



COMUNE DI
ANNONE DI BRIANZA



Regione
Lombardia



COMUNE DI
SIRONE



COMUNE DI
OGGIONO

AREA DI LAMINAZIONE DELLE PIENE DEL TORRENTE GANDALOGGIO E ALTRI NEI COMUNI DI OGGIONO, SIRONE E ANNONE (LC)

PROGETTO ESECUTIVO



PROGETTAZIONE E CONSULENZE



ABBA.SOLUTIONS Scarl
Via Cavour 80 - 20833 Giussano (MB)
web: www.abba.solutions
mail: info@abba.solutions
pec: abba.solutions@pec.it

PROGETTISTI / GRUPPO DI LAVORO

Ing. Daniele Giuffré
Ing. Stefano Minà
Ing. Marco Pozzoli
Ing. Chiarangela Perego
Ing. Chiara Vellani
Ing. Maria Teresa Olmeo
Arch. Carla Galbiati

REDATTO

Ing. Marco Pozzoli

REVISIONATO

Ing. Stefano Minà

APPROVATO

Ing. Daniele Giuffré

COMMITTENTE

Parco Regionale della Valle del Lambro
Via Vittorio Veneto, 19
20844, Triuggio MB

DESCRIZIONE

RELAZIONE GEOTECNICA

DATA

Aprile 2020

SCALA

-

COMMESSA

LAMBRO.001

ELABORATO

E03

REVISIONE

DATA

RIFERIMENTO EMISSIONE / REVISIONE

1

Dicembre 2020

Revisione a seguito di verifica progetto esecutivo

2

Marzo 2021

Revisione a seguito di verifica progetto esecutivo

Sommario

PREMESSA	2
1. INTRODUZIONE E INQUADRAMENTO GENERALE	3
2. SINTESI INQUADRAMENTO DAL PROGETTO DEFINITIVO	6
2.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	6
2.2. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO	7
2.3. VINCOLISTICA GEOLOGICA E AMBIENTALE	8
2.4. INQUADRAMENTO SISMICO	9
2.4.1. DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI BASE	10
2.4.2. CRITERI DI ESCLUSIONE VERIFICA A LIQUEFAZIONE	12
3. INDAGINI GEOLOGICHE E GEOGNOSTICHE	15
3.1. SONDAGGI E PROVE PENETROMETRICHE	16
3.1.1. SONDAGGI GEOGNOSTICI	16
3.1.2. SPT	19
3.1.3. LEFRANC	19
3.1.4. CPT	20
3.2. INDAGINE GEOFISICA – MASW	21
3.3. ANALISI DI LABORATORIO	21
3.3.1. ANALISI GRANULOMETRICA	22
3.3.2. PESO DI VOLUME E UMIDITÀ NATURALE	22
3.3.3. LIMITI DI ATTERBERG	23
3.3.4. PROVE EDOMETRICA E TRIASSIALE UU	23
4. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO	24
4.1. CARATTERISTICHE DEI RILEVATI	26
4.2. SEZIONI GEOTECNICHE DI RIFERIMENTO	26
5. VERIFICHE GEOTECNICHE	28
5.1. DEFINIZIONE DELLE SEZIONI DI VERIFICA	28
5.2. VERIFICHE DI STABILITÀ	30
5.2.1. RISULTATI SEZIONI PROGETTO DEFINITIVO	31
5.2.2. RISULTATI SEZIONI ARMATA E NON ARMATA	34
5.3. CARICO LIMITE E VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI	35
5.3.1. RISULTATI SEZIONI PROGETTO DEFINITIVO	36
5.3.2. RISULTATI SEZIONI ARMATA E NON ARMATA	38
6. PRESCRIZIONI SULLA COSTRUZIONE DEI RILEVATI	39
7. CONCLUSIONI	41
8. ALLEGATI	43

Premessa

La presente relazione tecnica ha lo scopo di illustrare in dettaglio gli aspetti geotecnici legati agli interventi in progetto per l' "Area di laminazione delle piene del Torrente Gandaloglio e altri nei comuni di Oggiono, Sirone e Annone (LC)". Per quanto riguarda la competenza di firma della presente relazione si riportano due significativi stralci dell'Adunanza Generale del Consiglio di Stato del 2 Giugno 1994.

"Sulla questione relativa alla ripartizione delle competenze professionali degli ingegneri e dei geologi, nell'ambito delle indagini e dei progetti in cui al citato decreto interministeriale, la V Sezione del Consiglio Superiore dei LL.PP. aveva espresso l'avviso che la «relazione geotecnica» rientri in ogni caso e per intero nella competenza professionale esclusiva dell'ingegnere progettista; e che la «relazione geologica» rientri ordinatamente nella competenza del geologo, ma possa essere svolta anche dall'ingegnere progettista, qualora risulti già disponibile una sufficiente documentazione sulle caratteristiche geologiche della zona interessata. (...) Ne è scaturito il voto 17 dicembre 1993, n. 138, il quale, dopo ampia motivazione, conclude nel senso che la relazione geotecnica è concettualmente unitaria, non può essere scissa in due parti e rientra per intero nella competenza professionale dell'ingegnere progettista; e che lo studio e la caratterizzazione dei terreni e delle rocce si possono considerare di competenza sia dei geologi che degli ingegneri, qualora svolti nell'ambito delle specifiche finalità dei rispettivi studi."

Riguardo al primo punto evidenziato si sottolinea che le caratteristiche geologiche dei terreni sui quali sorgerà l'opera sono stati già indagate da 2 differenti geologi in fase di progettazione preliminare e definitiva, quindi l'apporto della loro professionalità è stato indiscussamente utilizzato e reso proficuo oltre che analizzato in contraddittorio. Per tale ragione la presente relazione, indicata anche come "geologica" solo per il fatto che riprende il lavoro precedentemente svolto dai geologi operandone una sintesi, può rientrare per intero nella competenza dell'ingegnere progettista firmatario del progetto dal momento che oltretutto è principalmente geotecnica.

La relazione contiene quindi la sintesi dell'inquadramento geologico, geomorfologico, idrografico, idrogeologico e sismico effettuato nei precedenti livelli di progettazione e propone una sintesi della valutazione dei vincoli geologici e ambientali esistenti e la compatibilità dell'opera in oggetto con essi.

È qui contenuta anche una sintesi delle indagini geologiche e geognostiche effettuate per il progetto e utilizzate per la definizione del modello geologico e geotecnico alla base delle verifiche di normativa. In accordo con la normativa di riferimento per il progetto DM 14.01.08 - *Norme Tecniche delle Costruzioni* e succ. circolare esplicativa (in seguito indicata anche come NTC08), sono state effettuate le verifiche di stabilità globale, carico limite delle fondazioni e valutazione dei cedimenti in condizione di esercizio. Tali verifiche sono state estese alle sezioni più critiche emerse dalla progettazione della fase esecutiva, sono altresì riportati i risultati delle verifiche effettuate in fase di progetto definitivo. Si introducono infine alcune prescrizioni per la costruzione dei rilevati in merito al tipo di terreno da utilizzare, le modalità esecutive e la tipologia di geosintetico per gli argini armati.

Il contenuto di questa relazione intende riprendere quanto già valutato nelle fasi di progetto precedenti, integrare le verifiche tenendo conto delle modifiche della fase esecutiva e attenersi ai contenuti richiesti dalla legge L.R. 8/1998 (*Norme in materia di costruzione, esercizio e vigilanza degli sbarramenti di ritenuta e dei bacini di accumulo di competenza regionale*, inseguito indicata come legge 8).

1. Introduzione e Inquadramento generale

L'area circostante il Comune di Molteno costituisce, almeno dalla fine del secolo scorso, un'importante criticità idraulica a livello regionale, tanto da essere classificata come Area a Rischio Significativo (ARS) all'interno dell'ultimo Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA), quasi interamente al livello massimo di pericolosità (H, **Figura 1**).

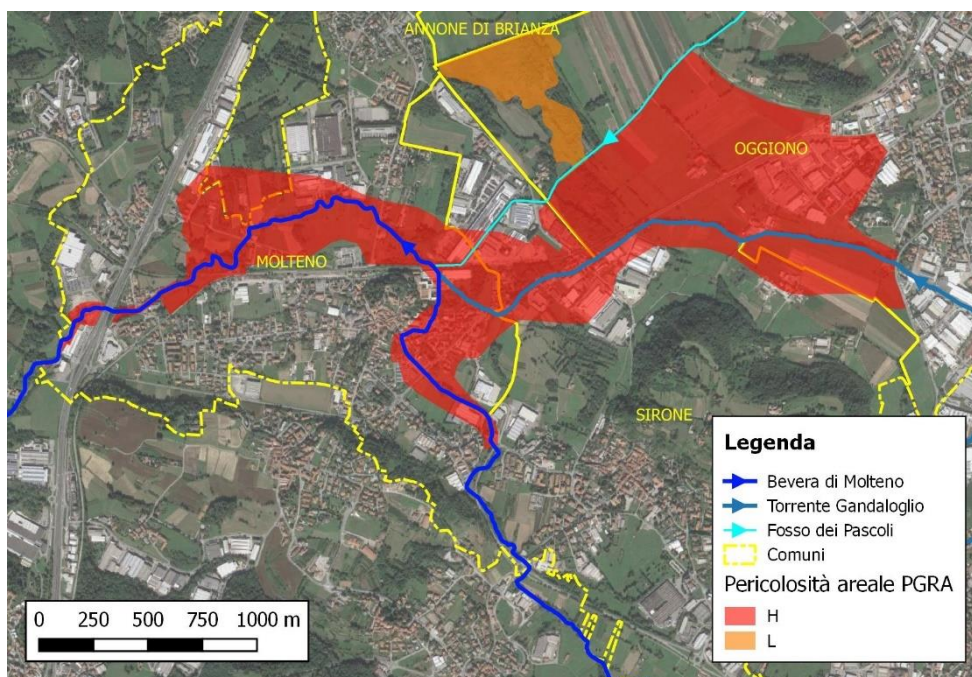


Figura 1: Inquadramento Area a Rischio Significativo, oggetto dello studio

Il comune lecchese si trova infatti in prossimità di un nodo idraulico che vede la confluenza di due corsi d'acqua di dimensioni sufficienti da essere inseriti all'interno del reticolo principale regionale (D.g.r. 4229/15 e s.m.i.) con le seguenti caratteristiche:

- torrente Bevera di Molteno (o di Brianza): nasce dal Comune di Colle Brianza e si sviluppa in direzione Est-Ovest fino al Comune di Costamasnaga, in cui avviene l'immissione nel fiume Lambro, di cui ne è il più importante affluente con i suoi circa 17 km di asta principale. Al km 10 avviene l'attraversamento dell'abitato di Molteno e la confluenza con il Torrente Gandaloglio;
- torrente Gandaloglio: altro corso d'acqua pedemontano con origine in Comune di Galbiate e sviluppo complessivo dell'asta di circa 8 km fino all'attraversamento dell'abitato di Molteno e successiva immissione nella Bevera di Molteno immediatamente a valle dello stesso.

Osservando l'immagine in **Figura 1**, si vede come entrambi i corsi approccino il Comune da Sud-Est, con la Bevera che ne attraversa il centro abitato mentre il Gandaloglio ne costeggia il lato Est. Il tratto "urbano" di entrambi i corsi d'acqua è stato soggetto, negli anni '90, a un massiccio intervento regolarizzazione da parte del Genio Civile, con la riprofilatura e l'artificializzazione (in cls e massi) del letto e delle sponde dell'alveo, come dettagliato nella relazione idraulica (E02).

La presente relazione è stata redatta a supporto della progettazione esecutiva delle opere relative all' "Area di laminazione delle piene del Torrente Gandaloglio e altri nei comuni di Oggiono, Sirone e Annone (LC)".

L'ubicazione dell'area di indagine su ortofoto satellitare digitale è indicata in Figura 2.



Figura 2: Inquadramento area di intervento

L'intervento prevede la costruzione di un argine perimetrale di altezze variabili tra 70 cm ed un massimo di 2,5 m e di lunghezza pari a circa 4 km che delimita un'area di estensione pari a circa 635.000 mq all'interno del territorio comunale di Oggiono. Il dettaglio delle opere è trattato negli elaborati di progetto specifici.

La presente relazione è stata redatta ai sensi e nel rispetto della vigente normativa:

- DM 14.01.08 - Norme Tecniche delle Costruzioni e succ. circolare esplicativa;
- D.M. 11.03.88 Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione, e succ. circolare esplicativa;
- D.Lgs n.50/2016 e s.m.i.
- L.R. 12/05 Legge per il governo del territorio e criteri applicativi per la componente geologica, idrogeologica e sismica d.g.r. 28/05/2008 n. 8/7374.

Il dettaglio dei riferimenti normativi è trattato nella relazione generale (E01).

La presente relazione geologica e geotecnica a supporto della progettazione esecutiva delle opere, è strutturata nei seguenti capitoli:

- Sintesi inquadramento del progetto definitivo (geologico, geomorfologico, idrografico, idrogeologico e sismico) e vincoli geologici ed ambientali
- Indagini geologiche e geotecniche
- Modello geologico e geotecnico
- Verifiche geotecniche
- Prescrizioni per la costruzione dei rilevati

Questa relazione si basa e riporta parte degli studi geologici e geotecnici effettuati durante la fase preliminare e definitiva del progetto, facendo riferimento ai seguenti documenti e allegati:

- Incarico per l'esecuzione di indagini geognostiche e redazione relazione geologico-geotecnica propedeutica all'intervento a supporto del progetto preliminare a cura di Studio Georisk

- Relazione geologico-geotecnica a supporto del progetto definitivo a cura di Studio Paoletti – ETATEC

In fase di progetto definitivo, si è proceduto alla valutazione della fattibilità e compatibilità geologica degli interventi con gli strumenti di pianificazione geologica vigenti, in particolare con quanto disposto dallo Studio Geologico Comunale di supporto alla pianificazione territoriale, redatto in base alla L. 12/2005 *"Legge per il governo del territorio"*, come dettagliato nella relazione geologico-geotecnica redatta da Etatec-Studio Paoletti.

L'area in esame è già stata fatta oggetto di campagne di indagine geologica e geognostica, le quali sono state analizzate e criticamente valutate per la validazione/aggiornamento del modello geologico e geotecnico del sito di intervento.

2. Sintesi inquadramento dal progetto definitivo

2.1. Inquadramento geologico e geomorfologico

Si riporta una sintesi dell'inquadramento geologico e geomorfologico, trattato in dettaglio nel progetto definitivo (relazione geologico-geotecnica di Etatec).

Le unità geolitologiche presenti nell'area sono di seguito riportate, dalla più antica alla più recente (utilizzando la nomenclatura introdotta dal CARG), secondo quanto riportato nella Tavola 1. in allegato.

SUBSTRATO ROCCIOSO PREQUATERNARIO

Il substrato roccioso prequaternario costituisce la base della successione geologica locale e affiora con continuità al di sotto delle unità deposizionali più antiche collegate alle glaciazioni quaternarie che si sono susseguite nell'area. Esso comprende una vasta gamma di tipi litologici quali calcari marnosi, marne, marne calcaree grigio rosate o rossastre ed è presente in affioramento lungo le principali incisioni dei corsi d'acqua ed in corrispondenza delle porzioni più elevate dell'area delle colline moreniche.

Il substrato roccioso prequaternario presente nell'area indagata si riferisce alle formazioni:

- Arenarie di Sarnico (SAR): arenarie grigie torbiditiche, in strati da sottili a molto spessi, alternanze di peliti in orizzonti al massimo centimetrici con stratificazione regolare e ritmica e minori intercalazioni marnose sottili.
- Conglomerato di Sirone (CSH): ortoconglomerati ed arenarie molto grossolane a clasti per lo più ben arrotondati e grossi frammenti di rudiste. Si presenta in banchi (spessore da 0.5 a 2 metri) e talora con presenza di strutture a laminazioni incrociate. Si tratta di clasti poligenici con cemento calcareo, spesso molto compatti e resistenti ed è costituito da un insieme di corpi di forma lenticolare, interpretabili come canali torbiditici, che segnano la fase di massima progradazione nel bacino del sistema torbiditico.
- Flysch Lombardo: comprende diverse unità stratigrafiche databili al Cretacico, di origine prevalentemente torbiditica, e identifica una successione eterogenea di sedimenti terrigeni ed emipelagici estesa tra il Varesotto occidentale e il Lago d'Iseo, con le aree di affioramento più continue e significative localizzate in Bergamasca. Nel settore occidentale dell'area è rinvenuta l'unità litostratigrafica del Flysch di Bergamo (FBG) costituita da alternanze di peliti e arenarie in strati da sottili a spessi.

SUPERSINTEMA DEI LAGHI - SINTEMA DI CANTU' (LCN)

Il supersistema dei laghi è costituito da depositi di varia genesi riferiti al Pleistocene Superiore. Da un punto di vista litologico, il sistema è costituito da:

- depositi glaciali: diamicton massivi a supporto di matrice sabbioso-limosa talora abbondante, con tessitura caotica. I clasti sono da spigolosi a subarrotondati, eterometrici anche di notevoli dimensioni (erratici). Costituiscono con spessori di diverse decine di metri, i rilievi di Via dell'Industria a Ovest dell'area.
- depositi fluvioglaciali: ghiaie da medie a grossolane a supporto di matrice sabbioso-ghiaiosa fine, da ben stratificata a grossolanamente stratificata, con strati di spessore variabile da decimetrico a metrico. I clasti sono poligenici, da male a ben selezionati. Subordinatamente sono costituiti da sabbie da fini a grossolane, talora limose, in lamine piano-parallele con ciottoli sparsi e più raramente massive o con laminazione obliqua a basso angolo o incrociata concava. È presente una

locale cementazione. In superficie sono poco o per nulla alterati, ricoperti unicamente da un modesto spessore di suolo.

- depositi glaciolacustri: costituiti da argille e limo argilloso-sabbiosi in lamine pianoparallele orizzontali con dropstones sparsi spesso striati. Localmente si rinvencono livelli torbosi e deformazioni (pieghe di piccole dimensioni) legate a glaciotettonica, ossia a spinta dovuta alla fronte della lingua glaciale in avanzata; in tali casi i sedimenti risultano sovraconsolidati. I depositi glaciolacustri affiorano nella piana interessata dall'intervento in progetto e le aree limitrofe. Qui si ritrovano a partire da 2 m di profondità da piano campagna e possono estendersi fino ad alcune decine di metri di profondità.

In generale, tutte le tipologie di depositi afferibili al Sintema di Cantù sono caratterizzate da un profilo di alterazione poco evoluto, inferiore a 1,5 m di spessore.

UNITÀ POSTGLACIALE (POI)

I depositi appartenenti a questa unità si riferiscono al Pleistocene Superiore - Olocene e sono caratterizzati da un'alterazione poco evoluta, con suoli poco sviluppati. Da un punto di vista litologico, nell'area in esame l'unità è composta da depositi fluviali e alluvionali, costituiti da ghiaie medio grossolane a supporto di matrice sabbiosa e da sabbie e ghiaie a supporto di matrice limoso sabbiosa, talora si intercalano dei livelli più grossolani con matrice in quantità ridotta, limi sabbiosi e limi con clasti sparsi (depositi di esondazione). I clasti sono da subarrotondati a spigolosi, poligenici. La stratificazione è piano-parallela orizzontale. Questi depositi, aventi un presumibile spessore di pochi metri, sono limitati all'alveo attuale del Torrente Gandaloglio e alle sue immediate vicinanze.

2.2. Inquadramento idrografico e idrogeologico

L'elemento idrico principale del territorio in esame è il Torrente Gandaloglio, tributario del torrente Bevera, che ha origine da una serie di corsi d'acqua minori che si formano lungo le pendici montuose del versante settentrionale e occidentale del Monte Crocione. Il corso d'acqua è alimentato da acque sorgive perenni che garantiscono presenza di acqua anche nei periodi di forte siccità, con portate minime di 4-5 l/min.

Il suo corso attraversa il territorio comunale lungo il confine nord-orientale, per scorrere quindi nella piana tra Oggiono e Sirone costeggiando la Strada Provinciale 49 fino all'abitato di Molteno confluendo poi nel torrente Bevera. In prossimità del sito di studio prosegue in direzione Est con pendenza ridotta (<2%). Le sue piene sono causa di inondazioni frequenti all'interno dell'area in oggetto.

Gli acquiferi principali individuabili sono da ricercarsi in superficie e al di sotto dei depositi lacustri; il substrato roccioso appartenente alla formazione del conglomerato di Sirone e subordinatamente della facies di transizione, possono essere considerati acquiferi, solo se posseggono un indice di fratturazione elevato, ossia se la permeabilità per fratturazione è elevata.

All'interno dei depositi lacustri possono essere presenti lenti o orizzonti, comunque poco estesi, di ghiaie e sabbie, leggermente intasate da depositi fini, generati da passati e locali scaricatori glaciali, contenenti acqua (falde sospese e/o localmente di limitato spessore). Nel comune di Molteno dal 1940 ad oggi sono stati realizzati almeno 12 pozzi idrici a scopo idropotabile o industriale, questi pozzi risultano essere collocati principalmente nelle vicinanze del torrente Bevera; la gran parte di tali pozzi è stata chiusa dopo la terebrazione, a causa della scarsa portata emungibile, o per l'assenza di acqua.

La falda subsuperficiale che alimenta i corsi d'acqua locali è limitata verso il basso dalla soglia di permeabilità costituita dai depositi lacustri. Le informazioni a disposizione, indicano che la zona della piana alluvionale del

Torrente Gandaloglio e del Torrente Bevera, è caratterizzata da una falda superficiale, contenuta nel sottile strato superficiale e sospesa sui limi lacustri. La profondità varia quindi localmente (generalmente tra 0,5 e 3 m) a seconda dello spessore di depositi superficiali e risulta fortemente connessa agli eventi meteorici.

In alcune zone, sono presenti falde più profonde sfruttate a scopo idropotabile a profondità molto variabili (tra -10 e -60 m da p.c.). La permeabilità dei terreni è variabile in funzione di numerose caratteristiche fisiche. Sulla base delle caratteristiche litologiche, i terreni presenti nell'area possono essere distinti in tre principali unità.

- Terreni con permeabilità variabile da ridotta a molto ridotta: depositi lacustri, a prevalente granulometria limoso - argillosa. Indicativamente, il coefficiente di permeabilità K è inferiore a 10^{-6} m/s.
- Terreni con permeabilità variabile da media a ridotta: depositi morenici caratterizzati da alternanze di livelli in cui prevalgono le granulometrie grossolane e livelli di materiali più fini costituiti da argille e limi. Indicativamente il coefficiente di permeabilità K risulta variabile tra 10^{-6} e 10^{-4} m/s.
- Substrato roccioso: caratterizzato da una permeabilità secondaria generalmente bassa che diviene più elevata negli intervalli poco cementati e fratturati, dove è possibile una buona circolazione idrica. La permeabilità primaria dovuta alla porosità è pressoché nulla.

Si rimanda alla relazione del progetto definitivo (Estatec-Studio Paoletti) per il dettaglio delle carte idrologiche e alla relazione idraulica (E02).

Non si ritiene che le opere in progetto possano causare interferenze con lo sfruttamento dei pozzi esistenti.

2.3. Vincolistica geologica e ambientale

Nel progetto definitivo è stata verificata la compatibilità con i vincoli geologici e ambientali dell'opera in oggetto. Si riporta una breve sintesi delle tematiche affrontate e si rimanda alla relazione geologico-geotecnica a supporto del progetto definitivo per il dettaglio.

L'area di intervento ricade all'interno del Parco Valle Lambro ed in particolare all'interno del sistema delle aree fluviali e lacustri. Inoltre, è interessata da vincoli D.Lgs 42 22/01/2004 (aree di notevole interesse pubblico) e a vincoli di natura idraulica (fasce PAI e fasce fluviali).

L'area di esondazione del Torrente Gandaloglio, inserita nell' "Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici" dell'Autorità di Bacino del Fiume Po con la dicitura 063-LO-LC, è attualmente classificata come area di esondazione "Zona I-Pericolosità Elevata" (L.267/98), ovvero potenzialmente interessata da inondazioni per eventi di piena con tempi di ritorno inferiore o uguale a 50 anni. Lo strumento analizzato per valutare la compatibilità geologica dell'intervento è il Piano di Governo del Territorio (PGT). Lo Studio del reticolo idrico minore è il riferimento principale in materia di vincolistica idraulica, tale studio individua i corsi d'acqua appartenenti al reticolo minore, di competenza comunale, le fasce di rispetto degli stessi e le norme per esercitare le attività di polizia idraulica.

Per la valutazione dei vincoli, nel progetto definitivo sono stati analizzati lo studio geologico di supporto alla pianificazione territoriale (PGT) del comune di Oggiono aggiornato ai sensi della l.r. 12/2005 da De Maron nel 2012, e lo studio del reticolo idrico minore redatto dal Dott. Geol. Invernizzi nel 2004.

In sede di progetto definitivo, sono stati analizzati i seguenti aspetti:

- Carta di Sintesi dove sono identificate le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità riferita allo specifico fenomeno che la genera, di cui di interesse sono le aree vulnerabili dal punto di vista idraulico, idrogeologico e quelle con caratteristiche geotecniche scadenti.
- Carta di Fattibilità, che fornisce indicazioni in merito alle limitazioni e alle destinazioni di uso del territorio, alle prescrizioni per gli interventi urbanistici, agli studi e alle indagini da effettuare. Per la carta di fattibilità geologica l'area di laminazione ricade in classe 3 (fattibilità con consistenti limitazioni) e 4 (fattibilità con gravi limitazioni), poi dettagliate nella relazione idraulica del progetto definitivo.
- Carta dei Vincoli, che riporta come limitazioni di interesse area PAI a pericolosità media o moderata (Em), area di esondazione del Torrente Gandaloglio, fasce di rispetto dei corsi d'acqua.
- Carta di pericolosità sismica locale, che definisce le zone sismiche presenti all'interno dell'area di laminazione e definisce il livello di approfondimento sismico richiesto da normativa.

Dai contenuti di questi studi, emerge che l'opera in progetto interferirà con le fasce fluviali degli elementi idrici così denominati: Fosso dei Pascoli n. 1-2-3-4, Cavo Gavazzi, Fosso Rettola, Fosso Altobello.

Come argomentato nel progetto definitivo, essendo l'intervento in oggetto realizzato per la protezione idraulica nei confronti dei fenomeni di piena e di esondazione diffusa sul territorio in esame, si ritiene che esso sia compatibile con i vincoli e le limitazioni esistenti.

2.4. Inquadramento sismico

In merito all'applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003, è stata redatta una mappa della pericolosità sismica di base per tutto il territorio nazionale, con l'individuazione di quattro zone sismiche a pericolosità decrescente (zona 1, zona 2, zona 3, zona 4) e la formazione degli elenchi dei comuni compresi in ciascuna zona.

Ogni zona sismica è contrassegnata da un diverso *range* di valori del parametro a_g corrispondente alla accelerazione di picco orizzontale del suolo, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

L'Ordinanza PCM 3274 ha richiesto anche la compilazione di una nuova mappa di pericolosità del territorio Nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s). Tale mappa è stata approvata con Ordinanza PCM 28 aprile 2006 n. 3519. La Regione Lombardia, con d.g.r. 7 novembre 2003 n. 7/14964 ha stabilito la classificazione sismica dei singoli comuni proposta dalla OPCM sopracitata ed ha stabilito i modi e i tempi di applicabilità della nuova normativa sismica sia per le costruzioni esistenti che per quelle future.

La d.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129 *"Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)"* ha provveduto all'aggiornamento della classificazione sismica dei Comuni. La delibera in oggetto, pubblicata sul B.U.R.L. n. 29, S.O., del 16/7/2014. L'OPCM n. 3274/2003, oltre a definire una nuova classificazione dei Comuni nazionali, ha introdotto una classificazione del sottosuolo in *"categorie sismiche"*, basata sulla stima di alcuni parametri fondamentali (V_s , N_{spt} , C_u , profondità del bedrock). Ad ogni categoria, sono stati attribuiti i valori dei parametri dello spettro di risposta per la stima delle azioni sismiche di progetto. Questa classificazione è stata ripresa nel D.M. 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni).

La valutazione degli effetti sismici di sito riportata nella delibera di riferimento (d.g.r. 22 dicembre 2005 n. 8/1566 *"Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano*

di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12' e successive modifiche) prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio crescente:

- 1° livello: da realizzarsi in fase di pianificazione urbanistica;
- 2° livello: obbligatorio per i Comuni ricadenti in Zona Sismica 4 in aree classificate Z3 e Z4 solo per progettazione di edifici strategici e/o rilevanti;
- 3° livello: da realizzarsi, se necessario, in fase di progettazione

Lo Studio Geologico Comunale di Oggiono ha effettuato il primo livello di approfondimento sismico su l'intero territorio comunale inserendo il sito in esame nei seguenti scenari di pericolosità sismica:

- Z2a (zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti);
- Z4a (zone di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi).

Nel progetto definitivo si dettaglia l'analisi svolta per la valutazione dei coefficienti di amplificazione locale per le aree che richiedono uno studio di 2° livello. La caratterizzazione sismica locale dei terreni si è basata sulle prove geofisiche di tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) eseguite nel 2016 per la progettazione preliminare a cura dello Studio Georisk. In particolare, sono stati effettuati n. 2 stendimenti sismici dalla società Appli srl di Seriate (BG), l'ubicazione degli stendimenti è riportata in figura 11 del progetto definitivo (relazione geologico-geotecnica redatta da Etatec-Studio Paoletti).

Le indagini condotte hanno ricavato un assetto stratigrafico e dei valori di velocità delle onde S che corrisponde ad un terreno di tipo C per quanto riguarda il settore occidentale della vasca di laminazione mentre evidenze di terreno indicano la presenza di substrato roccioso a profondità di circa 20 metri da piano campagna compatibile con un suolo di tipo E nel settore orientale. I valori dei fattori di amplificazione ottenuti con il metodo semplificato illustrato nel progetto definitivo sono stati confrontati con i valori di soglia per terreni di tipo C e di tipo E proposti dalla normativa vigente per il comune di Oggiono, risultando inferiori sia per strutture alte e snelle, sia per strutture basse e rigide.

Pertanto, sia per strutture con periodo proprio nel range 0,1-0,5 s (strutture rigide e basse), sia per strutture con periodo proprio nel range 0,5- 1,5 s (strutture alte e snelle), la normativa nazionale è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla norma. In analogia con le ipotesi introdotte nel progetto definitivo sulla scorta delle evidenze litologiche e del grado di addensamento / consistenza di terreni, e pertanto sulla scorta di un criterio geologico e geotecnico, per la definizione dell'input sismico è stata adottata la categoria di sottosuolo D, più cautelativa rispetto alle categorie di sottosuolo C ed E.

