20	8,50	29,92	-2,12	-7,22	2,0037	--
1,60	11,33	37,85	-5,03	-11,97	1,8815	--
2,00	14,16	45,78	-9,79	-17,76	1,7594	--
2,40	17,00	53,71	-16,89	-24,63	1,6376	--
2,80	19,83	61,63	-26,73	-32,65	1,5162	--
3,20	22,66	69,56	-39,80	-41,69	1,3955	--
3,60	25,50	77,49	-56,49	-51,82	1,2758	--
4,00	28,33	85,42	-77,27	-63,20	1,1574	--
4,40	31,16	93,35	-102,56	-75,57	1,0410	--
4,80	34,00	101,28	-132,83	-89,11	0,9272	--
5,20	36,83	109,21	-168,48	-103,89	0,8166	--
5,60	39,66	117,14	-210,04	-115,03	0,7102	--
6,00	42,49	125,07	-256,04	-102,96	0,6091	20230,10
6,43	--	133,35	-300,16	-58,97	0,5076	20230,10
6,86	-83,88	141,63	-325,43	-22,97	0,4146	20230,10
7,29	-66,91	149,91	-335,27	5,70	0,3307	20230,10
7,71	-51,85	324,20	-332,83	27,96	0,2563	20230,10

8,14	-38,68	329,48	-320,85	44,53	0,1912	20230,10
8,57	-27,34	334,76	-301,76	56,24	0,1351	20230,10
9,00	-17,72	340,04	-277,66	63,84	0,0876	20230,10
9,43	-9,69	345,32	-250,29	68,00	0,0479	20230,10
9,86	-3,09	350,60	-221,15	69,33	0,0153	20230,10
10,29	2,25	355,88	-191,44	68,36	-0,0111	20230,10
10,71	6,49	361,17	-162,14	65,59	-0,0321	20230,10
11,14	9,80	366,45	-134,03	61,39	-0,0484	20230,10
11,57	12,34	371,73	-107,72	56,10	-0,0610	20230,10
12,00	14,27	377,01	-83,68	49,98	-0,0705	20230,10
12,43	15,71	382,29	-62,26	43,25	-0,0777	20230,10
12,86	16,79	387,57	-43,72	36,04	-0,0830	20230,10
13,29	17,63	392,85	-28,28	28,49	-0,0871	20230,10
13,71	18,29	398,14	-16,06	20,65	-0,0904	20230,10
14,14	18,86	403,42	-7,21	12,57	-0,0932	20230,10
14,57	19,39	408,70	-1,83	4,26	-0,0958	20230,10

Fase: 1 - Combinazione: 2

Altezza scavo **6 [m]**
Tipo: S.L.U. [GEO]
Nome: A2+M2+R1
Coefficienti sismici: Kh = 0, Kv = 0
Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1,3
3	Spinta falda	1,3
4	Spinta sismica x	1,3
5	Spinta sismica y	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione 9,00 [m]
Pressione massima terreno 94,67 [kPa]
Momento massimo 442,48 [kNm/m]
Taglio massimo 144,86 [KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0,40	3,53	15,06	-0,08	-1,81	4,0027	--

0,80	7,06	22,99	-0,80	-4,57	3,8040	--
1,20	10,59	31,92	-2,63	-9,37	3,6054	--
1,60	14,12	40,85	-6,38	-15,14	3,4069	--
2,00	17,65	49,78	-12,44	-22,18	3,2085	--
2,40	21,18	57,71	-21,34	-31,25	3,0105	--
2,80	24,71	66,63	-33,81	-40,97	2,8130	--
3,20	28,24	75,56	-50,25	-52,18	2,6163	--
3,60	31,77	83,49	-71,16	-65,11	2,4209	--
4,00	35,30	92,42	-97,21	-79,21	2,2273	--
4,40	38,83	101,35	-128,94	-94,38	2,0361	--
4,80	42,36	109,28	-166,74	-111,40	1,8481	--
5,20	45,89	118,21	-211,31	-129,77	1,6642	--
5,60	49,42	127,14	-263,23	-144,86	1,4856	--
6,00	52,95	136,07	-321,19	-135,31	1,3134	9731,48
6,43	--	145,35	-379,18	-87,81	1,1378	9731,48
6,86	-94,67	154,63	-416,82	-47,05	0,9728	9731,48
7,29	-79,75	163,91	-436,98	-12,83	0,8195	9731,48
7,71	-66,03	379,20	-442,48	15,48	0,6785	9731,48
8,14	-53,52	384,48	-435,85	38,47	0,5500	9731,48
8,57	-42,21	389,76	-419,35	56,54	0,4337	9731,48
9,00	-32,04	395,04	-395,12	70,30	0,3293	9731,48
9,43	-22,96	400,32	-364,99	80,14	0,2360	9731,48
9,86	-14,89	405,60	-330,65	86,54	0,1530	9731,48
10,29	-7,72	410,88	-293,55	89,85	0,0793	9731,48
10,71	-1,36	416,17	-255,05	90,44	0,0140	9731,48
11,14	4,30	421,45	-216,29	88,59	-0,0441	9731,48
11,57	9,36	426,73	-178,32	84,59	-0,0962	9731,48
12,00	13,93	432,01	-142,06	78,59	-0,1431	9731,48
12,43	18,11	437,29	-108,38	70,83	-0,1861	9731,48
12,86	21,99	442,57	-78,02	61,40	-0,2259	9731,48
13,29	25,65	447,85	-51,70	50,39	-0,2636	9731,48
13,71	29,17	453,14	-30,11	37,90	-0,2997	9731,48
14,14	32,60	458,42	-13,86	23,89	-0,3350	9731,48
14,57	35,99	463,70	-3,62	8,43	-0,3698	9731,48

Fase: 1 - Combinazione: 3

Altezza scavo **6 [m]**
Tipo: S.L.U. [HYD]
Nome: HYD
Coefficienti sismici: Kh = 0, Kv = 0
Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1,1
3	Spinta falda	1,1
4	Spinta sismica x	1
5	Spinta sismica y	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze

1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione	9,00	[m]
Pressione massima terreno	80,10	[kPa]
Momento massimo	374,41	[kNm/m]
Taglio massimo	122,65	[KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0,40	2,99	15,06	-0,13	-1,09	3,3869	--
0,80	5,97	22,99	-0,67	-3,84	3,2188	--
1,20	8,96	31,92	-2,23	-7,76	3,0507	--
1,60	11,95	40,85	-5,35	-12,78	2,8828	--
2,00	14,93	49,78	-10,49	-18,95	2,7149	--
2,40	17,92	57,71	-18,04	-26,35	2,5473	--
2,80	20,91	66,63	-28,60	-34,66	2,3802	--
3,20	23,89	75,56	-42,48	-44,32	2,2138	--
3,60	26,88	83,49	-60,21	-55,02	2,0485	--
4,00	29,87	92,42	-82,27	-66,94	1,8846	--
4,40	32,86	101,35	-109,06	-80,01	1,7228	--
4,80	35,84	109,28	-141,12	-94,22	1,5637	--
5,20	38,83	118,21	-178,83	-109,70	1,4082	--
5,60	41,82	127,14	-222,72	-122,65	1,2570	--
6,00	44,80	136,07	-271,76	-114,58	1,1114	9731,48
6,43	--	145,35	-320,84	-74,31	0,9628	9731,48
6,86	-80,10	154,63	-352,68	-39,87	0,8231	9731,48
7,29	-67,48	163,91	-369,74	-10,91	0,6934	9731,48
7,71	-55,87	379,20	-374,41	13,11	0,5741	9731,48
8,14	-45,29	384,48	-368,80	32,55	0,4654	9731,48
8,57	-35,71	389,76	-354,84	47,84	0,3670	9731,48
9,00	-27,11	395,04	-334,33	59,47	0,2786	9731,48
9,43	-19,43	400,32	-308,84	67,81	0,1997	9731,48
9,86	-12,60	405,60	-279,78	73,23	0,1295	9731,48
10,29	-6,53	410,88	-248,39	76,03	0,0671	9731,48
10,71	-1,15	416,17	-215,81	76,53	0,0118	9731,48
11,14	3,64	421,45	-183,01	74,96	-0,0374	9731,48
11,57	7,92	426,73	-150,89	71,58	-0,0814	9731,48
12,00	11,79	432,01	-120,21	66,50	-0,1211	9731,48
12,43	15,32	437,29	-91,70	59,93	-0,1574	9731,48
12,86	18,60	442,57	-66,01	51,96	-0,1912	9731,48
13,29	21,70	447,85	-43,75	42,66	-0,2230	9731,48
13,71	24,68	453,14	-25,47	32,07	-0,2536	9731,48
14,14	27,58	458,42	-11,72	20,20	-0,2834	9731,48
14,57	30,45	463,70	-3,07	7,15	-0,3129	9731,48

Fase: 2 Analisi geotecnica Fase: 2 - Combinazione: 1

Altezza scavo	**6 [m]**
Tipo:	S.L.U. [GEO-STR]
Nome:	A1+M1+R1
Coefficienti sismici:	Kh = 0,1075, Kv = 0,0538
Coefficienti parziali azioni	

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1,3
3	Spinta falda	1,5
4	Spinta sismica x	1,5
5	Spinta sismica y	1
6	fondaione	0

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione	9,00	[m]
Pressione massima terreno	135,57	[kPa]
Momento massimo	505,17	[kNm/m]
Taglio massimo	142,89	[KN/m]

Puntoni

Descrizione	Reazione puntone [kN]	Spostamento [cm]	Fattore sicurezza
fondaione	--	0,6701	--

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0,40	9,47	14,06	-0,73	-7,15	3,4609	--
0,80	8,80	21,99	-3,54	-12,91	3,2725	--
1,20	8,12	29,92	-8,76	-19,66	3,0842	--
1,60	7,44	37,85	-16,67	-27,42	2,8961	--
2,00	6,77	45,78	-27,66	-36,08	2,7084	--
2,40	6,09	53,71	-42,10	-45,28	2,5214	--
2,80	5,41	61,63	-60,28	-55,69	2,3355	--
3,20	4,74	69,56	-82,52	-66,61	2,1511	--
3,60	4,06	77,49	-109,18	-78,40	1,9687	--
4,00	3,38	85,42	-140,56	-91,20	1,7890	--
4,40	2,71	93,35	-177,04	-104,46	1,6128	--
4,80	2,03	101,28	-218,91	-118,71	1,4410	--
5,20	1,35	109,21	-266,43	-134,08	1,2746	--
5,60	0,68	117,14	-320,07	-142,89	1,1149	--
6,00	--	125,07	-377,24	-115,44	0,9630	20230,10
6,43	--	133,35	-426,71	-115,49	0,8105	20230,10
6,86	-135,57	141,63	-476,21	-57,35	0,6701	20230,10
7,29	-109,87	149,91	-500,79	-10,20	0,5431	20230,10
7,71	-87,01	324,20	-505,17	27,07	0,4301	20230,10
8,14	-67,04	329,48	-493,57	55,78	0,3314	20230,10

8,57	-49,87	334,76	-469,67	77,19	0,2465	20230,10
9,00	-35,38	340,04	-436,59	92,34	0,1749	20230,10
9,43	-23,39	345,32	-397,02	102,37	0,1156	20230,10
9,86	-13,66	350,60	-353,14	108,23	0,0675	20230,10
10,29	-5,95	355,88	-306,76	109,81	0,0294	20230,10
10,71	0,00	361,17	-259,70	107,03	0,0000	20230,10
11,14	4,47	366,45	-213,83	100,92	-0,0221	20230,10
11,57	7,71	371,73	-170,58	92,32	-0,0381	20230,10
12,00	9,98	377,01	-131,02	81,93	-0,0493	20230,10
12,43	11,49	382,29	-95,90	70,27	-0,0568	20230,10
12,86	12,44	387,57	-65,79	57,74	-0,0615	20230,10
13,29	13,02	392,85	-41,04	44,61	-0,0643	20230,10
13,71	13,35	398,14	-21,93	31,04	-0,0660	20230,10
14,14	13,55	403,42	-8,62	17,15	-0,0670	20230,10
14,57	13,70	408,70	-1,27	2,97	-0,0677	20230,10

Fase: 2 - Combinazione: 2

Altezza scavo **6 [m]**
Tipo: S.L.U. [GEO]
Nome: A2+M2+R1
Coefficienti sismici: Kh = 0,0292, Kv = 0,0146
Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1,3
3	Spinta falda	1,3
4	Spinta sismica x	1,3
5	Spinta sismica y	1
6	fondaione	0

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione 9,00 [m]
Pressione massima terreno 118,08 [kPa]
Momento massimo 522,41 [kNm/m]
Taglio massimo 151,26 [KN/m]

Puntoni

Descrizione	Reazione puntone [kN]	Spostamento [cm]	Fattore sicurezza
fondaione	--	1,2134	--

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0,40	2,30	15,06	-0,24	-2,56	4,6490	--
0,80	2,14	22,99	-1,38	-6,70	4,4237	--
1,20	1,97	31,92	-4,10	-12,00	4,1984	--
1,60	1,81	40,85	-8,98	-18,54	3,9731	--
2,00	1,64	49,78	-16,44	-26,72	3,7482	--
2,40	1,48	57,71	-27,13	-36,07	3,5236	--
2,80	1,31	66,63	-41,53	-46,74	3,2997	--
3,20	1,15	75,56	-60,18	-58,32	3,0769	--
3,60	0,99	83,49	-83,56	-71,43	2,8555	--
4,00	0,82	92,42	-112,08	-86,03	2,6363	--
4,40	0,66	101,35	-146,52	-101,29	2,4198	--
4,80	0,49	109,28	-187,13	-118,48	2,2069	--
5,20	0,33	118,21	-234,59	-136,88	1,9987	--
5,60	0,16	127,14	-289,31	-151,26	1,7963	--
6,00	--	136,07	-349,83	-135,69	1,6011	9731,48
6,43	--	145,35	-407,99	-135,63	1,4015	9731,48
6,86	-118,08	154,63	-466,11	-84,92	1,2134	9731,48
7,29	-101,05	163,91	-502,53	-41,55	1,0384	9731,48
7,71	-85,40	379,20	-520,32	-4,88	0,8775	9731,48
8,14	-71,17	384,48	-522,41	25,67	0,7313	9731,48
8,57	-58,37	389,76	-511,41	50,73	0,5998	9731,48
9,00	-46,97	395,04	-489,68	70,88	0,4827	9731,48
9,43	-36,92	400,32	-459,29	86,68	0,3794	9731,48
9,86	-28,13	405,60	-422,13	98,76	0,2891	9731,48
10,29	-20,50	410,88	-379,81	107,56	0,2106	9731,48
10,71	-13,91	416,17	-333,71	113,51	0,1429	9731,48
11,14	-8,24	421,45	-285,06	115,21	0,0847	9731,48
11,57	-3,35	426,73	-235,69	112,64	0,0344	9731,48
12,00	0,89	432,01	-187,41	106,29	-0,0091	9731,48
12,43	4,61	437,29	-141,86	96,55	-0,0473	9731,48
12,86	7,93	442,57	-100,48	83,72	-0,0815	9731,48
13,29	10,98	447,85	-64,60	68,01	-0,1129	9731,48
13,71	13,85	453,14	-35,45	49,56	-0,1423	9731,48
14,14	16,62	458,42	-14,21	28,43	-0,1708	9731,48
14,57	19,34	463,70	-2,03	4,74	-0,1987	9731,48

Fase: 2 - Combinazione: 3

Altezza scavo **6 [m]**
Tipo: S.L.U. [HYD]
Nome: HYD
Coefficienti sismici: Kh = 0, Kv = 0
Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1,1
3	Spinta falda	1,1
4	Spinta sismica x	1
5	Spinta sismica y	1
6	fondaione	0

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4

4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione	9,00	[m]
Pressione massima terreno	94,20	[kPa]
Momento massimo	413,08	[kNm/m]
Taglio massimo	121,95	[KN/m]

Puntoni

Descrizione	Reazione puntone [kN]	Spostamento [cm]	Fattore sicurezza
fondaione	--	0,968	--

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0,40	--	15,06	0,03	-1,41	3,6655	--
0,80	--	22,99	-0,52	-3,79	3,4892	--
1,20	--	31,92	-2,03	-7,66	3,3130	--
1,60	--	40,85	-5,01	-12,89	3,1368	--
2,00	--	49,78	-10,18	-18,61	2,9607	--
2,40	--	57,71	-17,64	-26,17	2,7849	--
2,80	--	66,63	-28,11	-34,78	2,6095	--
3,20	--	75,56	-42,02	-44,26	2,4349	--
3,60	--	83,49	-59,69	-54,96	2,2612	--
4,00	--	92,42	-81,68	-66,93	2,0891	--
4,40	--	101,35	-108,43	-79,98	1,9190	--
4,80	--	109,28	-140,46	-94,10	1,7516	--
5,20	--	118,21	-178,13	-109,64	1,5877	--
5,60	--	127,14	-221,97	-121,95	1,4282	--
6,00	--	136,07	-270,76	-110,38	1,2742	9731,48
6,43	--	145,35	-318,09	-110,37	1,1166	9731,48
6,86	-94,20	154,63	-365,42	-69,92	0,9680	9731,48
7,29	-80,74	163,91	-395,39	-35,31	0,8297	9731,48
7,71	-68,36	379,20	-410,52	-5,96	0,7024	9731,48
8,14	-57,10	384,48	-413,08	18,58	0,5867	9731,48
8,57	-46,97	389,76	-405,13	38,75	0,4827	9731,48
9,00	-37,96	395,04	-388,52	55,00	0,3900	9731,48
9,43	-30,01	400,32	-364,94	67,86	0,3084	9731,48
9,86	-23,06	405,60	-335,87	77,76	0,2370	9731,48
10,29	-17,04	410,88	-302,54	85,07	0,1751	9731,48
10,71	-11,84	416,17	-266,08	90,14	0,1217	9731,48
11,14	-7,38	421,45	-227,45	91,75	0,0759	9731,48
11,57	-3,55	426,73	-188,13	89,88	0,0364	9731,48
12,00	-0,23	432,01	-149,62	84,92	0,0023	9731,48
12,43	2,68	437,29	-113,22	77,21	-0,0275	9731,48
12,86	5,27	442,57	-80,13	66,97	-0,0542	9731,48
13,29	7,64	447,85	-51,43	54,38	-0,0785	9731,48
13,71	9,87	453,14	-28,13	39,57	-0,1014	9731,48

14,14	12,01	458,42	-11,17	22,58	-0,1234	9731,48
14,57	14,12	463,70	-1,49	3,48	-0,1451	9731,48

Fase: 2 - Combinazione: 4

Altezza scavo **6 [m]**
Tipo: S.L.U. [GEO]
Nome: Nuova combinazione Sisma
Coefficienti sismici: Kh = 0,107534, Kv = 0,053767
Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1
4	Spinta sismica x	1
5	Spinta sismica y	1
6	fondaione	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione -- [m]
Pressione massima terreno -- [kPa]
Momento massimo -- [kNm/m]
Taglio massimo -- [KN/m]

Puntoni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]
Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]	

Sollecitazioni

Risultati analisi struttural e

Fase: 1 Risultati analisi struttural e
Fase: 1 - Combinazione: 1

Z [m]	Nome sezione	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	Nr.Barre Diametro	Nu [kN]	Mu [kNm]	Cond. Verfica Flessione	Ver. Flessione
0,40	CIR	14,06	-0,05	-1,46	10Ø20	14,06	-406,31	7846,39	Verificata

	0.8/I=1.0								
0,80	CIR 0.8/I=1.0	21,99	-0,58	-3,83	10Ø20	21,98	-408,59	706,65	Verificata
1,20	CIR 0.8/I=1.0	29,92	-2,12	-7,22	10Ø20	29,91	-410,87	193,94	Verificata
1,60	CIR 0.8/I=1.0	37,85	-5,03	-11,97	10Ø20	37,84	-413,13	82,16	Verificata
2,00	CIR 0.8/I=1.0	45,78	-9,79	-17,76	10Ø20	45,78	-415,39	42,43	Verificata
2,40	CIR 0.8/I=1.0	53,71	-16,89	-24,63	10Ø20	53,71	-417,65	24,73	Verificata
2,80	CIR 0.8/I=1.0	61,63	-26,73	-32,65	10Ø20	61,64	-419,91	15,71	Verificata
3,20	CIR 0.8/I=1.0	69,56	-39,80	-41,69	10Ø20	69,57	-422,16	10,61	Verificata
3,60	CIR 0.8/I=1.0	77,49	-56,49	-51,82	10Ø20	77,50	-424,42	7,51	Verificata
4,00	CIR 0.8/I=1.0	85,42	-77,27	-63,20	10Ø20	85,43	-426,66	5,52	Verificata
4,40	CIR 0.8/I=1.0	93,35	-102,56	-75,57	10Ø20	93,35	-428,89	4,18	Verificata
4,80	CIR 0.8/I=1.0	101,28	-132,83	-89,11	10Ø20	101,28	-431,12	3,25	Verificata
5,20	CIR 0.8/I=1.0	109,21	-168,48	-103,89	10Ø20	109,21	-433,35	2,57	Verificata
5,60	CIR 0.8/I=1.0	117,14	-210,04	-115,03	10Ø20	117,14	-435,58	2,07	Verificata
6,00	CIR 0.8/I=1.0	125,07	-256,04	-102,96	10Ø20	125,06	-437,81	1,71	Verificata
6,43	CIR 0.8/I=1.0	133,35	-300,16	-58,97	10Ø20	133,36	-440,13	1,47	Verificata
6,86	CIR 0.8/I=1.0	141,63	-325,43	-22,97	10Ø20	141,62	-442,43	1,36	Verificata
7,29	CIR 0.8/I=1.0	149,91	-335,27	5,70	10Ø20	149,91	-444,73	1,33	Verificata
7,71	CIR 0.8/I=1.0	324,20	-332,83	27,96	10Ø20	324,20	-492,06	1,48	Verificata
8,14	CIR 0.8/I=1.0	329,48	-320,85	44,53	10Ø20	329,47	-493,44	1,54	Verificata
8,57	CIR 0.8/I=1.0	334,76	-301,76	56,24	10Ø20	334,76	-494,84	1,64	Verificata
9,00	CIR 0.8/I=1.0	340,04	-277,66	63,84	10Ø20	340,05	-496,23	1,79	Verificata
9,43	CIR 0.8/I=1.0	345,32	-250,29	68,00	10Ø20	345,33	-497,62	1,99	Verificata
9,86	CIR 0.8/I=1.0	350,60	-221,15	69,33	10Ø20	350,60	-499,00	2,26	Verificata
10,29	CIR 0.8/I=1.0	355,88	-191,44	68,36	10Ø20	355,89	-500,40	2,61	Verificata
10,71	CIR 0.8/I=1.0	361,17	-162,14	65,59	10Ø20	361,17	-501,79	3,09	Verificata
11,14	CIR 0.8/I=1.0	366,45	-134,03	61,39	10Ø20	366,45	-503,17	3,75	Verificata
11,57	CIR 0.8/I=1.0	371,73	-107,72	56,10	10Ø20	371,72	-504,54	4,68	Verificata
12,00	CIR 0.8/I=1.0	377,01	-83,68	49,98	10Ø20	377,00	-505,91	6,05	Verificata
12,43	CIR 0.8/I=1.0	382,29	-62,26	43,25	10Ø20	382,29	-507,28	8,15	Verificata
12,86	CIR 0.8/I=1.0	387,57	-43,72	36,04	10Ø20	387,58	-508,66	11,63	Verificata
13,29	CIR	392,85	-28,28	28,49	10Ø20	392,86	-510,03	18,04	Verificata

	0.8/I=1.0								
13,71	CIR 0.8/I=1.0	398,14	-16,06	20,65	10Ø20	398,13	-511,39	31,83	Verificata
14,14	CIR 0.8/I=1.0	403,42	-7,21	12,57	10Ø20	403,41	-512,76	71,08	Verificata
14,57	CIR 0.8/I=1.0	408,70	-1,83	4,26	10Ø20	408,70	-514,14	281,35	Verificata

Z [m]	Def.Max calcestruzzo	Def.Max acciaio	Asse neutro [cm]	Passo staffe [cm]	Resistenza taglio kN	Misura sicurezza taglioOK<=1	Verifica a taglio	Angolo inclinazione puntoni [°]
0,40	3,50E-03	-1,61E-02	-26,45	23,9Ø10	Calcestruzzo=1001,99 Staffe=396,60	0,99	Verificata	21,80
0,80	3,50E-03	-1,60E-02	-26,37	23,9Ø10	Calcestruzzo=1002,98 Staffe=396,60	1,00	Verificata	21,80
1,20	3,50E-03	-1,59E-02	-26,28	23,9Ø10	Calcestruzzo=1003,98 Staffe=396,60	1,00	Verificata	21,80
1,60	3,50E-03	-1,58E-02	-26,20	23,9Ø10	Calcestruzzo=1004,97 Staffe=396,60	1,00	Verificata	21,80
2,00	3,50E-03	-1,57E-02	-26,12	23,9Ø10	Calcestruzzo=1005,97 Staffe=396,60	1,00	Verificata	21,80
2,40	3,50E-03	-1,56E-02	-26,04	23,9Ø10	Calcestruzzo=1006,96 Staffe=396,60	1,00	Verificata	21,80
2,80	3,50E-03	-1,54E-02	-25,96	23,9Ø10	Calcestruzzo=1007,96 Staffe=396,60	1,00	Verificata	21,80
3,20	3,50E-03	-1,53E-02	-25,87	23,9Ø10	Calcestruzzo=1032,82 Staffe=393,77	1,00	Verificata	21,80
3,60	3,50E-03	-1,52E-02	-25,79	23,9Ø10	Calcestruzzo=1033,84 Staffe=393,77	1,00	Verificata	21,80
4,00	3,50E-03	-1,51E-02	-25,71	23,9Ø10	Calcestruzzo=1034,86 Staffe=393,77	1,00	Verificata	21,80
4,40	3,50E-03	-1,50E-02	-25,63	23,9Ø10	Calcestruzzo=1035,88 Staffe=393,77	1,00	Verificata	21,80
4,80	3,50E-03	-1,49E-02	-25,55	23,9Ø10	Calcestruzzo=1036,90 Staffe=393,77	1,00	Verificata	21,80
5,20	3,50E-03	-1,48E-02	-25,46	23,9Ø10	Calcestruzz	1,00	Verificata	21,80

					o=1037,92 Staffe=393, 77			
5,60	3,50E-03	-1,47E-02	-25,38	23,9Ø10	Calcestruzzo=1038,94 Staffe=393, 77	1,00	Verificata	21,80
6,00	3,50E-03	-1,46E-02	-25,29	23,9Ø10	Calcestruzzo=1039,95 Staffe=393, 77	1,00	Verificata	21,80
6,43	3,50E-03	-1,45E-02	-25,21	23,9Ø10	Calcestruzzo=1041,02 Staffe=393, 77	1,00	Verificata	21,80
6,86	3,50E-03	-1,44E-02	-25,12	23,9Ø10	Calcestruzzo=1042,08 Staffe=393, 77	1,00	Verificata	21,80
7,29	3,50E-03	-1,43E-02	-25,04	23,9Ø10	Calcestruzzo=1043,14 Staffe=393, 77	1,00	Verificata	21,80
7,71	3,50E-03	-1,23E-02	-23,20	23,9Ø10	Calcestruzzo=1111,02 Staffe=387, 96	1,00	Verificata	21,80
8,14	3,50E-03	-1,23E-02	-23,14	23,9Ø10	Calcestruzzo=1111,73 Staffe=387, 96	1,00	Verificata	21,80
8,57	3,50E-03	-1,22E-02	-23,09	23,9Ø10	Calcestruzzo=1112,44 Staffe=387, 96	1,00	Verificata	21,80
9,00	3,50E-03	-1,22E-02	-23,03	23,9Ø10	Calcestruzzo=1113,14 Staffe=387, 96	1,00	Verificata	21,80
9,43	3,50E-03	-1,21E-02	-22,98	23,9Ø10	Calcestruzzo=1113,85 Staffe=387, 96	1,00	Verificata	21,80
9,86	3,50E-03	-1,21E-02	-22,92	23,9Ø10	Calcestruzzo=1114,56 Staffe=387, 96	1,00	Verificata	21,80
10,29	3,50E-03	-1,20E-02	-22,87	23,9Ø10	Calcestruzzo=1115,26 Staffe=387, 96	1,00	Verificata	21,80
10,71	3,50E-03	-1,20E-02	-22,81	23,9Ø10	Calcestruzzo=1115,97 Staffe=387, 96	1,00	Verificata	21,80
11,14	3,50E-03	-1,19E-02	-22,75	23,9Ø10	Calcestruzzo=1116,68 Staffe=387, 96	1,00	Verificata	21,80
11,57	3,50E-03	-1,19E-02	-22,70	23,9Ø10	Calcestruzzo=1117,39 Staffe=387,	1,00	Verificata	21,80

					96			
12,00	3,50E-03	-1,18E-02	-22,64	23,9Ø10	Calcestruzzo=1118,09 Staffe=387,96	1,00	Verificata	21,80
12,43	3,50E-03	-1,18E-02	-22,59	23,9Ø10	Calcestruzzo=1118,80 Staffe=387,96	1,00	Verificata	21,80
12,86	3,50E-03	-1,17E-02	-22,53	23,9Ø10	Calcestruzzo=1119,51 Staffe=387,96	1,00	Verificata	21,80
13,29	3,50E-03	-1,17E-02	-22,48	23,9Ø10	Calcestruzzo=1120,22 Staffe=387,96	1,00	Verificata	21,80
13,71	3,50E-03	-1,16E-02	-22,42	23,9Ø10	Calcestruzzo=1120,92 Staffe=387,96	1,00	Verificata	21,80
14,14	3,50E-03	-1,16E-02	-22,36	23,9Ø10	Calcestruzzo=1121,63 Staffe=387,96	1,00	Verificata	21,80
14,57	3,50E-03	-1,15E-02	-22,30	23,9Ø10	Calcestruzzo=1122,34 Staffe=387,96	1,00	Verificata	21,80

Fase: 2 Risultati analisi struttural e

Fase: 2 - Combinazione: 1

Z [m]	Nome sezione	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	Nr.Barre Diametro	Nu [kN]	Mu [kNm]	Cond. Verfica Flessione	Ver. Flessione
0,40	CIR 0.8/I=1.0	14,06	-0,73	-7,15	10Ø20	14,06	-406,31	559,96	Verificata
0,80	CIR 0.8/I=1.0	21,99	-3,54	-12,91	10Ø20	21,98	-408,59	115,29	Verificata
1,20	CIR 0.8/I=1.0	29,92	-8,76	-19,66	10Ø20	29,91	-410,87	46,93	Verificata
1,60	CIR 0.8/I=1.0	37,85	-16,67	-27,42	10Ø20	37,84	-413,13	24,78	Verificata
2,00	CIR 0.8/I=1.0	45,78	-27,66	-36,08	10Ø20	45,78	-415,39	15,02	Verificata
2,40	CIR 0.8/I=1.0	53,71	-42,10	-45,28	10Ø20	53,71	-417,65	9,92	Verificata
2,80	CIR 0.8/I=1.0	61,63	-60,28	-55,69	10Ø20	61,64	-419,91	6,97	Verificata
3,20	CIR 0.8/I=1.0	69,56	-82,52	-66,61	10Ø20	69,57	-422,16	5,12	Verificata
3,60	CIR 0.8/I=1.0	77,49	-109,18	-78,40	10Ø20	77,50	-424,42	3,89	Verificata
4,00	CIR 0.8/I=1.0	85,42	-140,56	-91,20	10Ø20	85,43	-426,66	3,04	Verificata
4,40	CIR 0.8/I=1.0	93,35	-177,04	-104,46	10Ø20	93,35	-428,89	2,42	Verificata
4,80	CIR 0.8/I=1.0	101,28	-218,91	-118,71	10Ø20	101,28	-431,12	1,97	Verificata
5,20	CIR 0.8/I=1.0	109,21	-266,43	-134,08	10Ø20	109,21	-433,35	1,63	Verificata

5,60	CIR 0.8/I=1.0	117,14	-320,07	-142,89	10Ø20	117,14	-435,58	1,36	Verificata
6,00	CIR 0.8/I=1.0	125,07	-377,24	-115,44	10Ø20	125,06	-437,81	1,16	Verificata
6,43	CIR 0.8/I=1.0	133,35	-426,71	-115,49	10Ø20	133,36	-440,13	1,03	Verificata
6,86	CIR 0.8/I=1.0	141,63	-476,21	-57,35	11Ø20	141,64	-481,62	1,01	Verificata
7,29	CIR 0.8/I=1.0	149,91	-500,79	-10,20	12Ø20	149,92	-514,32	1,03	Verificata
7,71	CIR 0.8/I=1.0	324,20	-505,17	27,07	11Ø20	324,19	-524,83	1,04	Verificata
8,14	CIR 0.8/I=1.0	329,48	-493,57	55,78	11Ø20	329,48	-526,05	1,07	Verificata
8,57	CIR 0.8/I=1.0	334,76	-469,67	77,19	10Ø20	334,76	-494,84	1,05	Verificata
9,00	CIR 0.8/I=1.0	340,04	-436,59	92,34	10Ø20	340,05	-496,23	1,14	Verificata
9,43	CIR 0.8/I=1.0	345,32	-397,02	102,37	10Ø20	345,33	-497,62	1,25	Verificata
9,86	CIR 0.8/I=1.0	350,60	-353,14	108,22	10Ø20	350,60	-499,00	1,41	Verificata
10,29	CIR 0.8/I=1.0	355,88	-306,76	109,81	10Ø20	355,89	-500,40	1,63	Verificata
10,71	CIR 0.8/I=1.0	361,17	-259,70	107,03	10Ø20	361,17	-501,79	1,93	Verificata
11,14	CIR 0.8/I=1.0	366,45	-213,83	100,92	10Ø20	366,45	-503,17	2,35	Verificata
11,57	CIR 0.8/I=1.0	371,73	-170,58	92,32	10Ø20	371,72	-504,54	2,96	Verificata
12,00	CIR 0.8/I=1.0	377,01	-131,02	81,93	10Ø20	377,00	-505,91	3,86	Verificata
12,43	CIR 0.8/I=1.0	382,29	-95,90	70,27	10Ø20	382,29	-507,28	5,29	Verificata
12,86	CIR 0.8/I=1.0	387,57	-65,79	57,74	10Ø20	387,58	-508,66	7,73	Verificata
13,29	CIR 0.8/I=1.0	392,85	-41,04	44,61	10Ø20	392,86	-510,03	12,43	Verificata
13,71	CIR 0.8/I=1.0	398,14	-21,93	31,04	10Ø20	398,13	-511,39	23,32	Verificata
14,14	CIR 0.8/I=1.0	403,42	-8,62	17,15	10Ø20	403,41	-512,76	59,48	Verificata
14,57	CIR 0.8/I=1.0	408,70	-1,27	2,97	10Ø20	408,70	-514,14	404,47	Verificata

Z [m]	Def.Max calcestruzzo	Def.Max acciaio	Asse neutro [cm]	Passo staffe [cm]	Resistenza taglio kN	Misura sicurezza taglioOK<=1	Verifica a taglio	Angolo inclinazione puntoni [°]
0,40	3,50E-03	-1,61E-02	-26,45	23,9Ø10	Calcestruzzo=1001,99 Staffe=396,60	1,00	Verificata	21,80
0,80	3,50E-03	-1,60E-02	-26,37	23,9Ø10	Calcestruzzo=1002,98 Staffe=396,60	1,00	Verificata	21,80
1,20	3,50E-03	-1,59E-02	-26,28	23,9Ø10	Calcestruzzo=1003,98 Staffe=396,60	1,00	Verificata	21,80

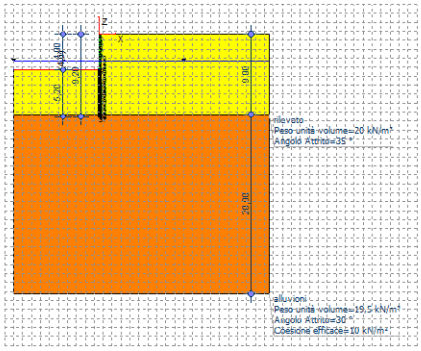
1,60	3,50E-03	-1,58E-02	-26,20	23,9Ø10	Calcestruzzo=1004,97 Staffe=396,60	1,00	Verificata	21,80
2,00	3,50E-03	-1,57E-02	-26,12	23,9Ø10	Calcestruzzo=1005,97 Staffe=396,60	1,00	Verificata	21,80
2,40	3,50E-03	-1,56E-02	-26,04	23,9Ø10	Calcestruzzo=1006,96 Staffe=396,60	1,00	Verificata	21,80
2,80	3,50E-03	-1,54E-02	-25,96	23,9Ø10	Calcestruzzo=1007,96 Staffe=396,60	1,00	Verificata	21,80
3,20	3,50E-03	-1,53E-02	-25,87	23,9Ø10	Calcestruzzo=1032,82 Staffe=393,77	1,00	Verificata	21,80
3,60	3,50E-03	-1,52E-02	-25,79	23,9Ø10	Calcestruzzo=1033,84 Staffe=393,77	1,00	Verificata	21,80
4,00	3,50E-03	-1,51E-02	-25,71	23,9Ø10	Calcestruzzo=1034,86 Staffe=393,77	1,00	Verificata	21,80
4,40	3,50E-03	-1,50E-02	-25,63	23,9Ø10	Calcestruzzo=1035,88 Staffe=393,77	1,00	Verificata	21,80
4,80	3,50E-03	-1,49E-02	-25,55	23,9Ø10	Calcestruzzo=1036,90 Staffe=393,77	1,00	Verificata	21,80
5,20	3,50E-03	-1,48E-02	-25,46	23,9Ø10	Calcestruzzo=1037,92 Staffe=393,77	1,00	Verificata	21,80
5,60	3,50E-03	-1,47E-02	-25,38	23,9Ø10	Calcestruzzo=1038,94 Staffe=393,77	1,00	Verificata	21,80
6,00	3,50E-03	-1,46E-02	-25,29	23,9Ø10	Calcestruzzo=1039,95 Staffe=393,77	1,00	Verificata	21,80
6,43	3,50E-03	-1,45E-02	-25,21	23,9Ø10	Calcestruzzo=1041,02 Staffe=393,77	1,00	Verificata	21,80
6,86	3,50E-03	-1,33E-02	-24,17	23,9Ø10	Calcestruzzo=1064,97 Staffe=390,89	1,00	Verificata	21,80
7,29	3,50E-03	-1,30E-02	-23,92	23,9Ø10	Calcestruzzo=1066,06 Staffe=390,89	1,00	Verificata	21,80
7,71	3,50E-03	-1,19E-02	-22,72	23,9Ø10	Calcestruzzo=1111,02	1,00	Verificata	21,80

					Staffe=387,96			
8,14	3,50E-03	-1,19E-02	-22,68	23,9Ø10	Calcestruzzo=1111,73 Staffe=387,96	1,00	Verificata	21,80
8,57	3,50E-03	-1,22E-02	-23,09	23,9Ø10	Calcestruzzo=1112,44 Staffe=387,96	1,00	Verificata	21,80
9,00	3,50E-03	-1,22E-02	-23,03	23,9Ø10	Calcestruzzo=1113,14 Staffe=387,96	1,00	Verificata	21,80
9,43	3,50E-03	-1,21E-02	-22,98	23,9Ø10	Calcestruzzo=1113,85 Staffe=387,96	1,00	Verificata	21,80
9,86	3,50E-03	-1,21E-02	-22,92	23,9Ø10	Calcestruzzo=1114,56 Staffe=387,96	1,00	Verificata	21,80
10,29	3,50E-03	-1,20E-02	-22,87	23,9Ø10	Calcestruzzo=1115,26 Staffe=387,96	1,00	Verificata	21,80
10,71	3,50E-03	-1,20E-02	-22,81	23,9Ø10	Calcestruzzo=1115,97 Staffe=387,96	1,00	Verificata	21,80
11,14	3,50E-03	-1,19E-02	-22,75	23,9Ø10	Calcestruzzo=1116,68 Staffe=387,96	1,00	Verificata	21,80
11,57	3,50E-03	-1,19E-02	-22,70	23,9Ø10	Calcestruzzo=1117,39 Staffe=387,96	1,00	Verificata	21,80
12,00	3,50E-03	-1,18E-02	-22,64	23,9Ø10	Calcestruzzo=1118,09 Staffe=387,96	1,00	Verificata	21,80
12,43	3,50E-03	-1,18E-02	-22,59	23,9Ø10	Calcestruzzo=1118,80 Staffe=387,96	1,00	Verificata	21,80
12,86	3,50E-03	-1,17E-02	-22,53	23,9Ø10	Calcestruzzo=1119,51 Staffe=387,96	1,00	Verificata	21,80
13,29	3,50E-03	-1,17E-02	-22,48	23,9Ø10	Calcestruzzo=1120,22 Staffe=387,96	1,00	Verificata	21,80
13,71	3,50E-03	-1,16E-02	-22,42	23,9Ø10	Calcestruzzo=1120,92 Staffe=387,96	1,00	Verificata	21,80
14,14	3,50E-03	-1,16E-02	-22,36	23,9Ø10	Calcestruzzo=1121,63 Staffe=387,96	1,00	Verificata	21,80

14,57	3,50E-03	-1,15E-02	-22,30	23,9Ø10	Calcestruzzo=1122,34 Staffe=387,96	1,00	Verificata	21,80

Paratia micropali

PARATIA H= 4 m



ermini imeres e

Archivio materiali

CONGLOMERATI

Nr.	Classe calcestruzzo	fck,cubi [MPa]	Ec [MPa]	fck [MPa]	fcd [MPa]	fctd [MPa]	fctm [MPa]
1	C20/25	25	29960	20	11.33	1.03	2.21
2	C25/30	30	31470	25	14,16	1,19	2,56
3	C28/35	35	32300	28	15,86	1,28	2,76
4	C40/50	50	35220	40	19,83	1,49	3,2

Acciai:

Nr.	Classe acciaio	Es [MPa]	fyk [MPa]	fyd [MPa]	ftk [MPa]	ftd [MPa]	ep_tk	epd_ult	ß1*ß2 in.	ß1*ß2 fin.
1	B450C	200000	450	391,3	540	391,3	.075	.0675	1	0,5
2	B450C*	200000	450	391,3	540	450	.05	.04	1	0,5
3	S235H	210000	235	204,35	360	204,35	0,05	0,04	1	0,5
4	S275H	210000	275	239,13	430	239,13	0,05	0,04	1	0,5
5	S355H	210000	355	308,7	510	308,7	0,05	0,04	1	0,5
6	C1860	200205	1600	1116	1860	1116	0.05	0.04	1	0.5

GEOMETRIA SEZIONE

Sezione	Circolare Tubolare	
Calcestruzzo	C20/25	
Acciaio	S355H	
Nome	tubolare C	
Diametro	0,3	m
Disposizione	Singola fila	
Interasse Iy	0,4	m

Armatura: Profilato		
Base/Diametro	193,7	mm
Altezza	0	mm
Spessore[Sa]	4	mm
Spessore[Sw]	0	mm

Dati generali FEM

Massimo spostamento lineare terreno	1,5	cm
Fattore tolleranza spostamento	0,03	cm
Tipo analisi	Lineare	
Massimo numero di iterazioni	10	
Fattore riduzione molla fondo scavo	1	
Profondità infissione iniziale	5	m
Incremento profondità infissione	0,2	m
Numero di elementi	36	
Numero nodo di fondo scavo	16	

Stratigrafia

Fase: 1

Nr.	Peso specifico [kN/m³]	Peso specifico saturo [kN/m³]	Coesione [kN/m²]	Angolo attrito [°]	O.C.R.	Modulo edometrico [kN/m²]	Attrito terra muro monte [°]	Attrito terra muro valle [°]	Spessore [m]	Inclinazione [°]	Descrizione
1	20,0	20,0	0,0	35,0	0,0	0,0	20,0	15,0	9,0	0,0	rilevato
2	19,5	19,5	10,0	30,0	0,0	0,0	20,0	15,0	20,0	0,0	alluvioni

Analisi Paratia Metodo calcolo: FEM

Profondità massima di infissione 5,2 [m]

Fase: 1 Analisi geotecnica Fase: 1 - Combinazione: 1

Altezza scavo	**4 [m]**
Tipo:	S.L.U. [STR]
Nome:	A1+M1+R1
Coefficienti sismici:	Kh = 0, Kv = 0

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1,3
3	Spinta falda	1,5
4	Spinta sismica x	1,5
5	Spinta sismica y	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze

1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione	5,20	[m]
Pressione massima terreno	67,82	[kPa]
Momento massimo	63,55	[kNm/m]
Taglio massimo	47,40	[KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0,27	1,60	2,16	-0,02	-0,53	8,3065	--
0,53	3,19	3,31	-0,16	-1,39	7,6912	--
0,80	4,79	5,47	-0,53	-2,69	7,0761	--
1,07	6,39	7,62	-1,25	-4,41	6,4618	--
1,33	7,98	8,78	-2,42	-6,52	5,8491	--
1,60	9,58	10,93	-4,16	-9,07	5,2397	--
1,87	11,18	13,09	-6,58	-12,05	4,6356	--
2,13	12,77	14,24	-9,80	-15,47	4,0400	--
2,40	14,37	16,40	-13,92	-19,30	3,4570	--
2,67	15,96	18,55	-19,07	-23,56	2,8917	--
2,93	17,56	19,71	-25,35	-28,21	2,3508	--
3,20	18,56	38,86	-32,88	-33,16	1,8421	--
3,47	19,36	42,02	-41,72	-38,31	1,3752	--
3,73	20,15	45,17	-51,94	-35,10	0,9613	--
4,00	20,95	48,33	-61,30	-9,09	0,6127	40205,25
4,25	--	50,40	-63,55	26,45	0,3569	40205,25
4,50	-67,82	53,48	-57,00	43,24	0,1687	40205,25
4,74	-16,78	56,55	-46,29	47,40	0,0417	40205,25
4,99	14,09	59,62	-34,55	43,91	-0,0350	40205,25
5,24	29,77	62,69	-23,68	36,54	-0,0740	40205,25
5,49	34,95	65,77	-14,63	27,88	-0,0869	40205,25
5,73	33,58	68,84	-7,73	19,57	-0,0835	40205,25
5,98	28,68	70,91	-2,88	12,47	-0,0713	40205,25
6,23	22,38	73,98	0,21	6,93	-0,0557	40205,25
6,48	16,08	77,06	1,92	2,94	-0,0400	40205,25
6,72	10,55	80,13	2,65	0,33	-0,0262	40205,25
6,97	6,12	83,20	2,73	-1,18	-0,0152	40205,25
7,22	2,87	86,28	2,44	-1,90	-0,0071	40205,25
7,47	0,67	89,35	1,97	-2,06	-0,0017	40205,25
7,71	-0,66	92,42	1,46	-1,90	0,0017	40205,25
7,96	-1,36	94,49	0,99	-1,56	0,0034	40205,25
8,21	-1,62	97,57	0,60	-1,16	0,0040	40205,25
8,46	-1,60	100,64	0,32	-0,76	0,0040	40205,25
8,70	-1,44	103,71	0,13	-0,41	0,0036	40205,25
8,95	-1,22	106,79	0,03	-0,11	0,0030	40205,25

Fase: 1 - Combinazione: 2

Altezza scavo	**4 [m]**
Tipo:	S.L.U. [GEO]
Nome:	A2+M2+R1
Coefficienti sismici:	Kh = 0, Kv = 0

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione

1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1,3
3	Spinta falda	1,3
4	Spinta sismica x	1,3
5	Spinta sismica y	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione	5,20	[m]
Pressione massima terreno	95,81	[kPa]
Momento massimo	87,81	[kNm/m]
Taglio massimo	51,93	[KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0,27	2,09	2,16	-0,03	-0,71	13,6955	--
0,53	4,17	4,31	-0,21	-1,83	12,7348	--
0,80	6,26	6,47	-0,71	-3,54	11,7745	--
1,07	8,35	8,62	-1,65	-5,77	10,8152	--
1,33	10,44	9,78	-3,18	-8,59	9,8581	--
1,60	12,52	11,93	-5,48	-11,86	8,9051	--
1,87	14,61	14,09	-8,64	-15,79	7,9593	--
2,13	16,70	16,24	-12,85	-20,24	7,0245	--
2,40	18,78	18,40	-18,25	-25,26	6,1063	--
2,67	20,87	20,55	-24,98	-30,83	5,2113	--
2,93	22,96	22,71	-33,20	-36,92	4,3482	--
3,20	24,26	45,86	-43,05	-43,37	3,5273	--
3,47	25,31	50,02	-54,61	-50,11	2,7612	--
3,73	26,35	53,17	-67,98	-49,73	2,0643	--
4,00	27,39	57,33	-81,24	-26,53	1,4533	16152,90
4,25	--	60,40	-87,81	12,52	0,9763	16152,90
4,50	-95,81	64,48	-84,71	36,24	0,5931	16152,90
4,74	-48,63	67,55	-75,73	48,29	0,3011	16152,90
4,99	-14,69	71,62	-63,77	51,93	0,0909	16152,90
5,24	8,08	74,69	-50,92	49,93	-0,0500	16152,90
5,49	21,87	78,77	-38,55	44,51	-0,1354	16152,90
5,73	28,85	81,84	-27,53	37,37	-0,1786	16152,90
5,98	30,94	84,91	-18,28	29,71	-0,1915	16152,90
6,23	29,75	88,98	-10,92	22,34	-0,1842	16152,90
6,48	26,60	92,06	-5,39	15,75	-0,1647	16152,90
6,72	22,44	96,13	-1,49	10,19	-0,1389	16152,90
6,97	17,99	99,20	1,03	5,74	-0,1114	16152,90