2.4.1. Definizione dell'azione sismica di base

Con il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 sono state approvate le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni. La parte relativa alla determinazione delle azioni sismiche rappresenta una delle principali novità del nuovo testo normativo. Viene definitivamente abbandonato il concetto di "Zone Sismiche" e viene introdotto il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale.

La "pericolosità sismica di base" costituisce quindi l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alla progettazione strutturale dei manufatti. Il modello di riferimento per la descrizione del moto sismico in un punto della superficie del suolo è costituito dallo spettro di risposta

elastica costituito da uno spettro normalizzato considerato indipendente dal livello di sismicità, moltiplicato per il valore dell'accelerazione massima ($a_g \times S$) del terreno che caratterizza il sito di fondazione.

Gli spettri sono definiti in base a tre parametri fondamentali:

- ✓ a_g : accelerazione orizzontale massima del terreno;
- ✓ F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro;
- ✓ T_c^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione.

Questi parametri sono calcolati in funzione del "reticolo di riferimento". Sul territorio italiano è infatti stata individuata una maglia di circa 10 km di lato, associando a ciascun nodo la definizione di tali parametri. Partendo dai valori nei nodi, per ogni punto individuato sul territorio mediante le sue coordinate geografiche (longitudine, latitudine) e attraverso interpolazione, è possibile individuare i parametri di pericolosità sismica per un periodo di ritorno (T_R) assegnato. Il periodo di ritorno viene valutato in funzione della "Vita di Riferimento" (V_R) ed in base alla corrispondente probabilità del suo superamento allo stato limite che si intende verificare. La "Vita di Riferimento" (V_R) viene calcolata in funzione della "Vita Nominale" e del "Coefficiente d'uso" (C_u).

Per l'opera in esame sono stati assunti i seguenti parametri di definizione dell'input sismico:

- vita nominale delle opere (V_N) pari a 100 anni;
- classe d'uso III (coefficiente $C_u=1,5$): *"Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso".*
- Categoria sottosuolo: D
- Categoria topografica: T1 superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$

Il periodo di riferimento dell'azione sismica risulta pertanto pari a 150 anni.

I parametri per la definizione dell'azione sismica per i diversi stati limite di interesse sono stati definiti in accordo alle NTC08 con il supporto del programma online "GeoStru parametri sismici". I valori ottenuti confermano quando già riportato nel progetto definitivo.

Si riporta in **Figura 3** uno screen-shot del programma con i dati di input per la definizione dell'azione sismica, essi consistono nella pericolosità sismica di base su roccia (a_g , F_0 e T_c^*), un coefficiente stratigrafico (S_s), un coefficiente topografico (S_t) e un coefficiente in funzione della categoria (C_c) che modifica il valore del periodo T_c . A partire da tali coefficienti, come riportato al par. 3.2.3.2 delle NTC, si definisce lo spettro di risposta elastico in accelerazione per strutture con periodo fondamentale inferiore o uguale a 4,0 s.

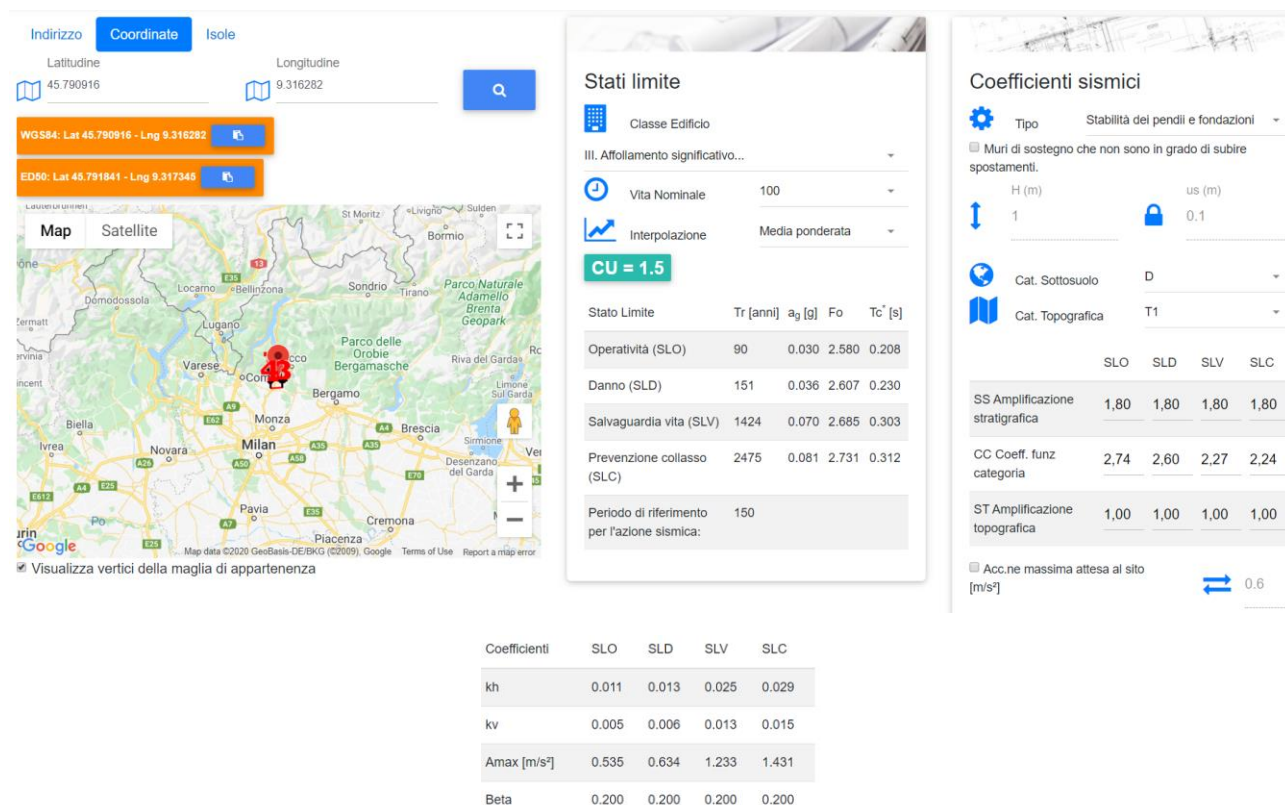


Figura 3: Parametri per la definizione dell'input sismico di riferimento

2.4.2. Criteri di esclusione verifica a liquefazione

Le NTC richiedono di verificare che il sito sul quale è ubicato il nuovo manufatto risulti stabile nei confronti della liquefazione. Ai sensi del par. 7.11.3.4.2 delle NTC 08 (DM 14/01/2008), le verifiche alla liquefazione possono essere omesse quando si manifesta almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1g
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100kPa.
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura 7.11.1° delle NTC (par. 7.11.3.4.2) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c^* < 3.5$ ed in figura 7.11.1b nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c^* > 3.5$

Nel caso in esame nel progetto definitivo si illustra in dettaglio come nessuna di queste condizioni sia verificata e pertanto si procede alle verifiche di liquefazione, che non risultano critiche per i siti di interesse. In merito al primo criterio sul limite di magnitudo, nel progetto definitivo si fa riferimento a una stima semplificata della magnitudo a partire dalla magnitudo e distanza delle zone sismogenetiche circostanti del modello areale delle sorgenti sismiche ZS9.

La magnitudo di riferimento per le verifiche a liquefazione in uno studio di pericolosità sismica viene definita grazie a un'analisi di disaggregazione della pericolosità. Tale analisi consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. Il progetto DPC-INGV S1 (Gruppo di Lavoro MPS, 2004) fornisce la disaggregazione della pericolosità sismica italiana. L'analisi di disaggregazione è stata condotta per 16852 siti corrispondenti ai nodi della griglia adottata per la redazione delle mappe di pericolosità sismica del territorio nazionale (Gruppo di Lavoro MPS, 2004, *Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma*). In particolare, sono stati disaggregati i valori mediani di scuotimento (relativi a suolo rigido), espresso in termini di accelerazione orizzontale di picco (PGA), corrispondenti a 9 periodi di ritorno (RP): 30, 50, 72, 100, 140, 200, 475, 1000 e 2500 anni. Per ciascun sito, i risultati sono stati restituiti in termini di distribuzioni M-R- ϵ da cui sono stati ricavati i valori medi e modali di tali parametri. Da questi sono state elaborate le mappe di M, R ed ϵ per l'intero territorio nazionale.

Sono stati estratti i risultati del progetto S1 per l'area di interesse per un periodo di ritorno di 2475 (stato limite SLC) e riportati in **Figura 4** e **Figura 5**. La moda della distribuzione è l'intervallo M 4.5-5, la media risulta pari a 4.99, si considera pertanto la magnitudo di riferimento inferiore a 5 e quindi la verifica a liquefazione non necessaria. Si noti che è stato considerato il periodo di ritorno pari a 2475 (ampiamente superiore allo stato limite SLV di riferimento) come ulteriore cautela nella valutazione considerando che la disaggregazione su roccia può fornire valori leggermente inferiori a quelli su terreno soffice. Alla luce di tali evidenze si possono escludere le verifiche a liquefazione con il primo criterio.

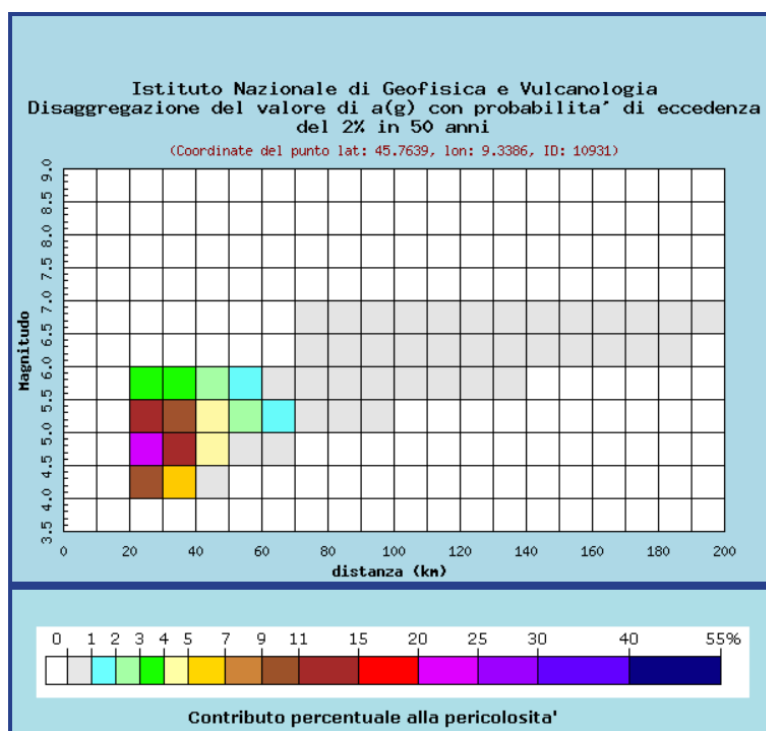


Figura 4: Risultato dell'analisi di disaggregazione del valore di pericolosità sismica al sito (Progetto S1)

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilit� di eccedenza del 2% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 45.7639, lon: 9.3386, ID: 10931)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	10.300	20.100	11.200	3.920	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	5.330	13.200	9.340	3.860	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.760	4.370	4.410	2.200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.944	2.000	1.220	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.092	1.020	0.978	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.353	0.745	0.097	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.084	0.612	0.506	0.100	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.007	0.321	0.455	0.096	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.143	0.344	0.075	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.047	0.223	0.052	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.128	0.036	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.072	0.027	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.035	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.990	35.900	1.820

Figura 5: Valori tabulari dell'analisi di disaggregazione del valore di pericolosit  sismica al sito (Progetto S1)

3. Indagini geologiche e geognostiche

In accordo con il progetto definitivo, per la definizione del modello geologico/geotecnico del sito in esame, si fa riferimento alle seguenti analisi pregresse effettuate in corrispondenza dell'area di laminazione in oggetto:

- Relazione geologico-geotecnica degli interventi di Sistemazione idraulica dei torrenti Bevera e Gandaloglio redatta dallo Studio Paoletti di Milano, su commissione della Regione Lombardia - Novembre 2001;
- Esecuzione di indagini geognostiche e redazione relazione geologica-geotecnica propedeutica al progetto preliminare della vasca di laminazione in progetto, redatta dallo Studio Georisk - marzo 2016.

Le analisi effettuate consistono in:

- n. 3 sondaggi a carotaggio continuo (prof. 15 m) nel 2001 e n. 3 sondaggi nel 2016;
- n. 8 prove SPT nel 2001 e n. 15 nel 2016;
- n. 2 prove di permeabilità tipo Lefranc nel 2001 e n. 3 nel 2016;
- prelievo di n. 7 campioni nel 2001 e n. 3 campioni indisturbati con campionatore Shelby nel 2016;
- n. 3 prove penetrometriche CTP di lunghezza 20 m nel 2016.
- n. 2 indagini geofisiche tipo MASW nel 2016;
- Prove di laboratorio geotecnico sui campioni indisturbati nel 2016:
 - n. 3 analisi di classificazione (umidità naturale, peso di volume naturale, peso di volume di granuli, granulometria setacci/sedimentazione, limiti di Atterberg);
 - n. 3 prove di consolidazione edometrica (ASTM D2435)
 - n. 3 prove di compressione triassiale UU (ASTM D2850)

I risultati delle indagini sono riportati nel progetto preliminare (Report indagini geologiche aprile 2016) mentre la loro ubicazione è indicata in Figura 6. La sintesi delle principali caratteristiche e risultati delle prove è riportata nei seguenti paragrafi come descritta nel progetto definitivo, minimi errori di trascrizione sono stati corretti in questa versione.

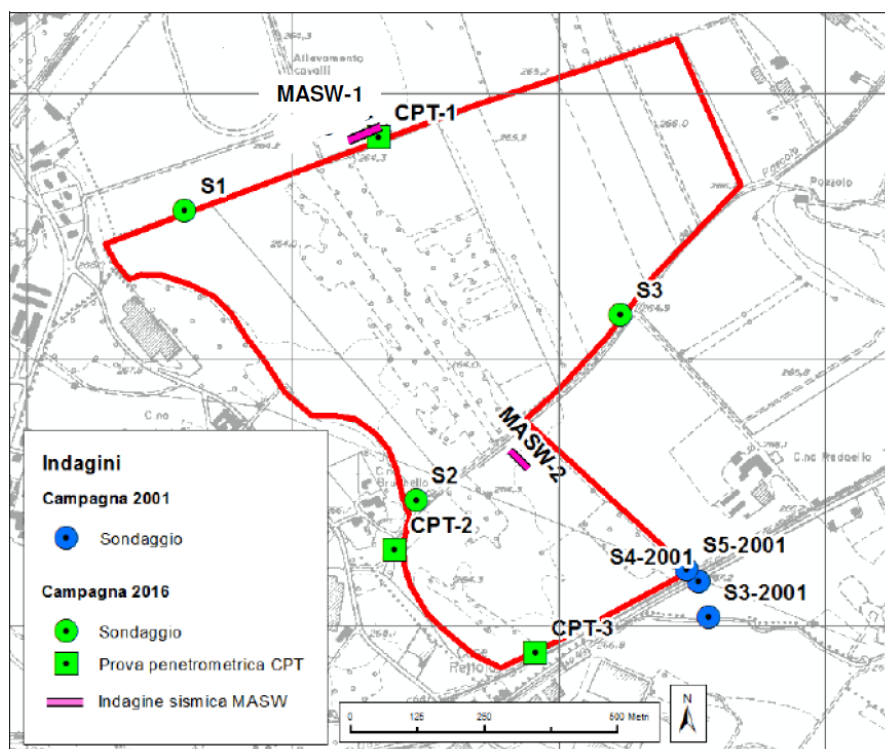


Figura 6 – Ubicazione indagini disponibili – non in scala

3.1. Sondaggi e prove penetrometriche

3.1.1. Sondaggi geognostici

Nel Marzo 2016 sono stati eseguiti 3 sondaggi verticali a carotaggio continuo dalla società GeoSer di Pavia fino alla profondità di 15 metri con carotiere semplice di diametro di 101 mm. In **Tabella 1** vengono illustrate le caratteristiche di ciascuno e il totale delle prove in foro realizzate. Vengono inoltre inseriti i dati relativi ai 3 sondaggi realizzati da Congeo nel 2001. Si noti come nei sondaggi del 2016 siano stati prelevati campioni di terreno indisturbati tramite campionatore Shelby, da sottoporre ad analisi di laboratorio mentre nei precedenti sono stati prelevati unicamente campioni disturbati.

CODICE	DATA	EST	NORD	QUOTA (m slm)	PROF. (m)	SOGG. FALDA (m)	n. SPT	n. CAMPIONI	n. LEFRANC
S1	16/03/2016	1524296	5070779	264.1	15.0	0.80	5	1 indisturbato	1
S2	14/03/2016	1524730	5070234	264.7	15.0	1.42	5	1 indisturbato	1
S3	15/03/2016	1525115	5070584	265.1	15.0	0.78	5	1 indisturbato	1
S3-2001	24/08/2001	1525281	5070014	265.9	15.0	265.9	2	2 disturbati	1
S4-2001	27/08/2001	1525264	5070082	265.4	15.0	265.4	3	2 disturbati	-
S5-2001	28/08/2001	1525241	5070104	265.4	15.0	265.4	3	3 disturbati	1

Tabella 1: Sondaggi geognostici e loro caratteristiche

I sondaggi sono riportati nella Tavola 2 allegata sulle sezioni geologiche elaborate nel progetto preliminare. Si riporta una breve sintesi delle stratigrafie di ogni sondaggio del 2016 in **Tabella 2**.

Sondaggio S1	
Prof. da p.c. attuale	Descrizione stratigrafica
0.00 - 0.80	Terreno di riporto con laterizi
0.80 - 1.50	Torba di colore grigio scuro/marrone scuro con presenza di materiale organico e livelli alterati in matrice sabbiosa fine-limosa, con sparsi ciottoli subarrotondati
1.50 - 3.00	Sabbia fine debolmente ghiaiosa di colore marrone/grigio scuro con locali ciottoli sub-arrotondati passante a sabbia fine di color grigio
3.00 - 14.80	Limo grigio debolmente argilloso di bassa consistenza. Da 3.0m a 3.10m sabbia finissima grigia
14.80 - 15.00	Sabbia fine poco addensata di colore grigio
Sondaggio S2	
Prof. da p.c. attuale	Descrizione stratigrafica
0.00 - 0.20	Terreno vegetale color marrone
0.20 - 1.00	Riporto antropico con laterizi
1.00 - 1.15	Torba di colore nero in matrice limosa, con ghiaia sparsa
1.15 - 1.50	Limo sabbioso di colore grigio con consistenza bassa
1.50 - 3.50	Sabbia media-grossa passante a sabbia limosa con locali livelli ghiaiosi, addensamento basso. Ciottolo metamorfico a 3 m
3.00 - 7.00	Limo debolmente sabbioso grigio di consistenza media. Ciottolo metamorfico a 4.5 m
7.00 - 11.20	Sabbia media ghiaiosa con locali livelli debolmente limosi
11.20 - 15.00	Ghiaia e sabbia grigia
Sondaggio S3	
Prof. da p.c. attuale	Descrizione stratigrafica
0.00 - 0.50	Terreno vegetale organico di color marrone scuro
0.50 - 0.90	Terreno agricolo limoso ben consistente con ghiaia arrotondata.
0.90 - 4.30	Sabbia ghiaiosa grigia passante a sabbia media a partire da 3 m
4.30 - 4.70	Sabbia fine
4.70 - 6.60	Limo debolmente sabbioso, debolmente argilloso
6.60 - 10.00	Sabbia fine limosa passante a limo debolmente sabbioso fine
10.00 - 15.00	Limo grigio con bassa consistenza

Tabella 2: Stratigrafie sondaggi 2016

La successione stratigrafica dell'area mostra dall'alto verso il basso la presenza di uno strato superficiale di riporto/terreno agricolo con spessore massimo di 1 metro, costituito da sabbie limose con ghiaia e laterizi, seguiti da uno strato di torba con contenuto organico di colore nero, in matrice sabbiosa fine, che raggiunge profondità fino a 3 m nel settore paludoso e nella Poncia. La successione comprende poi livelli sabbiosi medio-fini di colore grigio con grado di addensamento basso, localmente limosi, di spessore massimo di 5 metri seguiti da limo grigio con consistenza da media a bassa fino a fondo foro. Talvolta si rinvenivano sabbie ghiaiose e ghiaie con sabbia grigia da 9 metri di profondità, con grado di addensamento variabile tra basso e medio. Le misurazioni dei livelli di falda eseguita durante le campagne di indagini pregresse indicano la presenza di una falda superficiale con soggiacenza media di 0.8/1 metro (a piano campagna nei settori paludosi), con direzione di flusso orientata generalmente verso Ovest con gradiente estremamente basso, circa 0.2%.

Punto di misura	Soggiacenza falda (m)	Quota falda (m slm)
Sondaggio S1 -2016	0.30	263.30
Sondaggio S2 - 2016	1.42	263.28
Sondaggio S3 - 2016	0.73	264.32

Sondaggio 3 - 2001	1.43	264.42
Sondaggio 4 - 2001	1.45	263.90
Sondaggio 5 - 2001	1.55	263.87

Tabella 3: Elenco quote di falda ricavate dai sondaggi geognostici

Sulle carote estratte sono state realizzate in situ, previa scarificazione della parte superficiale, misure di resistenza al taglio non drenata Cu e di resistenza a compressione UCS tramite Vane Shear e Pocket Penetrometer. In **Tabella 4** vengono riportati i risultati ottenuti, tenendo presente che tali prove sono state eseguite su campioni rimaneggiati e pertanto devono considerarsi come riferimento di massima per la caratterizzazione geotecnica.

	PROFONDITÀ'	UCS Pocket Penetrometer	PROFONDITÀ'	Vane shear Cu Picco	Vane shear Cu residuo
	(m)	(kPa)	(m)	(kPa)	(kPa)
S1	6	<25	1.65	11.76	3.92
	6.2	<25	6.1	5.88	1.96
	6.4	<25	6.5	14.70	3.92
	6.6	<25	7	11.76	5.88
	7	<25	7.5	31.36	9.80
	7.5	125	8.25	3.92	1.96
	-	-	10.15	7.84	4.90
S2	1.5	50	4.1	80.36	23.52
	3.65	225	4.6	70.56	19.60
	3.9	275	5	121.52	19.06
	4.2	550	-	-	-
	4.5	500	-	-	-
	4.8	300	-	-	-
	5	400	-	-	-
S3	5.2	25	5.05	9.8	<1.00
	5.4	125	5.5	11.76	1.96
	5.6	50	5.8	17.64	3.92
	5.7	25	10.25	13.72	4.90
	5.8	25	10.9	13.72	3.92
	5.9	10	11.4	19.60	2.94
	8.5	150	12.3	13.72	2.94
	8.9	225	13	5.88	1.96
	9.2	25	13.4	13.72	2.94
	9.3	150	-	-	-
	9.7	100	-	-	-
	10.15	75	-	-	-
	10.4	50	-	-	-
	11.3	<25	-	-	-
	11.8	<25	-	-	-
	12.2	25	-	-	-
	12.5	25	-	-	-
	13	25	-	-	-

Tabella 4: Risultati misure effettuate con Pocket Penetrometer e Vane Test

3.1.2. SPT

Sono state eseguite n.15 prove penetrometriche dinamiche SPT all'interno dei fori dei sondaggi della campagna del 2016, 5 per ciascuno, a cui vengono aggiunte le 8 prove realizzate nei sondaggi del 2001. Le profondità sono comprese tra 1.5 e 9.5 metri. I risultati sono riassunti in **Tabella 5**.

SONDAGGIO	PROVA n.	PROF_DA	PROF_A	N _{SPT}
S1	1	1.50	1.95	2
S1	2	3.00	3.45	20
S1	3	4.70	5.15	2
S1	4	5.70	6.15	2
S1	5	7.50	7.95	3
S2	1	1.50	1.95	13
S2	2	3.20	3.65	27
S2	3	5.60	6.05	3
S2	4	7.50	7.95	15
S2	5	9.00	9.45	13
S3	1	1.50	1.95	2
S3	2	3.00	3.45	7
S3	3	4.50	4.95	20
S3	4	6.70	7.15	38
S3	5	7.50	7.95	2
S3-2001	1	4.50	4.95	19
S3-2001	2	5.90	6.35	81
S4-2001	1	3.00	3.45	1
S4-2001	2	4.50	4.95	13
S4-2001	3	6.00	6.45	77
S5-2001	1	3.50	3.95	26
S5-2001	2	4.50	4.95	21
S5-2001	3	6.00	6.45	31



Tabella 5: Elenco prove SPT e andamento numero colpi SPT con la profondità

3.1.3. Lefranc

Per quanto riguarda le prove di permeabilità dei terreni entro i fori di sondaggio, sono state eseguite n. 2 prove Lefranc durante l'indagine del 2001 e n. 3 prove durante le indagini del 2016. La procedura adottata è a Carico Variabile in cui previa saturazione della tasca di prova per qualche minuto, sono stati misurati gli abbassamenti del livello di acqua nel rivestimento per una durata di 30 minuti.

I risultati, riportati in Tabella 6, vengono illustrati per tipo di deposito:

- Depositi glacio-lacustri: per i termini ghiaioso-sabbiosi debolmente limosi il valore di permeabilità media è pari a $2 \cdot 10^{-5}$ m/sec mentre per il limo è di $8 \cdot 10^{-6}$ (con minimo di $5 \cdot 10^{-8}$);
- Depositi fluvioglaciali: l'unico valore misurato equivale a $1.1 \cdot 10^{-5}$ m/sec in sabbia fine ghiaiosa.

Sondaggio	Tipologia	Deposito	Profondità (m)	Lunghezza tasca (m)	Livello statico (m)	K (m/s)
S1	Carico variabile	Limo debolmente argilloso	7.0-7.5	0.50	0.80	4.8E-03
S2	Carico variabile	Sabbia fine ghiaiosa	6.75-7.15	0.50	0.95	1.1E-05
S3	Carico variabile	Limo	12.9-13.40	0.50	0.78	7.6E-06
S3-2001	Carico variabile	Ghiaia sabbioso-limosa	2.50-3.00	0.50	1.48	1.8E-05
S5-2001	Carico variabile	Ghiaia sabbioso-limosa	2.00-2.50	0.50	1.55	2.1E-05

Tabella 6: Risultati prove di permeabilità Lefranc

3.1.4. CPT

Nel 2016 sono state eseguite n. 3 prove CPT mediante un penetrometro Pagani TG63-200 secondo lo standard ISSMGE. I dettagli della realizzazione delle prove sono descritti nel progetto preliminare.

Le caratteristiche delle prove sono riassunte in **Tabella 7** e i risultati mostrati in **Figura 7**.

I risultati indicano andamenti della resistenza alla punta della prova CPT-1 coerenti con l'assetto stratigrafico locale (sondaggio S1), con valori di resistenza alla punta qc fino a 8 Mpa a 5 metri di profondità; dai 6 metri l'andamento è costante sui 0,5 Mpa, indicando resistenze molto basse associate a terreni limosi.

La qc nelle prove CPT-2 e CPT-3 si presenta molto variabile con la profondità, tra un minimo di 0.5 e un massimo 7 MPa; la variabilità è possibilmente associata ad alternanze di termini fini con strati più grossolani. Tra i 14,5 m e 16,5 m le resistenze della CPT-3 individuano un livello limoso. L'andamento della resistenza laterale presenta valore massimo di 1 Mpa a 4m di profondità nella prova CPT-2 e minimi associati alla prova CPT-1 con fs costante sul valore medio di 0.03 Mpa fino al fondo. Viene marcata una lente grossolana tra 12 e 14 metri dalle CPT-2 e CPT-3.

Prova	Est	Nord	Quota {m slm)	Profondità (m)
CPT-1	1524659	5070907	264.5	20.00
CPT-2	1524691	5070141	264.0	13.80
CPT-3	1524955	5069948	264.6	20.00

Tabella 7: Prove CPT eseguite

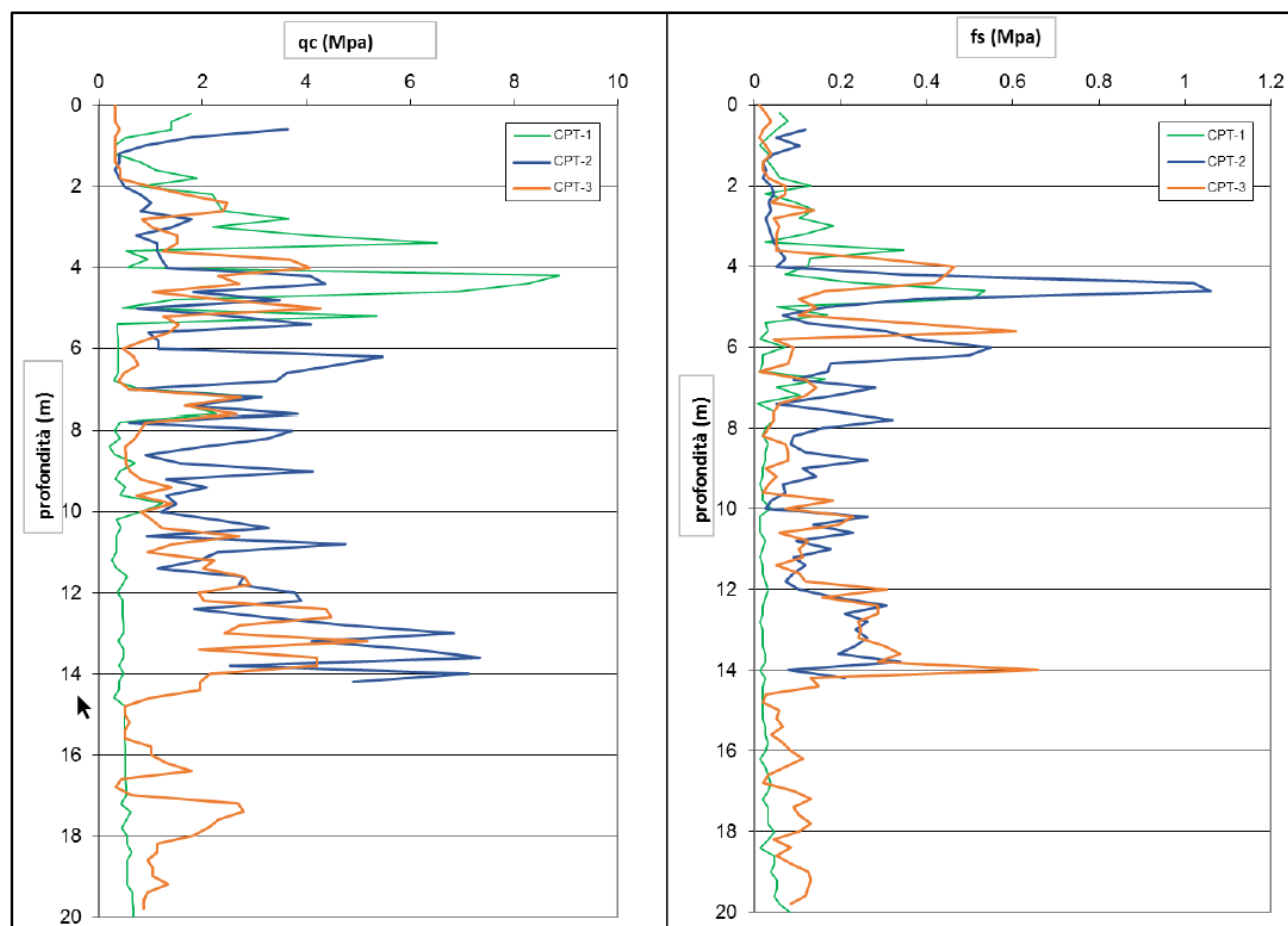


Figura 7: Diagrammi di resistenza alla punta (sinistra) e di attrito laterale (destra) delle prove CPT

3.2. Indagine geofisica – MASW

Nel 2016 è stata eseguita una campagna di indagini sismiche tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), per determinare il profilo di velocità delle onde di taglio V_s nei primi 30 metri di terreno. Sulla base del profilo di velocità è possibile ricavare una velocità media equivalente V_{s30} rappresentativa del sito in esame, che consente di classificare il suolo secondo la normativa sismica italiana vigente e le NTC. Sono stati eseguiti due stendimenti sismici: la linea MASW-1 ubicata all'interno del maneggio La Poncia lungo il suo confine meridionale e la MASW-2 in vicinanza al Fosso del Pascolo, al centro dell'area agricola. Il processing dei dati indica valori di V_{s30} rispettivamente pari a 279 e 319 m/sec. Tali valori sono stati considerati in fase di classificazione sismica descritta nel Capitolo 2.4.

3.3. Analisi di laboratorio

Sono stati prelevati n. 3 campioni indisturbati mediante campionatore Shelby in corrispondenza dei sondaggi S1, S2 e S3 riferiti al 2016 e sono stati sottoposti a prove del laboratorio. In fase di caratterizzazione, sono stati considerati anche i campioni disturbati prelevati dai sondaggi del 2001. I campioni sono sintetizzati in **Tabella 8**.

Codice campione	Sondaggio	Profondità prelievo (m)	Descrizione litologica	Tipologia campione
S1-1	S1	5.00-5.70	Limo con sabbia fine argillosa	Indisturbato
S2-1	S2	5.10-5.60	Limo con argilla	Indisturbato
S3-1	S3	6.00-6.70	Sabbia con limo argillosa	Indisturbato
S3-2G01-1	3	380-4.40	Sabbia ghiaiosa limosa	Disturbato
S3-2Q01-2	3	5.50-6.00	Sabbia con limo e argilla	Disturbato
S4-2DQ1-1	4	4 50-5.0	Sabbia debolmente limosa deb. ghiaiosa	Disturbato
S4-2Q01-2	4	5.70-6.00	Limo con argilla debolmente sabbioso	Disturbato
S5-2Q01-1	5	3.50-4.00	Sabbia limosa debolmente ghiaiosa	Disturbato
S5-2Q01-2	5	5.00-5.50	Limo ed argilla con sabbia	Disturbato
S5-2G01-3	5	11.60- 12_00	Limo con argilla	Disturbato

Tabella 8: Elenco campioni prelevati dai sondaggi

I paragrafi seguenti descrivono in dettaglio le tipologie di prova e i risultati ottenuti, i certificati dei test del 2016 sono raccolti nell'Allegato D della relazione geologica del progetto preliminare.

3.3.1. Analisi granulometrica

Gli standard utilizzati per la classificazione granulometrica corrispondono a ASTM D421- 07/D422-07. I risultati delle analisi realizzate nella campagna del 2001 (7 prove) e del 2016 (3 prove) vengono riassunti in **Tabella 9**. I campioni, appartenenti alla litozona glaciolacustre, si riferiscono sia a limi che a sabbie; la componente argillosa è pari a circa il 27% mentre la percentuale ghiaiosa è limitata al 4% (massimo 16%).

	GRANULOMETRIA			
Codice campione	Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla <%)
S1-1	0	28.4	53.9	17.8
S2-1	2.96	2.4	56.0	38.6
S3-1	0	48.3	34.0	17.7
S3-2001-1	15.9	71.1	13.0	
S3-2001-2	0	51.9	48.2	
S4-2001-1	6.9	85.6	7.6	
S4-2001-2	0	11.2	57.4	31.4
S5-2001-1	12	70.0	18.0	
S5-2001-2	0	29.2	70.8	
S5-2001-3	0	0.4	65.5	31.1

Tabella 9: Risultati analisi granulometrica

3.3.2. Peso di volume e umidità naturale

In **Tabella 10** vengono riportati i risultati inerenti alle analisi del peso di volume e all'umidità naturale eseguite sui campioni indisturbati prelevati nei sondaggi del 2016. I valori illustrano una media di peso di volume naturale di 19.6 KN/m^3 con peso specifico dei grani medio di 2.77 Mg/m^3 . L'umidità naturale

rappresenta il rapporto tra il peso di acqua contenuta nel terreno e il peso stesso del terreno secco. I valori di umidità mostrano una certa uguaglianza tra loro, con intervallo 20 - 24% e valore medio di 22.6%.

Codice campione	Peso di volume naturale γ_n (kN/m ³)	Peso specifico dei grani G_s (kN/m ³)	Umidità naturale (%)
S1-1	19.27	2.75	24.26
S2-1	19.66	2.82	23.48
S3-1	19.84	2.74	20.14

Tabella 10: Peso di volume e umidità naturale

3.3.3. Limiti di Atterberg

I limiti di Atterberg consentono di valutare le caratteristiche di consistenza delle terre coesive e la suscettività alle variazioni di contenuto d'acqua. In **Tabella 11** si riportano i risultati delle due campagne i quali indicano valori medi di Limite Liquido di 33% e 21% di limite plastico. Per quanto riguarda l'indice di plasticità i valori indicano una media di 18.0% (terreno plastico). Si segnala che per il campione S1-1 e S3-1 non è stato possibile misurare il limite plastico. In base alla classificazione USCS i campioni sono compresi nelle classi ML e CL descritte come limi e argille a bassa plasticità.

Campione	Descrizione litologica	Limite liquido LL (%)	Limite plastico LP (%)	Indice di plasticità IP=LL-LP (%)
S1-1	Limo con sabbia fine argillosa	20.6	N.P.	N.P.
S2-1	Limo con argilla	41.3	22.2	19.1
S3-1	Sabbia con limo argillosa	20.5	N.P.	N.P.
S4-2001-2	Limo con argilla debolmente sabbioso	39	21	18
S5-2001-2	Limo ed argilla con sabbia	36	20	16
S5-2001-3	Limo con argilla	40	21	19

Tabella 11: Limiti di Atterberg

3.3.4. Prove edometrica e triassiale UU

Le prove edometriche (standard ASTM D2435-96) sono state condotte per verificare l'entità dei cedimenti per consolidazione che potrebbero verificarsi a seguito del sovraccarico prodotto dal rilevato. I risultati indicano condizioni di normal consolidazione dei campioni e capacità di consolidamento relativamente contenute. La **Tabella 12** riporta i valori del modulo edometrico e del parametro C_v riferiti al gradino di carico da 50 a 100 kPa, che è quello più rappresentativo per la variazione di pressione indotta dall'argine. Le prove triassiali sono state realizzate in condizioni non drenate-non consolidate (UU, standard ASTM D2850) con pressioni di confinamento laterale pari a 50, 100 e 150 KPa. Il parametro ricavato dal test (**Tabella 12**) è rappresentato dalla resistenza al taglio non drenata C_u ottenuta dalla media tra gli stress minimi e massimo applicati $(\sigma_1 - \sigma_3)/2$.

Codice campione	Modulo edometrico a 100 kPa	C_v (cm ² /sec)	Compressione triassiale UU C_u (kPa)
S1-1	4.35 Mpa	0.00076	85.9
S2-1	8.47 Mpa	0.01471	108.7
S3-1	11.36 Mpa	0.00106	123.0

Tabella 12: Risultati prove edometriche e triassiali UU

4. Modello geologico e geotecnico

Nel progetto definitivo, a partire dall'analisi del preliminare, è stato elaborato il modello geologico e geotecnico dell'area, riportato in questo capitolo. Le sezioni geologico-tecniche di correlazione delle indagini svolte sono riportate nella Tavola 2 allegata, redatta dallo Studio Georisk per il progetto preliminare.

Le informazioni ottenute dal rilievo in sito e i risultati della campagna geognostica hanno consentito di definire 5 differenti unità geotecniche, costituite da strati suborizzontali variamente intercalati tra loro:

- **Unità UG0** (torba, terreni superficiali e di riporto - T, A, R): da piano campagna fino a 1.5 metri di profondità, comprende materiali eterogenei tra cui riporti antropici con laterizi e calcinacci, livelli torbosi decimetrici teneri, suolo superficiale organico/agricolo; grado di addensamento medio-basso; insaturo.
- **Unità UG1** (Depositi lacustri - SI): costituita da sabbie medio-fini limose grigie con spessori variabili tra 2 e 5 metri; grado di addensamento medio; satura.
- **Unità UG2a** (Depositi lacustri - Li): costituita da limi, limi sabbiosi e limi debolmente sabbiosi di colore grigio con spessori anche superiori a 15 metri; grado di consistenza molto basso; satura.
- **Unità UG2b** (Depositi lacustri - Li): costituita da limi, limi sabbiosi di colore grigio con locali livelli decimetrici di sabbia medio-fine avente anche superiori a 15 metri; grado di consistenza medio; satura.
- **Unità UG3** (Depositi fluvioglaciali - GS): costituita da sabbie ghiaiose e ghiaie con sabbia arrotondate, con locali intercalazioni di matrice debolmente limosa. Si incontra a partire da profondità minime di 2 metri e con spessori fino ad alcune decine di metri. Grado di addensamento medio; satura.

I parametri geotecnici associati a ciascuna unità sono stati ricavati dalle prove di laboratorio e dai risultati delle indagini in sito mentre i parametri fisici delle unità sono stati ricavati a partire dalle prove di laboratorio.

Unità geotecnica	Sondaggio/ Campione	Peso di volume naturale	Peso specifico dei grani	Contenuto di umidità	LL	LP	IP
	#	KN/m^3	Mg/m^3	%	%	%	%
UG1	S3-C1	19.84	2.74	20.14	20.5	-	-
UG2a	S1-C1	19.27	2.75	24.26	20.6	-	-
UG2b	S2-C1	19.66	2.82	23.48	39	21	18

Tabella 13: Risultati medi prove di laboratorio per unità stratigrafiche

Le caratteristiche di resistenza e deformabilità delle unità sono state dedotte in base a correlazioni di letteratura con le prove SPT e penetrometriche. Il valore medio di NSPT definito dalla statistica dei dati relativi a ciascuna UG è stato utilizzato per ricavare il valore di densità relativa D_r e dell'angolo di attrito efficace ϕ' tramite correlazioni di proposte in letteratura (Skempton 1986, Yoshida 1988, Schmertmann 1977 e Peck 1974). Il valore di coesione efficace c' è stato sempre considerato nullo conservativamente per tutte le unità. I valori medi SPT sono riassunti in **Tabella 14** e mostrati in **Figura 8**.

Unità geotecnica	N. prove	Profondità media (rn)	Minimo	Media	Massimo	Dev. St.
UGO	1	1.8	-	2	-	-
UG1	11	4.0	1	15	31	9
UG2a	5	6.7	2	3	7	2
UG2b	3	5.7	21	24	27	4
UG3	2	8.6	20	29	38	13

Tabella 14: Risultati statistici dei valori di N_{spt}

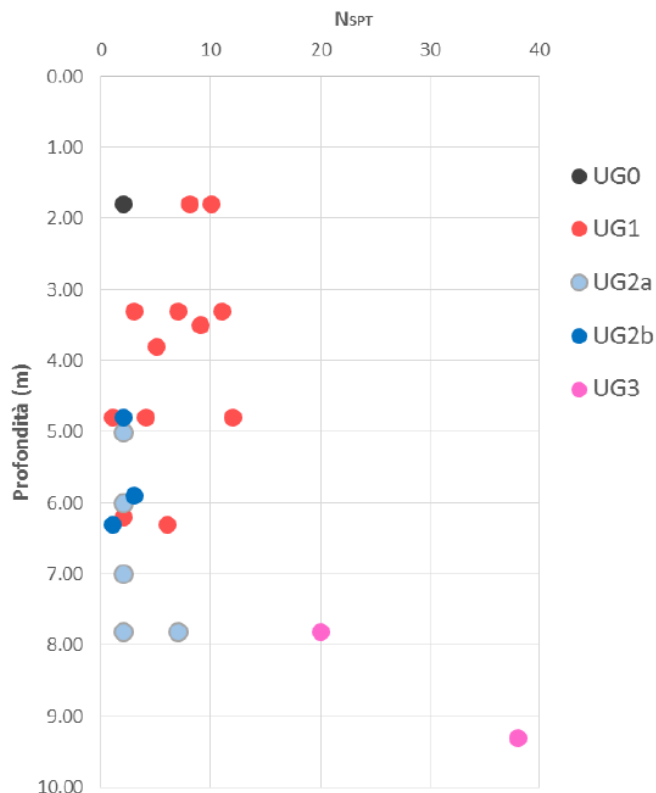


Figura 8: Valori medi SPT per unità geotecnica

Le prove CPT sono state utilizzate per determinare il valore di resistenza al taglio non drenata C_u dei terreni coesivi secondo la formulazione di Searle (1979) a partire dalla statistica dei valori di resistenza alla punta e di attrito laterale (Tabella 15).

Unità geotecnica	N. intervalli	Profondità media (m)	Qc (MPa)				fs (MPa)			
			Min.	Media	Max.	Dev. St.	Min.	Media	Max.	Dev.St.
UGO	29	1.1	0.31	0.81	3.64	0.74	0.01	0.04	0.13	0.03
UG1	35	3.7	0.36	2.65	8.88	2.22	0.03	0.16	0.54	0.15
UG2a	73	12.8	0.21	0.55	3.13	0.42	0.01	0.30	3.13	0.35
UG2b	41	10.5	0.39	1.00	2.70	0.60	0.01	0.70	6.20	0.84
UG3	91	10.7	0.33	2.50	7.33	1.60	0.02	1.55	10.80	1.71

Tabella 15: Risultati statistici dei valori di Q_c e f_s ottenuti da CPT

I moduli di deformazione elastica E_y sono stati calcolati in base alla correlazione proposta da Janbu (1967) per le prove SPT, mentre i moduli edometrici E_d sono stati definiti a partire dai risultati delle prove di consolidazione eseguite in laboratorio.

I parametri geotecnici di riferimento ricavati per ogni unità vengono riportati in **Tabella 16**.

Unità	Peso di volume naturale	Peso di volume saturo	Contenuto d'acqua	Densità relativa	Coesione efficace	Angolo d'attrito efficace	Coesione non drenata	Modulo elastico	Modulo edometrico
	γ_n (kN/mc)	γ_{sat} (kN/mc)	w (%)	Dr (%)	c' (kPa)	ϕ' (°)	c _u (kPa)	E _y (MPa)	E _d (MPa)
UG0	18.5	19.5	5	18	0	30	27	9	-
UG1	*I 9.8	19.8	20.14	50	0	32	105	25	11.36
UG2a	19.2	19.2	24.26	-	0	28	20	10	4.35
UG2b	19.6	19.6	23.48	-	0	32	65	20	8.47
UG3	*I 9.5	19.5	10	60	0	34	-	50	20

Tabella 16: Parametri geotecnici di riferimento

4.1. Caratteristiche dei rilevati

Relativamente al terreno delle opere arginali sono stati utilizzati i parametri riassunti in **Tabella 17**. Ai fini dell'ottenimento di tali valori si rimanda a quanto indicato al Capitolo 6.

RILEVATO				
Peso di volume γ_t (kN/m ³)	Peso di volume saturo γ_{sat} (kN/m ³)	Angolo di resistenza al taglio ϕ_k (°)	Coesione C' (kPa)	Coesione non drenata Cu (kPa)
19	21	28	10	60

Tabella 17: Parametri terreno rilevati

4.2. Sezioni geotecniche di riferimento

Come argomentato nel progetto preliminare, la complessità e variabilità delle relazioni tra le diverse UG nell'area in esame ha reso necessario considerare diversi modelli geotecnici di riferimento per le fondazioni dell'argine di contenimento della vasca di laminazione.

Sono state distinte 4 sezioni geotecniche, la cui distribuzione planimetrica approssimativa viene indicata in **Figura 9**:

- Sezione A: costituita da uno strato di 1m di UG0, 3m di UG1 e 20m di UG2a;
- Sezione B: costituita da uno strato di 1m di UG0, 3m di UG1 e 20m di UG2b;
- Sezione C: costituita da uno strato di 1.5m di UG0, 2m di UG1, 3.5m di UG2b e 20m di UG3;
- Sezione D: costituita da condizioni variabili tra quelle sopra indicate.

Rispetto al progetto preliminare e al definitivo la sezione C è stata leggermente modificata per essere più coerente con il sondaggio S2 in prossimità della sezione di verifica di interesse.

L'argine viene fondato direttamente sulla unità UG1 con una profondità della fondazione pari almeno allo spessore dello strato UG0. Nel caso di fondazioni superiori a 1m è stato considerato uno spessore dello

strato di torba UG0 pari a 1.5m in modo conservativo ai lati della fondazione. Il livello della falda è stato considerato cautelativamente pari a 0.5m massimo dell'oscillazione stagionale nell'area.

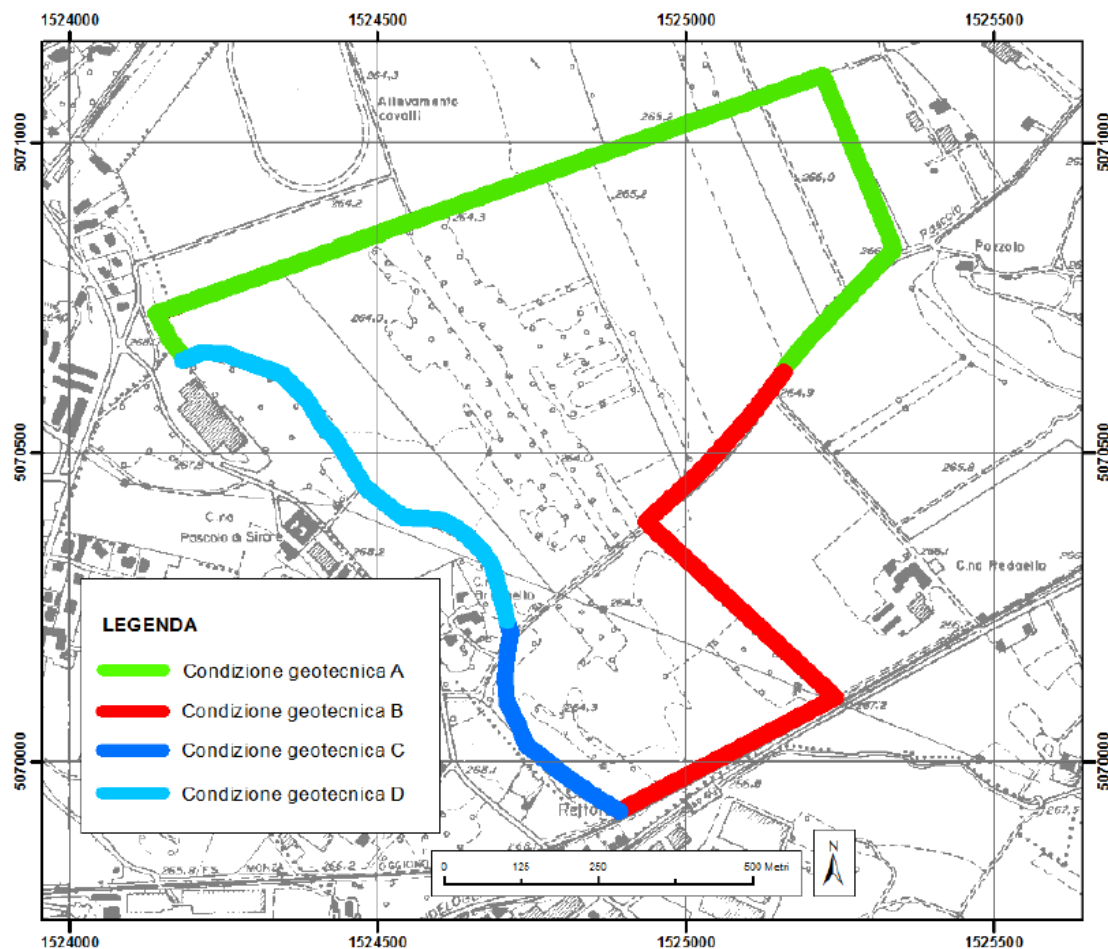


Figura 9: Distribuzione approssimativa delle sezioni geotecniche lungo il perimetro dell'argine

5. Verifiche geotecniche

Il progetto di un manufatto in materiali sciolti deve tenere conto dei requisiti prestazionali richiesti da normativa e delle caratteristiche dei terreni di fondazione.

Le verifiche SLU per opere di materiali sciolti devono essere effettuate secondo l'Approccio 1, Combinazione 2: (A2+M2+R2). La stabilità globale dell'insieme manufatto-terreno di fondazione deve essere studiata nelle condizioni corrispondenti alle diverse fasi, sia al termine della costruzione che in condizioni in esercizio.

In merito alle verifiche SLE (punto 6.8.3 NTC08), si deve verificare che i cedimenti del manufatto, dovuti alla deformazione dei terreni di fondazione dell'opera, siano compatibili con la sua funzionalità.

Nei seguenti paragrafi sono discusse la selezione delle sezioni più critiche per le verifiche, le verifiche di stabilità e la valutazione dei cedimenti e della capacità portante.

Per quanto concerne le verifiche al sifonamento si rimanda agli elaborati della parte idraulica (E02).

5.1. Definizione delle sezioni di verifica

Nel progetto definitivo sono state effettuate le verifiche SLU e SLE su 4 sezioni rappresentative dettagliate in **Tabella 18** e mostrate in **Figura 10**, tali sezioni sono state scelte come più rilevanti e quindi rappresentative delle condizioni più critiche per ciascuna delle aree di intervento con differente modello geotecnico.

Dalla relazione geologico-geotecnica del progetto definitivo tali sezioni risultano tutte verificate e con cedimenti compatibili con la tipologia di opera. Tenuto conto dei dimensionamenti e della progettazione in fase esecutiva è risultato necessario aggiungere le verifiche geotecniche su alcune sezioni potenzialmente critiche rispetto a quelle già verificate nel progetto definitivo.

Sono state selezionate in particolare due sezioni, identificate come "armata" e "non armata", come sezioni più critiche di queste due tipologie di argine.

Nel tratto caratterizzato dalla condizione geotecnica A (verdino chiaro in Figura), l'altezza massima dell'argine in terra armata nel progetto esecutivo è pari a 2m e la geometria e armatura sono state aggiornate, si sono pertanto ripetute le verifiche per l'ex sezione 3 del definitivo. Nel resto di questa relazione tale verifica sarà denominata "sezione armata" e la sua localizzazione è mostrata in **Figura 11**.

Per quanto riguarda la sezione non armata essa è collocata all'interno del tratto con condizione geotecnica C, tratto che non era stato verificato nel progetto definitivo e pertanto si è aggiunta tale sezione. Le sezioni non armate dell'argine Nord hanno altezze inferiori sia a quelle armate dell'argine Nord sia a quelle non armate della zona Sud-Ovest, pertanto non sono state ripetute altre verifiche già presenti nel progetto definitivo né risultano più critiche delle due sezioni già identificate.

La sintesi delle due sezioni verificate è illustrata in **Tabella 19** e la localizzazione di tali sezioni mostrata in **Figura 11**.

Sezione di verifica	Condizione geotecnica di riferimento	Altezza massima rilevato / tipologia	Note
Sezione 1	B	1,1 m (terra sciolta)	Appoggio profondità -1 m
Sezione 2	A	0,7 m (terra sciolta)	Appoggio profondità -1 m
Sezione 3	A	1,5 m (terra rinforzata)	Appoggio prof. -1,5 m
Sezione 4	A	2,5 m (terra sciolta)	Appoggio profondità -1 m

Tabella 18: Sintesi sezioni tipo di verifica progetto definitivo

Sezione di verifica	Condizione geotecnica di riferimento	Altezza massima rilevato / tipologia	Note
Sezione Armata	A	2 m (terra rinforzata)	Appoggio profondità -1,5 m
Sezione Non Armata	C	2 m (terra sciolta)	Appoggio profondità -1,5 m

Tabella 19: Sintesi sezioni verificate progetto esecutivo

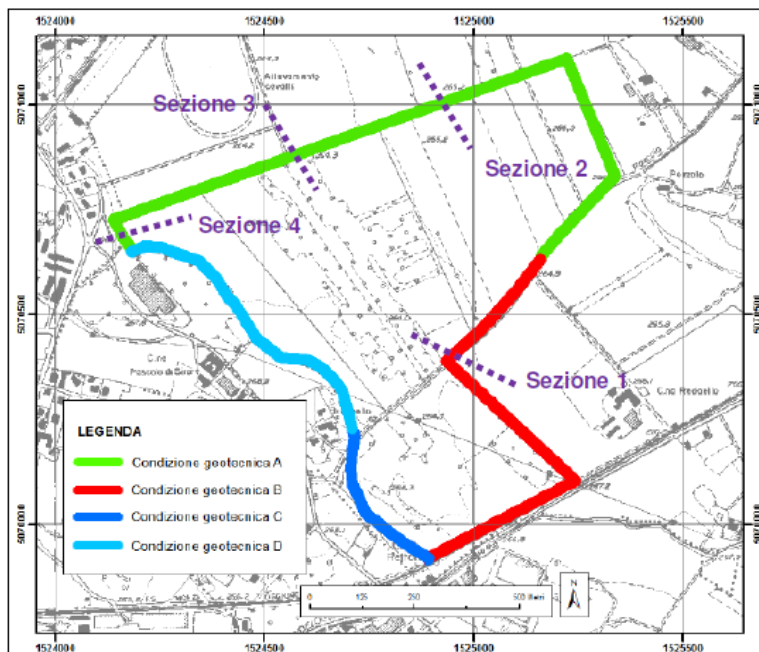


Figura 10: Ubicazione sezioni di verifica – progetto definitivo

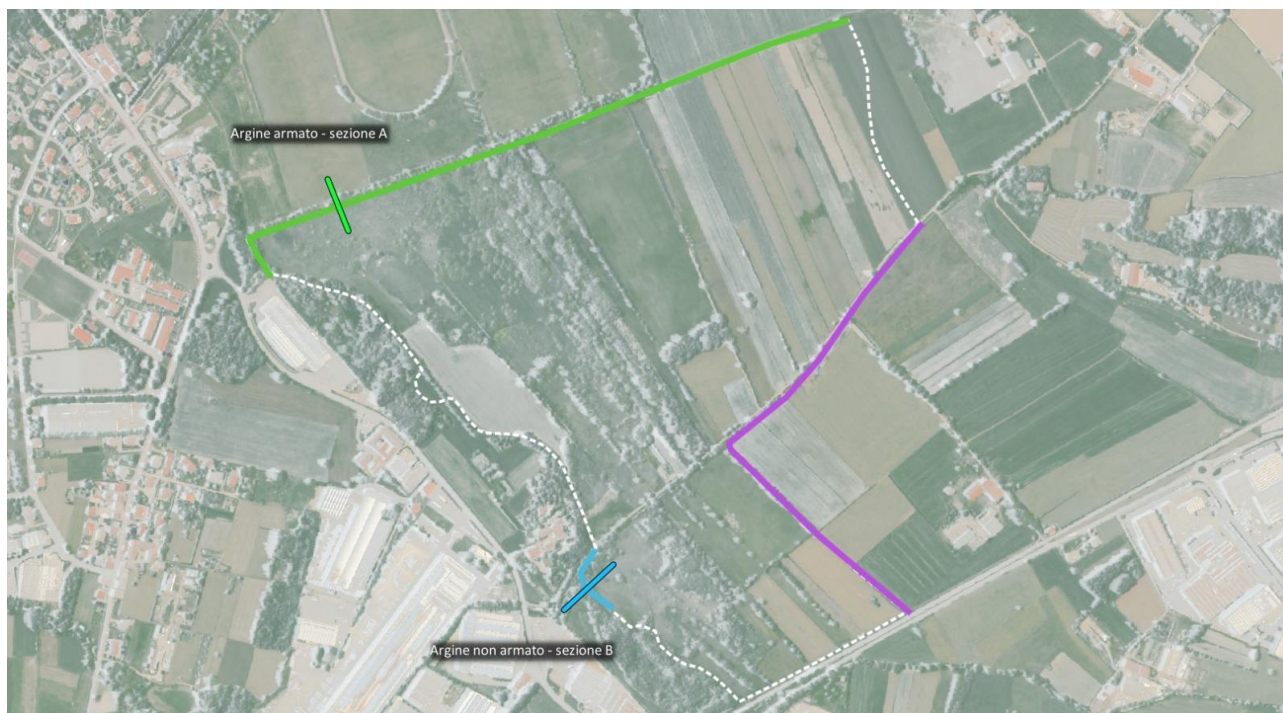


Figura 11: Sezioni selezionate per le verifiche geotecniche

5.2. Verifiche di stabilità

Le verifiche di stabilità conformemente a quanto previsto dal D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" al Par. 6.4.2.1 devono essere effettuate con l'Approccio 1:

- Combinazione 2: (A2 + M2 + R2).

dove i coefficienti parziali sono riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I (R2=1.1) della stessa Norma e qui riportate per comodità di consultazione.

Per quanto attiene la progettazione geotecnica dell'opera, la normativa vigente prevede di definire i valori caratteristici dei parametri geotecnici significativi. Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato.

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

Tabella 6.8.I – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.

Coefficiente	R2
γ_R	1.1

La combinazione di verifica A2+M2+R2 ha quindi imposto di considerare come parametri di progetto M2 del terreno quelli ottenuti riducendo i parametri geotecnici caratteristici delle unità geotecniche definite con i coefficienti parziali da normativa. Per la verifica deve essere soddisfatta la condizione $E_d < R_d$ ossia:

$$FS = \frac{R_d}{E_d} \geq 1$$

Dove $R_d = \left(\frac{R_k}{\gamma_d}\right) \left(\frac{1}{\gamma_R}\right)$

con R_d : resistenza di progetto R_k : resistenza caratteristica (parametri geotecnici caratteristici).