7,22	13,68	103,28	2,45	2,35	-0,0847	16152,90
7,47	9,78	106,35	3,03	-0,07	-0,0605	16152,90
7,71	6,39	109,42	3,02	-1,65	-0,0396	16152,90
7,96	3,53	113,49	2,61	-2,53	-0,0218	16152,90
8,21	1,11	116,57	1,98	-2,80	-0,0069	16152,90
8,46	-0,95	120,64	1,29	-2,57	0,0059	16152,90
8,70	-2,79	123,71	0,65	-1,88	0,0173	16152,90
8,95	-4,51	127,79	0,19	-0,76	0,0279	16152,90

Fase: 1 - Combinazione: 3

Altezza scavo **4 [m]**
Tipo: S.L.U. [HYD]
Nome: HYD
Coefficienti sismici: Kh = 0, Kv = 0
Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1,1
3	Spinta falda	1,1
4	Spinta sismica x	1
5	Spinta sismica y	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione 5,20 [m]
Pressione massima terreno 81,07 [kPa]
Momento massimo 74,30 [kNm/m]
Taglio massimo 43,94 [KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0,27	1,77	2,16	-0,02	-0,61	11,5885	--
0,53	3,53	4,31	-0,18	-1,54	10,7756	--
0,80	5,30	6,47	-0,60	-2,95	9,9630	--
1,07	7,06	8,62	-1,39	-4,87	9,1513	--
1,33	8,83	9,78	-2,70	-7,25	8,3414	--
1,60	10,60	11,93	-4,63	-10,04	7,5351	--
1,87	12,36	14,09	-7,31	-13,35	6,7348	--
2,13	14,13	16,24	-10,87	-17,14	5,9438	--

2,40	15,89	18,40	-15,44	-21,37	5,1668	--
2,67	17,66	20,55	-21,14	-26,10	4,4096	--
2,93	19,43	22,71	-28,10	-31,23	3,6792	--
3,20	20,53	45,86	-36,43	-36,70	2,9847	--
3,47	21,41	50,02	-46,21	-42,39	2,3364	--
3,73	22,29	53,17	-57,52	-42,08	1,7468	--
4,00	23,18	57,33	-68,74	-22,45	1,2297	16152,90
4,25	--	60,40	-74,30	10,59	0,8261	16152,90
4,50	-81,07	64,48	-71,68	30,67	0,5019	16152,90
4,74	-41,15	67,55	-64,08	40,86	0,2548	16152,90
4,99	-12,43	71,62	-53,96	43,94	0,0769	16152,90
5,24	6,83	74,69	-43,08	42,24	-0,0423	16152,90
5,49	18,51	78,77	-32,62	37,66	-0,1146	16152,90
5,73	24,41	81,84	-23,30	31,62	-0,1511	16152,90
5,98	26,18	84,91	-15,47	25,14	-0,1621	16152,90
6,23	25,18	88,98	-9,24	18,90	-0,1559	16152,90
6,48	22,50	92,06	-4,56	13,33	-0,1393	16152,90
6,72	18,99	96,13	-1,26	8,63	-0,1176	16152,90
6,97	15,22	99,20	0,87	4,86	-0,0942	16152,90
7,22	11,58	103,28	2,07	1,99	-0,0717	16152,90
7,47	8,27	106,35	2,57	-0,06	-0,0512	16152,90
7,71	5,41	109,42	2,55	-1,40	-0,0335	16152,90
7,96	2,99	113,49	2,21	-2,14	-0,0185	16152,90
8,21	0,94	116,57	1,68	-2,37	-0,0058	16152,90
8,46	-0,81	120,64	1,09	-2,17	0,0050	16152,90
8,70	-2,36	123,71	0,55	-1,59	0,0146	16152,90
8,95	-3,82	127,79	0,16	-0,64	0,0236	16152,90

Risultati analisi struttural e

Fase: 1 Risultati analisi struttural e

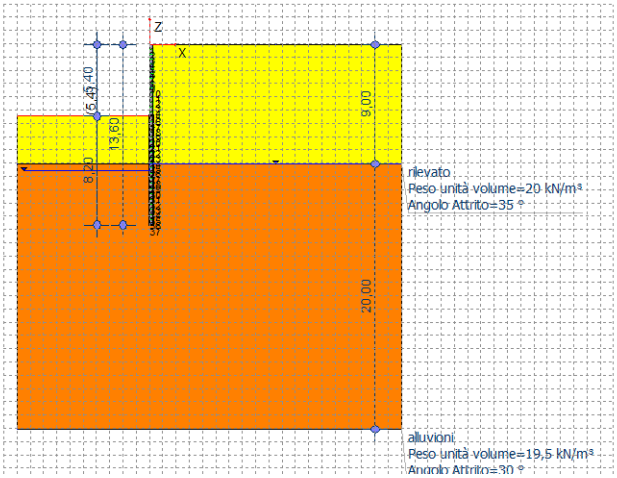
Fase: 1 - Combinazione: 1

Z [m]	Nome sezione	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	Nr.Barre Diametro	Nu [kN]	Mu [kNm]	Cond. Verfica Flessione	Ver. Flessione
0,27	tubolare C	0,86	-0,01	-0,21		1354,87	-11,70	1571,50	Verificata
0,53	tubolare C	1,32	-0,06	-0,56		943,26	-46,14	712,31	Verificata
0,80	tubolare C	2,19	-0,21	-1,08		637,88	-62,08	291,75	Verificata
1,07	tubolare C	3,05	-0,50	-1,76		404,41	-66,18	132,66	Verificata
1,33	tubolare C	3,51	-0,97	-2,61		233,37	-64,43	66,47	Verificata
1,60	tubolare C	4,37	-1,67	-3,63		166,57	-63,44	38,09	Verificata
1,87	tubolare C	5,23	-2,63	-4,82		124,15	-62,44	23,71	Verificata
2,13	tubolare C	5,70	-3,92	-6,19		88,43	-60,83	15,52	Verificata
2,40	tubolare C	6,56	-5,57	-7,72		70,69	-60,02	10,78	Verificata
2,67	tubolare C	7,42	-7,63	-9,43		57,84	-59,44	7,79	Verificata
2,93	tubolare C	7,88	-10,14	-11,29		45,79	-58,90	5,81	Verificata
3,20	tubolare C	15,55	-13,15	-13,26		70,97	-60,04	4,57	Verificata
3,47	tubolare C	16,81	-16,69	-15,33		59,97	-59,54	3,57	Verificata
3,73	tubolare C	18,07	-20,77	-14,04		51,45	-59,16	2,85	Verificata
4,00	tubolare C	19,33	-24,52	-3,63		46,46	-58,93	2,40	Verificata
4,25	tubolare C	20,16	-25,42	10,58		46,75	-58,94	2,32	Verificata
4,50	tubolare C	21,39	-22,80	17,30		55,68	-59,35	2,60	Verificata
4,74	tubolare C	22,62	-18,52	18,96		73,48	-60,15	3,25	Verificata
4,99	tubolare C	23,85	-13,82	17,56		106,35	-61,64	4,46	Verificata
5,24	tubolare C	25,08	-9,47	14,62		168,01	-63,46	6,70	Verificata
5,49	tubolare C	26,31	-5,85	11,15		293,64	-65,33	11,16	Verificata
5,73	tubolare C	27,54	-3,09	7,83		567,55	-63,70	20,61	Verificata
5,98	tubolare C	28,36	-1,15	4,99		1009,87	-41,02	35,60	Verificata
6,23	tubolare C	29,59	0,08	2,77		1429,67	3,99	48,31	Verificata
6,48	tubolare C	30,82	0,77	1,18		1165,63	29,07	37,82	Verificata

6,72	tubolare C	32,05	1,06	0,13		1079,23	35,70	33,67	Verificata
6,97	tubolare C	33,28	1,09	-0,47		1081,51	35,52	32,50	Verificata
7,22	tubolare C	34,51	0,98	-0,76		1128,54	31,91	32,70	Verificata
7,47	tubolare C	35,74	0,79	-0,82		1199,63	26,46	33,57	Verificata
7,71	tubolare C	36,97	0,58	-0,76		1269,35	20,05	34,34	Verificata
7,96	tubolare C	37,80	0,40	-0,62		1331,82	13,95	35,24	Verificata
8,21	tubolare C	39,03	0,24	-0,46		1386,89	8,58	35,54	Verificata
8,46	tubolare C	40,26	0,13	-0,31		1426,42	4,48	35,43	Verificata
8,70	tubolare C	41,49	0,05	-0,16		1444,51	1,77	34,82	Verificata
8,95	tubolare C	42,71	0,01	-0,04		1453,90	0,36	34,04	Verificata

Z [m]	Def.Max calcestruzzo	Def.Max acciaio	Asse neutro [cm]	Passo staffe [cm]	Resistenza taglio kN	Misura sicurezza taglioOK<= 1	Verifica a taglio	Angolo inclinazione puntoni [°]
0,27	--	--	--	--	260,91	1221,03	Verificata	--
0,53	--	--	--	--	260,91	468,28	Verificata	--
0,80	--	--	--	--	260,91	242,48	Verificata	--
1,07	--	--	--	--	260,91	147,97	Verificata	--
1,33	--	--	--	--	260,91	99,98	Verificata	--
1,60	--	--	--	--	260,91	71,89	Verificata	--
1,87	--	--	--	--	260,91	54,11	Verificata	--
2,13	--	--	--	--	260,91	42,16	Verificata	--
2,40	--	--	--	--	260,91	33,80	Verificata	--
2,67	--	--	--	--	260,91	27,68	Verificata	--
2,93	--	--	--	--	260,91	23,12	Verificata	--
3,20	--	--	--	--	260,91	19,67	Verificata	--
3,47	--	--	--	--	260,91	17,02	Verificata	--
3,73	--	--	--	--	260,91	18,58	Verificata	--
4,00	--	--	--	--	260,91	71,80	Verificata	--
4,25	--	--	--	--	260,91	24,66	Verificata	--
4,50	--	--	--	--	260,91	15,08	Verificata	--
4,74	--	--	--	--	260,91	13,76	Verificata	--
4,99	--	--	--	--	260,91	14,85	Verificata	--
5,24	--	--	--	--	260,91	17,85	Verificata	--
5,49	--	--	--	--	260,91	23,39	Verificata	--
5,73	--	--	--	--	260,91	33,33	Verificata	--
5,98	--	--	--	--	260,91	52,31	Verificata	--
6,23	--	--	--	--	260,91	94,18	Verificata	--
6,48	--	--	--	--	260,91	221,55	Verificata	--
6,72	--	--	--	--	260,91	1960,28	Verificata	--
6,97	--	--	--	--	260,91	550,94	Verificata	--
7,22	--	--	--	--	260,91	344,17	Verificata	--
7,47	--	--	--	--	260,91	316,29	Verificata	--
7,71	--	--	--	--	260,91	343,69	Verificata	--
7,96	--	--	--	--	260,91	417,86	Verificata	--
8,21	--	--	--	--	260,91	562,12	Verificata	--
8,46	--	--	--	--	260,91	854,61	Verificata	--
8,70	--	--	--	--	260,91	1608,15	Verificata	--
8,95	--	--	--	--	260,91	6048,63	Verificata	--

PARATIA H= 5.20



Archivio materiali

CONGLOMERATI

Nr.	Classe calcestruzzo	fck,cubi [MPa]	Ec [MPa]	fck [MPa]	fcd [MPa]	fctd [MPa]	fctm [MPa]
1	C20/25	25	29960	20	11.33	1.03	2.21
2	C25/30	30	31470	25	14,16	1,19	2,56
3	C28/35	35	32300	28	15,86	1,28	2,76
4	C40/50	50	35220	40	19,83	1,49	3,2

Acciai:

Nr.	Classe acciaio	Es [MPa]	fyk [MPa]	fyd [MPa]	ftk [MPa]	ftd [MPa]	ep_tk	epd_ult	ß1*ß2 in.	ß1*ß2 fin.
1	B450C	200000	450	391,3	540	391,3	.075	.0675	1	0,5
2	B450C*	200000	450	391,3	540	450	.05	.04	1	0,5
3	S235H	210000	235	204,35	360	204,35	0,05	0,04	1	0,5
4	S275H	210000	275	239,13	430	239,13	0,05	0,04	1	0,5
5	S355H	210000	355	308,7	510	308,7	0,05	0,04	1	0,5
6	C1860	200205	1600	1116	1860	1116	0.05	0.04	1	0.5

GEOMETRIA SEZIONE

Sezione	Circolare Tubolare	
Calcestruzzo	C20/25	
Acciaio	B450C	
Nome	Circolare Tubolare B1	
Diametro	0,3	m
Disposizione	Singola fila	
Interasse Iy	0,4	m
Armatura: Profilato		
Base/Diametro	193,7	mm
Altezza	0	mm
Spessore[Sa]	5	mm
Spessore[Sw]	0	mm

Dati generali FEM

Massimo spostamento lineare terreno	1,5	cm
Fattore tolleranza spostamento	0,03	cm
Tipo analisi	Lineare	
Massimo numero di iterazioni	10	
Fattore riduzione molla fondo scavo	1	
Profondità infissione iniziale	8	m
Incremento profondità infissione	0,2	m
Numero di elementi	36	

Numero nodo di fondo scavo 16

Stratigrafia

Fase: 1

Nr.	Peso specifico [kN/m³]	Peso specifico saturo [kN/m³]	Coesione [kN/m²]	Angolo attrito [°]	O.C.R.	Modulo edometrico [kN/m²]	Attrito terra muro monte [°]	Attrito terra muro valle [°]	Spessore [m]	Inclinazione [°]	Descrizione
1	20,0	20,0	0,0	35,0	0,0	0,0	20,0	15,0	9,0	0,0	rilevato
2	19,5	19,5	10,0	30,0	0,0	0,0	20,0	15,0	20,0	0,0	alluvioni

Analisi Paratia Metodo calcolo: FEM

Profondità massima di infissione 8,200001 [m]

Fase: 1 Analisi geotecnica Fase: 1 - Combinazione: 1

Altezza scavo **5,4 [m]**
Tipo: S.L.U. [STR]
Nome: A1+M1+R1
Coefficienti sismici: Kh = 0, Kv = 0
Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1,3
3	Spinta falda	1,5
4	Spinta sismica x	1,5
5	Spinta sismica y	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione 8,20 [m]
Pressione massima terreno 74,52 [kPa]
Momento massimo 147,80 [kNm/m]
Taglio massimo 103,01 [KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0,36	2,16	4,56	-0,05	-0,92	25,2412	--

0,72	4,31	8,12	-0,38	-2,45	23,2729	--
1,08	6,47	12,68	-1,26	-4,78	21,3054	--
1,44	8,62	17,24	-2,97	-7,88	19,3407	--
1,80	10,78	21,80	-5,81	-11,76	17,3822	--
2,16	12,93	25,36	-10,04	-16,38	15,4356	--
2,52	15,09	29,92	-15,94	-21,83	13,5093	--
2,88	17,24	34,48	-23,81	-28,03	11,6148	--
3,24	19,40	38,04	-33,90	-35,02	9,7679	--
3,60	21,55	42,60	-46,51	-42,80	7,9882	--
3,96	23,71	47,16	-61,92	-51,31	6,3008	--
4,32	25,86	50,72	-80,39	-60,62	4,7360	--
4,68	28,02	55,28	-102,21	-70,70	3,3300	--
5,04	30,17	59,84	-127,66	-55,92	2,1258	--
5,40	32,33	64,40	-147,80	26,06	1,1705	40205,25
5,79	--	68,09	-137,62	96,88	0,4512	40205,25
6,18	-15,68	72,78	-99,79	103,01	0,0390	40205,25
6,57	57,76	77,47	-59,57	80,45	-0,1437	40205,25
6,96	74,52	82,16	-28,15	51,36	-0,1854	40205,25
7,35	63,39	86,85	-8,10	26,60	-0,1577	40205,25
7,74	43,25	91,55	2,29	9,72	-0,1076	40205,25
8,13	24,20	96,24	6,08	0,26	-0,0602	40205,25
8,52	10,23	100,93	6,18	-3,73	-0,0255	40205,25
8,91	1,76	105,62	4,73	-4,41	-0,0044	40205,25
9,30	-1,89	108,31	3,01	-3,65	0,0059	32285,95
9,70	-2,93	110,00	1,58	-2,51	0,0091	32285,95
10,09	-2,73	111,70	0,60	-1,45	0,0084	32285,95
10,48	-2,03	113,39	0,03	-0,65	0,0063	32285,95
10,87	-1,27	115,08	-0,22	-0,16	0,0039	32285,95
11,26	-0,65	116,77	-0,28	0,10	0,0020	32285,95
11,65	-0,23	118,46	-0,25	0,19	0,0007	32285,95
12,04	0,00	120,15	-0,17	0,19	0,0000	32285,95
12,43	0,11	121,85	-0,10	0,14	-0,0004	32285,95
12,82	0,15	123,54	-0,04	0,08	-0,0005	32285,95
13,21	0,15	125,23	-0,01	0,03	-0,0005	32285,95

Fase: 1 - Combinazione: 2

Altezza scavo **5,4 [m]**
Tipo: S.L.U. [GEO]
Nome: A2+M2+R1
Coefficienti sismici: Kh = 0, Kv = 0
Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1,3
3	Spinta falda	1,3
4	Spinta sismica x	1,3
5	Spinta sismica y	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze

1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione	8,20	[m]
Pressione massima terreno	81,07	[kPa]
Momento massimo	200,67	[kNm/m]
Taglio massimo	114,22	[KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0,36	2,82	5,56	-0,07	-1,20	40,3008	--
0,72	5,63	10,12	-0,51	-3,17	37,2989	--
1,08	8,45	15,68	-1,66	-6,21	34,2982	--
1,44	11,27	20,24	-3,88	-10,31	31,3011	--
1,80	14,09	25,80	-7,59	-15,39	28,3121	--
2,16	16,90	30,36	-13,13	-21,39	25,3386	--
2,52	19,72	35,92	-20,83	-28,55	22,3916	--
2,88	22,54	40,48	-31,11	-36,67	19,4863	--
3,24	25,36	46,04	-44,31	-45,79	16,6430	--
3,60	28,17	50,60	-60,79	-55,94	13,8877	--
3,96	30,99	56,16	-80,93	-67,07	11,2530	--
4,32	33,81	60,72	-105,07	-79,24	8,7785	--
4,68	36,63	66,28	-133,60	-92,42	6,5116	--
5,04	39,44	70,84	-166,87	-84,77	4,5085	--
5,40	42,26	76,40	-197,39	-8,39	2,8320	16152,90
5,79	--	82,09	-200,67	82,56	1,4421	16152,90
6,18	-81,07	87,78	-168,43	114,22	0,5019	16152,90
6,57	8,75	92,47	-123,83	110,80	-0,0542	16152,90
6,96	52,30	98,16	-80,56	90,38	-0,3238	16152,90
7,35	65,30	103,85	-45,27	64,88	-0,4043	16152,90
7,74	60,80	109,55	-19,94	41,14	-0,3764	16152,90
8,13	48,29	115,24	-3,88	22,28	-0,2989	16152,90
8,52	33,86	120,93	4,82	9,06	-0,2097	16152,90
8,91	20,92	125,62	8,36	0,90	-0,1295	16152,90
9,30	10,74	128,31	8,71	-3,30	-0,0675	15915,01
9,70	3,97	130,00	7,42	-4,85	-0,0249	15915,01
10,09	-0,12	131,70	5,53	-4,80	0,0007	15915,01
10,48	-2,16	133,39	3,66	-3,96	0,0136	15915,01
10,87	-2,85	135,08	2,11	-2,84	0,0179	15915,01
11,26	-2,73	136,77	1,00	-1,78	0,0172	15915,01
11,65	-2,22	138,46	0,31	-0,91	0,0140	15915,01
12,04	-1,58	140,15	-0,05	-0,29	0,0099	15915,01
12,43	-0,94	141,85	-0,17	0,07	0,0059	15915,01
12,82	-0,35	143,54	-0,14	0,21	0,0022	15915,01
13,21	0,19	145,23	-0,05	0,14	-0,0012	15915,01

Fase: 1 - Combinazione: 3

Altezza scavo	**5,4 [m]**
Tipo:	S.L.U. [HYD]
Nome:	HYD
Coefficienti sismici:	Kh = 0, Kv = 0

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione

1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1,1
3	Spinta falda	1,1
4	Spinta sismica x	1
5	Spinta sismica y	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione	8,20	[m]
Pressione massima terreno	68,60	[kPa]
Momento massimo	169,79	[kNm/m]
Taglio massimo	96,65	[KN/m]
Fattore sicurezza sollevamento	21,40	

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0,36	2,38	5,56	-0,05	-1,03	34,1007	--
0,72	4,77	10,12	-0,42	-2,70	31,5606	--
1,08	7,15	15,68	-1,39	-5,30	29,0215	--
1,44	9,54	20,24	-3,28	-8,73	26,4855	--
1,80	11,92	25,80	-6,42	-12,98	23,9564	--
2,16	14,30	30,36	-11,11	-18,12	21,4403	--
2,52	16,69	35,92	-17,62	-24,17	18,9467	--
2,88	19,07	40,48	-26,33	-30,99	16,4884	--
3,24	21,46	46,04	-37,49	-38,75	14,0825	--
3,60	23,84	50,60	-51,44	-47,33	11,7512	--
3,96	26,22	56,16	-68,48	-56,75	9,5218	--
4,32	28,61	60,72	-88,91	-67,05	7,4279	--
4,68	30,99	66,28	-113,05	-78,20	5,5098	--
5,04	33,38	70,84	-141,20	-71,73	3,8149	--
5,40	35,76	76,40	-167,02	-7,10	2,3963	16152,90
5,79	--	82,09	-169,79	69,86	1,2202	16152,90
6,18	-68,60	87,78	-142,52	96,65	0,4247	16152,90
6,57	7,41	92,47	-104,78	93,75	-0,0458	16152,90
6,96	44,26	98,16	-68,17	76,47	-0,2740	16152,90
7,35	55,26	103,85	-38,31	54,90	-0,3421	16152,90
7,74	51,45	109,55	-16,87	34,81	-0,3185	16152,90
8,13	40,86	115,24	-3,28	18,85	-0,2529	16152,90
8,52	28,65	120,93	4,08	7,67	-0,1774	16152,90
8,91	17,70	125,62	7,07	0,76	-0,1096	16152,90
9,30	9,09	128,31	7,37	-2,79	-0,0571	15915,01

9,70	3,36	130,00	6,28	-4,10	-0,0211	15915,01
10,09	-0,10	131,70	4,68	-4,06	0,0006	15915,01
10,48	-1,83	133,39	3,09	-3,35	0,0115	15915,01
10,87	-2,41	135,08	1,79	-2,41	0,0151	15915,01
11,26	-2,31	136,77	0,85	-1,50	0,0145	15915,01
11,65	-1,88	138,46	0,26	-0,77	0,0118	15915,01
12,04	-1,34	140,15	-0,04	-0,25	0,0084	15915,01
12,43	-0,80	141,85	-0,14	0,06	0,0050	15915,01
12,82	-0,30	143,54	-0,12	0,18	0,0019	15915,01
13,21	0,16	145,23	-0,05	0,12	-0,0010	15915,01