Le verifiche di stabilità globale sono state eseguite sia sul lato vasca sia sul lato campagna del rilevato arginale in progetto.

La stabilità è stata verificata nelle seguenti condizioni:

- a termine costruzione (serbatoio vuoto);
- a serbatoio pieno con il livello di massimo invaso posto a -0,50 m dal ciglio del rilevato;
- a seguito di rapido svaso.

Le verifiche sono state svolte in condizioni statiche ed in condizioni sismiche, sia in condizioni drenate (lungo termine) che in condizioni non drenate (breve termine). Per ogni sezione sono state verificate 24 combinazioni. Analisi di sensitività sono state svolte sul livello della falda e di massimo invaso per verificare che non vi fossero condizioni critiche non verificate.

Per le verifiche della stabilità è stato utilizzato il software Slope 2020 di Geostru che effettua l'analisi di stabilità dei pendii in terra con i metodi all'equilibrio limite. In analogia con il progetto definitivo è stato utilizzato il *metodo di Spencer* (1967), che divide il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno.

Per le verifiche in condizioni sismiche (adottato il metodo pseudo-statico), sono stati considerati i parametri di amplificazione k_h e k_v (SLV) ricavati dall'inquadramento sismico sito dipendente per la categoria di sottosuolo D e la categoria topografica T1. Nel caso specifico i parametri sismici sono: $k_h = 0,025$ e $k_v = 0,013$.

Nelle verifiche si è considerato il carico equivalente di un mezzo di manutenzione o soccorso posto in sommità del rilevato. Questo carico, a differenza di quanto effettuato nel progetto definitivo, è stato modellato come due carichi concentrati a distanze di 2.5m, simmetrici rispetto all'asse dell'argine. I due carichi concentrati sono di 20 kN ciascuno. Verrà poi predisposta in fase di realizzazione dell'opera opportuna cartellonistica per la definizione del peso massimo dei mezzi che possono percorrere la strada in sommità argine.

Adottando i coefficienti A2 della normativa i carichi utilizzati sono quindi i seguenti:

- Condizione statica:
mezzo manutenzione o soccorso: 2 carichi concentrati pari a $Q = 20\text{kN} \times 1,3 = 26\text{kN}$
- Condizione sismica:
mezzo manutenzione o soccorso: 2 carichi concentrati pari a $Q = 20\text{kN} \times 1,0 = 20\text{kN}$

L'armatura dell'argine è stata modellata tramite l'introduzione di geosintetici nel programma Slope. La tipologia di geosintetico considerato nelle analisi è XGRIDPET PVC 40/30 caratterizzati da una resistenza a trazione di lungo termine pari a 23,55kN/m.

5.2.1. Risultati Sezioni progetto definitivo

Si riportano per comodità di consultazione i risultati delle verifiche di stabilità delle sezioni del progetto definitivo (da **Tabella 20** a **Tabella 23**), per i dettagli delle sezioni e dei carichi modellati si rimanda alla relazione specifica. Le verifiche effettuate hanno ricavato coefficienti di sicurezza nei vari scenari e condizioni di analisi superiori a 1, con i valori nelle condizioni drenate generalmente inferiori a quelli non drenati. Si noti che i valori di F_s riportati sono già decurtati del fattore R_d pari ad 1,1.

SEZIONE 1				
CARICO SOMMITÀ DELL'ARGINE : MEZZO DI MANUTENZIONE E SOCCORSO				
CONDIZIONE	AZIONE SISMICA	LATO	Fs min breve termine	Fs min lungo termine
fine opera → serbatoio vuoto	SENZA	lato vasca	4,35	1,73
		lato campagna	idem	idem
	CON	lato vasca	4,60	1,79
		lato campagna	idem	idem
Serbatoio pieno	SENZA	lato vasca	4,28	1,26
		lato campagna	4,08	1,44
	CON	lato vasca	4,62	1,43
		lato campagna	4,33	1,62
Rapido svaso	SENZA	lato vasca	3,93	1,43
		lato campagna	4,08	1,45
	CON	lato vasca	4,23	1,57
		lato campagna	4,28	1,59

Tabella 20: Risultati verifiche di stabilità Sezione 1 progetto definitivo

SEZIONE 2				
CARICO SOMMITÀ DELL'ARGINE : MEZZO DI MANUTENZIONE E SOCCORSO				
CONDIZIONE	AZIONE SISMICA	LATO	Fs min breve termine	Fs min lungo termine
fine opera → serbatoio vuoto	SENZA	lato vasca	4,45	1,81
		lato campagna	idem	idem
	CON	lato vasca	4,67	1,61
		lato campagna	idem	idem
Serbatoio pieno	SENZA	lato vasca	4,81	1,25
		lato campagna	3,99	1,64
	CON	lato vasca	4,78	1,29
		lato campagna	4,43	1,83
Rapido svaso	SENZA	lato vasca	4,32	1,69
		lato campagna	3,99	1,60
	CON	lato vasca	4,50	1,55
		lato campagna	4,42	1,67

Tabella 21: Risultati verifiche di stabilità Sezione 2 progetto definitivo

SEZIONE 3				
CARICO SOMMITÀ DELL'ARGINE : MEZZO DI MANUTENZIONE E SOCCORSO				
CONDIZIONE	AZIONE SISMICA	LATO	Fs min breve termine	Fs min lungo termine
fine opera → serbatoio vuoto	SENZA	lato vasca	4,14	2,19
		lato campagna	idem	idem
	CON	lato vasca	5,78	2,27
		lato campagna	idem	idem
Serbatoio pieno	SENZA	lato vasca	4,12	1,90
		lato campagna	4,10	1,95
	CON	lato vasca	5,06	2,27
		lato campagna	4,69	2,34
Rapido svaso	SENZA	lato vasca	4,10	1,94
		lato campagna	4,10	1,95
	CON	lato vasca	4,69	2,11
		lato campagna	4,69	2,34

Tabella 22: Risultati verifiche di stabilità Sezione 3 progetto definitivo

SEZIONE 4				
CARICO SOMMITÀ DELL'ARGINE : MEZZO DI MANUTENZIONE E SOCCORSO				
CONDIZIONE	AZIONE SISMICA	LATO	Fs min breve termine	Fs min lungo termine
fine opera → serbatoio vuoto	SENZA	lato vasca	2,70	1,42
		lato campagna	idem	idem
	CON	lato vasca	2,77	1,43
		lato campagna	idem	idem
Serbatoio pieno	SENZA	lato vasca	2,86	1,08
		lato campagna	2,68	1,24
	CON	lato vasca	3,04	1,05
		lato campagna	2,76	1,24
Rapido svaso	SENZA	lato vasca	2,68	1,07
		lato campagna	2,68	1,24
	CON	lato vasca	2,76	1,04
		lato campagna	2,72	1,21

Tabella 23: Risultati verifiche di stabilità Sezione 4 progetto definitivo

5.2.2. Risultati sezioni armata e non armata

I risultati delle verifiche di stabilità sulla sezione armata e non armata sono riportati rispettivamente in **Tabella 24** e **Tabella 25** in termine di fattore di sicurezza al netto del fattore R_d pari ad 1,1. I risultati ottenuti sono in linea con quanto già descritto nel progetto definitivo, dove generalmente la condizione drenata (FS a lungo termine) risulta più critica per la verifica. Il valore minore di FS è stato ottenuto per la sezione armata ed è pari a 1,22 dove un valore pari a 1 è sufficiente per il superamento della verifica. Generalmente la sezione non armata presenta valori del coefficiente di sicurezza maggiori rispetto alla sezione armata. La resistenza a trazione dei geosintetici viene completamente mobilitata nei conci in cui la superficie critica attraversa il geosintetico. Il loro contributo risulta pertanto rilevante per la verifica di stabilità globale. Il report di calcolo di tutte le analisi eseguite è presentato nell'allegato A con una breve introduzione teorica del metodo utilizzato.

SEZIONE ARMATA				
Condizione	Azione sismica	Lato	FS (breve termine)	FS LT (lungo termine)
fine opera serbatoio vuoto	senza	vasca	2,78	3,07
		campagna	idem	idem
	con	vasca	5,12	1,93
		campagna	idem	idem
serbatoio pieno	senza	vasca	2,33	2,41
		campagna	2,78	1,81
	con	vasca	5,05	2,37
		campagna	5,12	1,43
rapido svaso	senza	vasca	2,78	1,64
		campagna	2,78	2,85
	con	vasca	5,12	1,22
		campagna	5,12	1,43

Tabella 24: Risultati verifiche di stabilità – Sezione Armata

SEZIONE NON ARMATA				
Condizione	Azione sismica	Lato	FS (breve termine)	FS LT (lungo termine)
fine opera serbatoio vuoto	senza	vasca	4,6	1,69
		campagna	idem	idem
	con	vasca	4,55	1,75
		campagna	idem	idem
serbatoio pieno	senza	vasca	5,41	1,93
		campagna	4,6	1,69
	con	vasca	5,33	1,97
		campagna	4,55	1,75
rapido svaso	senza	vasca	4,6	1,67
		campagna	4,6	1,69
	con	vasca	4,55	1,73
		campagna	4,55	1,75

Tabella 25: Risultati verifiche di stabilità – Sezione Non Armata

5.3. Carico limite e valutazione dei cedimenti

Per quanto riguarda la progettazione di fondazioni superficiali miste, la normativa di riferimento per il progetto (NTC08) richiede la verifica dello stato limite ultimo di tipo geotecnico per:

- collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno
- collasso per scorrimento sul piano di posa
- stabilità globale

In questo capitolo si discutono i risultati per le verifiche di carico limite del sistema fondazione-terreno, la stabilità globale è già stata discussa nel capitolo precedente mentre non è stata fornita azione orizzontale e pertanto non è stato possibile procedere a verifica allo scorrimento. Si noti che, vista la conformazione geometrica del rilevato e l'incastro della fondazione non si ritiene lo scorrimento problematico ai fini del soddisfacimento delle verifiche.

Nelle seguenti analisi, a titolo cautelativo non è stato considerato il contributo di resistenza del geosintetico alla base del rilevato, né l'influenza del procedimento di addensamento del piano di posa, imposta dalle lavorazioni.

Ai fini delle verifiche geotecniche con il metodo semiprobabilistico agli stati limite, secondo quanto definito nella normativa vigente (NTC08), è previsto che sia verificata la seguente disequazione per il caso SLU:

$$Ed \leq Rd$$

ove Ed è il valore di progetto dell'azione e Rd il valore di progetto della resistenza. Le verifiche nei confronti degli stati limite ultimi sono state condotte adottando l'Approccio 2 il quale prevede una unica combinazione, così definita: A1+M1+R3

Per le verifiche SLE dev'essere verificata la seguente disequazione:

$$Ed \leq Cd$$

ove Ed è il valore di progetto dell'effetto dell'azione e Cd il prescritto valore limite dell'effetto delle azioni.

I coefficienti parziali per le azioni ed i parametri geotecnici, come definiti nella normativa di riferimento, corrispondono alle tabelle già riportate nel Capitolo 5.2, si riporta qui inoltre la tabella 6.4.I delle NTC08 per la capacità portante delle fondazioni superficiali.

Tabella 6.4.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

Per la valutazione del carico limite sono state introdotte le seguenti assunzioni:

- Fondazione assimilabile a striscia continua (platea);
- Piano di posa sito alla base dell'orizzonte UG0;
- Larghezza fondazione pari a larghezza rilevato come da sezioni di progetto;
- Presenza di falda;
- Condizioni drenate / non drenate;

- Calcolo capacità portante come valore minimo fra quelle stimate fra le varie metodologie disponibili (Hansen, Terzaghi, Meyerhof, Vesic, EC-8, Meyerhof and Hanna)
- Correzione sismica mediante formulazione di Paolucci & Pecker;
- Combinazione di carico A1+M1+R3
- Azione di progetto in sommità rilevato pari a 31 KPa.

Il carico alla sommità del rilevato è stato considerato pari a 31 KPa in analogia a quanto introdotto nel progetto definitivo per la stima del peso di un mezzo di manutenzione/soccorso. Si noti che, data la tipologia dell'opera, l'adozione di tale carico è cautelativa. Il software utilizzato per la stima del carico limite è Loadcap di Geostru, tale software permette anche la stima dei cedimenti con il metodo edometrico.

La stima dei cedimenti è stata effettuata per entrambe le sezioni selezionate (armata e non). Relativamente al rilevato, non sono stati considerati i geosintetici e si è assunto un peso di volume pari a 1,9 t/m³. Il piano di posa (incastro) della fondazione è stato considerato a 1,5m di profondità, così da poggiare la fondazione sul terreno UG1.

I parametri geotecnici dei terreni naturali sono quelli delle varie unità ricavate dalle indagini nelle diverse zone e già presentati nel capitolo 4. Per il terreno UG3 dove non è stato possibile caratterizzare alcuni parametri geotecnici in assenza di prove di laboratorio specifiche sono stati assunti i parametri dello strato UG1. Relativamente alla determinazione del grado di consolidazione OCR (rapporto fra pressione di preconsolidazione e tensione verticale efficace attuale), che rappresenta la storia tensionale del deposito, è stato utilizzato (a favore di sicurezza) un valore unitario (OCR = 1).

Le verifiche sono state effettuate utilizzando un sovraccarico in termini di pressione imposta sul rilevato pari a 3,1 t/m², coerentemente con quanto applicato per la stima del carico limite. Il carico di progetto derivante dal peso proprio del rilevato e dal sovraccarico è stato ricavato grazie alla routine 'Embankment' del programma Loadcap.

Come già effettuato nel progetto definitivo, sono stati stimati i cedimenti totali teorici attesi per la tipologia di fondazione ipotizzata, secondo la teoria della consolidazione edometrica, utilizzando i dati derivanti dalle prove edometriche disponibili. Si è poi calcolato anche il cedimento al centro del rilevato utilizzando l'apposito modulo 'Embankment' del software Loadcap. Tra i due valori ricavati, si è assunto il valore più limitante. Si ricorda che le analisi svolte sono una stima cautelativa del cedimento, non essendo stato considerata la presenza del geosintetico alla base del rilevato nè le operazioni di preparazione ed addensamento del piano di posa del rilevato.

Nel seguente paragrafo 5.3.1 sono riportati i risultati delle sezioni esaminate nel progetto definitivo mentre nel paragrafo 5.3.2 i risultati ottenuti per la sezione armata e non.

5.3.1. Risultati Sezioni progetto definitivo

In **Tabella 26** si riportano i risultati delle stime di carico limite come calcolate da progetto definitivo mentre in **Tabella 27** sono sintetizzati gli esiti delle verifiche SLE in termini di cedimenti, riportando i casi più limitanti.

Sezione di riferimento	Condizioni	Statico Dinamico	Carico limite Q _{ult} (KPa)	Resistenza progetto R _d (KPa)
SEZIONE 1	Drenate	Statico	1056	459
		Sismico	1042	561
	Non drenate	Stat/Sism	478	207
SEZIONE 2	Drenate	Statico	814	354
		Sismico	802	349
	Non drenate	Stat/Sism	465	202
SEZIONE 3	Drenate	Statico	838	364
		Sismico	825	358
	Non drenate	Stat/Sism	436	189
SEZIONE 4	Drenate	Statico	877	381
		Sismico	863	375
	Non drenate	Stat/Sism	273	118

Tabella 26: Sintesi verifiche SLU/SLV- Carico limite – progetto definitivo

Sezione di riferimento	Condizioni	Tipologia calcolo	Valore (mm)	Ced. Totale (mm)
SEZIONE 1	Statiche	Edometrico	75	80
		Rilevati	56	
	Sismiche		5	
SEZIONE 2	Statiche	Edometrico	47	123
		Rilevati	77	
	Sismiche		46	
SEZIONE 3	Statiche	Edometrico	59	127
		Rilevati	74	
	Sismiche		53	
SEZIONE 4	Statiche	Edometrico	136	185
		Rilevati	108	
	Sismiche		49	

Tabella 27: Sintesi verifiche SLE/SLD – cedimenti stimati - progetto definitivo

5.3.2. Risultati Sezioni armata e non armata

I risultati delle verifiche SLU a carico limite per la sezione armata e non sono riportati in **Tabella 28**, in entrambi i casi tali verifiche risultano superate con fattori di sicurezza maggiori di 2. Rispetto ai risultati del progetto definitivo si osservano valori del carico limite in linea o inferiori, ciò è principalmente dovuto all'introduzione fra i metodi utilizzati di alcuni più conservativi che portano a stime inferiori di Q_{lim} (ad. esempio Meyerhof and Hanna). Il dettaglio degli aspetti teorici dei metodi considerati e il report di calcolo sono riportati nell'Allegato B. Nell'allegato B sono riportate anche le verifiche a liquefazione con metodo semplificato in accordo con quanto svolto nel progetto definitivo. Seppure tali verifiche non siano necessarie per il primo criterio di esclusione, è stato verificato che i terreni in questione non mostrassero criticità.

La **Tabella 29** presenta la stima dei cedimenti ottenuti per entrambe le sezioni. La sezione armata presenta il cedimento stimato più elevato dell'ordine di 16 cm totali (componente statica più sismica). Questa stima si presume essere conservativa in quanto non è stato tenuto conto del geosintentico e dell'addensamento del terreno durante la lavorazione dell'argine. Questa entità di cedimento viene ritenuta compatibile con le condizioni di esercizio dell'opera.

CARICO LIMITE						
Sezione	Condizione	Tipo	Q_{lim} (kN/m ²)	R_d (kN/m ²)	E_d (kN/m ²)	F_{smin}
Armata	Drenata	statico	675	294	63	2,8
		sismico	675	294		
	Non drenata	stat/sismico	402	175		
Non Armata	Drenata	statico	600	261	56	2,2
		sismico	600	261		
	Non drenata	stat/sismico	283	123		

Tabella 28: Sintesi verifiche SLU/SLV- Carico limite – Sezione Armata e Non Armata

CEDIMENTI				
Sezione	Condizione	Tipo	Valore (mm)	Totale (mm)
Armata	statica	edometrico	94	157
		rilevato	105	
	sismica		52	
Non Armata	statica	edometrico	43	114
		rilevato	37	
	sismica		71	

Tabella 29: Sintesi verifiche SLE/SLD – cedimenti stimati – Sezione Armata e Non Armata

6. Prescrizioni sulla costruzione dei rilevati

Con riferimento alla classificazione contenuta nelle norme CNR UNI 10006, le terre preferibilmente da utilizzare dovranno essere di tipo argilloso e limoso (classi A-4, A-6) o sabbie limose/argillose (A2-6 e A2-7), con contenuto minimo di sabbia pari al 15% e con indice di plasticità inferiore a 25. In casi di accertata impossibilità di utilizzare la tipologia di materiali sopra riportata è facoltà della Direzione Lavori di accettare materiale differente, ferma restando la necessità di effettuare le verifiche geotecniche di legge utilizzando i parametri riferiti al materiale utilizzato, sia in termini di resistenza che di permeabilità che dovrà essere medio-bassa. Non si dovranno in ogni caso utilizzare le materie organiche e le sabbie pulite. Il materiale posto in opera dovrà avere valori del peso in volume allo stato secco pari al 95% del peso di volume secco ottenuto nella prova di compattazione Proctor normale, con tolleranza di $\pm 1\%$. La corrispondente umidità dovrà avere i valori compresi fra $\pm 2\%$ dell'umidità ottimale ottenuta nella suddetta prova di compattazione. Definita anche la percentuale di umidità, questa dovrà essere mantenuta costante con una tolleranza di $\pm 1\%$. Il materiale da usarsi per il rivestimento delle scarpate dei rilevati dovrà essere terreno agrario, vegetale, proveniente da scotico. Dovrà essere a reazione neutra, sufficientemente dotato di sostanza organica e di elementi nutritivi, di medio impasto e comunque adatto a ricevere una coltura erbacea o arbustiva permanente. I parametri del rilevato assunti per le verifiche geotecniche sono stati illustrati nel Capitolo 4.1 e dovranno essere garantiti per considerare valide tali verifiche.

Nelle aree di impronta dei nuovi argini di progetto sono previste le seguenti lavorazioni.

- Asportazione del terreno vegetale, degli apparati radicali e predisposizione di uno scavo di cassonetto di altezza non inferiore a 50 cm. Il terreno vegetale dovrà essere accantonato all'interno dell'area di cantiere per il successivo rivestimento degli argini.
- Andrà completamente asportato lo spessore di terreni costituito dall'unità A (terreno agricolo limoso-ghiaioso) e T (livelli torbosi in matrice sabbiosa fine, strato UG0), di cui viene indicato, dalle indagini disponibili e fornite dalla Committenza, uno spessore variabile da punto a punto e su valori medi di 1,0 m.
- I terreni presenti sul fondo scavo dovranno essere addensati mediante passaggi con rullo statico.
- Dovrà essere posato sul fondo un geosintetico con funzione di separazione e rinforzo. Viene consigliato un geotessile non tessuto associato a geogriglia biorientata (peso unitario geotessuto non inferiore a 165 g/mq + geogriglia biorientata con resistenza a trazione non inferiore a 30 kN/m);
- Si potrà quindi procedere alla messa in opera dei terreni per la formazione degli argini. Il terreno sarà messo in opera per strati il cui spessore finito non sia superiore a 30 cm. Ogni strato andrà adeguatamente compattato.

In linea generale il costipamento dei terreni fini risulta di maggiore efficacia se effettuato con rulli cilindrici associati a rulli a piedi costipanti.

Prima dell'accettazione dei terreni da utilizzare per la realizzazione degli argini si dovranno analizzare alcuni campioni rappresentativi. I campioni di terreno saranno innanzitutto classificati: sarà individuata la curva granulometrica che caratterizza ogni campione, verranno valutati i limiti di Atterberg (in particolare modo il limite liquido e l'indice di plasticità) e l'indice di gruppo. Saranno poi eseguite le prove necessarie per la determinazione della resistenza al taglio e dell'optimum Proctor.

La verifica del rispetto delle prescrizioni di costipamento in corso d'opera sarà effettuata mediante la misura della densità secca in sito. La procedura consiste nel prelevare un campione di terreno costipato, nella misura

del volume del relativo scavo mediante ad esempio il volumometro a sabbia, e nella determinazione della massa e del contenuto d'acqua del campione. Sullo stesso campione prelevato (o su un adiacente campione di terreno) saranno determinati in laboratorio la densità secca maximum ed il contenuto d'acqua optimum mediante prova Proctor standard.

La densità secca determinata in sito dovrà risultare maggiore o uguale al 95% della densità secca determinata in laboratorio mediante prova Proctor standard.

È consigliabile per ognuno dei siti la realizzazione di un tratto di argine da considerarsi come "campo prova" variando le modalità di messa in opera e ricavando le lavorazioni minime necessarie per ottenere i parametri di progetto, riferite alla tipologia di materiale utilizzato e al tipo di terreno naturale su cui vengono posate le opere. Una volta ricavate le modalità ottimali, tali lavorazioni potranno essere riproposte per la realizzazione dell'intero tratto arginale. Potranno infine essere richieste delle verifiche a campione sull'opera ultimata da parte della Direzione Lavori.

7. Conclusioni

La presente relazione è stata redatta all'interno della progettazione esecutiva delle opere relative all'area di laminazione delle piene del Torrente Gandaloglio e altri nei comuni di Oggiono, Sirone e Annone (LC). Questa relazione parte dalla valutazione geologica e geotecnica elaborata nelle fasi di progettazione precedente e dalle prove disponibili, riassumendone gli aspetti principali e integrando le verifiche di natura geotecnica per le sezioni più critiche come da elaborati del progetto esecutivo.

La presente relazione, nei precedenti capitoli, introduce un inquadramento generale del contesto geologico, geomorfologico e idrogeologico dell'area in cui è sita l'opera e descrive la compatibilità geologica degli interventi con gli strumenti di pianificazione geologica vigenti. Definisce poi i parametri di sismicità in accordo con la normativa di riferimento. Illustra le indagini svolte e presenta il modello geologico e geotecnico elaborato a partire da esse. Sono state effettuate poi le necessarie analisi geotecniche richieste dalla normativa di riferimento, illustrandone i risultati principali.

In ottemperanza a quanto richiesto dalla legge L.R. 8/1998, questa relazione geotecnica presenta:

- una planimetria con l'ubicazione dei punti di indagine, il profilo geognostico e la localizzazione delle falde idriche (Tavole 1 e 2 allegate);
- analizza i risultati delle indagini sui terreni di fondazione;
- valuta le proprietà di resistenza meccanica, deformabilità e permeabilità dei terreni di fondazione;
- analizza la stabilità generale dell'opera;
- descrive i provvedimenti da adottare per la realizzazione dei rilevati.

Le verifiche effettuate sui rilevati arginali sono state le seguenti:

- ✓ verifiche di stabilità nelle varie condizioni (serbatoio pieno, serbatoio vuoto e rapido svaso, condizioni sismiche e non, drenate e non drenate, lato vasca e lato campagna);
- ✓ calcolo carico limite e cedimenti (condizioni sismiche e non, drenate e non drenate);

Le verifiche sono state effettuate per 2 sole sezioni, rappresentative però di tutti i rilevati arginali nelle condizioni di massima sollecitazione, in particolare:

1. Argine armato;
2. Argine non armato.

Le verifiche di stabilità hanno dato tutte esito positivo, con fattori di sicurezza minimi di 1,22 nel caso dell'argine armato e 1,67 nel caso dell'argine non armato.

Le verifiche al carico limite sono state tutte verificate con coefficienti di sicurezza pari a 2,8 (sezione armata) e 2,2 (sezione non armata).

I cedimenti totali calcolati sono pari a 157 mm per la sezione armata e a 114 mm per la sezione non armata.

Le terre preferibilmente da utilizzare per la costruzione degli argini dovranno essere di tipo argilloso e limoso (classi A-4, A-6) o sabbie limose/argillose (A2-6 e A2-7), con contenuto minimo di sabbia pari al 15% e con indice di plasticità inferiore a 25. Non si dovranno in ogni caso utilizzare le materie organiche e le sabbie pulite. Il materiale posto in opera dovrà avere valori del peso in volume allo stato secco pari al 95% del peso di volume secco ottenuto nella prova di compattazione Proctor normale, con tolleranza di +/- 1%. La corrispondente umidità dovrà avere i valori compresi fra +/- 2% dell'umidità ottimale ottenuta nella suddetta prova di compattazione. Definita anche la percentuale di umidità, questa dovrà essere mantenuta costante

con una tolleranza di +/- 1%. Il materiale da usarsi per il rivestimento delle scarpate dei rilevati dovrà essere terreno agrario, vegetale, proveniente da scotico. Dovrà essere a reazione neutra, sufficientemente dotato di sostanza organica e di elementi nutritivi, di medio impasto e comunque adatto a ricevere una coltura erbacea o arbustiva permanente. I parametri del rilevato assunti per le verifiche geotecniche sono stati illustrati nel Capitolo 4.1 e dovranno essere garantite per considerare valide tali verifiche.

Dovranno essere rispettate le condizioni di posa indicate al Capitolo 6 ed al Capitolato Speciale d'Appalto.

Si riporta infine la valutazione dei rischi e dei vincoli geologici effettuata nel progetto definitivo per valutare l'eventuale presenza di problematiche di natura geologica da considerare nella progettazione delle nuove opere. Tale valutazione viene riportata in ottemperanza alle richieste della legge 8 di esprimersi circa gli effetti indotti dalla costruzione dell'opera, con riguardo particolare al rischio geologico ed idrogeologico sul territorio.

- Frane e dissesti

Il problema di instabilità di versante sussiste qualora esistano dei dislivelli in grado di innescare dei movimenti di terreno. Nel caso in esame il sito di intervento è caratterizzato da un assetto morfologico subpianeggiante in corrispondenza del quale è possibile escludere potenziali fenomeni di dissesto attivi o quiescenti. Si osserva altresì la locale presenza di fenomeni di erosione spondale lungo i corsi d'acqua principali.

- Vincoli e problematiche di natura idraulica

L'area di intervento ricade, almeno parzialmente in:

- area PAI a pericolosità media o moderata (Em) per esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio;
- area di esondazione del Torrente Gandaloglio, inserita nell' "Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici" dell'Autorità di Bacino del Fiume Po con la dicitura 063-LO-LC, è attualmente classificata come Area di esondazione "Zona I-Pericolosità Elevata" (L.267/98);
- fasce di rispetto dei corsi d'acqua appartenenti al Reticolo Idrico Minore del Comune di Oggiono e del Torrente Gandaloglio appartenente al Reticolo Idrico Principale (Identificativo "LC003).

Essendo l'intervento in oggetto realizzato per la protezione idraulica nei confronti dei fenomeni di piena e di esondazione diffusa sul territorio in esame, si ritiene che esso sia compatibile con i vincoli e le limitazioni esistenti. Si rimanda allo specifico studio idraulico per la definizione della compatibilità delle opere con le fasce e norme idrauliche.

- Acque sotterranee

All'interno dell'ambito oggetto di intervento è stata riconosciuta la presenza di flussi idrici sotterranei, con soggiacenza posta a breve distanza dal piano campagna. Di tale aspetto dovrà tenersi conto nella programmazione delle lavorazioni in progetto.

- Cedimenti e subsidenze

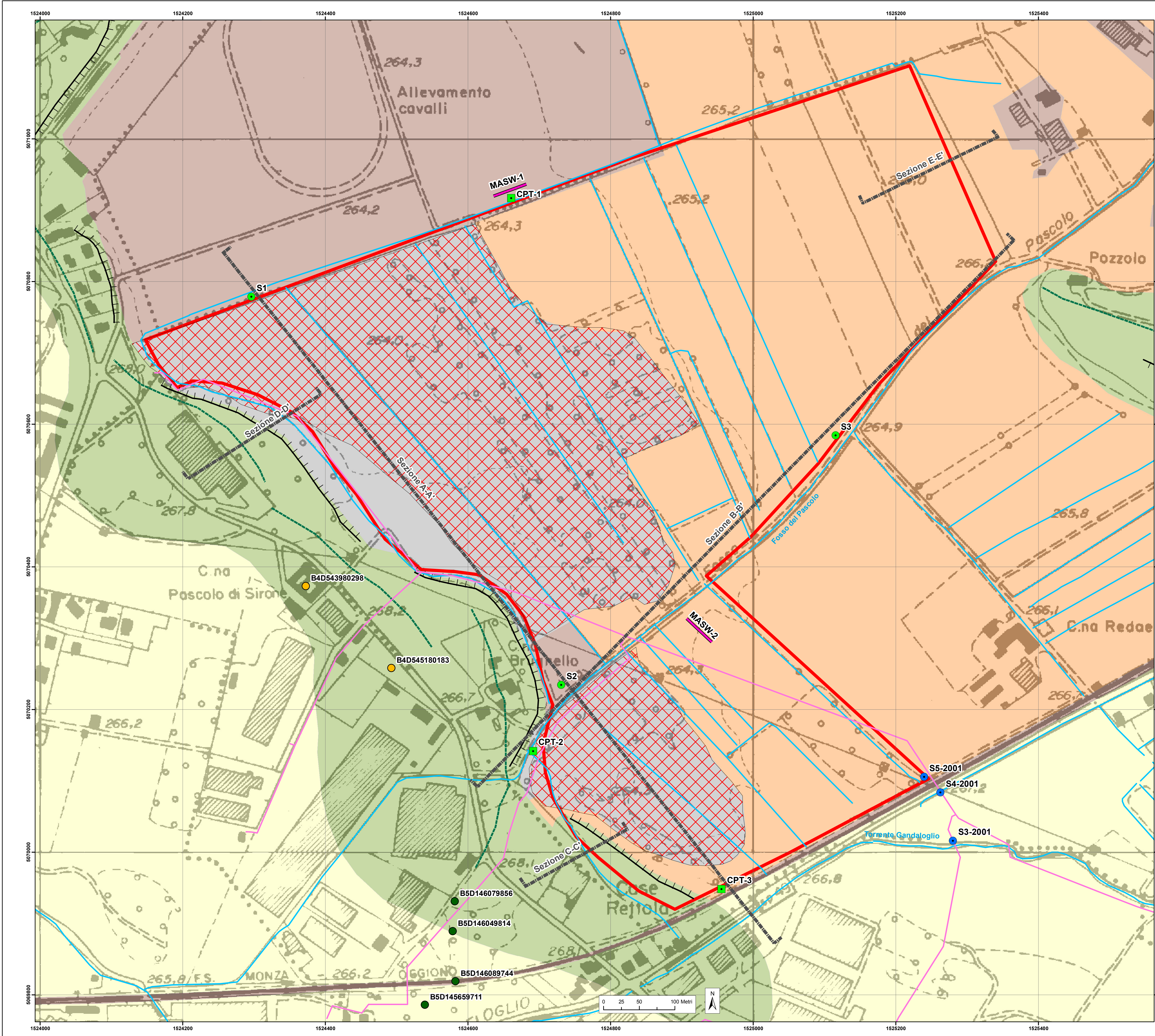
Dal momento che il sito di intervento si colloca in ambito con prevalente presenza di terreni fini, cui si associano livelli di terreni torbosi superficiali, la tematica dei cedimenti risulta limitante per le lavorazioni in progetto. Per tale motivo si raccomanda l'osservazione puntuale delle prescrizioni indicate al Capitolo 0.

Considerato il contesto geologico, geomorfologico e idrogeologico del sito in esame, fatte salve le prescrizioni e le indicazioni riportate nella presente relazione, si ritiene l'intervento in esame compatibile con le condizioni geologiche presenti.

8. Allegati

Si riportano in allegato i seguenti documenti ad integrazione di quanto contenuto nei precedenti capitoli:

- Tavola 1 – Carta Geologica
- Tavola 2 – Sezioni Geologiche
- Allegato A – Report verifiche di stabilità
- Allegato B – Analisi capacità portante e cedimenti



Legenda

Reticolo idrografico

Sezione geologica

Metanodotto

Perimetro area di intervento

Indagini-Campagna 2016

Sondaggio geognostico

Prova penetrometrica statica

Stendimento sismico MASW

Indagini-Campagne pregresse

Sondaggio geognostico-campagna 2001

Sondaggio-database indagini Regione Lombardia

Pozzo-database indagini Regione Lombardia

Geomorfologia

Cordone morenico

Scarpata morfologica

Area paludosa

Unità geologiche

Depositi recenti

Riporto antropico

Terreno agricolo

Sistema di Canù-Olocene

Depositi organici: sabbie fini limose torbosc

Deposito lacustre: limo grigio e limi sabbiosi con sporadici livelli di sabbie fini

Deposito fluvio-glaciale e morenico: alternanza di sabbie e ghiaie sabbiose; clasti a granulometria eterogenea con trovanti

Base cartografica: CTR Lombardia
Sistema di riferimento: Gauss-Boaga Monte Mario

Parco Valle Lambro
Ufficio Riqualifica Fluviale

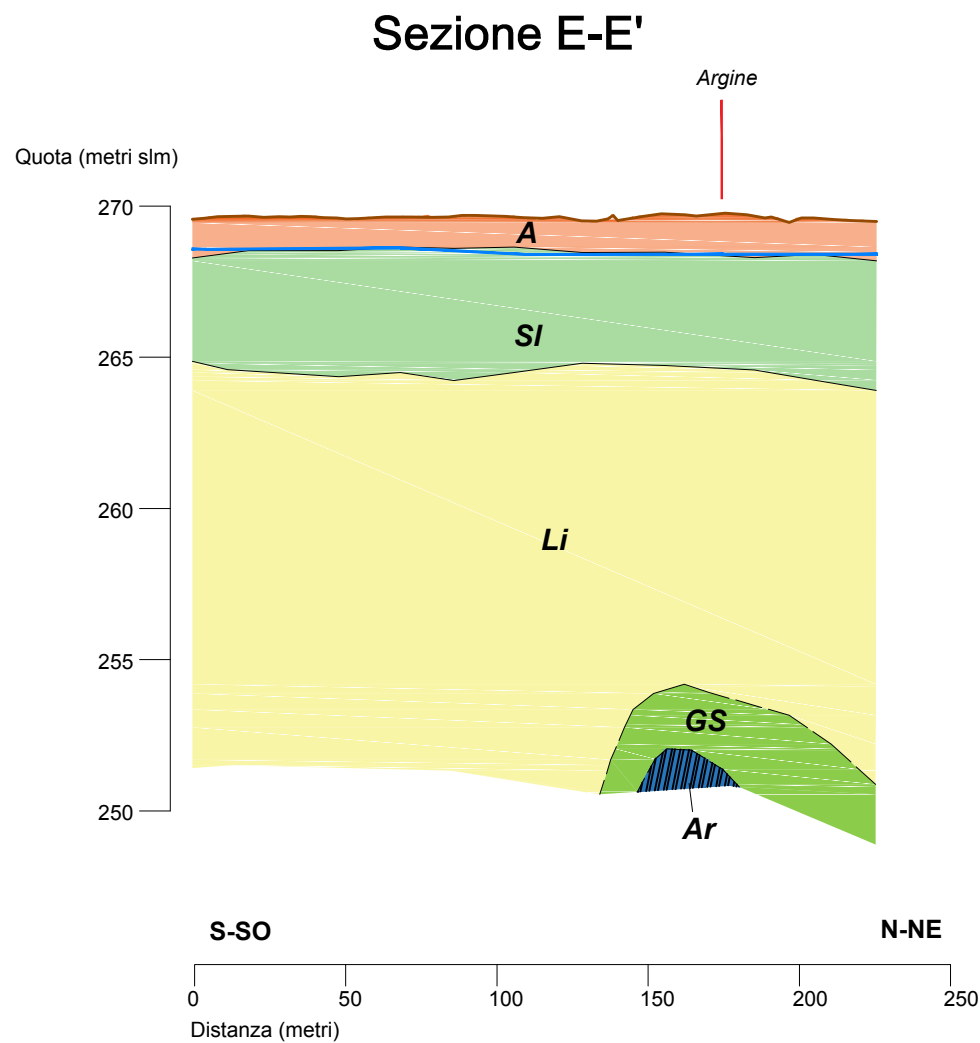
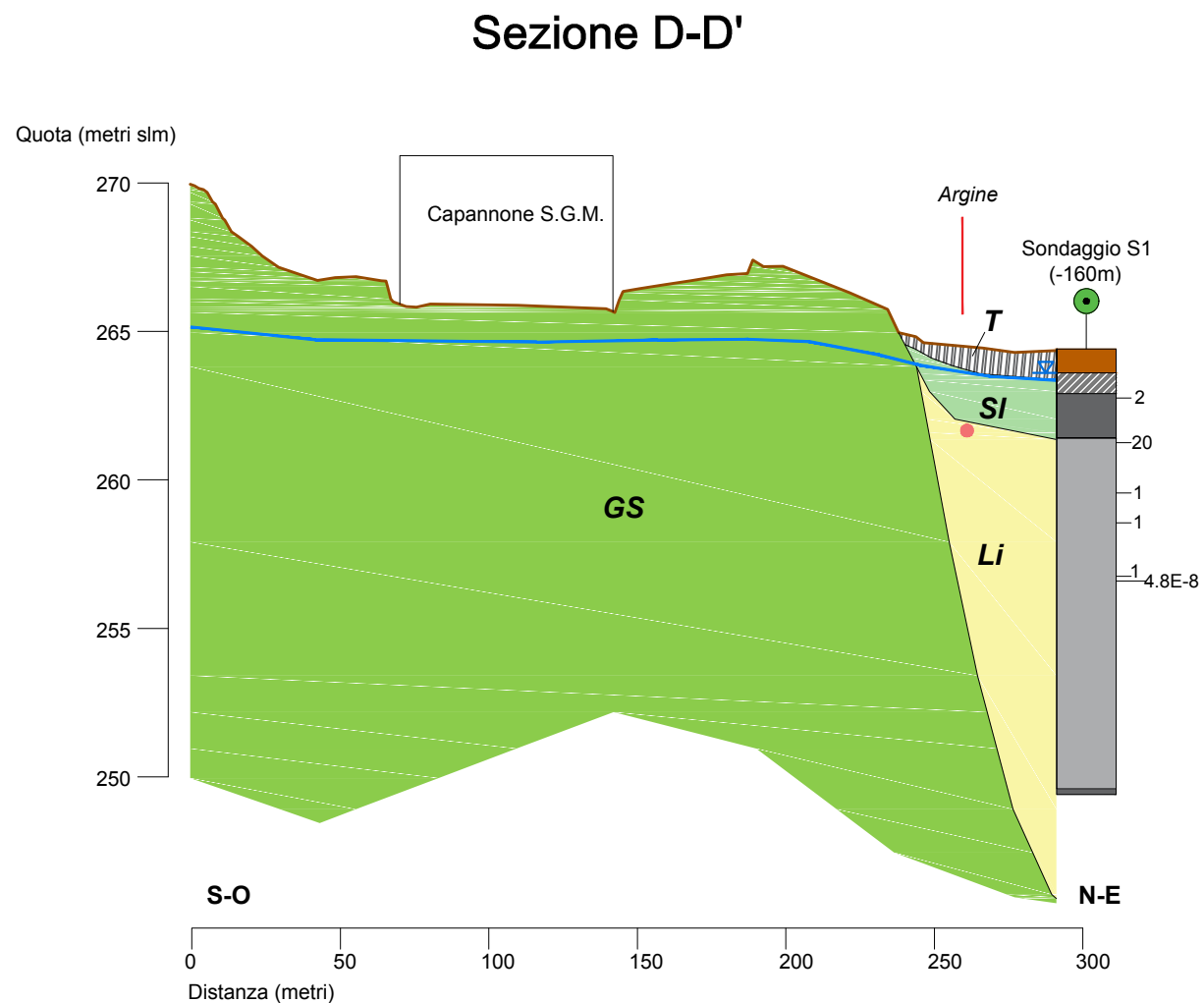
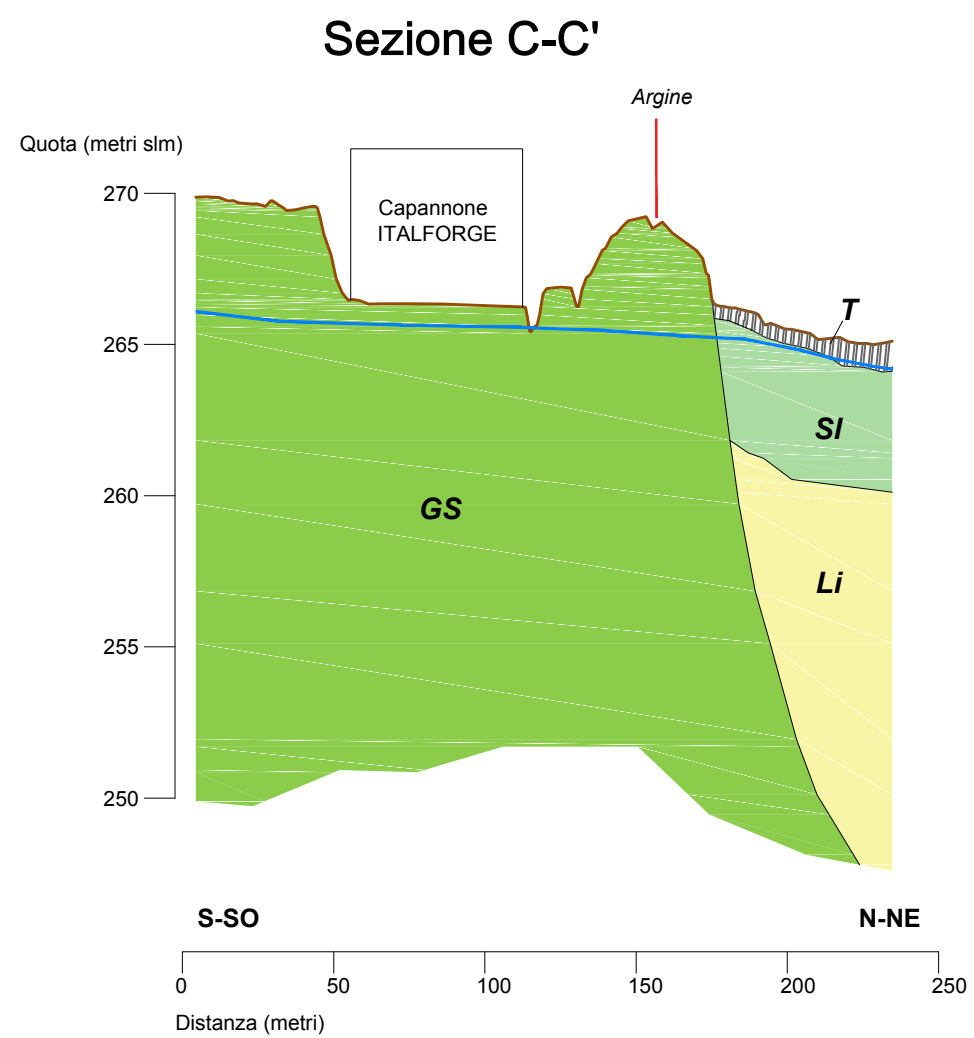
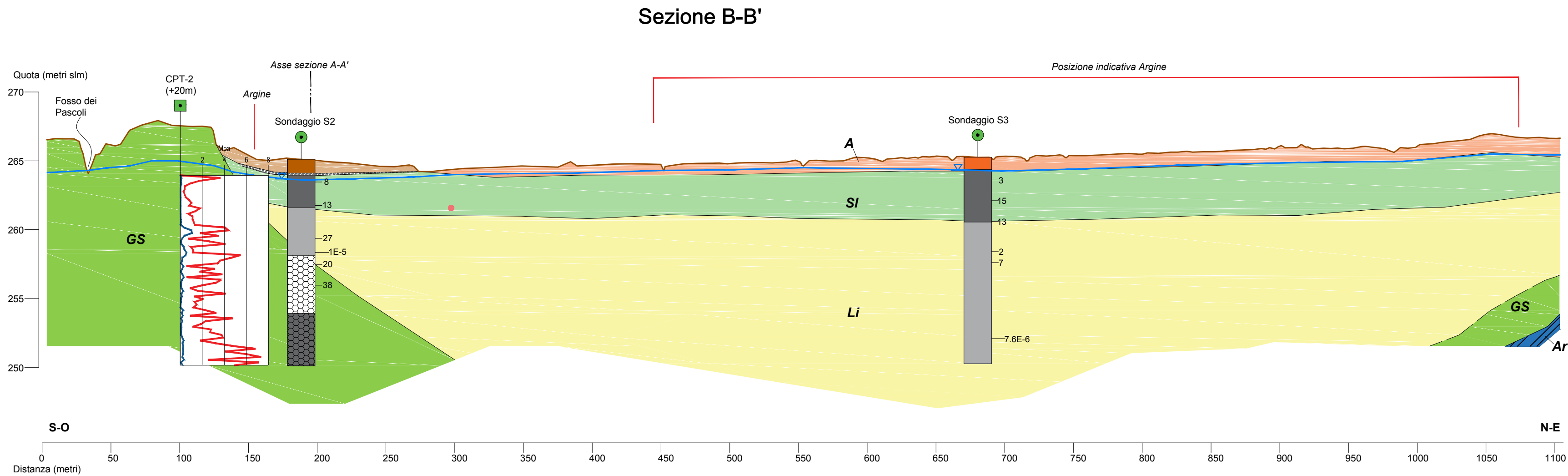
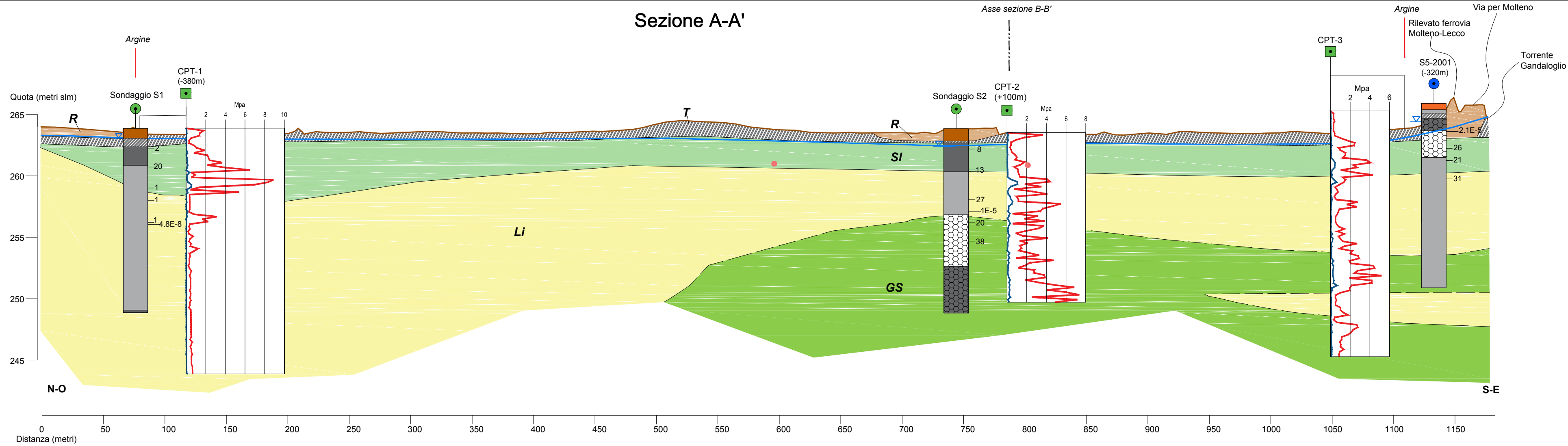
Commissa: co05-16
Cod. Relazione R01-05-16

Area di laminazione delle piene del Torrente Gandaloglio e altri nei Comuni di Oggiono, Sironi e Annone
CUP B38C15000460002
CIG Z36187CBD7

TAVOLA 1
CARTA GEOLOGICA

Scala (A1): H 1:2.500
V 1:250

Data: 07/04/2016



Legenda

● Metanodotto SGR

— Profilo topografico (estratto dal DEM Regione Lombardia, risoluzione 1m x 1m)

— Livello freatico

— Contatto geologico

- - - Contatto geologico incerto

Indagini

Sondaggio geognostico
campagna 2001 ● campagna 2016 ●

Litologia

Livello piezometrico

valore N_{SP}

1.5E-5

permeabilità

prova Leffranc in m/sec

Litologia sondaggi

■ Riporto antropico

■ Terreno agricolo

■ Livelli organici/torbiosi

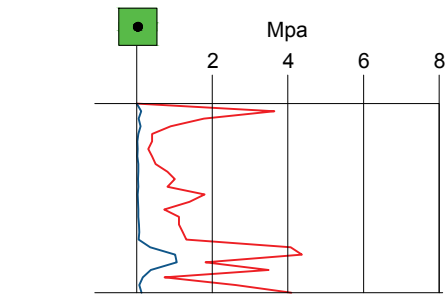
■ Ghiaia con sabbia

■ Sabbia ghiaiosa

■ Sabbia limosa

■ Limo

Prova penetrometrica statica - APPLI SRL (campagna 2016)



— resistenza alla punta qc (Mpa)
— attrito laterale fs (Mpa)

UNITA' GEOLOGICHE

■ Riporto antropico e laterizi

■ Terreno agricolo limoso-ghiaioso

Depositi recenti
Sistema di Canio-Olocene
Substrato
Cretaceo sup.

Glacio-lacustre

■ Livelli torbosi in matrice sabbiosa fine

■ Sabbia limosa

■ Limo grigio con livelli debolmente sabbiosi

Fluvioglaciale-morenico

■ Ghiaia arrotondata poligenica con sabbia e locali trovanti

■ Arenarie di Sarnico

arenarie grigie torbiditiche in alternanza con peliti centimetriche a stratificazione regolare. Minori intercalazioni marnose

NOTE:

La posizione delle prove proiettate segue la seguente nomenclatura:
+ : prova posizionata davanti alla sezione
- : prova posizionata dietro la sezione

La posizione del metanodotto e la sua dimensione sono puramente indicative

Parco Valle Lambro
Ufficio Riquilifica Fluviale



Commissa: co05-16
Cod. Relazione R01-05-16

Area di laminazione delle piene del Torrente Gandaloglio e altri nei Comuni di Oggiono, Sirone e Annone
CUP B38C15000460002 CIG Z36187CBD7

TAVOLA 2 SEZIONI GEOLOGICHE

Scala (A1): H 1:2.500
V 1:250

Data: 07/04/2016

ALLEGATO A – REPORT VERIFICHE DI STABILITA’

Relazione di calcolo

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:

1. 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.
2. In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

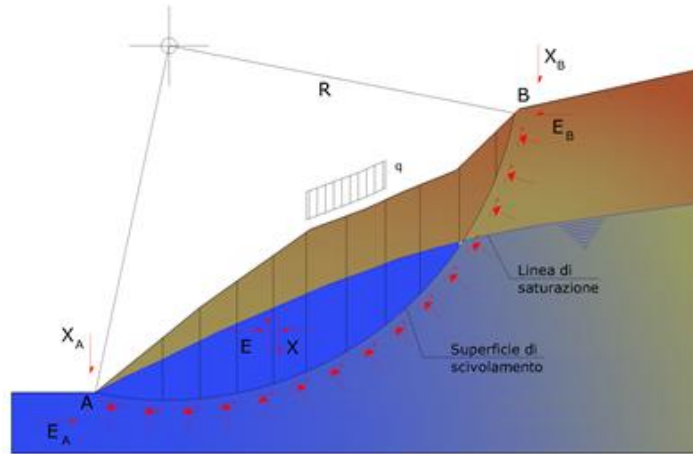
Metodo equilibrio limite (LEM)

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 concii

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di concii. Se il numero dei concii 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 concii;
- $(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei concii;
- 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 quanto 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.

Metodo di Fellenius (1927)

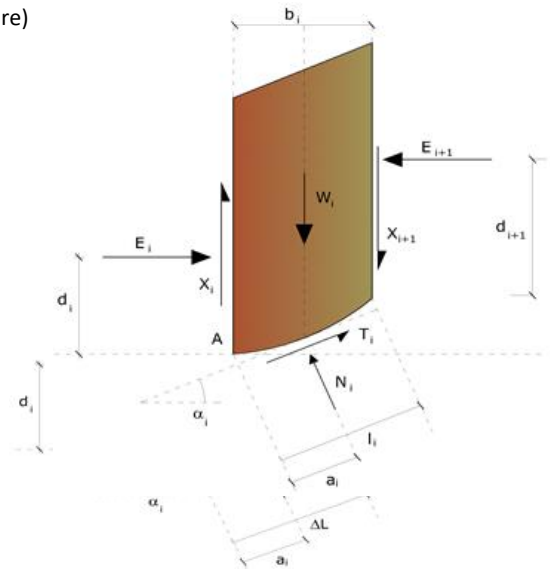
Con questo metodo (valido solo per superfici di scorrimento di forma circolare) vengono trascurate le forze di interstriscia pertanto le incognite si riducono a:

- n valori delle forze normali N_i ;
- n valori delle forze da taglio T_i ;
- 1 fattore di sicurezza.

Incognite (2n+1).

Le equazioni a disposizione sono:

- n equazioni di equilibrio alla traslazione verticale;
- n equazioni relative al criterio di rottura;
- equazione di equilibrio dei momenti globale.



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

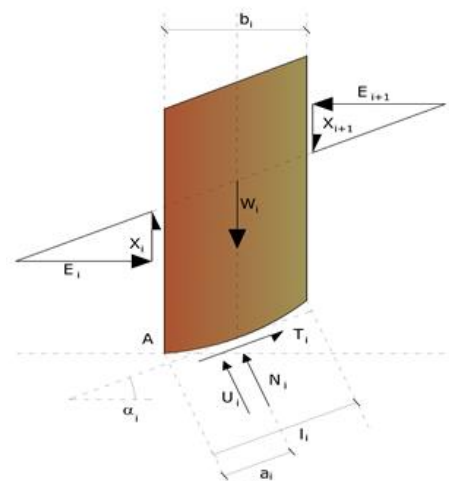
Questa equazione è semplice da risolvere ma si è trovato che fornisce risultati conservativi (fattori di sicurezza bassi) soprattutto per superfici profonde.

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:

$$\sum F_y = 0, \quad \sum M_0 = 0 \quad \text{Criterio di rottura}$$

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



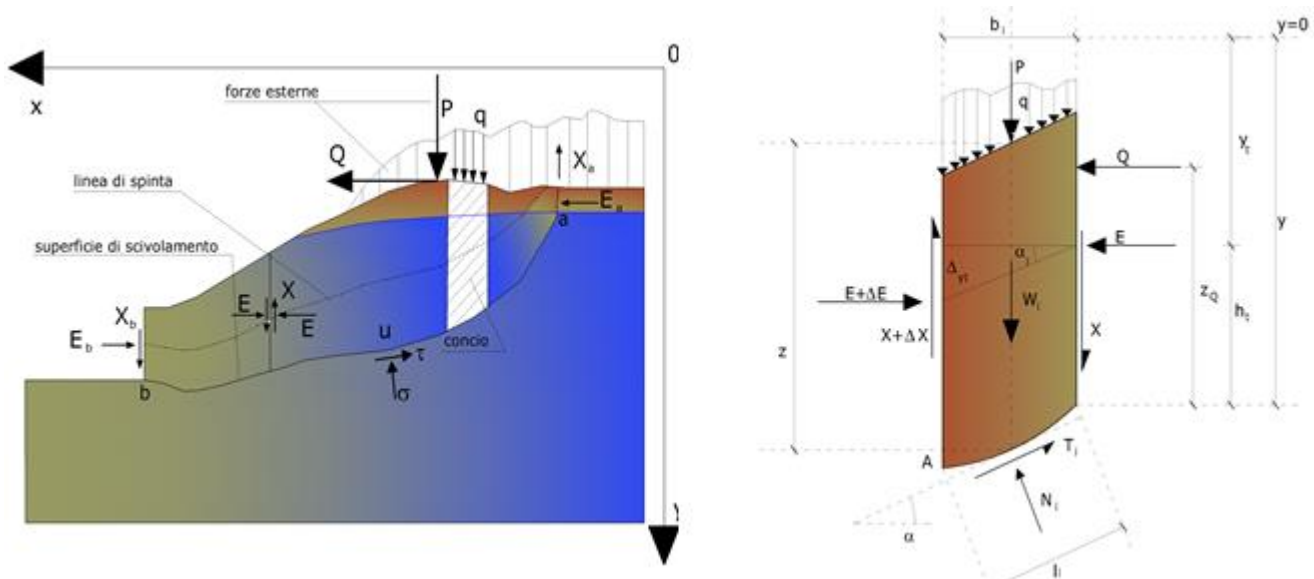
I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre $\Delta X = 0$ ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi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

Metodo di Janbu (1967)

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle superfici circolari resta costante e pari al raggio). A tal motivo risulta più conveniente valutare l'equazione del momento rispetto allo spigolo di ogni blocco.

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \phi_i\} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \phi_i / F}}{\sum W_i \times \tan \alpha_i}$$

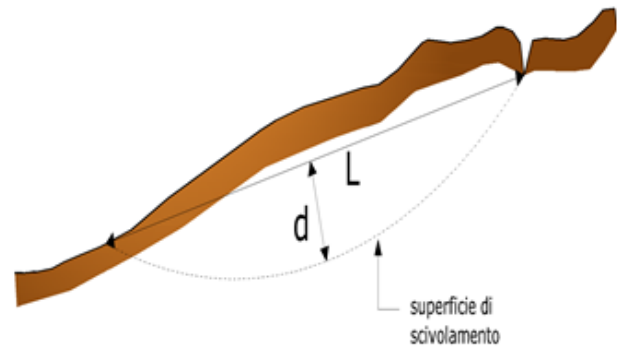
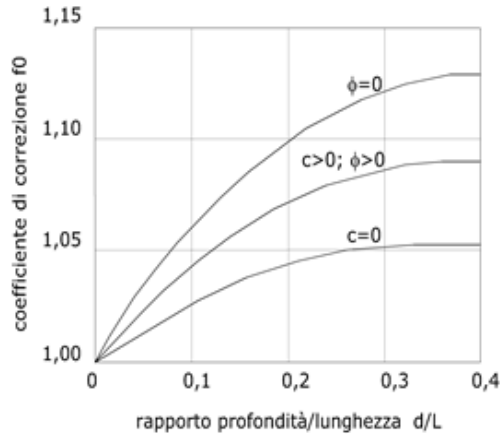


Azioni sul concio i-esimo secondo le ipotesi di Janbu e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario. Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_0 \cdot F$$

dove f_0 è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici. Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati.



Metodo di Bell (1968)

Le forze agenti sul corpo che scivola includono il peso effettivo del terreno, W , le forze sismiche pseudostatiche orizzontali e verticali $K_x W$ e $K_z W$, le forze orizzontali e verticali X e Z applicate esternamente al profilo del pendio, infine, la risultante degli sforzi totali normali e di taglio σ e τ agenti sulla superficie potenziale di scivolamento.

Lo sforzo totale normale può includere un eccesso di pressione dei pori u che deve essere specificata con l'introduzione dei parametri di forza efficace.

In pratica questo metodo può essere considerato come un'estensione del metodo del cerchio di attrito per sezioni omogenee precedentemente descritto da Taylor.