Risultati analisi struttural e

Fase: 1 Risultati analisi struttural e

Fase: 1 - Combinazione: 1

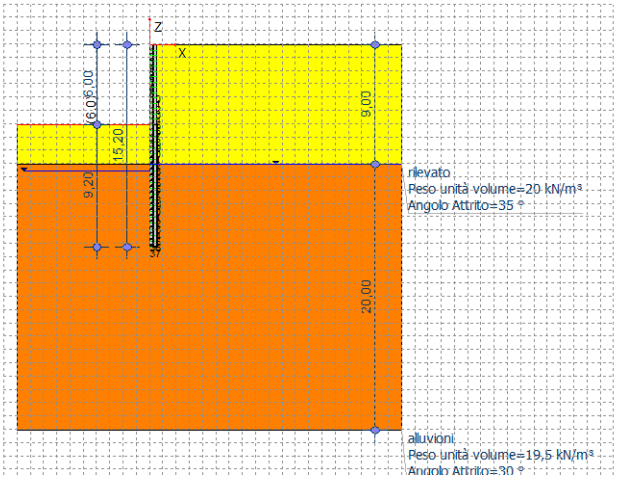
Z [m]	Nome sezione	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	Nr.Barre Diametro	Nu [kN]	Mu [kNm]	Cond. Verfica Flessione	Ver. Flessione
0,36	Circolare Tubolare B1	1,82	-0,02	-0,37		1685,96	-18,51	924,39	Verificata
0,72	Circolare Tubolare B1	3,25	-0,15	-0,98		1214,27	-57,27	373,88	Verificata
1,08	Circolare Tubolare B1	5,07	-0,50	-1,91		812,49	-80,53	160,20	Verificata
1,44	Circolare Tubolare B1	6,90	-1,19	-3,15		512,59	-88,46	74,34	Verificata
1,80	Circolare Tubolare B1	8,72	-2,32	-4,70		337,77	-89,99	38,74	Verificata
2,16	Circolare Tubolare B1	10,14	-4,02	-6,55		222,87	-88,28	21,97	Verificata
2,52	Circolare Tubolare B1	11,97	-6,38	-8,73		164,01	-87,40	13,70	Verificata
2,88	Circolare Tubolare B1	13,79	-9,52	-11,21		125,75	-86,83	9,12	Verificata
3,24	Circolare Tubolare B1	15,21	-13,56	-14,01		96,93	-86,40	6,37	Verificata
3,60	Circolare Tubolare B1	17,04	-18,61	-17,12		78,87	-86,13	4,63	Verificata
3,96	Circolare Tubolare B1	18,86	-24,77	-20,52		65,44	-85,93	3,47	Verificata
4,32	Circolare Tubolare B1	20,29	-32,15	-24,25		54,10	-85,76	2,67	Verificata
4,68	Circolare Tubolare B1	22,11	-40,88	-28,28		46,28	-85,57	2,09	Verificata
5,04	Circolare Tubolare B1	23,93	-51,07	-22,37		39,97	-85,29	1,67	Verificata

5,40	Circolare Tubolare B1	25,76	-59,12	10,42		37,10	-85,16	1,44	Verificata
5,79	Circolare Tubolare B1	27,23	-55,05	38,75		42,25	-85,39	1,55	Verificata
6,18	Circolare Tubolare B1	29,11	-39,92	41,20		62,64	-85,89	2,15	Verificata
6,57	Circolare Tubolare B1	30,99	-23,83	32,18		112,67	-86,63	3,64	Verificata
6,96	Circolare Tubolare B1	32,86	-11,26	20,54		259,20	-88,82	7,89	Verificata
7,35	Circolare Tubolare B1	34,74	-3,24	10,64		846,70	-78,97	24,37	Verificata
7,74	Circolare Tubolare B1	36,62	0,91	3,89		1478,10	36,92	40,37	Verificata
8,13	Circolare Tubolare B1	38,49	2,43	0,11		1075,60	67,96	27,94	Verificata
8,52	Circolare Tubolare B1	40,37	2,47	-1,49		1090,47	66,81	27,01	Verificata
8,91	Circolare Tubolare B1	42,25	1,89	-1,76		1238,26	55,42	29,31	Verificata
9,30	Circolare Tubolare B1	43,32	1,20	-1,46		1439,09	39,93	33,22	Verificata
9,70	Circolare Tubolare B1	44,00	0,63	-1,00		1634,68	23,46	37,15	Verificata
10,09	Circolare Tubolare B1	44,68	0,24	-0,58		1779,27	9,52	39,82	Verificata
10,48	Circolare Tubolare B1	45,36	0,01	-0,26		1855,36	0,54	40,91	Verificata
10,87	Circolare Tubolare B1	46,03	-0,09	-0,06		1835,24	-3,55	39,87	Verificata
11,26	Circolare Tubolare B1	46,71	-0,11	0,04		1829,22	-4,45	39,16	Verificata
11,65	Circolare Tubolare B1	47,39	-0,10	0,08		1833,50	-3,81	38,69	Verificata
12,04	Circolare Tubolare B1	48,06	-0,07	0,07		1841,31	-2,64	38,31	Verificata
12,43	Circolare Tubolare B1	48,74	-0,04	0,06		1848,90	-1,50	37,94	Verificata
12,82	Circolare Tubolare B1	49,42	-0,02	0,03		1854,59	-0,65	37,53	Verificata
13,21	Circolare Tubolare	50,09	0,00	0,01		1857,91	-0,15	37,09	Verificata

	B1								

Z [m]	Def.Max calcestruzzo	Def.Max acciaio	Asse neutro [cm]	Passo staffe [cm]	Resistenza taglio kN	Misura sicurezza taglioOK<=1	Verifica a taglio	Angolo inclinazione puntoni [°]
0,36	--	--	--	--	411,22	1123,05	Verificata	--
0,72	--	--	--	--	411,22	419,32	Verificata	--
1,08	--	--	--	--	411,22	215,04	Verificata	--
1,44	--	--	--	--	411,22	130,52	Verificata	--
1,80	--	--	--	--	411,22	87,45	Verificata	--
2,16	--	--	--	--	411,22	62,76	Verificata	--
2,52	--	--	--	--	411,22	47,08	Verificata	--
2,88	--	--	--	--	411,22	36,67	Verificata	--
3,24	--	--	--	--	411,22	29,36	Verificata	--
3,60	--	--	--	--	411,22	24,02	Verificata	--
3,96	--	--	--	--	411,22	20,04	Verificata	--
4,32	--	--	--	--	411,22	16,96	Verificata	--
4,68	--	--	--	--	411,22	14,54	Verificata	--
5,04	--	--	--	--	411,22	18,38	Verificata	--
5,40	--	--	--	--	411,22	39,45	Verificata	--
5,79	--	--	--	--	411,22	10,61	Verificata	--
6,18	--	--	--	--	411,22	9,98	Verificata	--
6,57	--	--	--	--	411,22	12,78	Verificata	--
6,96	--	--	--	--	411,22	20,02	Verificata	--
7,35	--	--	--	--	411,22	38,65	Verificata	--
7,74	--	--	--	--	411,22	105,82	Verificata	--
8,13	--	--	--	--	411,22	3883,07	Verificata	--
8,52	--	--	--	--	411,22	275,53	Verificata	--
8,91	--	--	--	--	411,22	233,18	Verificata	--
9,30	--	--	--	--	411,22	281,33	Verificata	--
9,70	--	--	--	--	411,22	409,32	Verificata	--
10,09	--	--	--	--	411,22	710,58	Verificata	--
10,48	--	--	--	--	411,22	1572,01	Verificata	--
10,87	--	--	--	--	411,22	6517,07	Verificata	--
11,26	--	--	--	--	411,22	10565,81	Verificata	--
11,65	--	--	--	--	411,22	5437,77	Verificata	--
12,04	--	--	--	--	411,22	5484,07	Verificata	--
12,43	--	--	--	--	411,22	7203,31	Verificata	--
12,82	--	--	--	--	411,22	12159,18	Verificata	--
13,21	--	--	--	--	411,22	38504,53	Verificata	--

PARATIA H= 6 m



Archivio materiali

CONGLOMERATI

Nr.	Classe calcestruzzo	fck,cubi [MPa]	Ec [MPa]	fck [MPa]	fcd [MPa]	fctd [MPa]	fctm [MPa]
1	C20/25	25	29960	20	11.33	1.03	2.21
2	C25/30	30	31470	25	14,16	1,19	2,56
3	C28/35	35	32300	28	15,86	1,28	2,76
4	C40/50	50	35220	40	19,83	1,49	3,2

Acciai:

Nr.	Classe acciaio	Es [MPa]	fyk [MPa]	fyd [MPa]	ftk [MPa]	ftd [MPa]	ep_tk	epd_ult	ß1*ß2 in.	ß1*ß2 fin.
1	B450C	200000	450	391,3	540	391,3	.075	.0675	1	0,5
2	B450C*	200000	450	391,3	540	450	.05	.04	1	0,5
3	S235H	210000	235	204,35	360	204,35	0,05	0,04	1	0,5
4	S275H	210000	275	239,13	430	239,13	0,05	0,04	1	0,5
5	S355H	210000	355	308,7	510	308,7	0,05	0,04	1	0,5
6	C1860	200205	1600	1116	1860	1116	0.05	0.04	1	0.5

GEOMETRIA SEZIONE

Sezione	Circolare Tubolare	
Calcestruzzo	C20/25	
Acciaio	S355H	
Nome	tubolare C1	
Diametro	0,3	m
Disposizione	Doppia Fila	
Interasse Iy	0,4	m
Interasse Ix	0,3	m
Armatura: Profilato		
Base/Diametro	193,7	mm
Altezza	0	mm
Spessore[Sa]	6,3	mm
Spessore[Sw]	0	mm

Dati generali FEM

Massimo spostamento lineare terreno	1,5	cm
Fattore tolleranza spostamento	0,03	cm
Tipo analisi	Lineare	
Massimo numero di iterazioni	10	
Fattore riduzione molla fondo scavo	1	
Profondità infissione iniziale	9	m
Incremento profondità infissione	0,2	m
Numero di elementi	36	
Numero nodo di fondo scavo	16	

Stratigrafia

Fase: 1

Nr.	Peso specifico [kN/m³]	Peso specifico saturo [kN/m³]	Coesione [kN/m²]	Angolo attrito [°]	O.C.R.	Modulo edometrico [kN/m²]	Attrito terra muro monte [°]	Attrito terra muro valle [°]	Spessore [m]	Inclinazione [°]	Descrizione
1	20,0	20,0	0,0	35,0	0,0	0,0	20,0	15,0	9,0	0,0	rilevato
2	19,5	19,5	10,0	30,0	0,0	0,0	20,0	15,0	20,0	0,0	alluvioni

Analisi Paratia Metodo calcolo: FEM

Profondità massima di infissione 9,2 [m]

Fase: 1 Analisi geotecnica Fase: 1 - Combinazione: 1

Altezza scavo	**6 [m]**
Tipo:	S.L.U. [STR]
Nome:	A1+M1+R1
Coefficienti sismici:	Kh = 0, Kv = 0

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1,3
3	Spinta falda	1,5
4	Spinta sismica x	1,5
5	Spinta sismica y	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione 9,20 [m]

Pressione massima terreno	92,20	[kPa]
Momento massimo	233,82	[kNm/m]
Taglio massimo	90,18	[KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0,40	2,39	4,73	-0,07	-1,11	4,5238	--
0,80	4,79	9,47	-0,51	-3,08	4,2176	--
1,20	7,18	14,20	-1,73	-5,91	3,9114	--
1,60	9,58	18,93	-4,07	-9,76	3,6056	--
2,00	11,97	23,66	-7,98	-14,50	3,3003	--
2,40	14,37	28,40	-13,78	-20,28	2,9962	--
2,80	16,76	33,13	-21,89	-27,00	2,6940	--
3,20	19,16	37,86	-32,69	-34,63	2,3950	--
3,60	21,55	42,60	-46,54	-43,22	2,1007	--
4,00	23,95	47,33	-63,82	-52,82	1,8129	--
4,40	26,34	52,06	-84,95	-63,32	1,5341	--
4,80	28,74	56,80	-110,29	-74,82	1,2673	--
5,20	31,13	61,53	-140,22	-87,27	1,0160	--
5,60	33,53	66,26	-175,13	-90,18	0,7844	--
6,00	35,92	70,99	-211,21	-51,61	0,5774	40205,25
6,44	--	75,89	-233,82	16,05	0,3841	40205,25
6,88	-92,20	81,79	-226,78	56,44	0,2293	40205,25
7,31	-45,03	86,69	-202,06	76,17	0,1120	40205,25
7,75	-11,39	91,59	-168,69	81,16	0,0283	40205,25
8,19	10,91	96,48	-133,13	76,38	-0,0271	40205,25
8,63	24,21	102,38	-99,67	65,95	-0,0602	40205,25
9,07	24,69	107,28	-70,78	54,91	-0,0765	32285,95
9,50	26,06	109,18	-46,72	43,49	-0,0807	32285,95
9,94	24,86	111,08	-27,67	32,60	-0,0770	32285,95
10,38	22,11	112,97	-13,39	22,91	-0,0685	32285,95
10,82	18,61	114,87	-3,35	14,76	-0,0576	32285,95
11,26	14,89	116,77	3,12	8,24	-0,0461	32285,95
11,70	11,31	118,67	6,73	3,29	-0,0350	32285,95
12,13	8,08	120,57	8,17	-0,25	-0,0250	32285,95
12,57	5,27	122,47	8,06	-2,56	-0,0163	32285,95
13,01	2,89	124,36	6,94	-3,83	-0,0090	32285,95
13,45	0,89	126,26	5,27	-4,22	-0,0028	32285,95
13,89	-0,83	128,16	3,42	-3,85	0,0026	32285,95
14,32	-2,37	130,06	1,73	-2,81	0,0073	32285,95
14,76	-3,81	131,96	0,50	-1,14	0,0118	32285,95

Fase: 1 - Combinazione: 2

Altezza scavo	**6 [m]**
Tipo:	S.L.U. [GEO]
Nome:	A2+M2+R1
Coefficienti sismici:	Kh = 0, Kv = 0

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1,3
3	Spinta falda	1,3
4	Spinta sismica x	1,3
5	Spinta sismica y	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione	9,20	[m]
Pressione massima terreno	114,24	[kPa]
Momento massimo	325,11	[kNm/m]
Taglio massimo	122,24	[KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0,40	3,13	5,73	-0,10	-1,44	7,8742	--
0,80	6,26	11,47	-0,68	-4,01	7,3778	--
1,20	9,39	17,20	-2,26	-7,75	6,8815	--
1,60	12,52	22,93	-5,33	-12,76	6,3855	--
2,00	15,65	28,66	-10,41	-19,01	5,8903	--
2,40	18,78	34,40	-18,01	-26,51	5,3966	--
2,80	21,91	39,13	-28,63	-35,26	4,9056	--
3,20	25,04	44,86	-42,72	-45,31	4,4186	--
3,60	28,17	50,60	-60,83	-56,53	3,9376	--
4,00	31,31	56,33	-83,41	-69,07	3,4653	--
4,40	34,44	62,06	-111,04	-82,75	3,0048	--
4,80	37,57	67,80	-144,15	-97,79	2,5598	--
5,20	40,70	73,53	-183,27	-114,08	2,1352	--
5,60	43,83	79,26	-228,90	-122,24	1,7364	--
6,00	46,96	84,99	-277,79	-89,82	1,3696	16152,90
6,44	--	90,89	-317,14	-18,19	1,0123	16152,90
6,88	-114,24	96,79	-325,11	31,84	0,7072	16152,90
7,31	-73,67	103,69	-311,16	64,12	0,4561	16152,90
7,75	-41,47	109,59	-283,07	82,29	0,2567	16152,90
8,19	-16,90	115,48	-247,02	89,69	0,1046	16152,90
8,63	1,00	122,38	-207,73	89,25	-0,0062	16152,90
9,07	13,08	127,28	-168,63	83,51	-0,0822	15915,01
9,50	20,66	129,18	-132,04	74,46	-0,1298	15915,01
9,94	24,70	131,08	-99,42	63,64	-0,1552	15915,01
10,38	26,07	132,97	-71,54	52,22	-0,1638	15915,01
10,82	25,51	134,87	-48,66	41,04	-0,1603	15915,01
11,26	23,63	136,77	-30,68	30,69	-0,1484	15915,01
11,70	20,90	138,67	-17,23	21,54	-0,1313	15915,01
12,13	17,70	140,57	-7,80	13,78	-0,1112	15915,01
12,57	14,28	142,47	-1,76	7,53	-0,0897	15915,01
13,01	10,80	144,36	1,54	2,80	-0,0678	15915,01
13,45	7,35	146,26	2,76	-0,42	-0,0462	15915,01
13,89	3,96	148,16	2,58	-2,16	-0,0249	15915,01
14,32	0,65	150,06	1,63	-2,44	-0,0041	15915,01
14,76	-2,63	151,96	0,56	-1,29	0,0165	15915,01

Fase: 1 - Combinazione: 3

Altezza scavo	**6 [m]**
Tipo:	S.L.U. [HYD]
Nome:	HYD
Coefficienti sismici:	Kh = 0, Kv = 0

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1,1
3	Spinta falda	1,1
4	Spinta sismica x	1
5	Spinta sismica y	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione	9,20	[m]
Pressione massima terreno	96,66	[kPa]
Momento massimo	275,09	[kNm/m]
Taglio massimo	103,43	[KN/m]
Fattore sicurezza sollevamento	23,40	

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0,40	2,65	5,73	-0,08	-1,17	6,6628	--
0,80	5,30	11,47	-0,57	-3,36	6,2428	--
1,20	7,95	17,20	-1,94	-6,49	5,8228	--
1,60	10,60	22,93	-4,49	-10,81	5,4031	--
2,00	13,24	28,66	-8,83	-16,02	4,9841	--
2,40	15,89	34,40	-15,24	-22,42	4,5664	--
2,80	18,54	39,13	-24,22	-29,85	4,1509	--
3,20	21,19	44,86	-36,15	-38,31	3,7388	--
3,60	23,84	50,60	-51,49	-47,75	3,3318	--
4,00	26,49	56,33	-70,58	-58,42	2,9322	--
4,40	29,14	62,06	-93,95	-70,06	2,5425	--
4,80	31,79	67,80	-121,97	-82,77	2,1660	--
5,20	34,44	73,53	-155,08	-96,50	1,8067	--
5,60	37,08	79,26	-193,68	-103,43	1,4692	--
6,00	39,73	84,99	-235,06	-76,00	1,1589	16152,90

6,44	--	90,89	-268,35	-15,40	0,8565	16152,90
6,88	-96,66	96,79	-275,09	26,94	0,5984	16152,90
7,31	-62,34	103,69	-263,29	54,26	0,3859	16152,90
7,75	-35,09	109,59	-239,52	69,63	0,2172	16152,90
8,19	-14,30	115,48	-209,02	75,89	0,0885	16152,90
8,63	0,85	122,38	-175,77	75,52	-0,0053	16152,90
9,07	11,07	127,28	-142,68	70,66	-0,0696	15915,01
9,50	17,48	129,18	-111,73	63,01	-0,1099	15915,01
9,94	20,90	131,08	-84,12	53,85	-0,1313	15915,01
10,38	22,06	132,97	-60,53	44,19	-0,1386	15915,01
10,82	21,58	134,87	-41,18	34,73	-0,1356	15915,01
11,26	19,99	136,77	-25,96	25,97	-0,1256	15915,01
11,70	17,69	138,67	-14,58	18,22	-0,1111	15915,01
12,13	14,98	140,57	-6,60	11,66	-0,0941	15915,01
12,57	12,08	142,47	-1,49	6,37	-0,0759	15915,01
13,01	9,14	144,36	1,30	2,37	-0,0574	15915,01
13,45	6,22	146,26	2,34	-0,36	-0,0391	15915,01
13,89	3,35	148,16	2,18	-1,83	-0,0211	15915,01
14,32	0,55	150,06	1,38	-2,07	-0,0034	15915,01
14,76	-2,22	151,96	0,48	-1,09	0,0140	15915,01

Risultati analisi struttural e

Fase: 1 Risultati analisi struttural e

Fase: 1 - Combinazione: 1

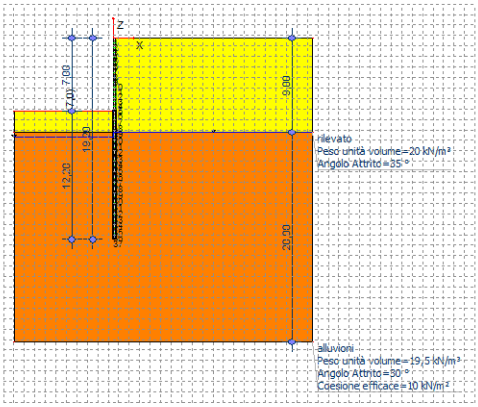
Z [m]	Nome sezione	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	Nr.Barre Diametro	Nu [kN]	Mu [kNm]	Cond. Verfica Flessione	Ver. Flessione
0,40	tubolare C1	0,95	-0,01	-0,22		1618,73	-22,90	1709,89	Verificata
0,80	tubolare C1	1,89	-0,10	-0,62		1136,61	-61,18	600,38	Verificata
1,20	tubolare C1	2,84	-0,35	-1,18		689,64	-84,17	242,84	Verificata
1,60	tubolare C1	3,79	-0,81	-1,95		411,08	-88,40	108,57	Verificata
2,00	tubolare C1	4,73	-1,60	-2,90		259,16	-87,34	54,76	Verificata
2,40	tubolare C1	5,68	-2,76	-4,06		177,48	-86,12	31,25	Verificata
2,80	tubolare C1	6,63	-4,38	-5,40		129,27	-85,41	19,51	Verificata
3,20	tubolare C1	7,57	-6,54	-6,93		98,40	-84,94	12,99	Verificata
3,60	tubolare C1	8,52	-9,31	-8,64		77,45	-84,63	9,09	Verificata
4,00	tubolare C1	9,47	-12,76	-10,56		62,60	-84,41	6,61	Verificata
4,40	tubolare C1	10,41	-16,99	-12,66		51,63	-84,25	4,96	Verificata
4,80	tubolare C1	11,36	-22,06	-14,96		43,27	-84,02	3,81	Verificata
5,20	tubolare C1	12,31	-28,04	-17,45		36,74	-83,73	2,99	Verificata
5,60	tubolare C1	13,25	-35,03	-18,04		31,59	-83,49	2,38	Verificata
6,00	tubolare C1	14,20	-42,24	-10,32		28,01	-83,33	1,97	Verificata
6,44	tubolare C1	15,18	-46,76	3,21		27,03	-83,29	1,78	Verificata

6,88	tubolare C1	16,36	-45,36	11,29		30,09	-83,43	1,84	Verificata
7,31	tubolare C1	17,34	-40,41	15,23		35,91	-83,69	2,07	Verificata
7,75	tubolare C1	18,32	-33,74	16,23		45,68	-84,13	2,49	Verificata
8,19	tubolare C1	19,30	-26,63	15,28		61,16	-84,39	3,17	Verificata
8,63	tubolare C1	20,48	-19,93	13,19		87,08	-84,78	4,25	Verificata
9,07	tubolare C1	21,46	-14,16	10,98		129,46	-85,41	6,03	Verificata
9,50	tubolare C1	21,84	-9,34	8,70		202,11	-86,49	9,26	Verificata
9,94	tubolare C1	22,22	-5,53	6,52		356,46	-88,80	16,05	Verificata
10,38	tubolare C1	22,59	-2,68	4,58		705,58	-83,61	31,23	Verificata
10,82	tubolare C1	22,97	-0,67	2,95		1399,83	-40,80	60,93	Verificata
11,26	tubolare C1	23,35	0,62	1,65		1432,48	38,27	61,34	Verificata
11,70	tubolare C1	23,73	1,35	0,66		1112,12	63,08	46,86	Verificata
12,13	tubolare C1	24,11	1,63	-0,05		1021,40	69,23	42,36	Verificata
12,57	tubolare C1	24,49	1,61	-0,51		1039,21	68,42	42,43	Verificata
13,01	tubolare C1	24,87	1,39	-0,77		1119,65	62,50	45,02	Verificata
13,45	tubolare C1	25,25	1,05	-0,84		1252,31	52,22	49,59	Verificata
13,89	tubolare C1	25,63	0,68	-0,77		1433,08	38,23	55,91	Verificata
14,32	tubolare C1	26,01	0,35	-0,56		1630,93	21,72	62,70	Verificata
14,76	tubolare C1	26,39	0,10	-0,23		1785,40	6,77	67,65	Verificata