In accordo con la legge della resistenza di Mohr-Coulomb in termini di tensione efficace, la forza di taglio agente sulla base dell' i -esimo concio è data da:

$$T_i = \frac{c_i L_i + (N_i - u_{ci} L_i) \tan \Phi_i}{F}$$

in cui:

F = il fattore di sicurezza;

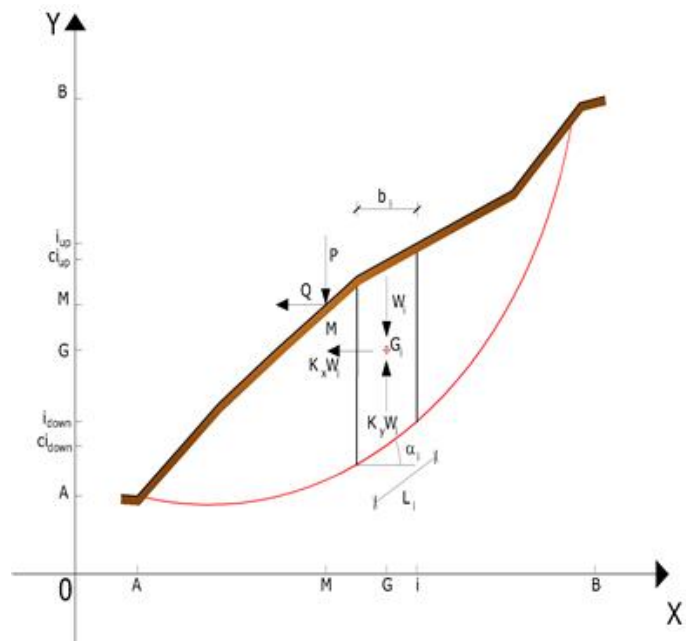
c_i = la coesione efficace (o totale) alla base dell' i -esimo concio;

Φ_i = l'angolo di attrito efficace (= 0 con la coesione totale) alla base dell' i -esimo concio;

L_i = la lunghezza della base dell' i -esimo concio;

u_{ci} = la pressione dei pori al centro della base dell' i -esimo concio.

L'equilibrio risulta uguagliando a zero la somma delle forze orizzontali, la somma delle forze verticali e la somma dei momenti rispetto all'origine.



Viene adottata la seguente assunzione sulla variazione della tensione normale agente sulla potenziale superficie di scorrimento:

$$\sigma_{ci} = \left[C_1 (1 - K_z) \frac{W_i \cos \alpha_i}{L_i} \right] + C_2 f(x_{ci}, y_{ci}, z_{ci})$$

in cui il primo termine dell'equazione include l'espressione:

$$W_i \cos \alpha_i / L_i = \text{valore dello sforzo normale totale associato con il metodo ordinario dei concii}$$

Il secondo termine dell'equazione include la funzione:

$$f = \sin 2\pi \left(\frac{x_n - x_{ci}}{x_n - x_0} \right)$$

dove x_0 ed x_n sono rispettivamente le ascisse del primo e dell'ultimo punto della superficie di scorrimento, mentre x_{ci} rappresenta l'ascissa del punto medio della base del concio i-esimo.

Una parte sensibile di riduzione del peso associata con una accelerazione verticale del terreno K_z g può essere trasmessa direttamente alla base e ciò è incluso nel fattore $(1 - K_z)$.

Lo sforzo normale totale alla base di un concio è dato da:

$$N_i = \sigma_{ci} L_i$$

La soluzione delle equazioni di equilibrio si ricava risolvendo un sistema lineare di tre equazioni ottenute moltiplicando le equazioni di equilibrio per il fattore di sicurezza F, sostituendo l'espressione di N_i e moltiplicando ciascun termine della coesione per un coefficiente arbitrario C_3 . Qualsiasi coppia di valori del fattore di sicurezza nell'intorno di una stima fisicamente ragionevole può essere usata per iniziare una soluzione iterativa.

Il numero necessario di iterazioni dipende sia dalla stima iniziale sia dalla desiderata precisione della soluzione; normalmente, il processo converge rapidamente.

Metodo di Sarma (1973)

Il metodo di Sarma è un semplice, ma accurato metodo per l'analisi di stabilità dei pendii, che permette di determinare l'accelerazione sismica orizzontale richiesta affinché l'ammasso di terreno, delimitato dalla superficie di scivolamento e dal profilo topografico, raggiunga lo stato di equilibrio limite (accelerazione critica K_c) e, nello stesso tempo, consente di ricavare l'usuale fattore di sicurezza ottenuto come per gli altri metodi più comuni della geotecnica.

Si tratta di un metodo basato sul principio dell'equilibrio limite e delle strisce, pertanto viene considerato l'equilibrio di una potenziale massa di terreno in scivolamento suddivisa in n strisce verticali di spessore sufficientemente piccolo da ritenere ammissibile l'assunzione che lo sforzo normale N_i agisca nel punto medio della base della striscia.

Le equazioni da prendere in considerazione sono:

- L'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale del singolo concio;

- L'equazione di equilibrio alla traslazione verticale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio dei momenti.

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

$$N_i \cos \alpha_i + T_i \sin \alpha_i = W_i - \Delta X_i$$

$$T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i = K W_i + \Delta E_i$$

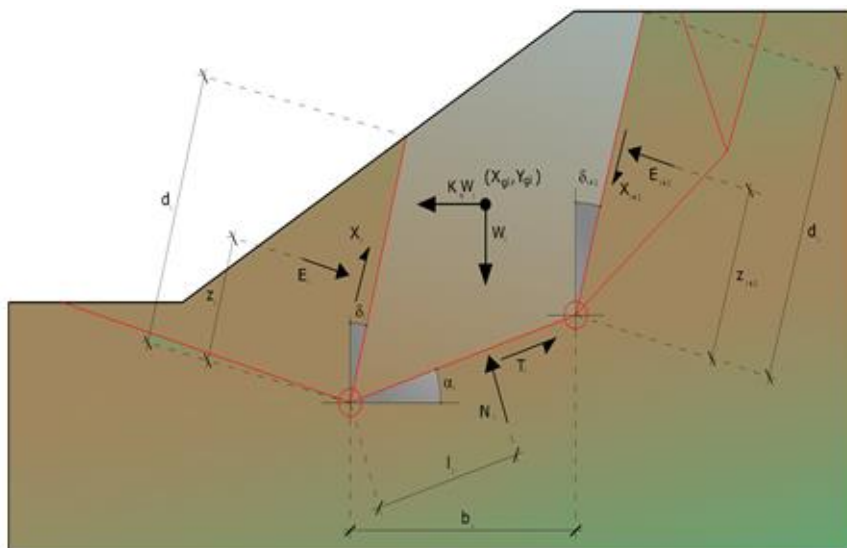
Viene, inoltre, assunto che in assenza di forze esterne sulla superficie libera dell'ammasso si ha:

$$\sum \Delta E_i = 0$$

$$\sum \Delta X_i = 0$$

dove E_i e X_i rappresentano, rispettivamente, le forze orizzontale e verticale sulla faccia i-esima del concio generico i.

L'equazione di equilibrio dei momenti viene scritta scegliendo come punto di riferimento il baricentro dell'intero ammasso; sicché, dopo aver eseguito una serie di posizioni e trasformazioni trigonometriche ed algebriche, nel **metodo di Sarma** la soluzione del problema passa attraverso la risoluzione di due equazioni:



Azioni sull'iesimo concio, metodo di Sarma

$$\sum \Delta X_i \cdot \tan(\psi'_i - \alpha_i) + \sum \Delta E_i = \sum \Delta_i - K \cdot \sum W_i$$

$$\sum \Delta X_i \cdot [(y_{mi} - y_G) \cdot \tan(\psi_i' - \alpha') + (x_i' - x_G)] = \sum W_i \cdot (x_{mi} - x_G) + \sum \Delta_i \cdot (y_{mi} - y_G)$$

Ma l'approccio risolutivo, in questo caso, è completamente capovolto: il problema infatti impone di trovare un valore di **K** (accelerazione sismica) corrispondente ad un determinato fattore di sicurezza; ed in particolare, trovare il valore dell'accelerazione **K** corrispondente al fattore di sicurezza **F = 1**, ossia l'accelerazione critica.

Si ha pertanto:

$K=K_c$ **Accelerazione critica** se $F=1$

$F=F_s$ **Fattore di sicurezza in condizioni statiche** se $K=0$

La seconda parte del problema del Metodo di Sarma è quella di trovare una distribuzione di forze interne X_i ed E_i tale da verificare l'equilibrio del concio e quello globale dell'intero ammasso, senza violazione del criterio di rottura.

E' stato trovato che una soluzione accettabile del problema si può ottenere assumendo la seguente distribuzione per le forze X_i :

$$\Delta X_i = \lambda \cdot \Delta Q_i = \lambda \cdot (Q_{i+1} - Q_i)$$

dove Q_i è una funzione nota, in cui vengono presi in considerazione i parametri geotecnici medi sulla i -esima faccia del concio i , e λ rappresenta un'incognita.

La soluzione completa del problema si ottiene pertanto, dopo alcune iterazioni, con i valori di K_c , λ e F , che permettono di ottenere anche la distribuzione delle forze di interstriscia.

Metodo di Spencer (1967)

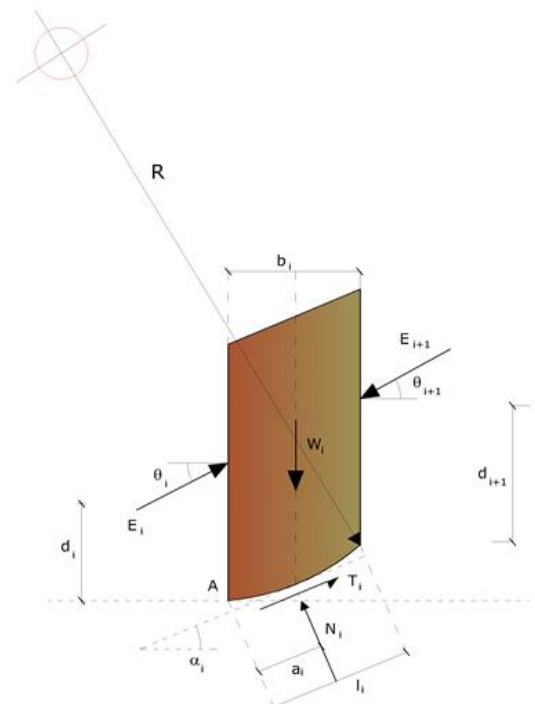
Il metodo è basato sull'assunzione:

1. le forze d'interfaccia lungo le superfici di divisione dei singoli conci sono orientate parallelamente fra loro ed inclinate rispetto all'orizzontale di un angolo θ ;
2. tutti i momenti sono nulli $M_i = 0$ con $i=1, \dots, n$.

Sostanzialmente il metodo soddisfa tutte le equazioni della statica ed equivale al metodo di Morgenstern e Price quando la funzione $f(x) = 1$. Imponendo l'equilibrio dei momenti rispetto al centro dell'arco descritto dalla superficie di scivolamento si ha:

$$1) \quad \sum Q_i R \cos(\alpha - \theta) = 0$$

dove:



$$Q_i = \frac{\frac{c}{F_s} (W \cos \alpha - \gamma_w h l \sec \alpha) \frac{\tan \alpha}{F_s} - W \sin \alpha}{\cos(\alpha - \theta) \left[\frac{F_s + \tan \phi \tan(\alpha - \theta)}{F_s} \right]}$$

forza d'interazione fra i conci;

R = raggio dell'arco di cerchio;

θ = angolo d'inclinazione della forza Q_i rispetto all'orizzontale.

Imponendo l'equilibrio delle forze orizzontali e verticali si ha rispettivamente:

$$\sum (Q_i \cos \theta) = 0$$

$$\sum (Q_i \sin \theta) = 0$$

Con l'assunzione delle forze Q_i parallele fra loro, si può anche scrivere:

$$2) \quad \sum Q_i = 0$$

Il metodo propone di calcolare due coefficienti di sicurezza: il primo (F_{sm}) ottenibile dalla 1), legato all'equilibrio dei momenti; il secondo (F_{sf}) dalla 2) legato all'equilibrio delle forze. In pratica si procede risolvendo la 1) e la 2) per un dato intervallo di valori dell'angolo θ , considerando come valore unico del coefficiente di sicurezza quello per cui si abbia:

$$F_{sm} = F_{sf}$$

Metodo di Morgenstern e Price (1965)

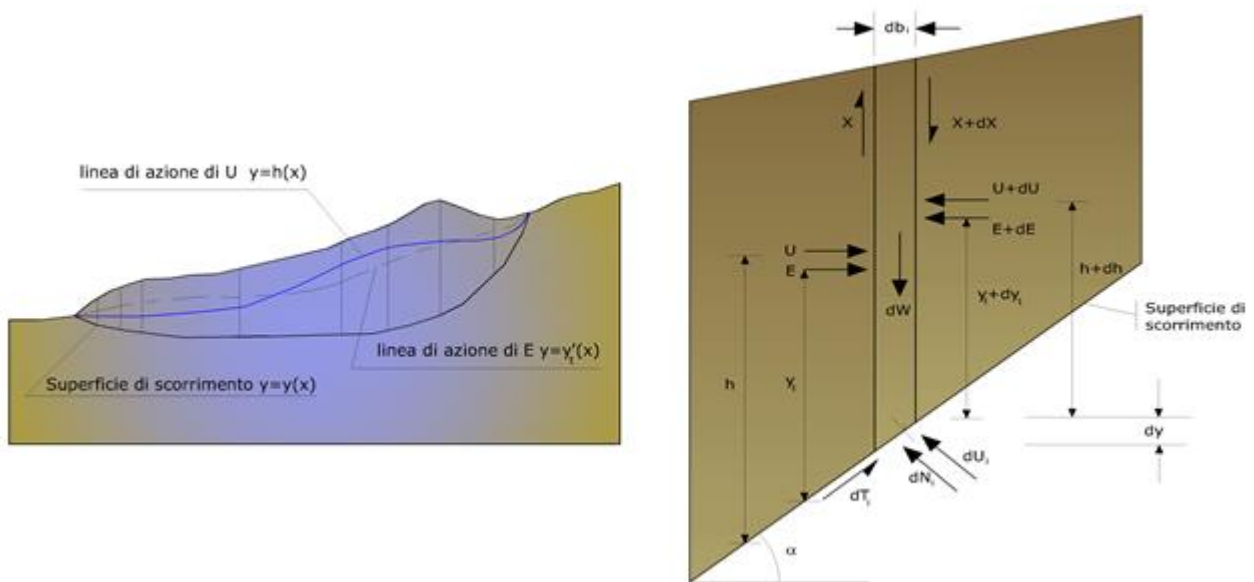
Si stabilisce una relazione tra le componenti delle forze di interfaccia del tipo $X = \lambda f(x)E$, dove λ è un fattore di scala e $f(x)$, funzione della posizione di E e di X , definisce una relazione tra la variazione della forza X e della forza E all'interno della massa scivolante. La funzione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

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

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



Azioni sul concio *i*-esimo secondo le ipotesi di Morgenster e Price e rappresentazione d'insieme dell'ammasso

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

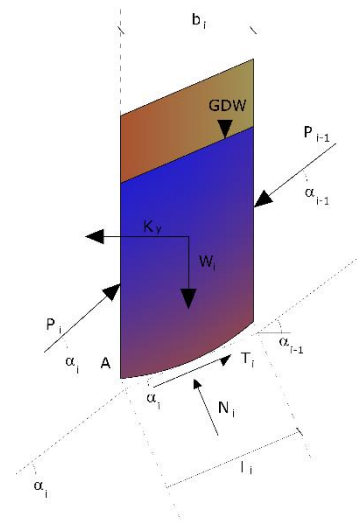
$$X = \frac{d(E_\gamma)}{dx} - \gamma \frac{dE}{dx}$$

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.

Metodo di Zeng e Liang (2002)

Zeng e Liang hanno effettuato una serie di analisi parametriche su un modello bidimensionale sviluppato con codice agli elementi finiti, che riproduce il caso di pali immersi in un terreno in movimento (drilled shafts). Il modello bidimensionale riproduce una striscia di terreno di spessore unitario e ipotizza che il fenomeno avvenga in condizioni di deformazione piana nella direzione parallela all'asse dei pali. Il modello è stato utilizzato per indagare l'influenza sulla formazione dell'effetto arco di alcuni parametri come l'interasse fra i pali, il diametro e la forma dei pali, e le proprietà meccaniche del terreno. Gli autori individuano nel rapporto tra l'interasse e il diametro dei *i* pali (*s/d*) il parametro adimensionale determinante per la formazione dell'effetto arco. Il problema risulta essere staticamente indeterminato, con grado



di indeterminatezza pari a $(8n-4)$, ma nonostante ciò è possibile ottenere una soluzione riducendo il numero delle incognite e assumendo quindi delle ipotesi semplificative, in modo da rendere determinato il problema.

Le assunzioni che rendono il problema determinato sono:

- K_y sono assunte orizzontali per ridurre il numero totale delle incognite da $(n-1)$ a $(7n-3)$;
- Le forze normali alla base della striscia agiscono nel punto medio, riducendo le incognite da n a $(6n-3)$;
- La posizione delle spinte laterali è ad un terzo dell'altezza media dell'inter-striscia e riduce le incognite da $(n-1)$ a $(5n-2)$;
- Le forze (P_i-1) e P_i si assumono parallele all'inclinazione della base della striscia (α_i) , riducendo il numero di incognite da $(n-1)$ a $(4n-1)$;
- Si assume un'unica costante di snervamento per tutte le strisce, riducendo le incognite da (n) a $(3n-1)$;

Il numero totale di incognite quindi è ridotto a $(3n)$, da calcolare utilizzando il fattore di trasferimento di carico. Inoltre si deve tener presente che la forza di stabilizzazione trasmessa sul terreno a valle dei pali risulta ridotta di una quantità R , chiamato fattore di riduzione, calcolabile come:

$$R = \frac{1}{s/d} + \left(1 - \frac{1}{s/d}\right) \cdot R_p$$

Il fattore R dipende quindi dal rapporto fra l'interasse presente fra i pali e il diametro dei pali stessi e dal fattore R_p che tiene conto dell'effetto arco.

Valutazione dell'azione sismica

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata 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 vengono considerate le seguenti forze:

$$\begin{aligned} F_H &= K_x W \\ F_V &= K_y W \end{aligned}$$

Essendo:

- F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;
- W peso concio;
- K_x coefficiente sismico orizzontale;
- K_y coefficiente sismico verticale.

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 $m \times n$ e raggio variabile in un determinato range di valori tale da esaminare superfici cinematicamente ammissibili.

Stabilizzazione di pendii con l'utilizzo di pali

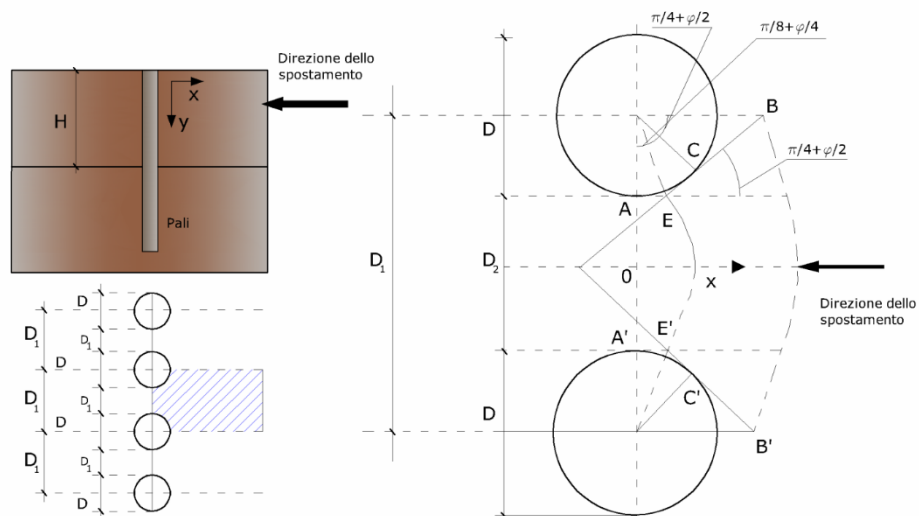
La realizzazione di una cortina di pali, su pendio, serve a fare aumentare la resistenza al taglio su determinate superfici di scorrimento. L'intervento può essere conseguente ad una stabilità già accertata, per la quale si conosce la superficie di scorrimento oppure, agendo preventivamente, viene progettato in relazione alle ipotetiche superfici di rottura che responsabilmente possono essere assunte come quelle più probabili. In ogni caso si opera considerando una massa di terreno in movimento su un ammasso stabile sul quale attestare, per una certa lunghezza, l'allineamento di pali.

Il terreno, nelle due zone, ha una influenza diversa sull'elemento monoassiale (palo): di tipo sollecitativo nella parte superiore (palo passivo – terreno attivo) e di tipo resistivo nella zona sottostante (palo attivo – terreno passivo). Da questa interferenza, fra "sbarramento" e massa in movimento, scaturiscono le azioni stabilizzanti che devono perseguire le seguenti finalità:

1. conferire al pendio un coefficiente di sicurezza maggiore di quello posseduto;
2. essere assorbite dal manufatto garantendone l'integrità (le tensioni interne, derivanti dalle sollecitazioni massime trasmesse sulle varie sezioni del singolo palo, devono risultare inferiori a quelle ammissibili del materiale) e risultare inferiori al carico limite sopportabile dal terreno, calcolato, lateralmente considerando l'interazione (palo-terreno).

Carico limite relativo all'interazione fra i pali ed il terreno laterale

Nei vari tipi di terreno che non hanno un comportamento omogeneo, le deformazioni in corrispondenza della zona di contatto non sono legate fra di loro. Quindi, non potendo associare al materiale un modello di comportamento perfettamente elastico (ipotesi che potrebbe essere assunta per i materiali lapidei poco fratturati), generalmente si procede imponendo che il movimento di massa sia nello stato iniziale e che il terreno in adiacenza ai pali sia nella fase massima consentita di plasticizzazione, oltre la quale si potrebbe verificare l'effetto indesiderato che il materiale possa defluire, attraverso la cortina di pali, nello spazio intercorrente fra un elemento e l'altro.



Imponendo inoltre che il carico assorbito dal terreno sia uguale a quello associato alla condizione limite ipotizzata e che fra due pali consecutivi, a seguito della spinta attiva, si instauri una sorta di effetto arco, gli autori T. Ito e T. Matsui (1975) hanno ricavato la relazione che permette di determinare il carico limite. A questa si è pervenuto facendo riferimento allo schema statico, disegnato nella figura precedente e alle ipotesi anzidette, che schematicamente si ribadiscono.

- Sotto l'azione della spinta attiva del terreno si formano due superfici di scorrimento localizzate in corrispondenza delle linee AEB ed A'E'B;
- Le direzioni EB ed E'B' formano con l'asse x rispettivamente angoli $+(45 + \phi/2)$ e $-(45 + \phi/2)$;
- Il volume di terreno, compreso nella zona delimitata dai vertici AEBB'E'A' ha un comportamento plastico, e quindi è consentita l'applicazione del criterio di rottura di Mohr-coulomb;
- La pressione attiva del terreno agisce sul piano A-A';
- I pali sono dotati di elevata rigidezza a flessione e taglio.

Detta espressione, riferita alla generica profondità Z, relativamente ad un spessore di terreno unitario, è la seguente:

$$P(Z) = C \cdot D_1 (D_1/D_2)^{K_1} \left[1 / \left(N_\phi \tan \phi \right) \left(e^{K_2} - 2(N_\phi)^{1/2} \tan \phi - 1 \right) + K_3 \right] - C \left[D_1 \cdot K_3 - D_2 / (N_\phi)^{1/2} \right] + \gamma Z / N_\phi \left[D_1 (D_1/D_2)^{K_1} \cdot e^{K_2} - D_2 \right]$$

dove i simboli utilizzati assumono il significato che segue:

C = coesione terreno;

ϕ = angolo di attrito terreno;

γ = peso specifico terreno;

D_1 = interasse tra i pali;

D_2 = spazio libero fra due pali consecutivi;

N_ϕ = $\tan^2(\pi/4 + \phi/2)$

$$K_1 = (N_\phi)^{1/2} \tan \phi + N_\phi - 1$$

$$K_2 = (D_1 - D_2) / D_2 \cdot N_\phi \tan(\pi/8 + \phi/4)$$

$$K_3 = \left[2 \tan \phi + 2(N_\phi)^{1/2} + 1 / (N_\phi)^{1/2} \right] / \left[(N_\phi)^{1/2} \tan \phi + N_\phi - 1 \right]$$

La forza totale, relativamente ad uno strato di terreno in movimento di spessore H, è stata ottenuta integrando l'espressione precedente.

In presenza di terreni granulari (condizione drenata), nei quali si può assumere $c = 0$, l'espressione diventa:

$$P = 1/2 \gamma \cdot H^2 / N_\phi \left[D_1 (D_1/D_2)^{K_1} \cdot e^{K_2} - D_2 \right]$$

Per terreni coesivi (condizioni non drenate), con $\phi = 0$ e $C \neq 0$, si ha:

$$P(z) = C \left[D_1 \left(3 \ln(D_1/D_2) + (D_1 - D_2)/D_2 \tan \pi/8 \right) - 2(D_1 - D_2) \right] + \gamma \cdot Z(D_1 - D_2)$$

$$P = \int_0^H P(Z) dZ$$

$$P = C \cdot H \left[D_1 \left(3 \ln(D_1/D_2) + (D_1 - D_2)/D_2 \tan \pi/8 \right) - 2(D_1 - D_2) \right] + 1/2 \gamma H^2 (D_1 - D_2)$$

Il dimensionamento della cortina di pali, che come già detto deve conferire al pendio un incremento del coefficiente di sicurezza e garantire l'integrità del meccanismo palo-terreno, è abbastanza problematica. Infatti tenuto conto della complessità dell'espressione del carico P , influenzata da diversi fattori legati sia alle caratteristiche meccaniche del terreno sia alla geometria del manufatto, non è facile con una sola elaborazione pervenire alla soluzione ottimale. Per raggiungere lo scopo è necessario pertanto eseguire diversi tentativi finalizzati:

- A trovare, sul profilo topografico del pendio, la posizione che garantisca, a parità di altre condizioni, una distribuzione dei coefficienti di sicurezza più confortante;
- A determinare la disposizione planimetrica dei pali, caratterizzata dal rapporto fra interasse e distanza fra i pali (D_2/D_1), che consenta di sfruttare al meglio la resistenza del complesso palo-terreno; sperimentalmente è stato riscontrato che, escludendo i casi limiti ($D_2 = 0 \rightarrow P \rightarrow \infty$ e $D_2 = D_1 \rightarrow P \rightarrow$ valore minimo), i valori più idonei allo scopo sono quelli per i quali tale rapporto risulta compreso fra 0,60 e 0,80;
- A valutare la possibilità di inserire più file di pali ed eventualmente, in caso affermativo, valutare, per le file successive, la posizione che dia più garanzie in termini di sicurezza e di spreco di materiali;
- Ad adottare il tipo di vincolo più idoneo che consente di ottenere una distribuzione più regolare delle sollecitazioni; sperimentalmente è stato constatato che quello che assolve, in maniera più soddisfacente, allo scopo è il vincolo che impedisce le rotazioni alla testa del palo.

Metodo del carico limite di Broms

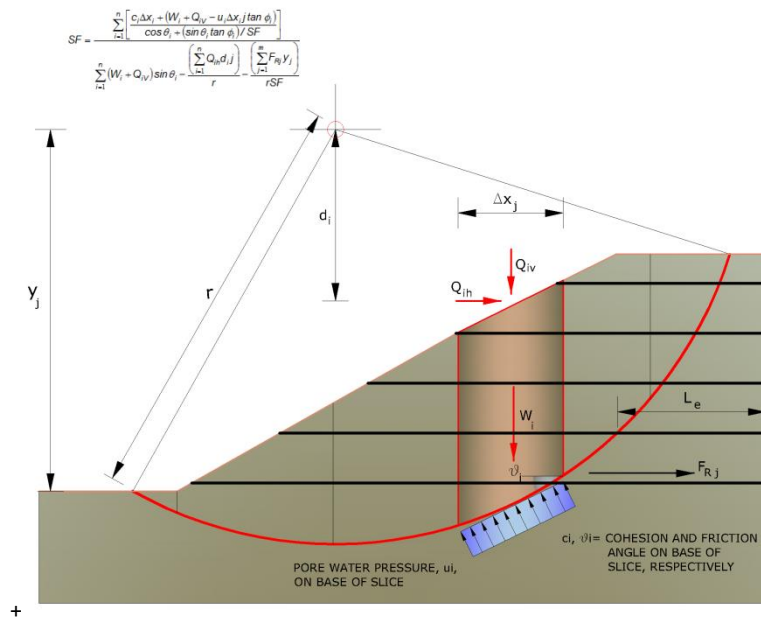
Nel caso in cui il palo sia caricato ortogonalmente all'asse, configurazione di carico presente se un palo inibisce il movimento di una massa in frana, la resistenza può essere affidata al suo carico limite orizzontale.

Il problema di calcolo del carico limite orizzontale è stato affrontato da Broms sia per il mezzo puramente coesivo che per il mezzo incoerente, il metodo di calcolo seguito è basato su alcune ipotesi semplificative per quanto attiene alla reazione esercitata dal terreno per unità di lunghezza di palo in condizioni limite e porta in conto anche la resistenza a rottura del palo (*Momento di plasticizzazione*).

Elemento Rinforzo

I Rinforzi sono degli elementi orizzontali, la loro messa in opera conferisce al terreno un incremento della resistenza allo scorrimento.

Se l'elemento di rinforzo interseca la superficie di scorrimento, la forza resistente sviluppata dall'elemento entra nell'equazione di equilibrio del singolo concio, in caso contrario l'elemento di rinforzo non ne influenza la stabilità.



Le verifiche di natura interna hanno lo scopo di valutare il livello di stabilità dell'ammasso rinforzato, quelle calcolate sono la verifica a rottura dell'elemento di rinforzo per trazione e la verifica a sfilamento (*Pullout*). Il parametro che fornisce la resistenza a trazione del rinforzo, T_{Allow} , si calcola dalla resistenza nominale del materiale con cui è realizzato il rinforzo ridotto da opportuni coefficienti che tengono conto dell'aggressività del terreno, danneggiamento per effetto creep e danneggiamento per installazione.

L'altro parametro è la resistenza a sfilamento (*Pullout*) che viene calcolata attraverso la seguente relazione:

$$T_{Pullout} = 2 \cdot L_e \cdot \sigma'_v \cdot f_b \cdot \tan(\delta)$$

Per geosintetico a maglie chiuse:

$$f_b = \frac{\tan(\delta)}{\tan(\phi)}$$

dove:

δ Rappresenta l'angolo di attrito tra terreno e rinforzo;

$T_{Pullout}$ Resistenza mobilitata da un rinforzo ancorato per una lunghezza L_e all'interno della parte stabile del terreno;

L_e Lunghezza di ancoraggio del rinforzo all'interno della parte stabile;

f_b Coefficiente di *Pullout*;

σ'_v Tensione verticale, calcolata alla profondità media del tratto di rinforzo ancorato al terreno.