Z [m]	Def.Max calcestruzzo	Def.Max acciaio	Asse neutro [cm]	Passo staffe [cm]	Resistenza taglio kN	Misura sicurezza taglioOK<=1	Verifica a taglio	Angolo inclinazione puntoni [°]
0,40	--	--	--	--	405,95	1827,70	Verificata	--
0,80	--	--	--	--	405,95	659,59	Verificata	--
1,20	--	--	--	--	405,95	343,73	Verificata	--
1,60	--	--	--	--	405,95	207,94	Verificata	--
2,00	--	--	--	--	405,95	140,01	Verificata	--
2,40	--	--	--	--	405,95	100,11	Verificata	--
2,80	--	--	--	--	405,95	75,16	Verificata	--
3,20	--	--	--	--	405,95	58,61	Verificata	--
3,60	--	--	--	--	405,95	46,97	Verificata	--
4,00	--	--	--	--	405,95	38,43	Verificata	--
4,40	--	--	--	--	405,95	32,05	Verificata	--
4,80	--	--	--	--	405,95	27,13	Verificata	--
5,20	--	--	--	--	405,95	23,26	Verificata	--
5,60	--	--	--	--	405,95	22,51	Verificata	--
6,00	--	--	--	--	405,95	39,33	Verificata	--
6,44	--	--	--	--	405,95	126,43	Verificata	--
6,88	--	--	--	--	405,95	35,96	Verificata	--
7,31	--	--	--	--	405,95	26,65	Verificata	--

7,75	--	--	--	--	405,95	25,01	Verificata	--
8,19	--	--	--	--	405,95	26,57	Verificata	--
8,63	--	--	--	--	405,95	30,78	Verificata	--
9,07	--	--	--	--	405,95	36,97	Verificata	--
9,50	--	--	--	--	405,95	46,67	Verificata	--
9,94	--	--	--	--	405,95	62,26	Verificata	--
10,38	--	--	--	--	405,95	88,58	Verificata	--
10,82	--	--	--	--	405,95	137,48	Verificata	--
11,26	--	--	--	--	405,95	246,25	Verificata	--
11,70	--	--	--	--	405,95	617,17	Verificata	--
12,13	--	--	--	--	405,95	8149,18	Verificata	--
12,57	--	--	--	--	405,95	793,35	Verificata	--
13,01	--	--	--	--	405,95	530,46	Verificata	--
13,45	--	--	--	--	405,95	481,49	Verificata	--
13,89	--	--	--	--	405,95	527,24	Verificata	--
14,32	--	--	--	--	405,95	722,05	Verificata	--
14,76	--	--	--	--	405,95	1777,11	Verificata	--

PARATIA H= 7 m



Archivio materiali

CONGLOMERATI

Nr.	Classe calcestruzzo	fck,cubi [MPa]	Ec [MPa]	fck [MPa]	fcd [MPa]	fctd [MPa]	fctm [MPa]
1	C20/25	25	29960	20	11.33	1.03	2.21
2	C25/30	30	31470	25	14,16	1,19	2,56
3	C28/35	35	32300	28	15,86	1,28	2,76
4	C40/50	50	35220	40	19,83	1,49	3,2

Acciai:

Nr.	Classe acciaio	Es [MPa]	fyk [MPa]	fyd [MPa]	ftk [MPa]	ftd [MPa]	ep_tk	epd_ult	ß1*ß2 in.	ß1*ß2 fin.
1	B450C	200000	450	391,3	540	391,3	.075	.0675	1	0,5
2	B450C*	200000	450	391,3	540	450	.05	.04	1	0,5
3	S235H	210000	235	204,35	360	204,35	0,05	0,04	1	0,5
4	S275H	210000	275	239,13	430	239,13	0,05	0,04	1	0,5
5	S355H	210000	355	308,7	510	308,7	0,05	0,04	1	0,5
6	C1860	200205	1600	1116	1860	1116	0.05	0.04	1	0.5

GEOMETRIA SEZIONE

Sezione	Circolare Tubolare	
Calcestruzzo	C20/25	
Acciaio	S355H	
Nome	tubolare A	
Diametro	0,3	m
Disposizione	Singola fila	
Interasse Iy	0,4	m
Armatura: Profilato		
Base/Diametro	273	mm
Altezza	0	mm
Spessore[Sa]	8,8	mm
Spessore[Sw]	0	mm

Dati generali FEM

Massimo spostamento lineare terreno	1,5	cm
Fattore tolleranza spostamento	0,03	cm
Tipo analisi	Lineare	

Massimo numero di iterazioni	10	
Fattore riduzione molla fondo scavo	1	
Profondità infissione iniziale	12	m
Incremento profondità infissione	0,2	m
Numero di elementi	36	
Numero nodo di fondo scavo	16	

Stratigrafia

Fase: 1

Nr.	Peso specifico [kN/m³]	Peso specifico saturo [kN/m³]	Coesione [kN/m²]	Angolo attrito [°]	O.C.R.	Modulo edometrico [kN/m²]	Attrito terra muro monte [°]	Attrito terra muro valle [°]	Spessore [m]	Inclinazione [°]	Descrizione
1	20,0	20,0	0,0	35,0	0,0	0,0	20,0	15,0	9,0	0,0	rilevato
2	19,5	19,5	10,0	30,0	0,0	0,0	20,0	15,0	20,0	0,0	alluvioni

Analisi Paratia Metodo calcolo: FEM

Profondità massima di infissione 12,2 [m]

Fase: 1 Analisi geotecnica Fase: 1 - Combinazione: 1

Altezza scavo	**7 [m]**
Tipo:	S.L.U. [STR]
Nome:	A1+M1+R1
Coefficienti sismici:	Kh = 0, Kv = 0

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1,3
3	Spinta falda	1,5
4	Spinta sismica x	1,5
5	Spinta sismica y	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione	12,20	[m]
Pressione massima terreno	66,18	[kPa]
Momento massimo	326,89	[kNm/m]
Taglio massimo	153,59	[KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0,47	2,79	6,02	-0,10	-1,47	20,5695	--
0,93	5,59	11,04	-0,77	-4,14	19,0095	--
1,40	8,38	17,07	-2,69	-8,04	17,4502	--
1,87	11,18	22,09	-6,43	-13,29	15,8927	--
2,33	13,97	28,11	-12,62	-19,77	14,3398	--
2,80	16,76	33,13	-21,86	-27,55	12,7954	--
3,27	19,56	39,15	-34,73	-36,70	11,2655	--
3,73	22,35	44,17	-51,85	-47,12	9,7587	--
4,20	25,14	50,20	-73,83	-58,84	8,2862	--
4,67	27,94	55,22	-101,29	-71,89	6,8622	--
5,13	30,73	61,24	-134,84	-86,23	5,5047	--
5,60	33,53	66,26	-175,09	-101,85	4,2357	--
6,07	36,32	72,28	-222,61	-118,81	3,0812	--
6,53	39,11	77,31	-278,05	-104,66	2,0722	--
7,00	41,91	83,33	-326,89	22,87	1,2433	40205,25
7,58	--	89,84	-313,60	139,54	0,4995	40205,25
8,16	-24,19	96,36	-232,54	153,59	0,0602	40205,25
8,74	58,79	103,88	-143,31	120,00	-0,1462	40205,25
9,32	66,18	108,39	-73,60	80,76	-0,2050	32285,95
9,90	59,98	110,91	-26,68	45,91	-0,1858	32285,95
10,49	44,01	113,43	-0,01	20,35	-0,1363	32285,95
11,07	27,22	115,95	11,81	4,53	-0,0843	32285,95
11,65	13,78	118,46	14,44	-3,48	-0,0427	32285,95
12,23	4,79	120,98	12,42	-6,26	-0,0148	32285,95
12,81	-0,25	123,50	8,79	-6,11	0,0008	32285,95
13,39	-2,43	126,01	5,24	-4,70	0,0075	32285,95
13,97	-2,86	128,53	2,51	-3,03	0,0089	32285,95
14,55	-2,42	131,05	0,75	-1,63	0,0075	32285,95
15,13	-1,70	133,56	-0,20	-0,64	0,0053	32285,95
15,71	-1,00	136,08	-0,57	-0,06	0,0031	32285,95
16,30	-0,48	138,60	-0,60	0,22	0,0015	32285,95
16,88	-0,13	141,12	-0,47	0,30	0,0004	32285,95
17,46	0,06	143,63	-0,30	0,27	-0,0002	32285,95
18,04	0,15	146,15	-0,14	0,18	-0,0005	32285,95
18,62	0,20	148,67	-0,04	0,07	-0,0006	32285,95

Fase: 1 - Combinazione: 2

Altezza scavo **7 [m]**
Tipo: S.L.U. [GEO]
Nome: A2+M2+R1
Coefficienti sismici: Kh = 0, Kv = 0
Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1,3
3	Spinta falda	1,3
4	Spinta sismica x	1,3
5	Spinta sismica y	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1

5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione	12,20	[m]
Pressione massima terreno	95,11	[kPa]
Momento massimo	453,90	[kNm/m]
Taglio massimo	168,00	[KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0,47	3,65	7,02	-0,10	-2,04	33,4252	--
0,93	7,30	13,04	-1,01	-5,37	31,0163	--
1,40	10,96	20,07	-3,49	-10,53	28,6082	--
1,87	14,61	26,09	-8,37	-17,39	26,2027	--
2,33	18,26	33,11	-16,47	-25,91	23,8030	--
2,80	21,91	39,13	-28,57	-36,02	21,4145	--
3,27	25,57	46,15	-45,40	-47,92	19,0450	--
3,73	29,22	53,17	-67,77	-61,56	16,7056	--
4,20	32,87	59,20	-96,49	-76,93	14,4110	--
4,67	36,52	66,22	-132,38	-93,98	12,1799	--
5,13	40,17	72,24	-176,24	-112,70	10,0356	--
5,60	43,83	79,26	-228,83	-133,14	8,0069	--
6,07	47,48	85,28	-290,97	-155,28	6,1280	--
6,53	51,13	92,31	-363,43	-151,27	4,4393	--
7,00	54,78	99,33	-434,02	-34,23	2,9866	16152,90
7,58	--	106,84	-453,90	112,75	1,5663	16152,90
8,16	-95,11	115,36	-388,40	168,00	0,5888	16152,90
8,74	0,45	123,88	-290,80	167,74	-0,0028	16152,90
9,32	47,97	128,39	-193,36	139,83	-0,3014	15915,01
9,90	64,07	130,91	-112,12	102,61	-0,4026	15915,01
10,49	61,61	133,43	-52,51	66,82	-0,3871	15915,01
11,07	50,18	135,95	-13,69	37,67	-0,3153	15915,01
11,65	36,10	138,46	8,20	16,70	-0,2268	15915,01
12,23	23,00	140,98	17,90	3,34	-0,1445	15915,01
12,81	12,58	143,50	19,84	-3,97	-0,0790	15915,01
13,39	5,21	146,01	17,53	-7,00	-0,0328	15915,01
13,97	0,62	148,53	13,47	-7,35	-0,0039	15915,01
14,55	-1,83	151,05	9,20	-6,29	0,0115	15915,01
15,13	-2,78	153,56	5,54	-4,68	0,0175	15915,01
15,71	-2,82	156,08	2,82	-3,04	0,0177	15915,01
16,30	-2,38	158,60	1,06	-1,65	0,0150	15915,01
16,88	-1,75	161,12	0,10	-0,64	0,0110	15915,01
17,46	-1,09	163,63	-0,27	0,00	0,0069	15915,01
18,04	-0,47	166,15	-0,27	0,27	0,0029	15915,01
18,62	0,12	168,67	-0,12	0,20	-0,0008	15915,01

Fase: 1 - Combinazione: 3

Altezza scavo **7 [m]**

Tipo: S.L.U. [HYD]
Nome: HYD
Coefficienti sismici: Kh = 0, Kv = 0
Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1,1
3	Spinta falda	1,1
4	Spinta sismica x	1
5	Spinta sismica y	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione 12,20 [m]
Pressione massima terreno 80,47 [kPa]
Momento massimo 384,07 [kNm/m]
Taglio massimo 142,15 [KN/m]

Fattore sicurezza sollevamento 29,40

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0,47	3,09	7,02	-0,11	-1,62	28,2828	--
0,93	6,18	13,04	-0,88	-4,48	26,2445	--
1,40	9,27	20,07	-2,97	-8,85	24,2070	--
1,87	12,36	26,09	-7,11	-14,65	22,1715	--
2,33	15,45	33,11	-13,95	-21,88	20,1410	--
2,80	18,54	39,13	-24,17	-30,52	18,1199	--
3,27	21,63	46,15	-38,40	-40,60	16,1150	--
3,73	24,72	53,17	-57,36	-52,08	14,1355	--
4,20	27,81	59,20	-81,65	-65,07	12,1939	--
4,67	30,90	66,22	-112,03	-79,48	10,3060	--
5,13	33,99	72,24	-149,12	-95,37	8,4917	--
5,60	37,08	79,26	-193,63	-112,66	6,7751	--
6,07	40,17	85,28	-246,21	-131,39	5,1852	--
6,53	43,27	92,31	-307,52	-127,99	3,7563	--
7,00	46,36	99,33	-367,25	-28,96	2,5272	16152,90
7,58	--	106,84	-384,07	95,40	1,3253	16152,90
8,16	-80,47	115,36	-328,65	142,15	0,4982	16152,90
8,74	0,38	123,88	-246,06	141,93	-0,0024	16152,90
9,32	40,59	128,39	-163,61	118,32	-0,2551	15915,01
9,90	54,21	130,91	-94,87	86,83	-0,3406	15915,01

10,49	52,13	133,43	-44,43	56,54	-0,3276	15915,01
11,07	42,46	135,95	-11,58	31,88	-0,2668	15915,01
11,65	30,54	138,46	6,94	14,13	-0,1919	15915,01
12,23	19,47	140,98	15,15	2,82	-0,1223	15915,01
12,81	10,64	143,50	16,79	-3,36	-0,0669	15915,01
13,39	4,41	146,01	14,84	-5,92	-0,0277	15915,01
13,97	0,52	148,53	11,40	-6,22	-0,0033	15915,01
14,55	-1,55	151,05	7,78	-5,32	0,0097	15915,01
15,13	-2,35	153,56	4,69	-3,96	0,0148	15915,01
15,71	-2,39	156,08	2,39	-2,57	0,0150	15915,01
16,30	-2,02	158,60	0,89	-1,40	0,0127	15915,01
16,88	-1,48	161,12	0,08	-0,54	0,0093	15915,01
17,46	-0,92	163,63	-0,23	0,00	0,0058	15915,01
18,04	-0,39	166,15	-0,23	0,23	0,0025	15915,01
18,62	0,10	168,67	-0,10	0,17	-0,0006	15915,01

Risultati analisi struttural e

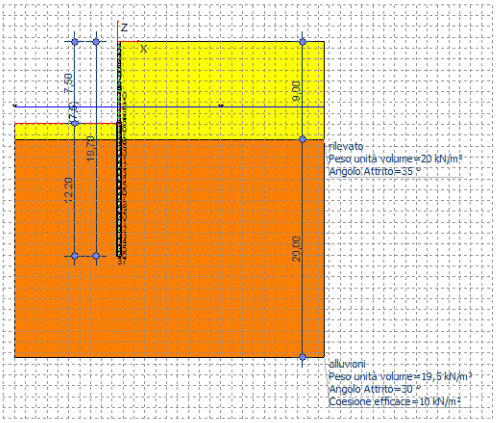
Fase: 1 Risultati analisi struttural e

Fase: 1 - Combinazione: 1

Z [m]	Nome sezione	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	Nr.Barre Diametro	Nu [kN]	Mu [kNm]	Cond. Verfica Flessione	Ver. Flessione
0,47	tubolare A	2,41	-0,04	-0,59		2532,31	-43,24	1051,37	Verificata
0,93	tubolare A	4,42	-0,31	-1,66		1809,62	-125,99	409,66	Verificata
1,40	tubolare A	6,83	-1,08	-3,22		1138,66	-179,73	166,81	Verificata
1,87	tubolare A	8,83	-2,57	-5,32		680,21	-198,02	76,99	Verificata
2,33	tubolare A	11,24	-5,05	-7,91		448,66	-201,51	39,90	Verificata
2,80	tubolare A	13,25	-8,74	-11,02		306,63	-202,32	23,14	Verificata
3,27	tubolare A	15,66	-13,89	-14,68		226,74	-201,13	14,48	Verificata
3,73	tubolare A	17,67	-20,74	-18,85		170,64	-200,29	9,66	Verificata
4,20	tubolare A	20,08	-29,53	-23,54		135,82	-199,77	6,76	Verificata
4,67	tubolare A	22,09	-40,52	-28,76		108,68	-199,37	4,92	Verificata
5,13	tubolare A	24,50	-53,94	-34,49		90,42	-199,10	3,69	Verificata
5,60	tubolare A	26,50	-70,03	-40,74		75,26	-198,87	2,84	Verificata
6,07	tubolare A	28,91	-89,05	-47,52		64,52	-198,71	2,23	Verificata
6,53	tubolare A	30,92	-111,22	-41,86		55,21	-198,57	1,79	Verificata
7,00	tubolare A	33,33	-130,76	9,15		50,60	-198,50	1,52	Verificata
7,58	tubolare A	35,94	-125,44	55,81		56,90	-198,60	1,58	Verificata
8,16	tubolare A	38,54	-93,02	61,44		82,45	-198,98	2,14	Verificata
8,74	tubolare A	41,55	-57,32	48,00		144,90	-199,91	3,49	Verificata
9,32	tubolare A	43,36	-29,44	32,30		297,78	-202,19	6,87	Verificata
9,90	tubolare A	44,36	-10,67	18,37		809,26	-194,68	18,24	Verificata
10,49	tubolare A	45,37	0,00	8,14		2865,95	-0,22	63,17	Verificata
11,07	tubolare A	46,38	4,72	1,81		1506,60	153,48	32,49	Verificata
11,65	tubolare A	47,39	5,78	-1,39		1353,84	165,07	28,57	Verificata
12,23	tubolare A	48,39	4,97	-2,50		1499,63	154,01	30,99	Verificata
12,81	tubolare A	49,40	3,52	-2,44		1793,91	127,67	36,31	Verificata
13,39	tubolare A	50,41	2,10	-1,88		2151,96	89,47	42,69	Verificata
13,97	tubolare A	51,41	1,00	-1,21		2490,36	48,65	48,44	Verificata
14,55	tubolare A	52,42	0,30	-0,65		2746,05	15,68	52,39	Verificata
15,13	tubolare A	53,43	-0,08	-0,26		2835,46	-4,16	53,07	Verificata
15,71	tubolare A	54,43	-0,23	-0,02		2777,94	-11,57	51,03	Verificata
16,30	tubolare A	55,44	-0,24	0,09		2774,68	-11,99	50,05	Verificata
16,88	tubolare A	56,45	-0,19	0,12		2795,41	-9,32	49,52	Verificata
17,46	tubolare A	57,45	-0,12	0,11		2822,49	-5,83	49,13	Verificata
18,04	tubolare A	58,46	-0,06	0,07		2846,27	-2,76	48,69	Verificata
18,62	tubolare A	59,47	-0,02	0,03		2862,03	-0,73	48,13	Verificata

Z [m]	Def.Max calcestruzzo	Def.Max acciaio	Asse neutro [cm]	Passo staffe [cm]	Resistenza taglio kN	Misura sicurezza taglioOK<= 1	Verifica a taglio	Angolo inclinazione puntoni [°]
0,47	--	--	--	--	799,42	1361,57	Verificata	--
0,93	--	--	--	--	799,42	483,00	Verificata	--
1,40	--	--	--	--	799,42	248,48	Verificata	--
1,87	--	--	--	--	799,42	150,36	Verificata	--
2,33	--	--	--	--	799,42	101,08	Verificata	--
2,80	--	--	--	--	799,42	72,54	Verificata	--
3,27	--	--	--	--	799,42	54,46	Verificata	--
3,73	--	--	--	--	799,42	42,41	Verificata	--
4,20	--	--	--	--	799,42	33,97	Verificata	--
4,67	--	--	--	--	799,42	27,80	Verificata	--
5,13	--	--	--	--	799,42	23,18	Verificata	--
5,60	--	--	--	--	799,42	19,62	Verificata	--
6,07	--	--	--	--	799,42	16,82	Verificata	--
6,53	--	--	--	--	799,42	19,10	Verificata	--
7,00	--	--	--	--	799,42	87,37	Verificata	--
7,58	--	--	--	--	799,42	14,32	Verificata	--
8,16	--	--	--	--	799,42	13,01	Verificata	--
8,74	--	--	--	--	799,42	16,66	Verificata	--
9,32	--	--	--	--	799,42	24,75	Verificata	--
9,90	--	--	--	--	799,42	43,53	Verificata	--
10,49	--	--	--	--	799,42	98,23	Verificata	--
11,07	--	--	--	--	799,42	441,09	Verificata	--
11,65	--	--	--	--	799,42	574,94	Verificata	--
12,23	--	--	--	--	799,42	319,38	Verificata	--
12,81	--	--	--	--	799,42	327,09	Verificata	--
13,39	--	--	--	--	799,42	425,52	Verificata	--
13,97	--	--	--	--	799,42	658,84	Verificata	--
14,55	--	--	--	--	799,42	1229,83	Verificata	--
15,13	--	--	--	--	799,42	3129,19	Verificata	--
15,71	--	--	--	--	799,42	36088,59	Verificata	--
16,30	--	--	--	--	799,42	9032,51	Verificata	--
16,88	--	--	--	--	799,42	6676,47	Verificata	--
17,46	--	--	--	--	799,42	7504,35	Verificata	--
18,04	--	--	--	--	799,42	11176,57	Verificata	--
18,62	--	--	--	--	799,42	30641,99	Verificata	--

PARATIE H= 7.50 m



Archivio materiali

CONGLOMERATI

Nr.	Classe calcestruzzo	fck,cubi [MPa]	Ec [MPa]	fck [MPa]	fcd [MPa]	fctd [MPa]	fctm [MPa]
1	C20/25	25	29960	20	11.33	1.03	2.21
2	C25/30	30	31470	25	14,16	1,19	2,56
3	C28/35	35	32300	28	15,86	1,28	2,76
4	C40/50	50	35220	40	19,83	1,49	3,2

Acciai:

Nr.	Classe acciaio	Es [MPa]	fyk [MPa]	fyd [MPa]	ftk [MPa]	ftd [MPa]	ep_tk	epd_ult	ß1*ß2 in.	ß1*ß2 fin.
1	B450C	200000	450	391,3	540	391,3	.075	.0675	1	0,5
2	B450C*	200000	450	391,3	540	450	.05	.04	1	0,5
3	S235H	210000	235	204,35	360	204,35	0,05	0,04	1	0,5
4	S275H	210000	275	239,13	430	239,13	0,05	0,04	1	0,5
5	S355H	210000	355	308,7	510	308,7	0,05	0,04	1	0,5
6	C1860	200205	1600	1116	1860	1116	0.05	0.04	1	0.5

GEOMETRIA SEZIONE

Sezione	Circolare Tubolare	
Calcestruzzo	C20/25	
Acciaio	S355H	
Nome	tubolare A	
Diametro	0,3	m
Disposizione	Singola fila	
Interasse Iy	0,3	m
Armatura: Profilato		
Base/Diametro	273	mm
Altezza	0	mm
Spessore[Sa]	8,8	mm
Spessore[Sw]	0	mm

Dati generali FEM

Massimo spostamento lineare terreno	1,5	cm
Fattore tolleranza spostamento	0,03	cm
Tipo analisi	Lineare	
Massimo numero di iterazioni	10	
Fattore riduzione molla fondo scavo	1	
Profondità infissione iniziale	12	m

Incremento profondità infissione	0,2	m
Numero di elementi	36	
Numero nodo di fondo scavo	16	

Stratigrafia

Fase: 1

Nr.	Peso specifico [kN/m³]	Peso specifico saturo [kN/m³]	Coesione [kN/m²]	Angolo attrito [°]	O.C.R.	Modulo edometrico [kN/m²]	Attrito terra muro monte [°]	Attrito terra muro valle [°]	Spessore [m]	Inclinazione [°]	Descrizione
1	20,0	20,0	0,0	35,0	0,0	0,0	20,0	15,0	9,0	0,0	rilevato
2	19,5	19,5	10,0	30,0	0,0	0,0	20,0	15,0	20,0	0,0	alluvioni

Analisi Paratia Metodo calcolo: FEM

Profondità massima di infissione 12,2 [m]

Fase: 1 Analisi geotecnica Fase: 1 - Combinazione: 1

Altezza scavo	**7,5 [m]**
Tipo:	S.L.U. [GEO-STR]
Nome:	A1+M1+R1
Coefficienti sismici:	Kh = 0, Kv = 0

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1,3
3	Spinta falda	1,5
4	Spinta sismica x	1,5
5	Spinta sismica y	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione	12,20	[m]
Pressione massima terreno	70,95	[kPa]
Momento massimo	400,81	[kNm/m]
Taglio massimo	175,44	[KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione

	[kPa]					[kN/m³]
0,50	2,99	5,89	-0,12	-1,78	21,8428	--
1,00	5,99	10,78	-0,99	-4,73	20,1865	--
1,50	8,98	16,66	-3,37	-9,21	18,5309	--
2,00	11,97	21,55	-7,97	-15,26	16,8774	--
2,50	14,97	27,44	-15,59	-22,70	15,2287	--
3,00	17,96	32,33	-26,93	-31,68	13,5891	--
3,50	20,95	38,22	-42,79	-42,13	11,9649	--
4,00	23,95	43,11	-63,85	-54,15	10,3652	--
4,50	26,94	48,99	-90,92	-67,59	8,8017	--
5,00	29,93	53,88	-124,73	-82,55	7,2898	--
5,50	32,93	59,77	-166,01	-99,02	5,8484	--
6,00	35,92	64,66	-215,52	-116,86	4,5006	--
6,50	37,42	88,55	-273,95	-135,57	3,2743	--
7,00	38,91	96,44	-341,73	-118,14	2,2022	--
7,50	40,41	105,32	-400,81	18,26	1,3205	40205,25
8,08	--	115,68	-390,20	151,40	0,5700	40205,25
8,66	-42,06	125,04	-302,24	175,44	0,1046	40205,25
9,24	43,32	324,39	-200,32	149,75	-0,1342	32285,95
9,82	70,95	327,75	-113,32	108,53	-0,2198	32285,95
10,40	69,97	331,10	-50,27	67,88	-0,2167	32285,95
10,99	55,76	334,46	-10,83	35,49	-0,1727	32285,95
11,57	38,15	337,82	9,78	13,33	-0,1181	32285,95
12,15	22,39	341,17	17,53	0,32	-0,0694	32285,95
12,73	10,61	344,53	17,71	-5,84	-0,0329	32285,95
13,31	3,00	347,88	14,32	-7,58	-0,0093	32285,95
13,89	-1,16	351,24	9,91	-6,91	0,0036	32285,95
14,47	-2,89	354,60	5,90	-5,23	0,0090	32285,95
15,05	-3,14	357,95	2,86	-3,41	0,0097	32285,95
15,63	-2,65	361,31	0,88	-1,87	0,0082	32285,95
16,21	-1,91	364,66	-0,20	-0,76	0,0059	32285,95
16,80	-1,19	368,02	-0,65	-0,07	0,0037	32285,95
17,38	-0,61	371,38	-0,68	0,29	0,0019	32285,95
17,96	-0,19	374,73	-0,52	0,40	0,0006	32285,95
18,54	0,10	378,09	-0,29	0,34	-0,0003	32285,95
19,12	0,32	381,44	-0,09	0,15	-0,0010	32285,95

Fase: 1 - Combinazione: 2

Altezza scavo **7,5 [m]**
Tipo: S.L.U. [GEO]
Nome: A2+M2+R1
Coefficienti sismici: Kh = 0, Kv = 0
Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1,3
3	Spinta falda	1,3
4	Spinta sismica x	1,3
5	Spinta sismica y	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione	12,20	[m]
Pressione massima terreno	118,93	[kPa]
Momento massimo	558,96	[kNm/m]
Taglio massimo	195,45	[KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0,50	3,91	5,89	-0,18	-2,23	35,3890	--
1,00	7,83	12,78	-1,29	-6,22	32,8381	--
1,50	11,74	18,66	-4,42	-12,00	30,2882	--
2,00	15,65	24,55	-10,45	-19,88	27,7410	--
2,50	19,57	30,44	-20,35	-29,77	25,2000	--
3,00	23,48	37,33	-35,23	-41,37	22,6708	--
3,50	27,39	43,22	-55,92	-55,14	20,1619	--
4,00	31,31	49,11	-83,50	-70,72	17,6850	--
4,50	35,22	55,99	-118,87	-88,35	15,2555	--
5,00	39,13	61,88	-163,05	-107,94	12,8933	--
5,50	43,04	67,77	-217,01	-129,47	10,6234	--
6,00	46,96	73,66	-281,74	-152,79	8,4758	--
6,50	48,91	103,55	-358,13	-177,24	6,4870	--
7,00	50,87	114,44	-446,75	-171,05	4,6998	--
7,50	52,83	124,32	-532,27	-45,93	3,1623	16152,90
8,08	--	136,68	-558,96	117,73	1,7442	16152,90
8,66	-118,93	148,04	-490,56	186,75	0,7363	16152,90
9,24	-14,96	408,39	-382,07	195,45	0,0940	15915,01
9,82	41,41	411,75	-268,52	171,39	-0,2602	15915,01
10,40	65,23	415,10	-168,95	133,50	-0,4098	15915,01
10,99	68,28	418,46	-91,39	93,83	-0,4290	15915,01
11,57	59,89	421,82	-36,89	59,03	-0,3763	15915,01
12,15	46,65	425,17	-2,59	31,93	-0,2931	15915,01
12,73	32,79	428,53	15,96	12,88	-0,2060	15915,01
13,31	20,62	431,88	23,45	0,90	-0,1296	15915,01
13,89	11,14	435,24	23,97	-5,57	-0,0700	15915,01
14,47	4,46	438,60	20,73	-8,16	-0,0280	15915,01
15,05	0,25	441,95	15,99	-8,31	-0,0015	15915,01
15,63	-2,05	445,31	11,17	-7,12	0,0129	15915,01
16,21	-2,98	448,66	7,03	-5,38	0,0188	15915,01
16,80	-3,06	452,02	3,91	-3,61	0,0192	15915,01
17,38	-2,64	455,38	1,81	-2,07	0,0166	15915,01
17,96	-1,98	458,73	0,61	-0,92	0,0125	15915,01
18,54	-1,24	462,09	0,07	-0,20	0,0078	15915,01
19,12	-0,48	465,44	-0,05	0,08	0,0030	15915,01

Fase: 1 - Combinazione: 3

Altezza scavo	**7,5 [m]**
Tipo:	S.L.U. [HYD]
Nome:	HYD
Coefficienti sismici:	Kh = 0, Kv = 0

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1,1
3	Spinta falda	1,1
4	Spinta sismica x	1
5	Spinta sismica y	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1,25
2	Coesione efficace	1,25
3	Resistenza non drenata	1,4
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione	12,20	[m]
Pressione massima terreno	100,64	[kPa]
Momento massimo	472,96	[kNm/m]
Taglio massimo	165,38	[KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0,50	3,31	5,89	-0,14	-1,94	29,9445	--
1,00	6,62	12,78	-1,08	-5,35	27,7861	--
1,50	9,93	18,66	-3,73	-10,20	25,6284	--
2,00	13,24	24,55	-8,83	-16,83	23,4731	--
2,50	16,56	30,44	-17,22	-25,16	21,3230	--
3,00	19,87	37,33	-29,81	-35,04	19,1830	--
3,50	23,18	43,22	-47,31	-46,65	17,0601	--
4,00	26,49	49,11	-70,64	-59,86	14,9642	--
4,50	29,80	55,99	-100,58	-74,79	12,9085	--
5,00	33,11	61,88	-137,97	-91,32	10,9098	--
5,50	36,42	67,77	-183,64	-109,53	8,9890	--
6,00	39,73	73,66	-238,40	-129,29	7,1718	--
6,50	41,39	103,55	-303,03	-149,98	5,4890	--
7,00	43,04	114,44	-378,02	-144,72	3,9768	--
7,50	44,70	124,32	-450,38	-38,86	2,6758	16152,90
8,08	--	136,68	-472,96	99,62	1,4758	16152,90
8,66	-100,64	148,04	-415,09	158,01	0,6230	16152,90
9,24	-12,66	408,39	-323,29	165,38	0,0796	15915,01
9,82	35,04	411,75	-227,21	145,02	-0,2202	15915,01
10,40	55,19	415,10	-142,96	112,96	-0,3468	15915,01
10,99	57,78	418,46	-77,33	79,39	-0,3630	15915,01
11,57	50,67	421,82	-31,21	49,95	-0,3184	15915,01
12,15	39,47	425,17	-2,19	27,02	-0,2480	15915,01
12,73	27,74	428,53	13,51	10,90	-0,1743	15915,01

13,31	17,45	431,88	19,84	0,76	-0,1097	15915,01
13,89	9,43	435,24	20,28	-4,71	-0,0592	15915,01
14,47	3,78	438,60	17,54	-6,91	-0,0237	15915,01
15,05	0,21	441,95	13,53	-7,03	-0,0013	15915,01
15,63	-1,73	445,31	9,45	-6,02	0,0109	15915,01
16,21	-2,53	448,66	5,95	-4,55	0,0159	15915,01
16,80	-2,59	452,02	3,31	-3,05	0,0162	15915,01
17,38	-2,23	455,38	1,53	-1,76	0,0140	15915,01
17,96	-1,68	458,73	0,51	-0,78	0,0105	15915,01
18,54	-1,05	462,09	0,06	-0,17	0,0066	15915,01
19,12	-0,41	465,44	-0,04	0,07	0,0026	15915,01

Risultati analisi struttural e

Fase: 1 Risultati analisi struttural e

Fase: 1 - Combinazione: 1

Z [m]	Nome sezione	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	Nr.Barre Diametro	Nu [kN]	Mu [kNm]	Cond. Verfica Flessione	Ver. Flessione
0,50	tubolare A	1,77	-0,04	-0,53		2481,82	-49,75	1404,95	Verificata
1,00	tubolare A	3,23	-0,30	-1,42		1597,32	-146,59	494,07	Verificata
1,50	tubolare A	5,00	-1,01	-2,76		934,91	-188,98	187,00	Verificata
2,00	tubolare A	6,47	-2,39	-4,58		540,88	-200,12	83,65	Verificata
2,50	tubolare A	8,23	-4,68	-6,81		357,10	-202,90	43,38	Verificata
3,00	tubolare A	9,70	-8,08	-9,50		241,68	-201,35	24,92	Verificata
3,50	tubolare A	11,47	-12,84	-12,64		179,01	-200,42	15,61	Verificata
4,00	tubolare A	12,93	-19,16	-16,24		134,86	-199,76	10,43	Verificata
4,50	tubolare A	14,70	-27,28	-20,28		107,42	-199,35	7,31	Verificata
5,00	tubolare A	16,16	-37,42	-24,76		85,98	-199,03	5,32	Verificata
5,50	tubolare A	17,93	-49,80	-29,71		71,58	-198,82	3,99	Verificata
6,00	tubolare A	19,40	-64,66	-35,06		59,60	-198,64	3,07	Verificata
6,50	tubolare A	26,56	-82,18	-40,67		64,23	-198,71	2,42	Verificata
7,00	tubolare A	28,93	-102,52	-35,44		56,04	-198,59	1,94	Verificata
7,50	tubolare A	31,60	-120,24	5,48		52,17	-198,53	1,65	Verificata
8,08	tubolare A	34,70	-117,06	45,42		58,89	-198,63	1,70	Verificata
8,66	tubolare A	37,51	-90,67	52,63		82,32	-198,98	2,19	Verificata
9,24	tubolare A	97,32	-60,10	44,93		328,16	-202,64	3,37	Verificata
9,82	tubolare A	98,32	-34,00	32,56		577,21	-199,57	5,87	Verificata
10,40	tubolare A	99,33	-15,08	20,36		1173,39	-178,15	11,81	Verificata
10,99	tubolare A	100,34	-3,25	10,65		2291,86	-74,24	22,84	Verificata
11,57	tubolare A	101,34	2,93	4,00		2341,69	67,81	23,11	Verificata
12,15	tubolare A	102,35	5,26	0,10		2018,64	103,69	19,72	Verificata
12,73	tubolare A	103,36	5,31	-1,75		2018,17	103,74	19,53	Verificata
13,31	tubolare A	104,37	4,29	-2,28		2158,18	88,81	20,68	Verificata
13,89	tubolare A	105,37	2,97	-2,07		2352,83	66,38	22,33	Verificata
14,47	tubolare A	106,38	1,77	-1,57		2540,11	42,23	23,88	Verificata
15,05	tubolare A	107,39	0,86	-1,02		2700,46	21,56	25,15	Verificata
15,63	tubolare A	108,39	0,26	-0,56		2814,54	6,85	25,97	Verificata
16,21	tubolare A	109,40	-0,06	-0,23		2855,25	-1,60	26,10	Verificata
16,80	tubolare A	110,41	-0,19	-0,02		2829,20	-4,96	25,63	Verificata
17,38	tubolare A	111,41	-0,21	0,09		2827,24	-5,21	25,38	Verificata
17,96	tubolare A	112,42	-0,16	0,12		2837,26	-3,92	25,24	Verificata
18,54	tubolare A	113,43	-0,09	0,10		2850,96	-2,16	25,13	Verificata
19,12	tubolare A	114,43	-0,03	0,05		2862,55	-0,66	25,02	Verificata

Z [m]	Def.Max calcestruzzo	Def.Max acciaio	Asse neutro [cm]	Passo staffe [cm]	Resistenza taglio kN	Misura sicurezza taglioOK<= 1	Verifica a taglio	Angolo inclinazione puntoni [°]

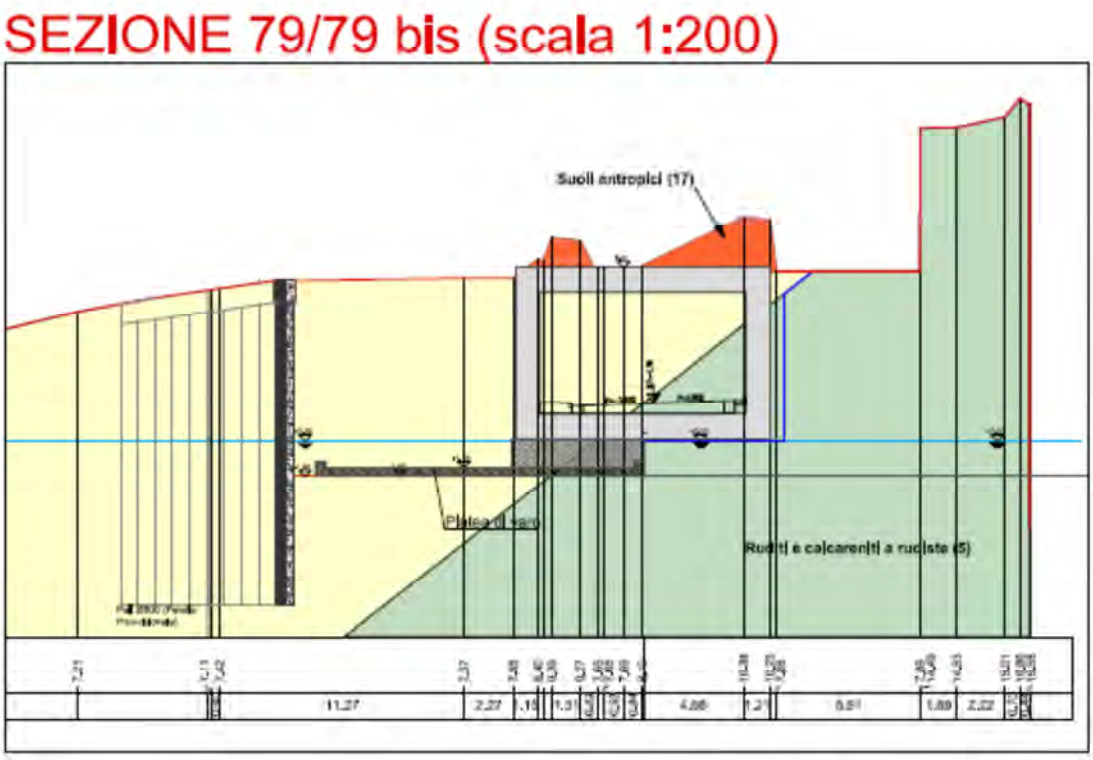
0,50	--	--	--	--	799,42	1498,82	Verificata	--
1,00	--	--	--	--	799,42	563,20	Verificata	--
1,50	--	--	--	--	799,42	289,23	Verificata	--
2,00	--	--	--	--	799,42	174,64	Verificata	--
2,50	--	--	--	--	799,42	117,41	Verificata	--
3,00	--	--	--	--	799,42	84,11	Verificata	--
3,50	--	--	--	--	799,42	63,25	Verificata	--
4,00	--	--	--	--	799,42	49,21	Verificata	--
4,50	--	--	--	--	799,42	39,43	Verificata	--
5,00	--	--	--	--	799,42	32,28	Verificata	--
5,50	--	--	--	--	799,42	26,91	Verificata	--
6,00	--	--	--	--	799,42	22,80	Verificata	--
6,50	--	--	--	--	799,42	19,66	Verificata	--
7,00	--	--	--	--	799,42	22,56	Verificata	--
7,50	--	--	--	--	799,42	145,91	Verificata	--
8,08	--	--	--	--	799,42	17,60	Verificata	--
8,66	--	--	--	--	799,42	15,19	Verificata	--
9,24	--	--	--	--	799,42	17,79	Verificata	--
9,82	--	--	--	--	799,42	24,55	Verificata	--
10,40	--	--	--	--	799,42	39,26	Verificata	--
10,99	--	--	--	--	799,42	75,09	Verificata	--
11,57	--	--	--	--	799,42	199,95	Verificata	--
12,15	--	--	--	--	799,42	8371,92	Verificata	--
12,73	--	--	--	--	799,42	455,99	Verificata	--
13,31	--	--	--	--	799,42	351,34	Verificata	--
13,89	--	--	--	--	799,42	385,72	Verificata	--
14,47	--	--	--	--	799,42	509,60	Verificata	--
15,05	--	--	--	--	799,42	782,58	Verificata	--
15,63	--	--	--	--	799,42	1427,81	Verificata	--
16,21	--	--	--	--	799,42	3512,84	Verificata	--
16,80	--	--	--	--	799,42	39155,82	Verificata	--
17,38	--	--	--	--	799,42	9277,53	Verificata	--
17,96	--	--	--	--	799,42	6670,87	Verificata	--
18,54	--	--	--	--	799,42	7825,36	Verificata	--
19,12	--	--	--	--	799,42	17559,03	Verificata	--

12- INTERAZIONE SOTTOPASSO-FALDA

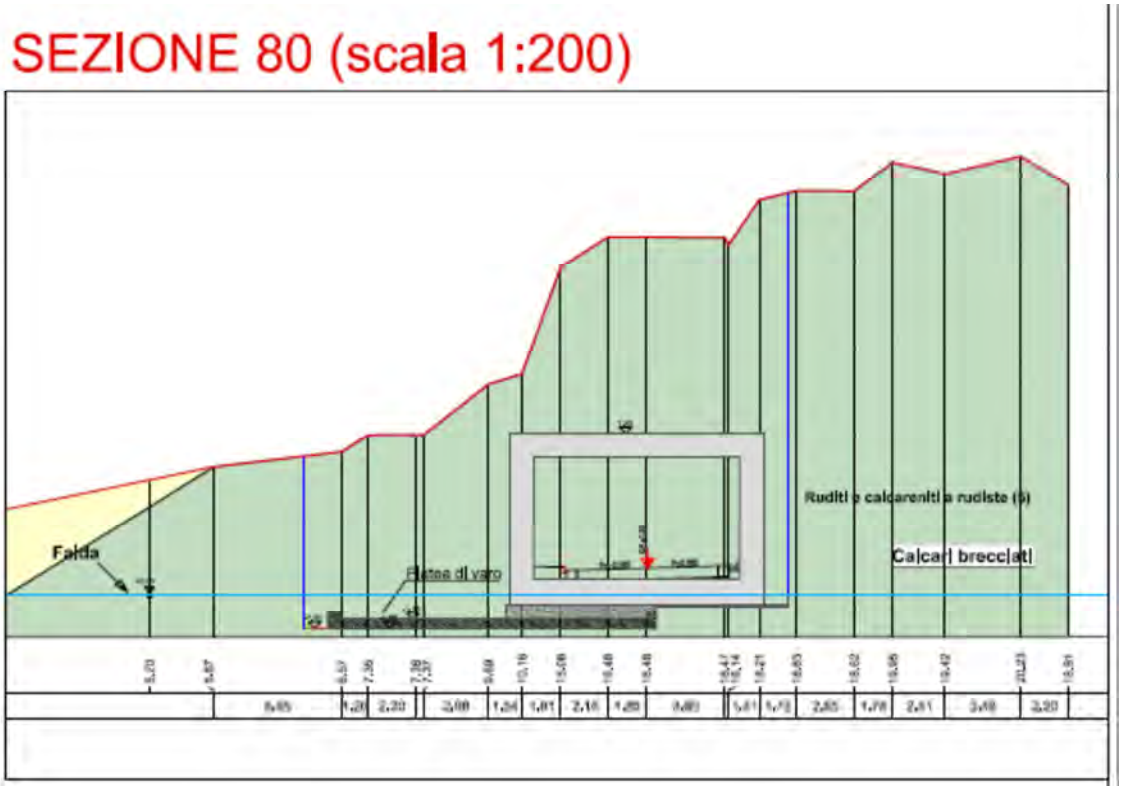
Il sottopasso ferroviario in oggetto è realizzato in sotterraneo a seguito di uno scavo eseguito in parte sui calcari ed in parte sulle alluvioni.

La superficie libera della falda, come accertato, è a quota 0 s.l.m.

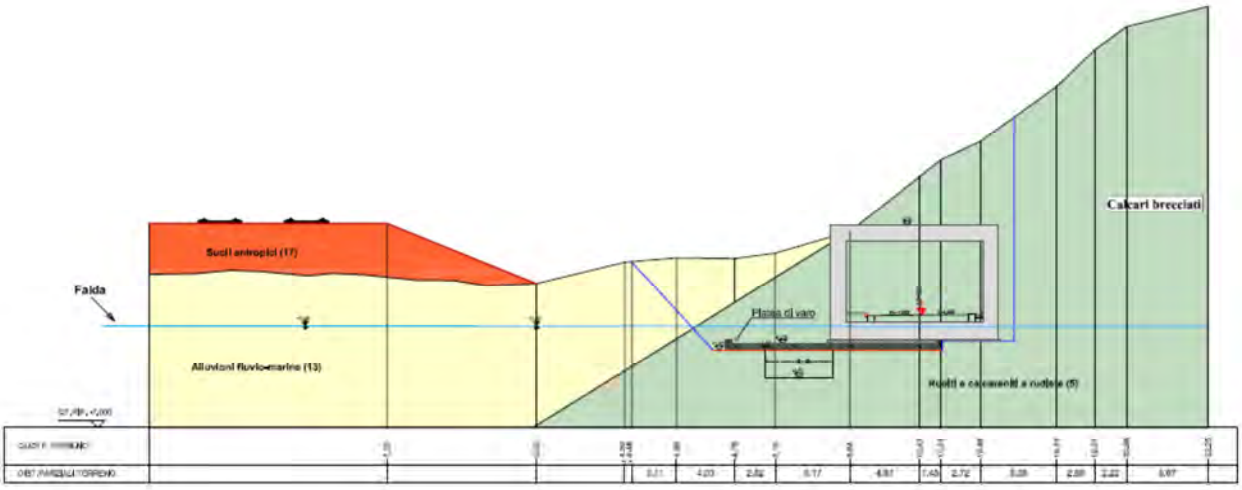
Si riportano nel seguito le sezioni dello scatolare con indicata la quota del piano di posa della platea di fondazione della struttura del sottopasso rispetto alla superficie della falda [QF].