Ai fini della verifica si sceglie il valore minimo tra T_{Allow} e $T_{Pullout}$, la verifica interna verrà soddisfatta se la forza trasmessa dal rinforzo generata a tergo del tratto rinforzato non supera il valore della T' .

Ancoraggi

Gli ancoraggi, tiranti o chiodi, sono degli elementi strutturali in grado di sostenere forze di trazione in virtù di un'adeguata connessione al terreno.

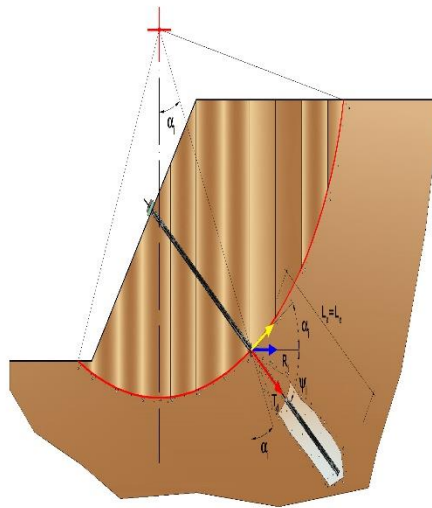
Gli elementi caratterizzanti un tirante sono:

- **testata:** indica l'insieme degli elementi che hanno la funzione di trasmettere alla struttura ancorata la forza di trazione del tirante;
- **fondazione:** indica la parte del tirante che realizza la connessione con il terreno, trasmettendo al terreno stesso la forza di trazione del tirante.

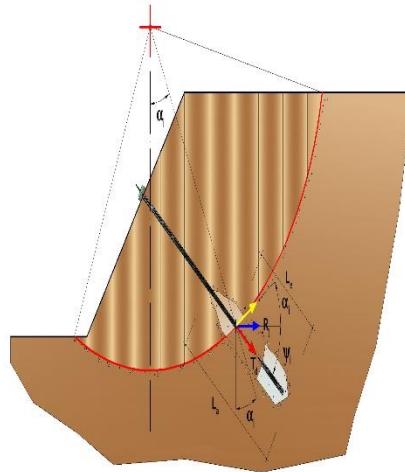
Il tratto compreso tra la testata e la fondazione prende il nome di parte libera, mentre la fondazione (o bulbo) viene

realizzata iniettando nel terreno, per un tratto terminale, tramite valvole a perdere, la malta, in genere cementizia. L'anima dell'ancoraggio è costituita da un'armatura, realizzata con barre, fili o trefoli.

Il tirante interviene nella stabilità in misura maggiore o minore efficacia a seconda se sarà totalmente o parzialmente (caso in cui è intercettato dalla superficie di scorrimento) ancorato alla parte stabile del terreno.



Bulbo completamente ancorato



Bulbo parzialmente ancorato

Le relazioni che esprimono la misura di sicurezza lungo una ipotetica superficie di scorrimento si modificheranno in presenza di ancoraggi (tirante attivo, passivo e chiodi) nel modo seguente:

- per i tiranti di *tipo attivo*, la loro resistenza si detrae dalle azioni (denominatore);

$$F_s = \frac{R_d}{E_d - \sum_{i,j} R_{i,j} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_i}}$$

- per tiranti di *tipo passivo e per i chiodi*, il loro contributo si somma alle resistenze (numeratore)

$$F_s = \frac{R_d + \sum_{i,j} R_{i,j} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_i}}{E_d}$$

Con R_j si indica la resistenza dell'ancoraggio e viene calcolata dalla seguente espressione:

$$R_j = T_d \cdot \cos \Psi_i \cdot \left(\frac{1}{i} \right) \cdot \left(\frac{L_e}{L_a} \right)$$

dove:

T_d tiro esercizio;

Ψ_i inclinazione del tirante rispetto all'orizzontale;

i interasse;

Le lunghezza efficace;

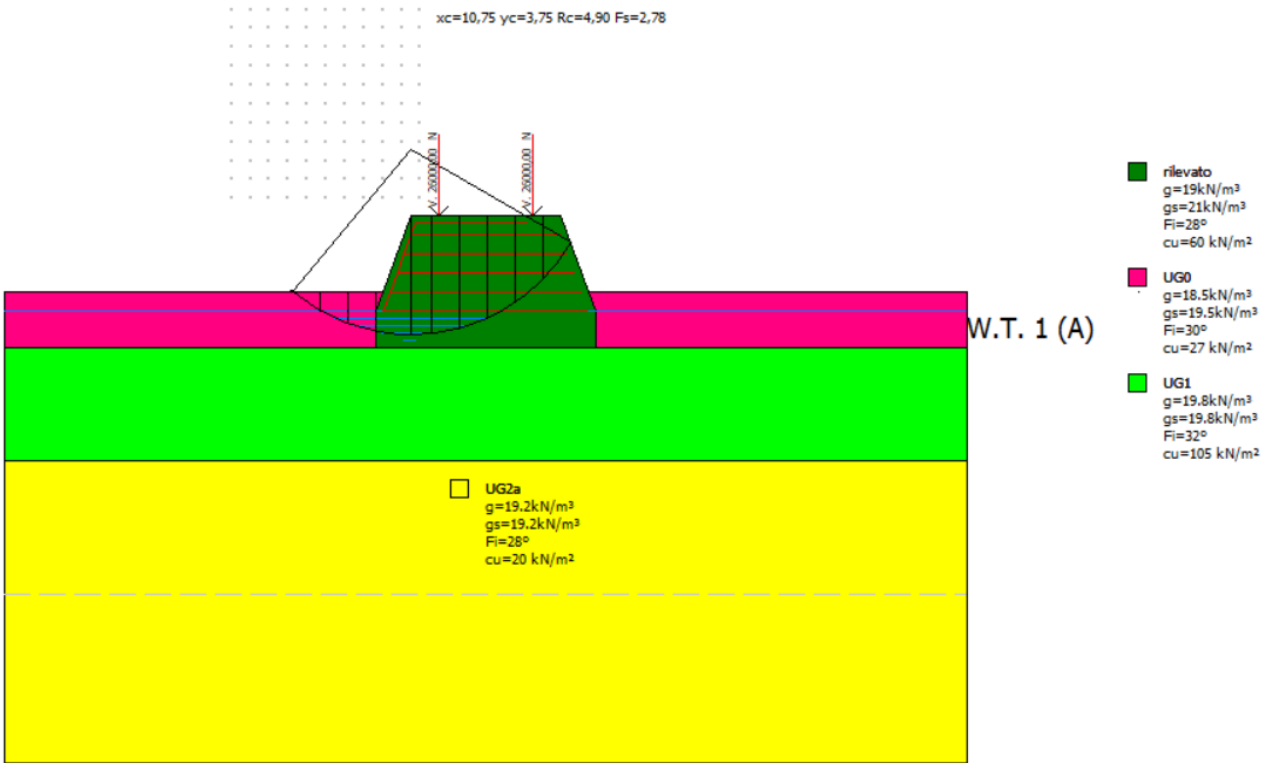
La lunghezza d'ancoraggio.

I due indici (i, j) riportati in sommatoria rappresentano rispettivamente l'i-esimo concio e il j-esimo ancoraggio intercettato dalla superficie di scorrimento dell'i-esimo concio.

RELAZIONE DI CALCOLO

SEZIONE ARMATA – CONDIZIONE FINE OPERA

Sezione armata – Fine Opera – Lato vasca/campagna - Condizioni non drenate



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

=====	
Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053
S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064
S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,73	2,0
4	14,73	2,0
5	15,46	0,0
6	25,46	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	-0,5
2	10,73	-0,5
3	15,64	-0,5
4	25,46	-0,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	9,82	-0,5

4	9,82	-1,5
5	15,64	-1,5
6	15,64	-0,5
7	15,46	0,0
8	25,46	0,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	25,46	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-4,5
2	25,46	-4,5

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

=====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25

Coesione efficace 1,25

Coesione non drenata 1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno No

=====

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata	Angolo resistenza al taglio	Peso unità di volume	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
--------	----------------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------	-------------------------------------	-----------	--

		(kN/m ²)	(°)	(kN/m ³)			
1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	20	28	19.2	19.2	UG2a	

Elemento Rinforzo

Nr.	Descrizione	X (m)	Y (m)	Lunghezza (m)	Lunghezza a facciata (Lf) (m)	Lunghezza a ripiegatura (Lrip) (m)	Inclinazione (°)	Tallow (N)	Angolo attrito terreno rinforzo (°)	Coefficiente di Pullout	Attivato
1	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,02	-0,5	5,4	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
2	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,2	0	5,05	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
3	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,38	0,5	4,69	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
4	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,56	1	4,32	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
5	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,74	1,5	3,96	0,3	3	70	23550	32	1	1-Attivato

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	11,48	2	0	26000	0
2	13,98	2	0	26000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato

2,78

Ascissa centro superficie 10,75 m

Ordinata centro superficie 3,75 m

Raggio superficie 4,9 m

=====

xc = 10,75 yc = 3,75 Rc = 4,903 Fs=2,779

Lambda = -120,683

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	0,74	-34,83	0,9	4077,87
2	0,74	-24,79	0,81	10161,13
3	0,74	-15,53	0,77	14065,09
4	0,92	-5,64	0,92	36096,95
5	0,56	3,05	0,56	37045,18
6	0,74	10,74	0,75	73658,76
7	0,74	19,74	0,79	44538,39
8	0,74	29,3	0,85	39318,18
9	0,74	39,91	0,96	57440,0
10	0,74	52,7	1,22	19579,19

Sforzi sui conci

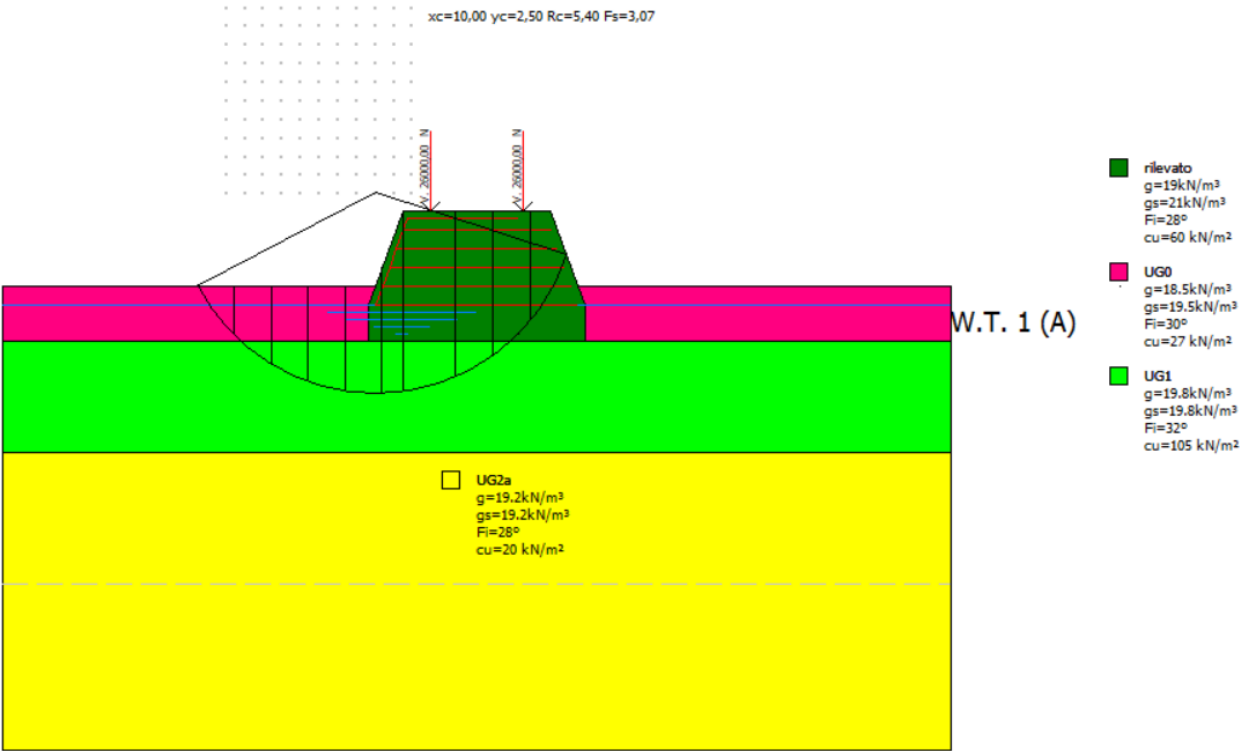
Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	-17801,46	147,51	0,0	0,0	17875,04	7961,3	0,0
2	-44643,62	369,93	-17801,46	147,51	33500,09	7198,25	0,0
3	-82891,18	686,85	-44643,62	369,93	50317,4	6782,6	0,0
4	-253215,5	2098,19	-82891,18	686,85	205284,3	18125,03	0,0
5	26602,65	-220,43	-253215,5	2098,19	-242552,5	11022,27	0,0
6	32545,63	-269,68	26602,65	-220,43	66521,24	14780,75	0,0
7	33717,73	-279,39	32545,63	-269,68	40815,01	15428,51	0,0
8	70938,23	-587,81	33717,73	-279,39	13202,98	16652,18	0,0
9	71168,01	-589,71	70938,23	-587,81	58992,31	18931,42	0,0

10	111523,3	-924,1	71168,01	-589,71	18017,0	23966,04	0,0
----	----------	--------	----------	---------	---------	----------	-----

Tiro geogriglie

Nr. conci	Tiro (N)
1	--
2	--
3	--
4	--
5	--
6	--
7	--
8	23550
9	23550
10	38807,94

Sezione armata – Fine Opera – Lato vasca/campagna - Condizioni drenate



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

=====		
Lat./Long.	45,790916/9,316282	
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.	
Numero di strati	4,0	
Numero dei conci	10,0	
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1	
Coefficiente parziale resistenza	1,1	
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco	
Analisi	Condizione drenata	
Superficie di forma circolare		
=====		

Maglia dei Centri

=====		
Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m	
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m	
Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m	
Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:

D

Categoria topografica:

T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053
S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064
S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,73	2,0
4	14,73	2,0
5	15,46	0,0
6	25,46	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	-0,5
2	10,73	-0,5
3	15,64	-0,5
4	25,46	-0,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	9,82	-0,5
4	9,82	-1,5
5	15,64	-1,5
6	15,64	-0,5
7	15,46	0,0
8	25,46	0,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	25,46	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-4,5
2	25,46	-4,5

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili

1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili

1,0 1,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m²)	Coesione non drenata (kN/m²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m³)	Peso saturo (kN/m³)	Litologia	
1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	20	28	19.2	19.2	UG2a	

Elemento Rinforzo

Nr.	Descrizione	X (m)	Y (m)	Lunghezza (m)	Lunghezza a facciata (Lf) (m)	Lunghezza a ripiegatura (Lrip) (m)	Inclinazione (°)	Tallow (N)	Angolo attrito terreno rinforzo (°)	Coefficiente di Pullout	Attivato
1	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,02	-0,5	5,4	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
2	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,2	0	5,05	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
3	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,38	0,5	4,69	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
4	Xgrid PET PVC	10,56	1	4,32	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato

	40/30 IT										
5	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,74	1,5	3,96	0,3	3	70	23550	32	1	1-Attivato

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	11,48	2	0	26000	0
2	13,98	2	0	26000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 3,07
 Ascissa centro superficie 10,0 m
 Ordinata centro superficie 2,5 m
 Raggio superficie 5,4 m

=====

xc = 10,00 yc = 2,50 Rc = 5,404 Fs=3,072

Lambda = -0,116

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	0,99	-53,54	1,67	14637,24
2	0,99	-37,94	1,26	34067,4
3	0,99	-25,4	1,1	46028,86
4	0,99	-14,12	1,02	53015,5
5	0,99	-3,39	1,0	56014,07
6	0,55	4,83	0,55	44988,14
7	1,44	15,7	1,49	158673,5
8	0,99	29,71	1,14	81895,45
9	0,99	43,01	1,36	93631,71

10	0,99	61,26	2,07	42521,85
----	------	-------	------	----------

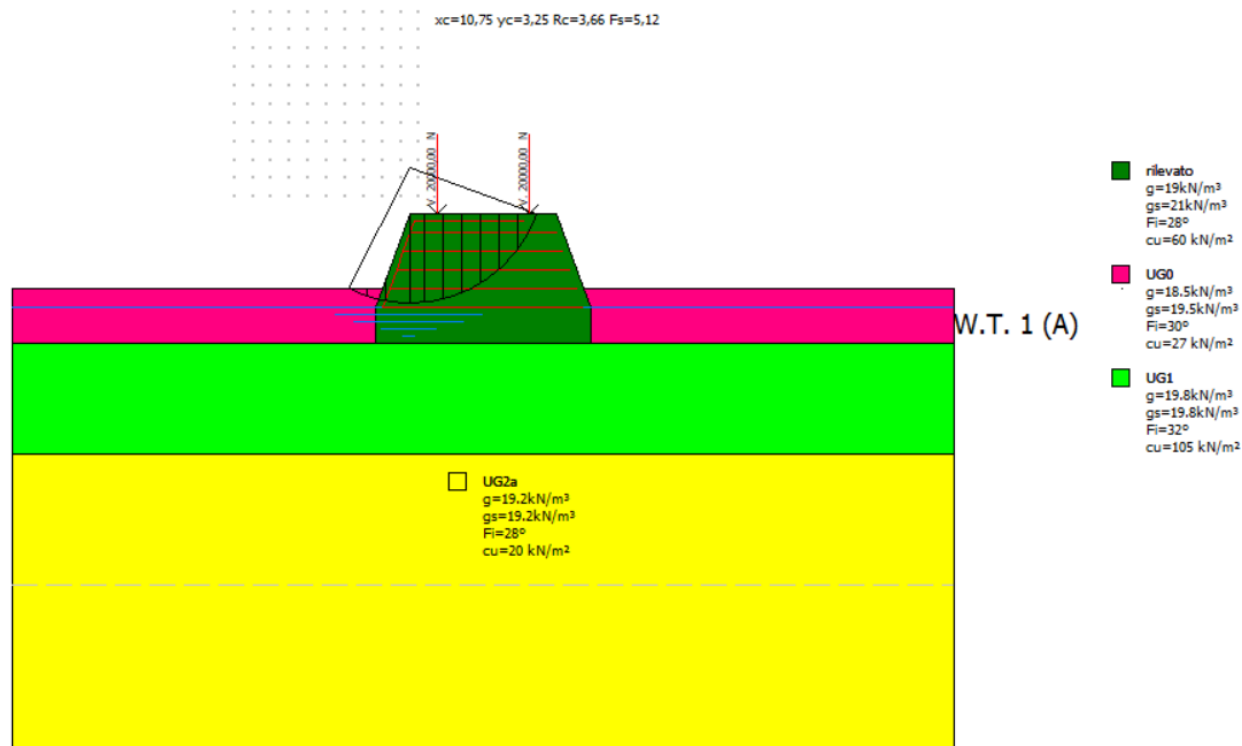
Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	-2728,09	23612,5	0,0	0,0	-8671,82	-1481,42	0,0
2	-6210,35	53752,62	-2728,09	23612,5	-4729,37	-874,42	12467,75
3	-9273,16	80262,3	-6210,35	53752,62	12611,34	2331,74	18392,18
4	-11441,64	99031,18	-9273,16	80262,3	26404,56	4882,0	21852,62
5	-12503,33	108220,5	-11441,64	99031,18	33052,97	6111,24	23337,79
6	-12524,71	108405,5	-12503,33	108220,5	31919,68	5901,7	12899,79
7	-10355,16	89627,34	-12524,71	108405,5	113310,6	20950,25	31072,14
8	-6472,62	56022,71	-10355,16	89627,34	32004,34	5917,35	16589,9
9	862,13	-7461,99	-6472,62	56022,71	19798,29	7136,37	0,0
10	4,73	-40,94	862,13	-7461,99	72505,52	17522,92	0,0

Tiro geogriglie

Nr. conci	Tiro (N)
1	--
2	--
3	--
4	--
5	--
6	--
7	--
8	--
9	--
10	51482,5

Sezione armata – Fine Opera – Lato vasca/campagna - Condizioni non drenate – Sisma



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m

Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053

S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064
S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,025

Coefficiente azione sismica verticale 0,013

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,73	2,0
4	14,73	2,0
5	15,46	0,0
6	25,46	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	-0,5
2	10,73	-0,5
3	15,64	-0,5
4	25,46	-0,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	9,82	-0,5
4	9,82	-1,5
5	15,64	-1,5

6	15,64	-0,5
7	15,46	0,0
8	25,46	0,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	25,46	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-4,5
2	25,46	-4,5

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

=====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25

Coesione efficace 1,25

Coesione non drenata 1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno No

=====

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	10	60	28	19	21	rilevato	

2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	20	28	19.2	19.2	UG2a	

Elemento Rinforzo

Nr.	Descrizione	X (m)	Y (m)	Lunghezza (m)	Lunghezza facciata (Lf) (m)	Lunghezza a ripiegatura (Lrip) (m)	Inclinazione (°)	Tallow (N)	Angolo attrito terreno rinforzo (°)	Coefficiente di Pullout	Attivato
1	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,02	-0,5	5,4	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
2	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,2	0	5,05	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
3	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,38	0,5	4,69	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
4	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,56	1	4,32	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
5	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,74	1,5	3,96	0,3	3	70	23550	32	1	1-Attivato

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	11,48	2	0	20000	0
2	13,98	2	0	20000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 5,12
 Ascissa centro superficie 10,75 m
 Ordinata centro superficie 3,25 m

Raggio superficie

3,66 m

=====

xc = 10,75 yc = 3,25 Rc = 3,656 Fs=5,119

Lambda = -2008,088

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	0,51	-22,91	0,55	1189,92
2	0,51	-14,42	0,53	3128,0
3	0,63	-5,3	0,64	20243,38
4	0,39	2,74	0,39	19649,33
5	0,51	9,87	0,52	45242,44
6	0,51	18,15	0,54	23877,74
7	0,51	26,87	0,57	21612,86
8	0,51	36,34	0,63	18255,16
9	0,51	47,22	0,75	13397,35
10	0,51	61,57	1,07	25940,81

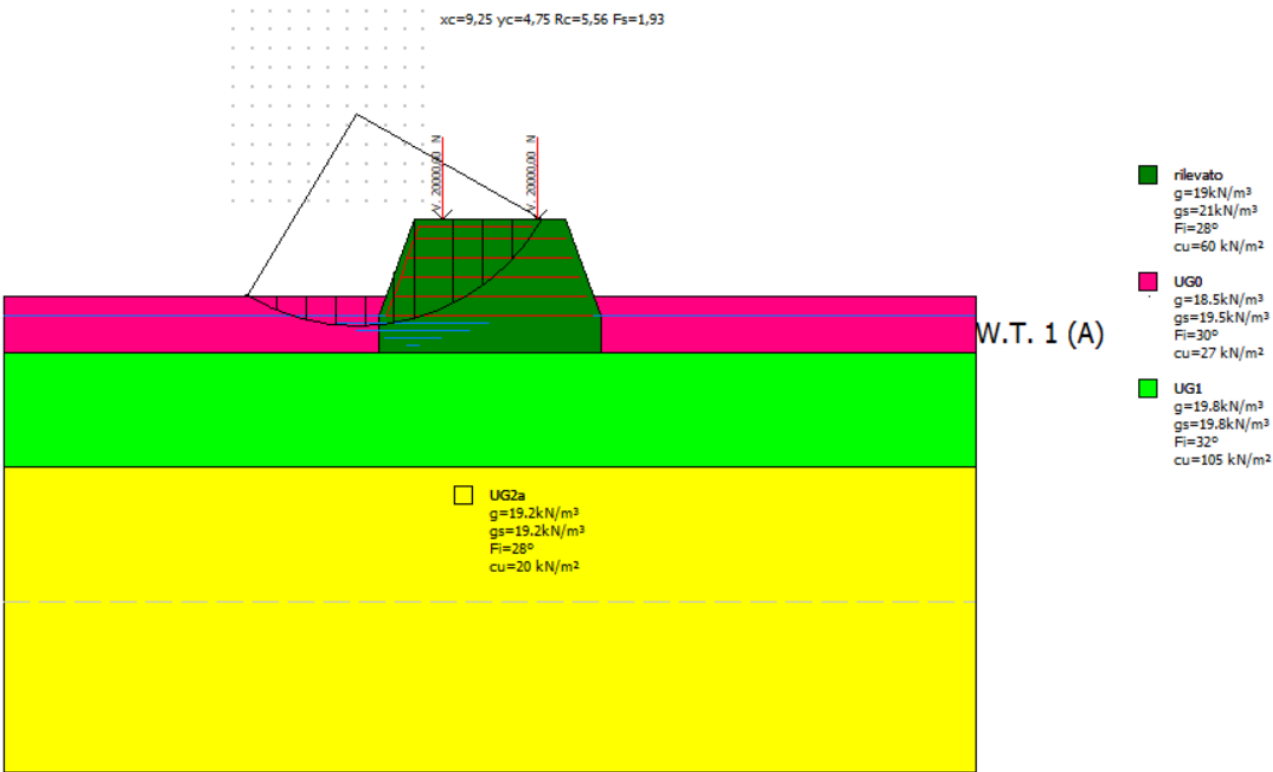
Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	-8074,6	4,02	0,0	0,0	8558,1	2660,04	0,0
2	-21262,37	10,59	-8074,6	4,02	15859,09	2529,93	0,0
3	-96212,56	47,91	-21262,37	10,59	95092,38	6768,0	0,0
4	-10387,91	5,17	-96212,56	47,91	-65869,85	4155,66	0,0
5	-30826,01	15,35	-10387,91	5,17	65095,85	5526,78	0,0
6	-38566,52	19,21	-30826,01	15,35	30154,37	5730,26	0,0
7	-958,52	0,48	-38566,52	19,21	-3628,18	6103,81	0,0
8	23721,29	-11,81	-958,52	0,48	8692,4	6759,4	0,0
9	42836,77	-21,33	23721,29	-11,81	13266,78	8016,96	0,0
10	41950,31	-20,89	42836,77	-21,33	33073,29	11435,8	0,0

Tiro geogriglie

Nr. conci	Tiro (N)
1	--
2	--
3	--
4	--
5	--
6	--
7	23550
8	23550
9	23550
10	23550

Sezione armata – Fine Opera – Lato vasca/campagna - Condizioni drenate – Sisma



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

=====		
Lat./Long.	45,790916/9,316282	
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.	
Numero di strati	4,0	
Numero dei conci	10,0	
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1	
Coefficiente parziale resistenza	1,1	
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco	
Analisi	Condizione drenata	
Superficie di forma circolare		
=====		

Maglia dei Centri

=====		
Ascissa vertice sinistro inferiore xi		6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi		2,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs		11,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys		7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:

D

Categoria topografica:

T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053
S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064
S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Coefficiente azione sismica orizzontale

0,025

Coefficiente azione sismica verticale

0,013

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,73	2,0
4	14,73	2,0
5	15,46	0,0
6	25,46	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	-0,5
2	10,73	-0,5
3	15,64	-0,5
4	25,46	-0,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	9,82	-0,5
4	9,82	-1,5
5	15,64	-1,5
6	15,64	-0,5
7	15,46	0,0
8	25,46	0,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	25,46	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-4,5
2	25,46	-4,5

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

=====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25

Coesione efficace 1,25

Coesione non drenata 1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno No

=====

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	20	28	19.2	19.2	UG2a	

Elemento Rinforzo

Nr.	Descrizione	X (m)	Y (m)	Lunghezza (m)	Lunghezza a facciata (Lf) (m)	Lunghezza a ripiegatura (Lrip) (m)	Inclinazione (°)	Tallow (N)	Angolo attrito terreno rinforzo (°)	Coefficiente di Pullout	Attivato
1	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,02	-0,5	5,4	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
2	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,2	0	5,05	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
3	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,38	0,5	4,69	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato

4	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,56	1	4,32	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
5	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,74	1,5	3,96	0,3	3	70	23550	32	1	1-Attivato

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	11,48	2	0	20000	0
2	13,98	2	0	20000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====	
Fs minimo individuato	1,93
Ascissa centro superficie	9,25 m
Ordinata centro superficie	4,75 m
Raggio superficie	5,56 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; Ei, Ei-1: Forze agenti normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliante applicate sulle facce laterali.

xc = 9,25 yc = 4,75 Rc = 5,559 Fs=1,928

Lambda = 2,563

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	0,77	-26,84	0,87	3059,09
2	0,77	-18,19	0,81	7638,67
3	0,77	-9,95	0,78	10542,92

4	0,77	-1,93	0,77	11748,88
5	0,77	6,06	0,78	11845,75
6	0,51	12,75	0,52	19264,23
7	1,04	21,17	1,11	67963,59
8	0,77	31,58	0,91	29217,9
9	0,77	41,58	1,03	20866,59
10	0,77	53,63	1,3	28626,8

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	3284,97	1281,63	0,0	0,0	-710,18	-193,36	0,0
2	10203,28	3980,8	3284,97	1281,63	-4,09	-1,11	0,0
3	17898,31	6983,01	10203,28	3980,8	2466,72	671,62	0,0
4	24159,14	9425,66	17898,31	6983,01	5565,35	1515,3	0,0
5	35020,44	13663,19	24159,14	9425,66	1548,24	4049,27	0,0
6	43967,64	17153,93	35020,44	13663,19	10971,02	5209,52	0,0
7	95819,8	37383,99	43967,64	17153,93	31045,9	13021,48	0,0
8	171027,8	66726,33	95819,8	37383,99	-11541,47	1379,34	0,0
9	297194,8	115950,3	171027,8	66726,33	-30616,28	-2810,22	0,0
10	-2533413,0	-988408,4	297194,8	115950,3	843948,1	217758,7	0,0