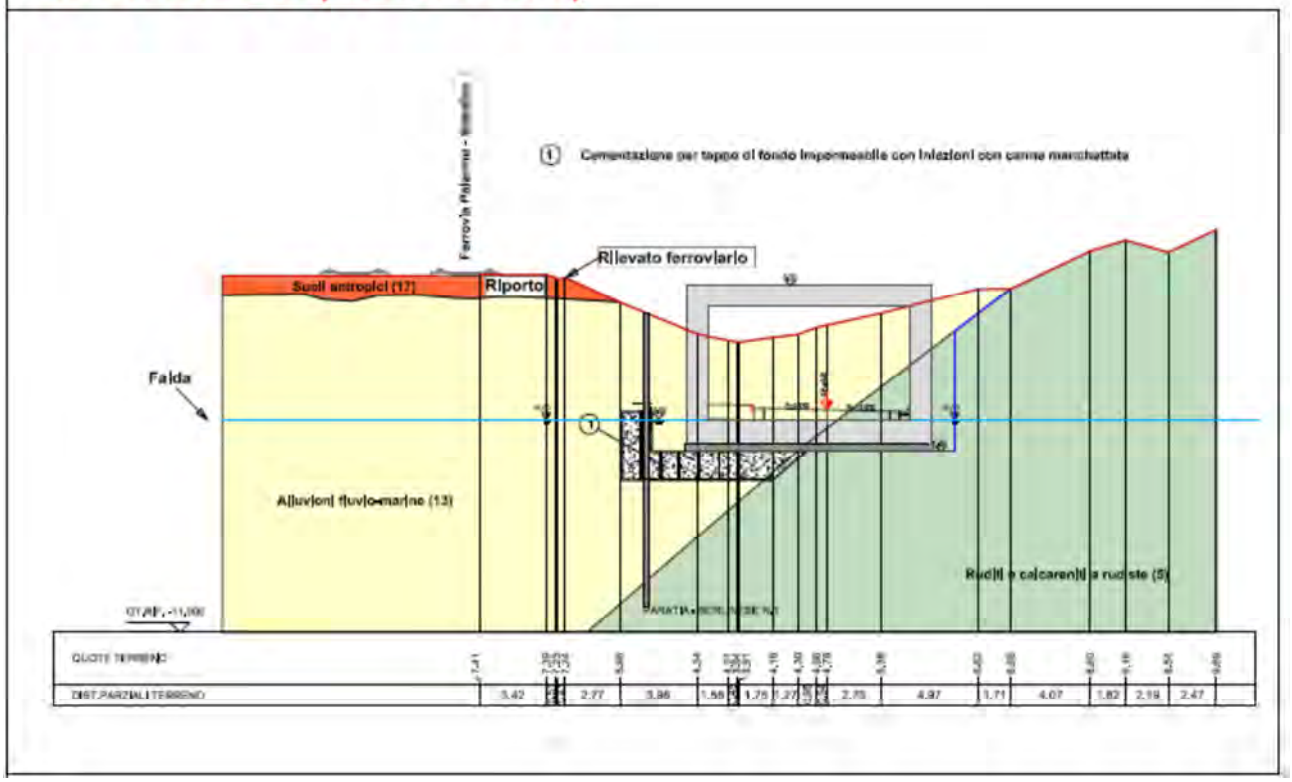
SEZIONE 80 (scala 1:200)



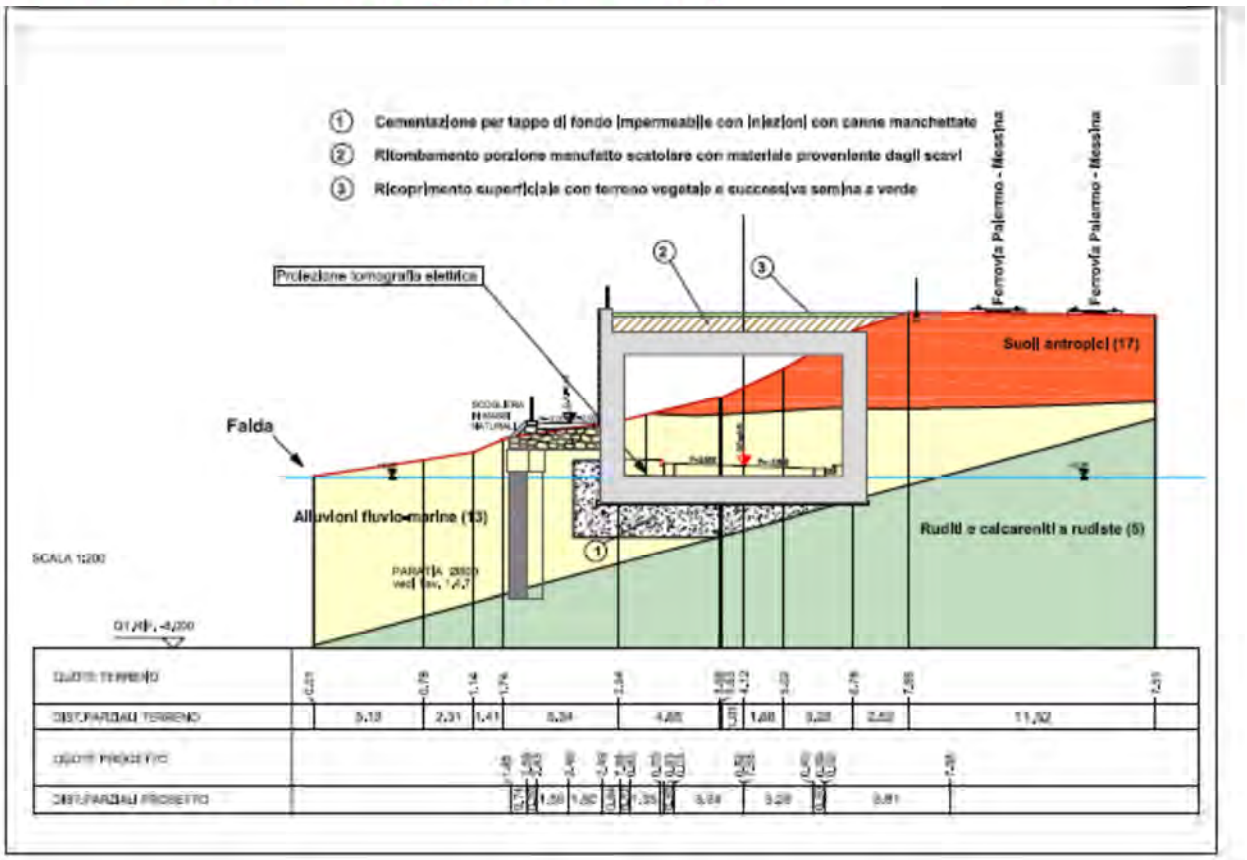
SEZIONE 81 (scala 1:200)



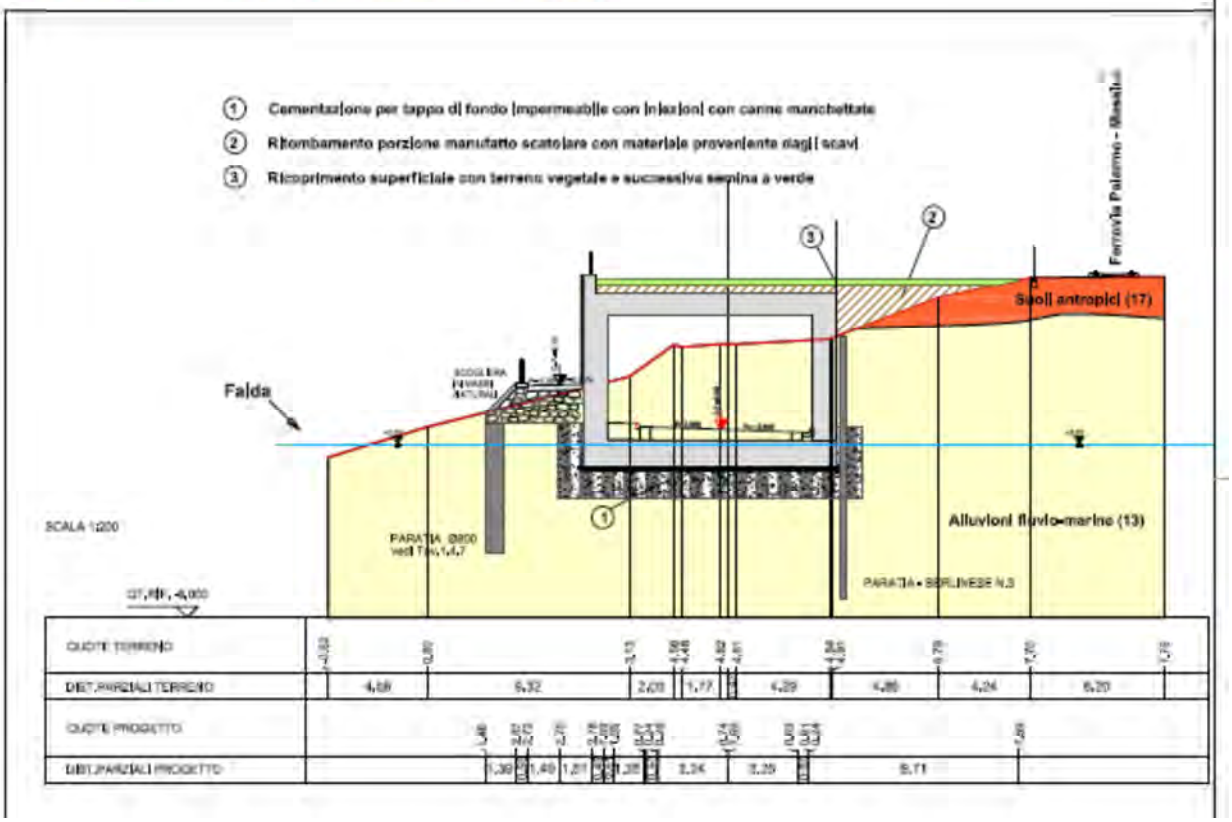
SEZIONE 83 (scala 1:200)



SEZIONE 85bis/86 (scala 1:200)



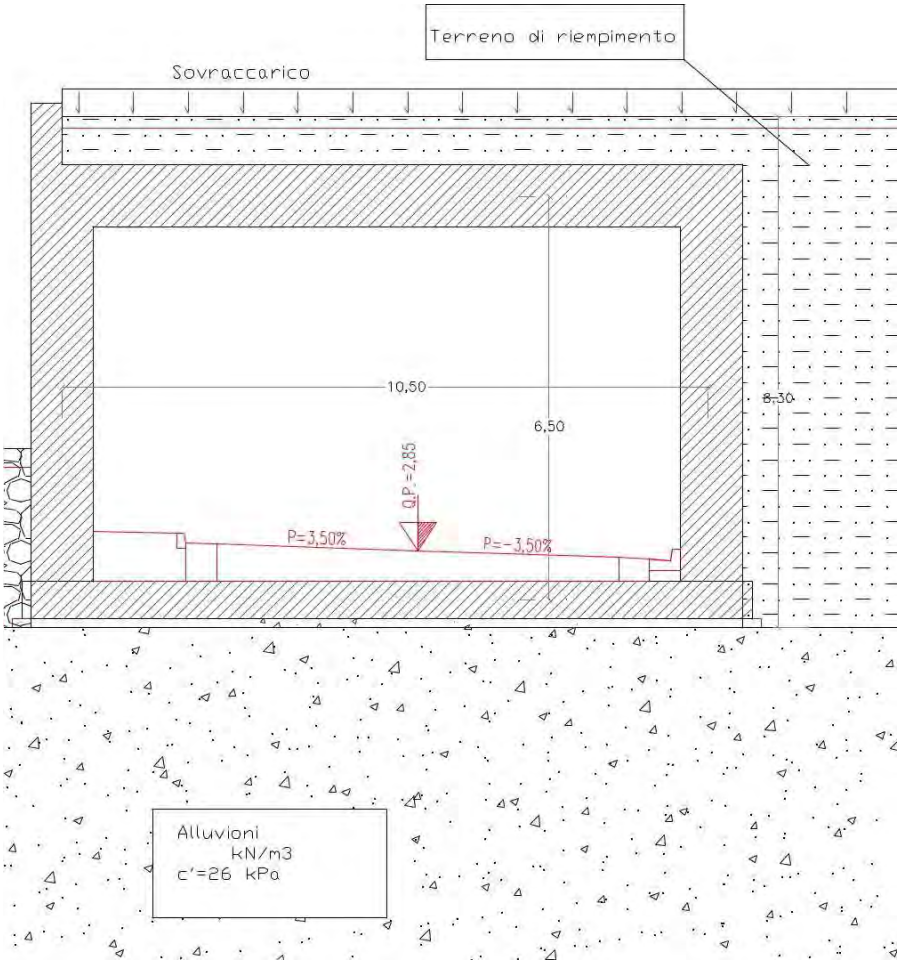
SEZIONE 87 (scala 1:200)



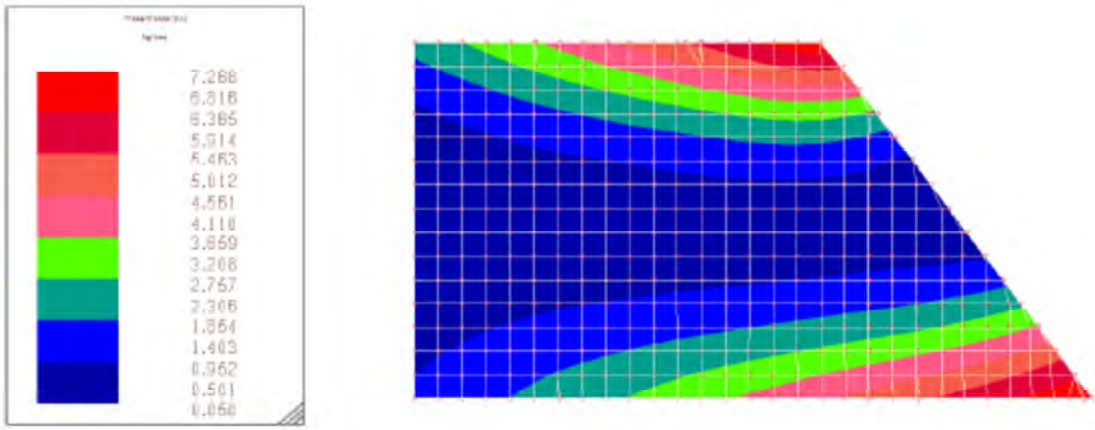
13- Verifiche al carico limite dello scatolare

Le verifiche geotecniche attinenti la realizzazione dello scatolare in c.a. hanno riguardato esclusivamente la verifica al carico limite del terreno sottostante.

Lo schema adottato per la verifica è il seguente:



Dal calcolo strutturale sono state ricavate le pressioni di contatto

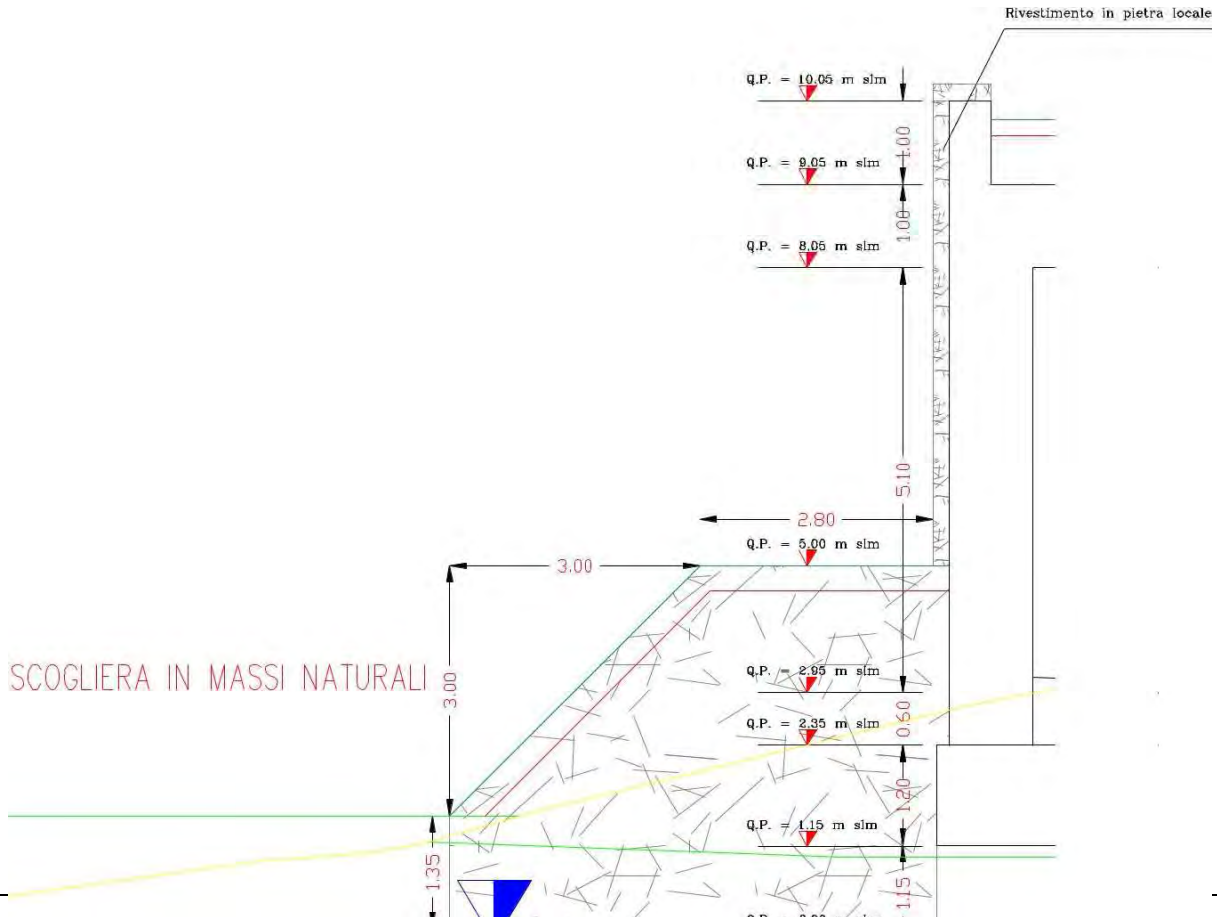


Pressioni al suolo

11 Verifiche di stabilità della scogliera in massi naturali

La scogliera in massi naturali, realizzata a fianco dello scatolare in c.a., ha la funzione di proteggere il manufatto dall'azione marina del moto ondoso.

La scogliera è rappresentata schematicamente nella figura seguente.



La scogliera, alta 3 m dal piano campagna, presenta una pendenza 1:1 che termina a quota 5 m s.l.m. con un tratto orizzontale largo 2,8 m.

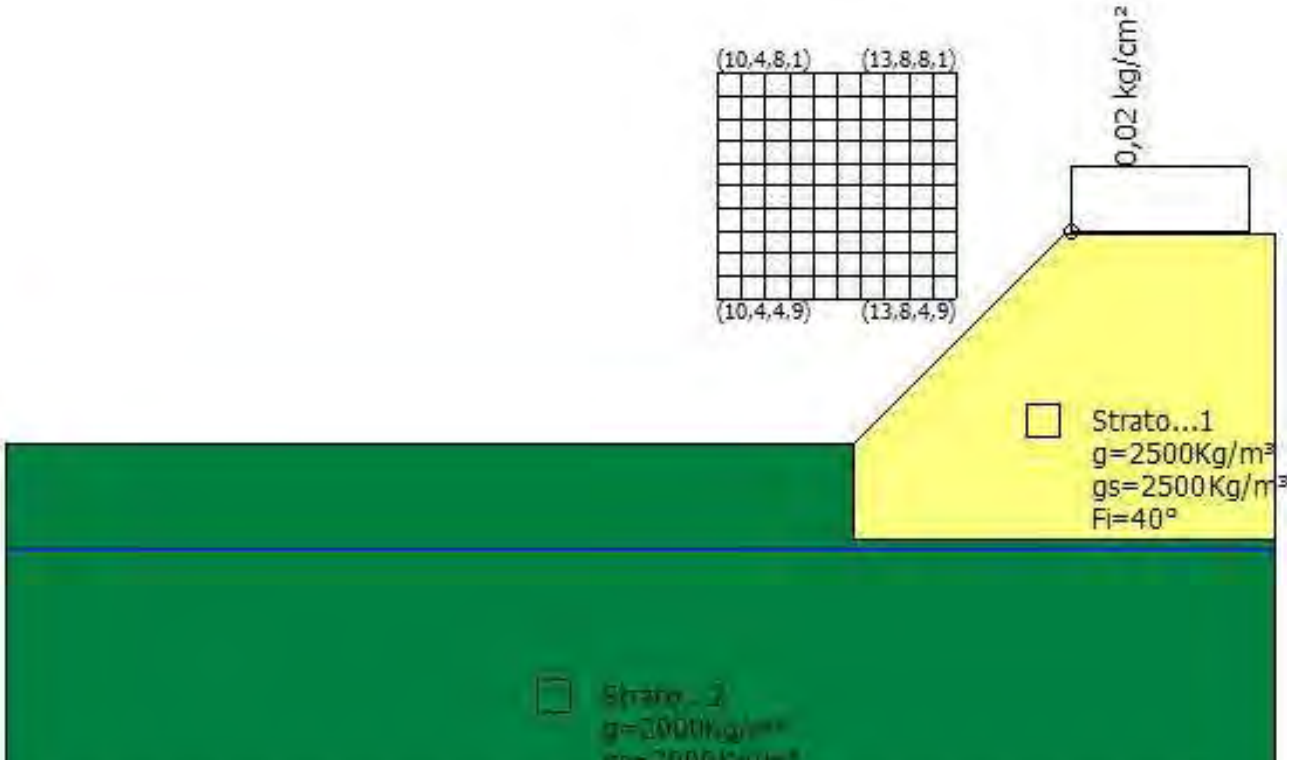
Il suddetto tratto orizzontale ha la funzione di collegare la spiaggia a valle del sottopasso con la strada.

Al fine di eseguire la verifica di stabilità della scogliera in massi naturali si adottano i seguenti parametri:

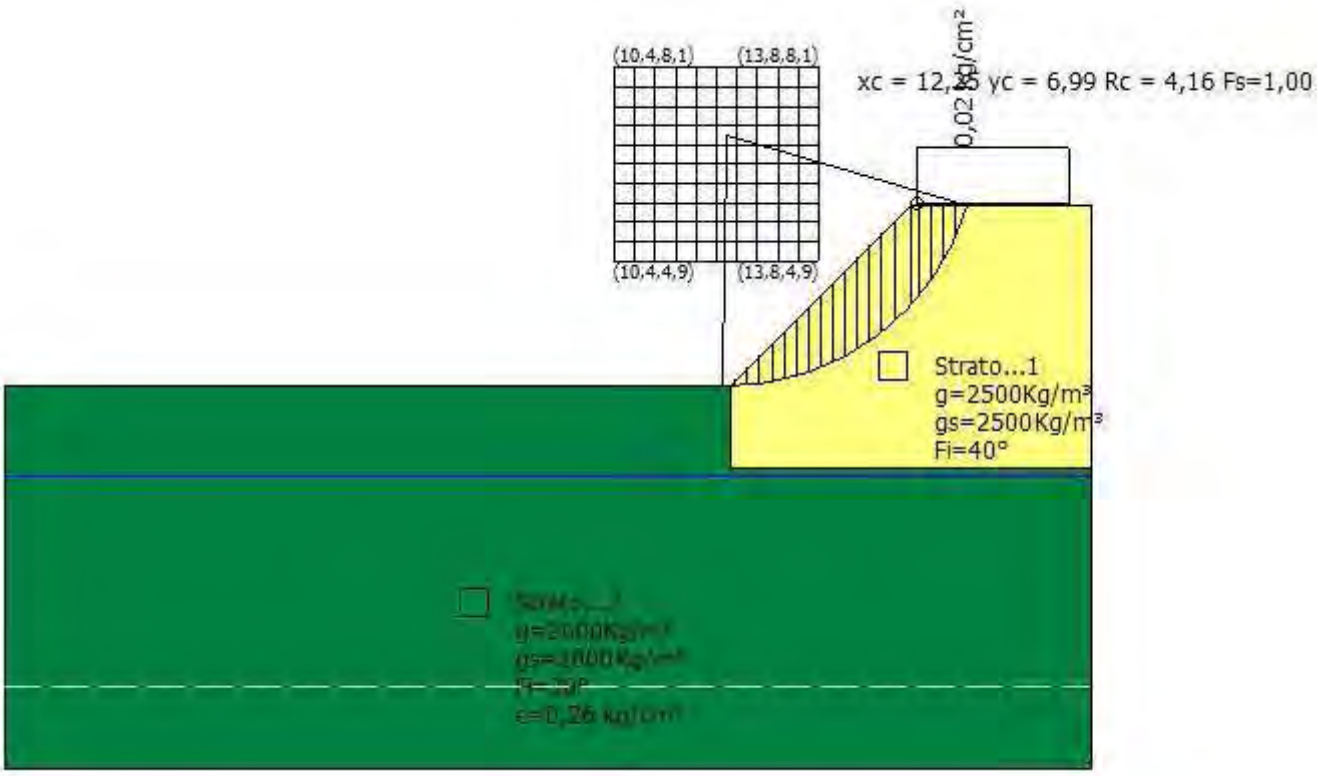
Peso nell'unità di volume	$\gamma = 25$ kN/m^3
Coesione	c' = 0 kPa
Angolo di resistenza al taglio	ϕ' = 40°

La verifica viene condotta considerando l'azione sismica ed un carico distribuito sulla scogliera pari a 2 kN/m^2.

Di seguito è riportato lo schema geotecnico utilizzato.



Si riportano di seguito i risultati dell'analisi di stabilità.



Analisi di stabilità dei pendii con MORGENSTERN-PRICE

==========

Numero di strati	2,0
Numero dei conci	20,0
Coefficiente di sicurezza [R2]	1,3

Superficie di forma circolare

==========

Maglia dei Centri

==========

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	10,37 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	4,91 m
Ascissa vertice destro superiore xs	13,78 m
Ordinata vertice destro superiore ys	8,11 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

==========

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

Dati generali

Descrizione:	
Latitudine:	37,99
Longitudine:	13,7
Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0[anni]
Vita di riferimento:	50,0[anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: D
Categoria topografica: T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,47	2,34	0,25
S.L.D.	50,0	0,64	2,33	0,26
S.L.V.	475,0	1,78	2,38	0,29
S.L.C.	975,0	2,31	2,42	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,846	0,2	0,0173	0,0086
S.L.D.	1,152	0,2	0,0235	0,0117
S.L.V.	3,1185	0,24	0,0763	0,0382
S.L.C.	3,5687	0,28	0,1019	0,0509

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,102
Coefficiente azione sismica verticale 0,051

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,26	2,83
2	12,3	2,83
3	15,3	5,83
4	18,3	5,83

Falda

Nr.	X m	y m
1	0,26	1,33
2	18,3	1,33

Vertici strato 1

N	X m	y m
1	0,26	2,83
2	12,3	2,83
3	12,3	1,48
4	18,3	1,48
5	18,3	5,83

Stratigrafia

c: coesione; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm²)	Fi (°)	G (Kg/m³)	Gs (Kg/m³)	K (Kg/cm³)	Litologia	
1	0	40	2500	2500	0,00		
2	0,26	30	2000	2000	0,00		

Carichi distribuiti

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm²)
1	15,42	5,85	17,92	5,85	0,02

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

==========

Fs minimo individuato 1,0
Ascissa centro superficie 12,25 m
Ordinata centro superficie 6,99 m
Raggio superficie 4,16 m

==========

Analisi dei conci. Superficie...xc = 12,247 yc = 6,992 Rc = 4,163 Fs=1,0084

Lambda = 0,734

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)
1	0,2	0,48	0,2	0,16
2	0,2	3,28	0,2	91,12
3	0,2	6,09	0,2	185,88
4	0,2	8,91	0,21	275,51
5	0,2	11,75	0,21	359,91
6	0,2	14,63	0,21	438,94
7	0,2	17,54	0,21	512,41
8	0,2	20,5	0,22	580,05
9	0,2	23,52	0,22	641,56
10	0,2	26,61	0,23	696,53
11	0,2	29,78	0,23	744,43
12	0,2	33,06	0,24	784,63
13	0,2	36,47	0,25	816,24
14	0,2	40,04	0,27	838,14
15	0,27	44,51	0,38	1147,2
16	0,13	48,53	0,2	528,5
17	0,2	52,19	0,33	748,35
18	0,2	57,04	0,37	603,44
19	0,2	62,66	0,44	426,62
20	0,2	69,74	0,59	175,55

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (Kg)	Ei (Kg)	Xi-1 (Kg)	Ei-1 (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)	Ui (Kg)
1	463,6	631,31	0,0	0,0	-458,1	211,34	0,0
2	525,18	715,17	463,6	631,31	38,4	25,81	0,0
3	626,03	852,51	525,18	715,17	106,53	71,61	0,0
4	745,39	1015,05	626,03	852,51	188,98	127,02	0,0
5	868,25	1182,36	745,39	1015,05	276,65	185,96	0,0
6	983,46	1339,24	868,25	1182,36	363,21	244,14	0,0
7	1082,6	1474,25	983,46	1339,24	443,9	298,37	0,0
8	1159,29	1578,68	1082,6	1474,25	515,05	346,19	0,0
9	1208,65	1645,9	1159,29	1578,68	573,72	385,63	0,0
10	1227,06	1670,98	1208,65	1645,9	617,46	415,03	0,0
11	1211,93	1650,36	1227,06	1670,98	644,23	433,03	0,0
12	1161,53	1581,74	1211,93	1650,36	652,24	438,41	0,0
13	1075,03	1463,93	1161,53	1581,74	639,9	430,12	0,0
14	952,44	1297,0	1075,03	1463,93	605,89	407,25	0,0
15	731,13	995,64	952,44	1297,0	724,25	486,81	0,0
16	608,58	828,75	731,13	995,64	283,5	190,56	0,0
17	409,93	558,23	608,58	828,75	329,97	221,79	0,0
18	224,07	305,14	409,93	558,23	182,17	122,45	0,0
19	72,53	98,77	224,07	305,14	53,6	36,03	0,0
20	0,0	0,0	72,53	98,77	-20,48	-13,76	0,0

12- INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO

L'area denominata Fossola-Molinelli è interessata da un dissesto evidenziato nel PAI e caratterizzato da un rischio R3.

Tale area è interessata dal presente progetto in quanto è prevista la ristrutturazione dell'infrastruttura viaria esistente ed un intervento di mitigazione del suddetto rischio.

L'intervento di ammodernamento dell'infrastruttura pubblica esistente risulta assolutamente non delocalizzabile, inoltre la sua realizzazione avviene senza aggravare minimamente le condizioni di instabilità e previa messa in opera del consolidamento dell'area e la sua manutenzione.

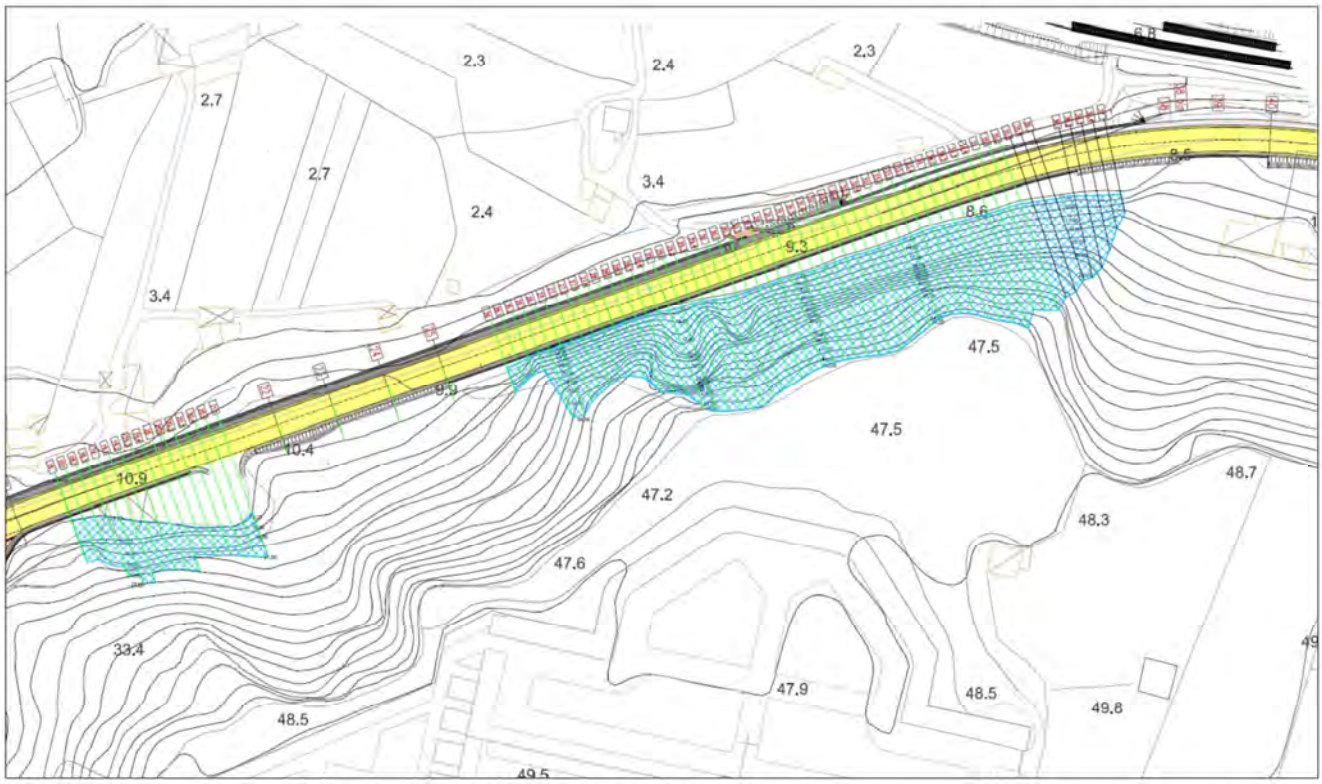
L'area indicata nelle carte del PAI nella quale è presente una pericolosità geomorfologia risulta effettivamente l'unica soggetta un rischio geomorfologico.

Si ha infatti che le pendenze rilevate nella suddetta area sono circa il doppio di quelle presenti nelle altre aree.

L'intervento di messa in sicurezza per la diminuzione del rischio geomorfologico identificato previsto è di tipo passivo.

In particolare l'intervento di consolidamento si basa sulla realizzazione di un rafforzamento corticale armato della parete con l'applicazione di barre di ancoraggio con funzione di tirante.

L'intervento è stato localizzato nell'area indicata nella figura seguente.



L’intervento di rafforzamento corticale armato sarà eseguito con la posa in opera su pareti rocciose di rete metallica zincata a doppia torsione fissata con chiodature di acciaio in barre cave riempite con boiacca cementizia; a completamento dell’intervento verrà posta in opera una fune metallica (diametro mm. 16) in sommità, al piede ed in diagonale di rettangoli con dimensioni metri

"Realizzazione di ancoraggi passivi, eseguita da personale specializzato in cordata con tecniche alpinistiche, di lunghezza maggiore di 3 m e sino a 12 m, per intervento di consolidamento soil nailing di pendii in roccia o di materiale sciolto cementato tipo conglomerati, costituiti da barre autoperforanti cave a filettatura continua in acciaio qualificate e prodotte in accordo al D.M. 14/01/2008.

L’armatura del tirante è costituita da un tubo in acciaio S460NH a filettatura continua secondo ISO10208, del diametro nominale di 38 mm ed avente un carico di rottura maggiore di 480 kN.

Per la posa del tirante si utilizzeranno punte a perdere del Ø 90/100 mm, manicotti di giunzione tra barra e barra fino al raggiungimento della quota finale di posa.

Durante la fase di perforazione dell’ancoraggio verrà iniettata una boiacca di cemento tipo 325, con rapporto acqua-cemento 70/100 l di acqua ogni 100 kg di cemento, che avrà la funzione di portare in superficie i detriti di perforazione e di stabilizzare il foro.

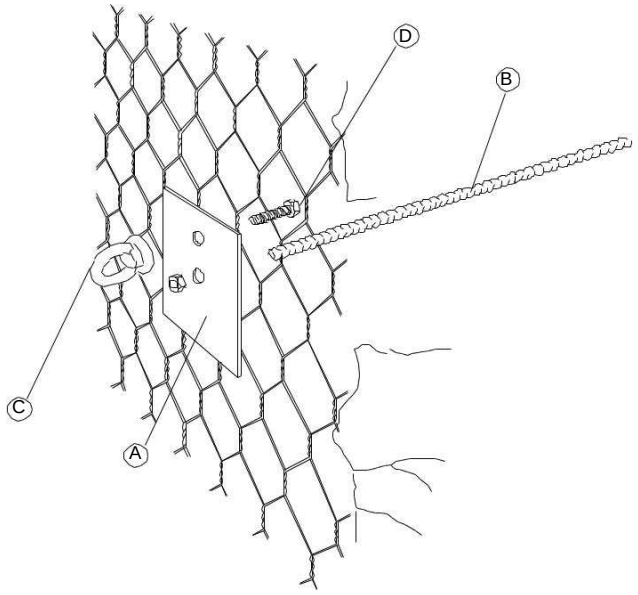
Nella fase di cementazione dell’ancoraggio la boiacca avrà un rapporto acqua-cemento 40/50 l di acqua ogni 100 kg di cemento, fino alla fuoriuscita di boiacca in eccesso da boccaforo.

E’ compresa la fornitura e collocazione di manicotti di giunzione, punta a perdere, golfare, completa di piastra e golfare passacavo e quant’altro necessario per la esecuzione dei tiranti ed il collegamento delle teste ai pannelli di rete e funi compensati a parte.

E’ compresa altresì la protezione dalla corrosione, mediante zincatura a caldo UNIENISO 1461, del primo metro di barra cava e di tutti gli elementi accessori (piastre, golfari, manicotti).

L’applicazione della rete corticale armata consente la diminuzione del rischio provocato dal possibile crollo e dalla caduta massi.

Nella figura sottostante è rappresentato lo schema di montaggio degli ancoraggi.



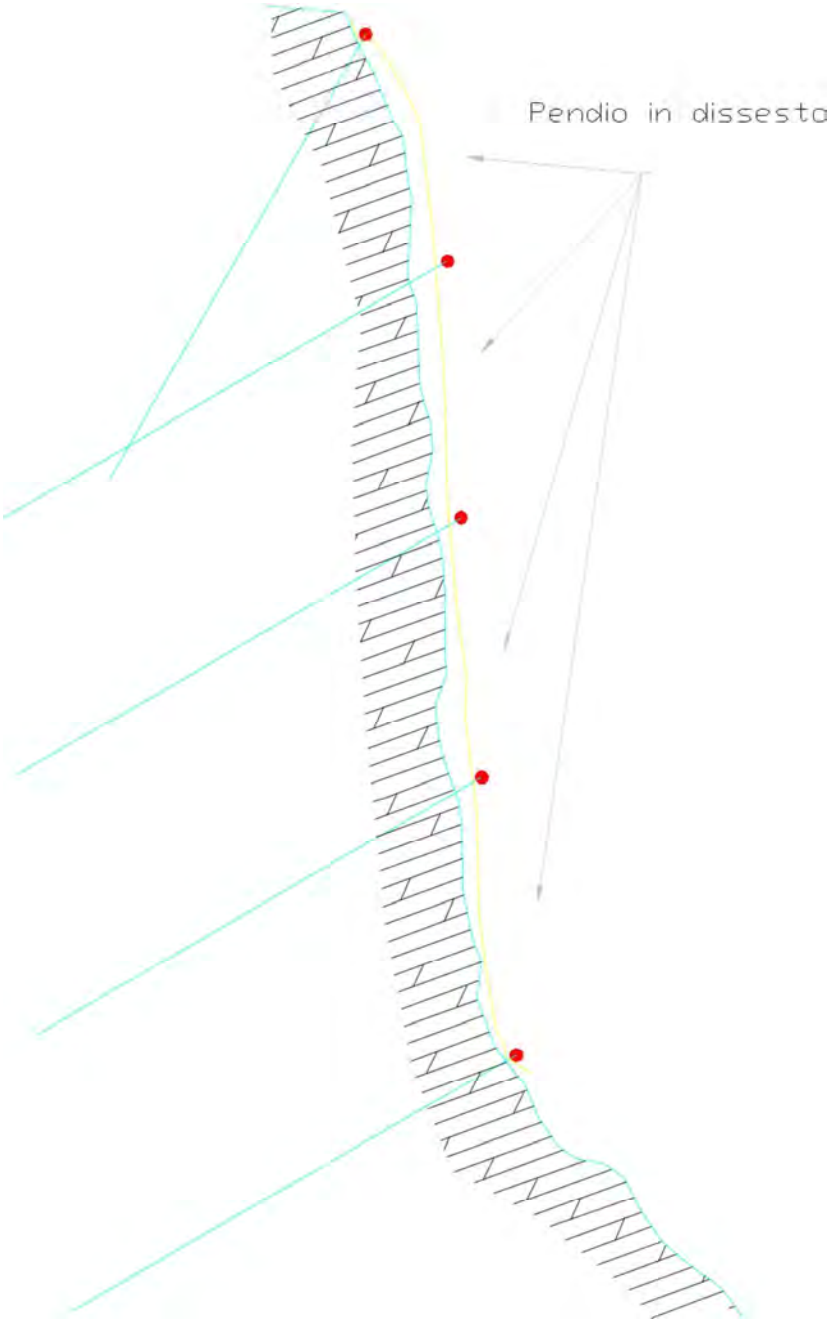
A PIASTRA METALLICA DI ADERENZA

B BARRA

C GOLFARE

D BULLONE PER FISSAGGIO GOLFARE

Lo schema di montaggio della rete è quello rappresentato nelle figure seguenti:


Pendio in dissesto

13.1 Verifiche di stabilità

Le verifiche di stabilità sono riportate nell'elaborato 1.5.2. Relazione di calcolo rafforzamento corticale.

11.2 Verifiche sui tiranti

La verifica allo scorrimento dei tiranti è stata eseguita considerando barre di diametro ϕ26 ed un diametro della perforazione pari a 5 cm.

Sono state assunte le suddette caratteristiche al fine di porsi in condizione di sicurezza e garantire che l'intervento possa essere efficace in condizioni anche più gravose e comunque durevole nel tempo.

TIRANTI DI ANCORAGGIO

LAVORO: Esempio tensioni ammissibili

DATI DI INPUT:

Terreno: Alluvioni

Tirante tipo:

Diametro: d_{tre} = 28 (mm)

Numero: n = 1

Area At: 615,44 (mm^2)

Area complessiva dell'acciaio (A = n·At): 615,44 (mm^2)

Diametro equivalente Deq = $(A \cdot 4/\pi)^{0,5}$ Deq = 27,99 (mm)

Tensione caratteristica di rottura dell'acciaio (f_{ptk}) 1860 (Mpa)

Tensione caratt. all'1% di deformazione dell'acciaio ($f_{p(1)k}$) 1670 (Mpa)

Malta di iniezione Rck: 30 (Mpa)

Adesione malta-acciaio e malta-corrugato: τcls = 0,60 (Mpa)

coefficienti parziali	azioni		proprietà del terreno	
Metodo di calcolo	permanenti γ_g	temporanee variabili γ_q	ξ	γ_s
Stato limite ultimo	1,00	1,30	1,50	1,30

N_G Azione permanente sul tirante: 0 kN

N_Q Azione variabile sul tirante: 70 kN

Nt Azione di calcolo ($N_G \cdot \gamma_g + N_Q \cdot \gamma_q$): 91 kN

Aderenza Malta -Terreno	$L = Nt \cdot Fs / (Ds \cdot \pi \cdot s_d)$		

202

D (cm) Diametro della perforazione = 50 (mm)

α (-) Coeff. moltiplicativo = 1,2

Ds (cm) Diametro di calcolo (Ds = $\alpha \cdot$ D) = 60 (mm)

s_k (MPa) tensione unitaria caratt. di aderenza malta - terreno = 0,15 (Mpa)

s_d (MPa) tensione unitaria di progetto aderenza malta - terreno = 0,08 (Mpa)

L1 = 6,28 (m)

Aderenza Malta - Corrugato L = Nt / (Dcorr$\cdot\pi\cdot\tau$cls)

Dcorr Diametro del corrugato = 50 (mm)

L2 = 0,97 (m)

Aderenza Acciaio - Malta L = Nt / (d$\cdot\gamma\cdot\delta\cdot\pi\cdot\tau$cls)

d (cm) somma dei diametri dei fili, trefoli, barre, contenuti in una unica guaina

d = n*dtre : 28

γ coefficiente correttivo dipendente dallo stato delle superfici, e dall'eventuale presenza di dispositivi di ancoraggio profondi

γ = 0,75

Tabella 1 - Valori di γ per diversi tipi di tirante

TIPOLOGIA	γ
filo liscio, trefoli compatti, puliti allo stato naturale	1,3
trefolo normale o barre corrugate pulite allo stato naturale	2
fili lisci, barre lisce, trefoli compatti, unti o verniciati	0,75 - 0,85
fili lisci con ringrossi o "compression grip" alla estremità profonda, barre lisce con dado e rondella alla estremità profonda	1,7
trefoli normali con "compression grip" alla estremità profonda	2,5

δ = coefficiente correttivo dipendente dal numero dei tiranti elementari contenuti in ciascuna guaina di perforazione

δ = 1

Tabella 2 - valori di δ per elementi di tensione contenuti in una stessa guaina o perforazione,

separati da distanziatori che costringono ad allargamenti e strozzature del fascio

n	1	2	3	4	5	6
δ	1	0,89	0,81	0,72	0,63	0,55

n	7	8	9	10	11	12
δ	0,48	0,42	0,36	0,32	0,28	0,24

n.b.: n numero di fili, barre, trefoli contenuti nella stessa guaina o perforazione

Tabella 3 - valori di δ per elementi di tensione paralleli contenuti in una stessa guaina o perforazione

n	1	2	3	4
δ	1	0,8	0,6	0,5

Per più di quattro elementi in una sola perforazione o guaina, assumere il diametro minimo circoscritto a tutti gli elementi, anziché la somma dei singoli diametri.

L3 = 2,30 (m)

L lunghezza della fondazione (bulbo)

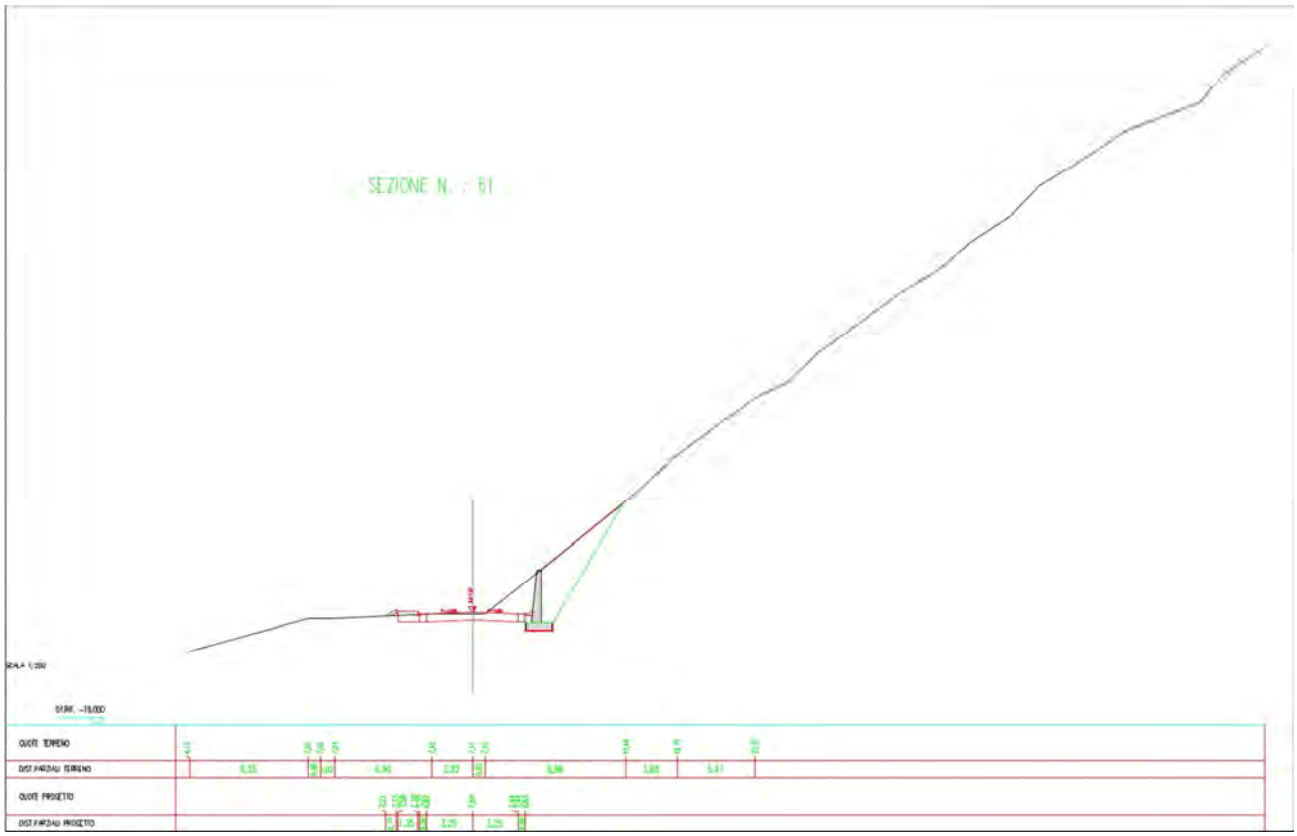
L = max(L1,L2,L3) = 6,28 (m)

Verifica a trazione dell'armatura

$N = N_G + N_Q =$ 70 (kN)

UNI EN 1537 $N \leq 0.65 \cdot f_{ptk} \cdot n \cdot At =$ 744,07 (kN)

AICAP $N \leq 0.6 \cdot f_{p(1)k} \cdot n \cdot At =$ 616,67 (kN)


SEZIONE N. : 61
QUOTE TERRENO
DIST.PARZIALI TERRENO
QUOTE PROGETTO
DIST.PARZIALI PROGETTO