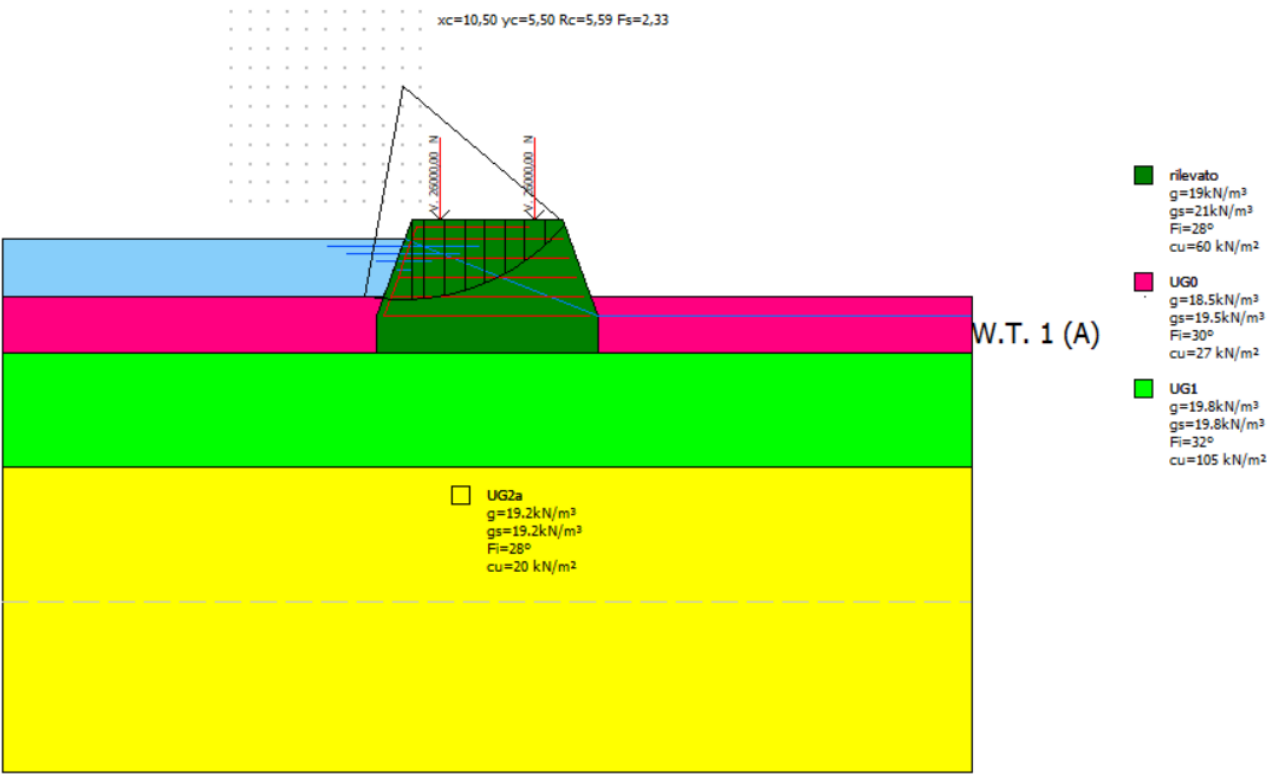
Tiro geogriglie

Nr. conci	Tiro (N)
1	--
2	--
3	--
4	--
5	--
6	--
7	23550
8	23550

9	23550
10	47100

SEZIONE ARMATA – CONDIZIONE SERBATOIO PIENO

Sezione armata – Serbatoio Pieno - Lato vasca - Condizioni non drenate



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

```
=====
```

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053
S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064
S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,73	2,0
4	14,73	2,0
5	15,46	0,0
6	25,46	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	1,5
2	10,55	1,5
3	15,64	-0,5
4	25,46	-0,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	9,82	-0,5
4	9,82	-1,5

5	15,64	-1,5
6	15,64	-0,5
7	15,46	0,0
8	25,46	0,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	25,46	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-4,5
2	25,46	-4,5

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

=====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25

Coesione efficace 1,25

Coesione non drenata 1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno No

=====

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
--------	----------------------------------	-------------------------------------------------	------------------------------------------	-------------------------------------------------	-------------------------------------	-----------	--

1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	20	28	19.2	19.2	UG2a	

Elemento Rinforzo

Nr.	Descrizione	X (m)	Y (m)	Lunghezza (m)	Lunghezza a facciata (Lf) (m)	Lunghezza a ripiegatura (Lrip) (m)	Inclinazione (°)	Tallow (N)	Angolo attrito terreno rinforzo (°)	Coefficiente di Pullout	Attivato
1	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,02	-0,5	5,4	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
2	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,2	0	5,05	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
3	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,38	0,5	4,69	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
4	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,56	1	4,32	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
5	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,74	1,5	3,96	0,3	3	70	23550	32	1	1-Attivato

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	11,48	2	0	26000	0
2	13,98	2	0	26000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 2,33
 Ascissa centro superficie 10,5 m

Ordinata centro superficie

5,5 m

Raggio superficie

5,59 m

=====

xc = 10,50 yc = 5,50 Rc = 5,591 Fs=2,327

Lambda = -73,857

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	0,53	-7,62	0,53	8187,48
2	0,71	-1,27	0,71	19894,66
3	0,35	4,14	0,35	15166,1
4	0,53	8,67	0,53	48454,66
5	0,53	14,19	0,54	21275,1
6	0,53	19,85	0,56	19488,98
7	0,53	25,73	0,59	17038,04
8	0,53	31,92	0,62	13829,43
9	0,53	38,56	0,67	35712,97
10	0,53	45,9	0,76	4429,88

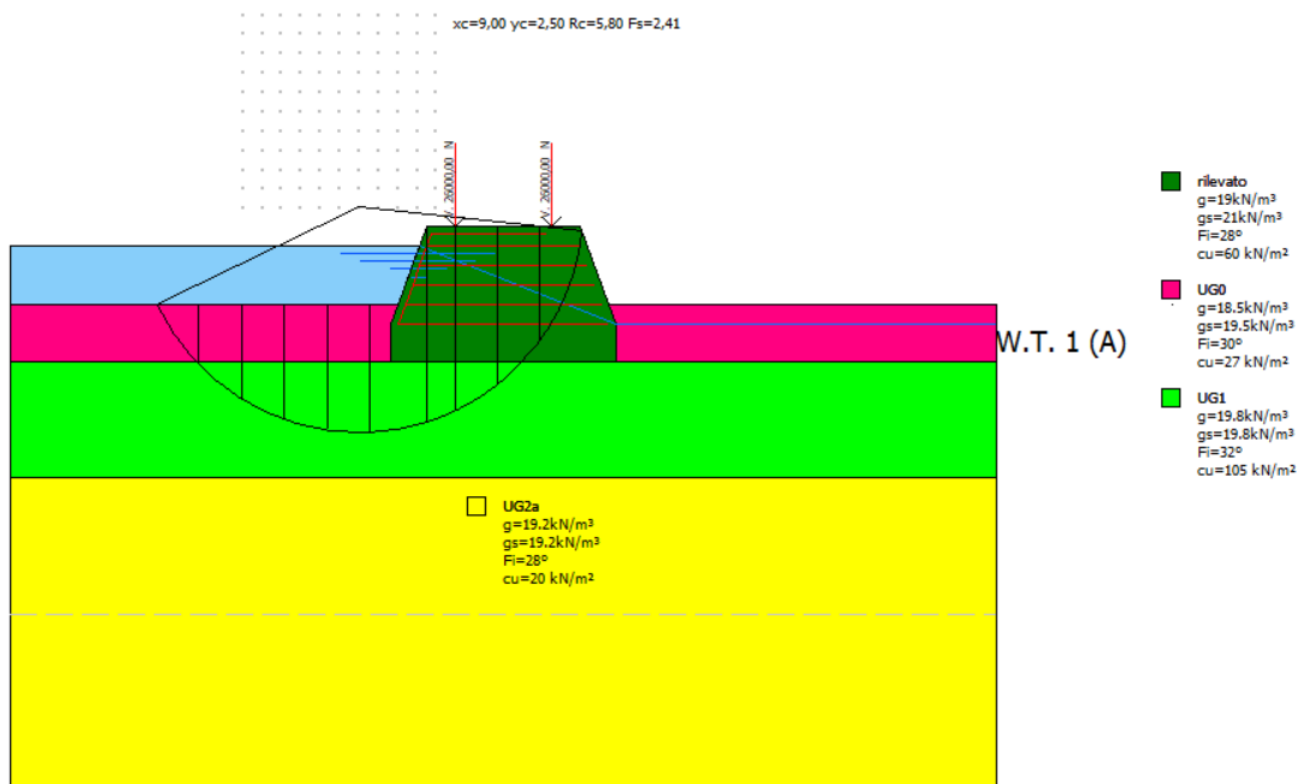
Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	-45859,68	620,92	0,0	0,0	53487,2	5612,15	0,0
2	-404799,9	5480,84	-45859,68	620,92	378634,4	16575,04	0,0
3	-212557,4	2877,95	-404799,9	5480,84	-176801,4	8172,9	0,0
4	-5097,88	69,02	-212557,4	2877,95	-154063,7	12504,01	0,0
5	27379,91	-370,71	-5097,88	69,02	-10968,66	12750,28	0,0
6	47338,11	-640,94	27379,91	-370,71	-533,11	13142,39	0,0
7	112614,5	-1524,76	47338,11	-640,94	-33615,69	13721,73	0,0
8	126636,3	-1714,61	112614,5	-1524,76	-263,59	14562,89	0,0
9	146158,8	-1978,94	126636,3	-1714,61	27175,02	15808,22	0,0
10	189857,8	-2570,6	146158,8	-1978,94	-10837,47	17764,07	0,0

Tiro geogriglie

Nr. conci	Tiro (N)
1	--
2	--
3	--
4	23550
5	--
6	--
7	23550
8	--
9	23550
10	23550

Sezione armata – Serbatoio Pieno - Lato vasca - Condizioni drenate



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore x_i	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore y_i	2,5 m

Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053

S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064
S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,73	2,0
4	14,73	2,0
5	15,46	0,0
6	25,46	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	1,5
2	10,55	1,5
3	15,64	-0,5
4	25,46	-0,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	9,82	-0,5
4	9,82	-1,5
5	15,64	-1,5
6	15,64	-0,5
7	15,46	0,0

8	25,46	0,0
---	-------	-----

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	25,46	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-4,5
2	25,46	-4,5

Coefficienti parziali azioni

=====		
Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
=====		

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====		
Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25	
Coesione efficace	1,25	
Coesione non drenata	1,4	
Riduzione parametri geotecnici terreno	No	
=====		

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	

4	0	20	28	19.2	19.2	UG2a	
---	---	----	----	------	------	------	--

Elemento Rinforzo

Nr.	Descrizione	X (m)	Y (m)	Lunghezza (m)	Lunghezza a facciata (Lf) (m)	Lunghezza a ripiegatura (Lrip) (m)	Inclinazione (°)	Tallow (N)	Angolo attrito terreno rinforzo (°)	Coefficiente di Pullout	Attivato
1	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,02	-0,5	5,4	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
2	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,2	0	5,05	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
3	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,38	0,5	4,69	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
4	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,56	1	4,32	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
5	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,74	1,5	3,96	0,3	3	70	23550	32	1	1-Attivato

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	11,48	2	0	26000	0
2	13,98	2	0	26000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====	
Fs minimo individuato	2,41
Ascissa centro superficie	9,0 m
Ordinata centro superficie	2,5 m
Raggio superficie	5,8 m
=====	

xc = 9,00 yc = 2,50 Rc = 5,804 Fs=2,409

Lambda = -0,168

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	1,1	-54,98	1,92	36006,27
2	1,1	-38,5	1,41	22208,98
3	1,1	-25,51	1,22	29709,4
4	1,1	-13,87	1,13	34018,56
5	1,1	-2,82	1,1	35786,57
6	1,46	9,99	1,49	49691,39
7	0,74	21,26	0,79	73887,18
8	1,1	31,56	1,29	125423,7
9	1,1	45,77	1,58	79533,9
10	1,1	68,75	3,04	68791,02

Sforzi sui conci

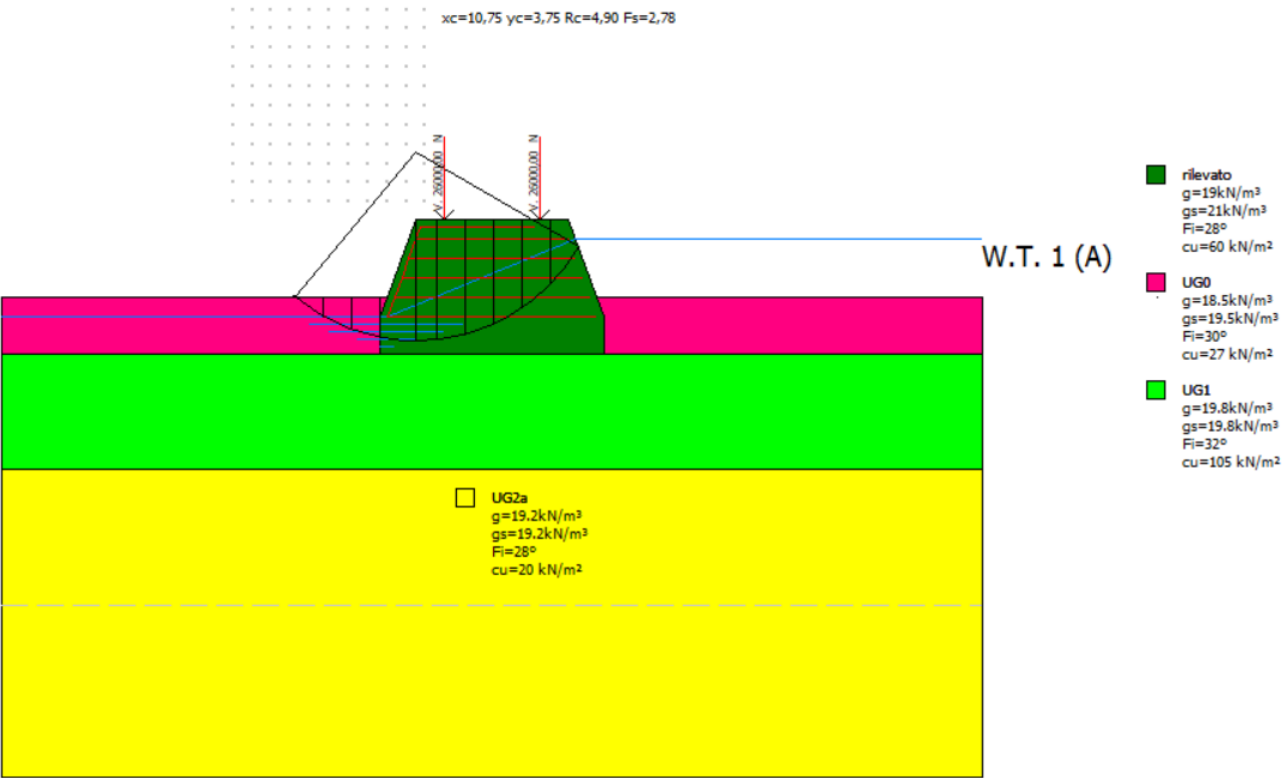
Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	-10307,87	61344,74	0,0	0,0	-23655,05	-5154,28	0,0
2	-14212,69	84583,34	-10307,87	61344,74	5968,87	1407,62	0,0
3	-17746,51	105614,0	-14212,69	84583,34	20945,4	4939,5	0,0
4	-20444,4	121669,8	-17746,51	105614,0	31796,6	7498,5	0,0
5	-22098,25	131512,3	-20444,4	121669,8	36911,71	8704,79	0,0
6	-22572,59	134335,2	-22098,25	131512,3	49895,16	11766,64	0,0
7	-18849,33	112177,2	-22572,59	134335,2	24733,54	5832,84	30405,17
8	-9631,3	57318,3	-18849,33	112177,2	27480,51	6480,65	36487,78
9	1551,19	-9231,54	-9631,3	57318,3	-32213,98	-7596,94	22470,76
10	638,17	-3797,92	1551,19	-9231,54	114881,1	34518,55	0,0

Tiro geogriglie

Nr. conci	Tiro
-----------	------

	(N)
1	--
2	--
3	--
4	--
5	--
6	--
7	--
8	--
9	--
10	90722,56

Sezione armata – Serbatoio Pieno - Lato campagna - Condizioni non drenate



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

=====

Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

=====

Maglia dei Centri

=====

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053
S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064
S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,73	2,0
4	14,73	2,0
5	15,46	0,0
6	25,46	0,0

Falda

Nr.	X	y
-----	---	---

	(m)	(m)
1	0,0	-0,5
2	9,8	-0,5
3	14,91	1,5
4	25,46	1,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	9,82	-0,5
4	9,82	-1,5
5	15,64	-1,5
6	15,64	-0,5
7	15,46	0,0
8	25,46	0,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	25,46	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-4,5
2	25,46	-4,5

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

=====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====	
Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No
=====	

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m²)	Coesione non drenata (kN/m²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m³)	Peso saturo (kN/m³)	Litologia	
1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	20	28	19.2	19.2	UG2a	

Elemento Rinforzo

Nr.	Descrizione	X (m)	Y (m)	Lunghezza (m)	Lunghezza a facciata (Lf) (m)	Lunghezza a ripiegatura (Lrip) (m)	Inclinazione (°)	Tallow (N)	Angolo attrito terreno rinforzo (°)	Coefficiente di Pullout	Attivato
1	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,02	-0,5	5,4	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
2	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,2	0	5,05	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
3	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,38	0,5	4,69	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
4	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,56	1	4,32	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
5	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,74	1,5	3,96	0,3	3	70	23550	32	1	1-Attivato

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	11,48	2	0	26000	0
2	13,98	2	0	26000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====	
Fs minimo individuato	2,78
Ascissa centro superficie	10,75 m
Ordinata centro superficie	3,75 m
Raggio superficie	4,9 m
=====	

xc = 10,75 yc = 3,75 Rc = 4,903 Fs=2,779

Lambda = -120,683

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	0,74	-34,83	0,9	4077,87
2	0,74	-24,79	0,81	10161,13
3	0,74	-15,53	0,77	14065,09
4	0,92	-5,64	0,92	36096,95
5	0,56	3,05	0,56	37045,18
6	0,74	10,74	0,75	73658,76
7	0,74	19,74	0,79	44538,39
8	0,74	29,3	0,85	39318,18
9	0,74	39,91	0,96	57440,0
10	0,74	52,7	1,22	19579,19

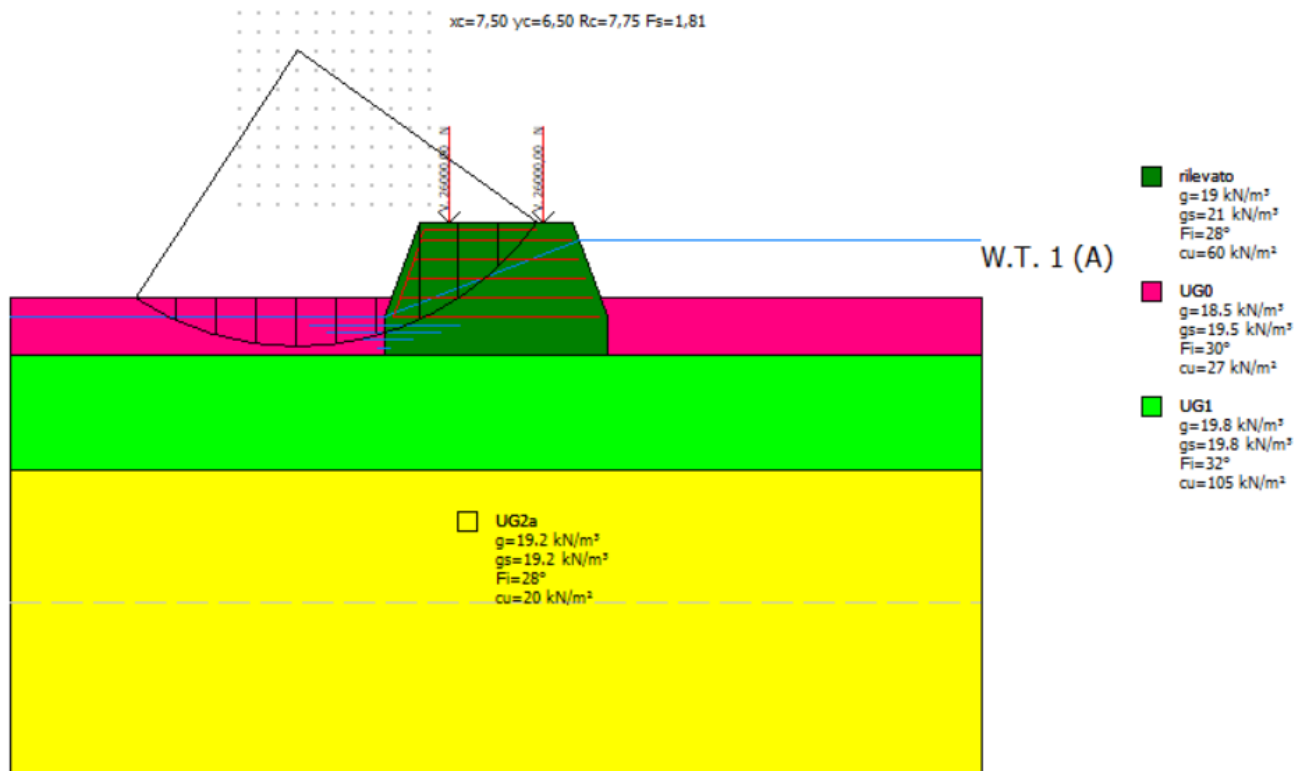
Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	-17801,46	147,51	0,0	0,0	17875,04	7961,3	0,0
2	-44643,62	369,93	-17801,46	147,51	33500,09	7198,25	0,0
3	-82891,18	686,85	-44643,62	369,93	50317,4	6782,6	0,0
4	-253215,5	2098,19	-82891,18	686,85	205284,3	18125,03	0,0
5	26602,65	-220,43	-253215,5	2098,19	-242552,5	11022,27	0,0
6	32545,63	-269,68	26602,65	-220,43	66521,24	14780,75	0,0
7	33717,73	-279,39	32545,63	-269,68	40815,01	15428,51	0,0
8	70938,23	-587,81	33717,73	-279,39	13202,98	16652,18	0,0
9	71168,01	-589,71	70938,23	-587,81	58992,31	18931,42	0,0
10	111523,3	-924,1	71168,01	-589,71	18017,0	23966,04	0,0

Tiro geogriglie

Nr. conci	Tiro (N)
1	--
2	--
3	--
4	--
5	--
6	--
7	--
8	23550
9	23550
10	38807,94

Sezione armata – Serbatoio Pieno - Lato campagna - Condizioni drenate



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore x_i	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore y_i	2,5 m
Ascissa vertice destro superiore x_s	11,0 m

Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [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.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053
S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064

S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,73	2,0
4	14,73	2,0
5	15,46	0,0
6	25,46	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	-0,5
2	9,82	-0,5
3	14,91	1,5
4	25,46	1,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	9,82	-0,5
4	9,82	-1,5
5	15,64	-1,5
6	15,64	-0,5
7	15,46	0,0
8	25,46	0,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	25,46	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-4,5
2	25,46	-4,5

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0 1,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0 1,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	20	28	19.2	19.2	UG2a	

Elemento Rinforzo

Nr.	Descrizione	X (m)	Y (m)	Lunghezza (m)	Lunghezza facciata (Lf) (m)	Lunghezza a ripiegatura (Lrip) (m)	Inclinazione (°)	Tallow (N)	Angolo attrito terreno rinforzo (°)	Coefficiente di Pullout	Attivato
1	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,02	-0,5	5,4	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
2	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,2	0	5,05	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
3	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,38	0,5	4,69	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
4	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,56	1	4,32	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
5	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,74	1,5	3,96	0,3	3	70	23550	32	1	1-Attivato

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	11,48	2	0	26000	0
2	13,98	2	0	26000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 1,81
 Ascissa centro superficie 7,5 m
 Ordinata centro superficie 6,5 m
 Raggio superficie 7,75 m

=====

xc = 7,50 yc = 6,50 Rc = 7,755 Fs=1,809

Lambda = 1,343

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	1,05	-28,61	1,2	6127,4
2	1,05	-20,02	1,12	15694,08
3	1,05	-11,88	1,08	21874,42
4	1,05	-3,99	1,06	24890,46
5	1,05	3,82	1,06	24922,27
6	1,05	11,71	1,08	21971,68
7	1,13	20,15	1,21	27439,32
8	0,98	28,73	1,11	69467,74
9	1,05	37,79	1,33	33106,29
10	1,05	48,63	1,6	13235,61

Sforzi sui concii

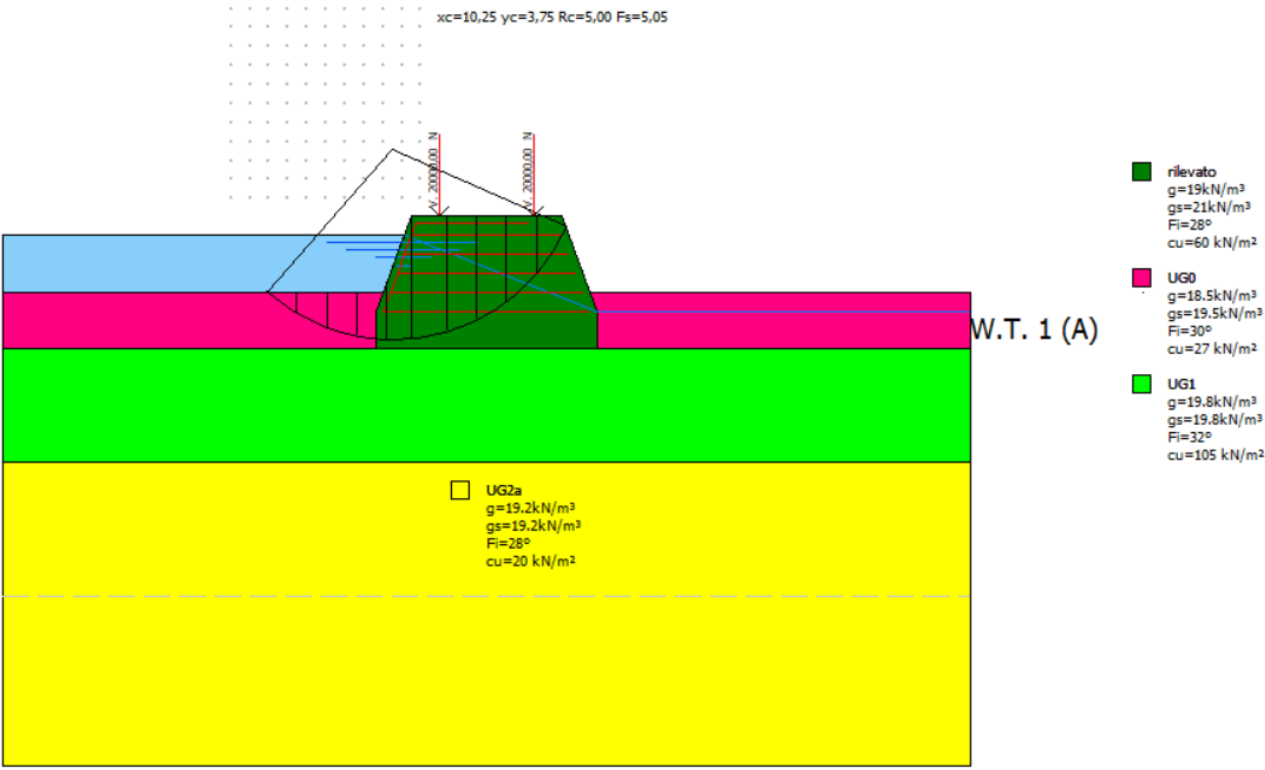
Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	1505,3	1120,82	0,0	0,0	3521,08	1021,74	0,0
2	5123,23	3814,67	1505,3	1120,82	10424,46	3024,94	0,0
3	9760,6	7267,56	5123,23	3814,67	16156,54	4688,26	0,0
4	14415,54	10733,55	9760,6	7267,56	19945,14	5787,62	0,0
5	18124,82	13495,41	14415,54	10733,55	21349,94	6195,27	0,0
6	19835,14	14768,89	18124,82	13495,41	20098,02	5831,99	0,0
7	26571,72	19784,82	19835,14	14768,89	21163,32	11718,07	0,0
8	-154535,2	-115064,1	26571,72	19784,82	166217,1	50017,45	0,0
9	-216103,2	-160906,5	-154535,2	-115064,1	75591,93	26907,24	0,0
10	-248548,3	-185064,6	-216103,2	-160906,5	47409,72	20688,0	0,0

Tiro geogriglie

Nr. concii	Tiro (N)
1	--

	2	--
	3	--
	4	--
	5	--
	6	--
	7	--
	8	23550
	9	47100
	10	47100

Sezione armata – Serbatoio Pieno - Lato vasca - Condizioni non drenate – Sisma



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

=====

Lat./Long. 45,790916/9,316282

Calcolo eseguito secondo NTC 2008 & Circ.

Numero di strati 4,0

Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

=====

Maglia dei Centri

=====

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L.	TR	ag	F0	TC*
Stato limite	Tempo ritorno	[m/s ²]	[-]	[sec]

	[anni]			
S.L.O.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053
S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064
S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,025

Coefficiente azione sismica verticale 0,013

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,73	2,0
4	14,73	2,0
5	15,46	0,0
6	25,46	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
-----	----------	----------

1	0,0	1,5
2	10,55	1,5
3	15,64	-0,5
4	25,46	-0,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	9,82	-0,5
4	9,82	-1,5
5	15,64	-1,5
6	15,64	-0,5
7	15,46	0,0
8	25,46	0,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	25,46	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-4,5
2	25,46	-4,5

Coefficienti parziali azioni

=====		
Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
=====		

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

=====

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m²)	Coesione non drenata (kN/m²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m³)	Peso saturo (kN/m³)	Litologia	
1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	20	28	19.2	19.2	UG2a	

Elemento Rinforzo

Nr.	Descrizione	X (m)	Y (m)	Lunghezza (m)	Lunghezza a facciata (Lf) (m)	Lunghezza a ripiegatura (Lrip) (m)	Inclinazione (°)	Tallow (N)	Angolo attrito terreno rinforzo (°)	Coefficiente di Pullout	Attivato
1	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,02	-0,5	5,4	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
2	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,2	0	5,05	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
3	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,38	0,5	4,69	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
4	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,56	1	4,32	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
5	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,74	1,5	3,96	0,3	3	70	23550	32	1	1-Attivato

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	11,48	2	0	20000	0
2	13,98	2	0	20000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 5,05
 Ascissa centro superficie 10,25 m
 Ordinata centro superficie 3,75 m
 Raggio superficie 5,0 m

=====

xc = 10,25 yc = 3,75 Rc = 4,996 Fs=5,05

Lambda = -152,663

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	0,79	-35,79	0,97	16393,19
2	0,79	-25,21	0,87	23476,23
3	0,79	-15,52	0,82	27948,43
4	0,79	-6,28	0,79	30270,31
5	0,63	1,89	0,63	33788,94
6	0,94	11,04	0,96	82546,81
7	0,79	21,42	0,85	48030,43
8	0,79	31,58	0,92	41568,03
9	0,79	43,09	1,08	51714,15
10	0,79	57,79	1,48	16304,89

Sforzi sui conci

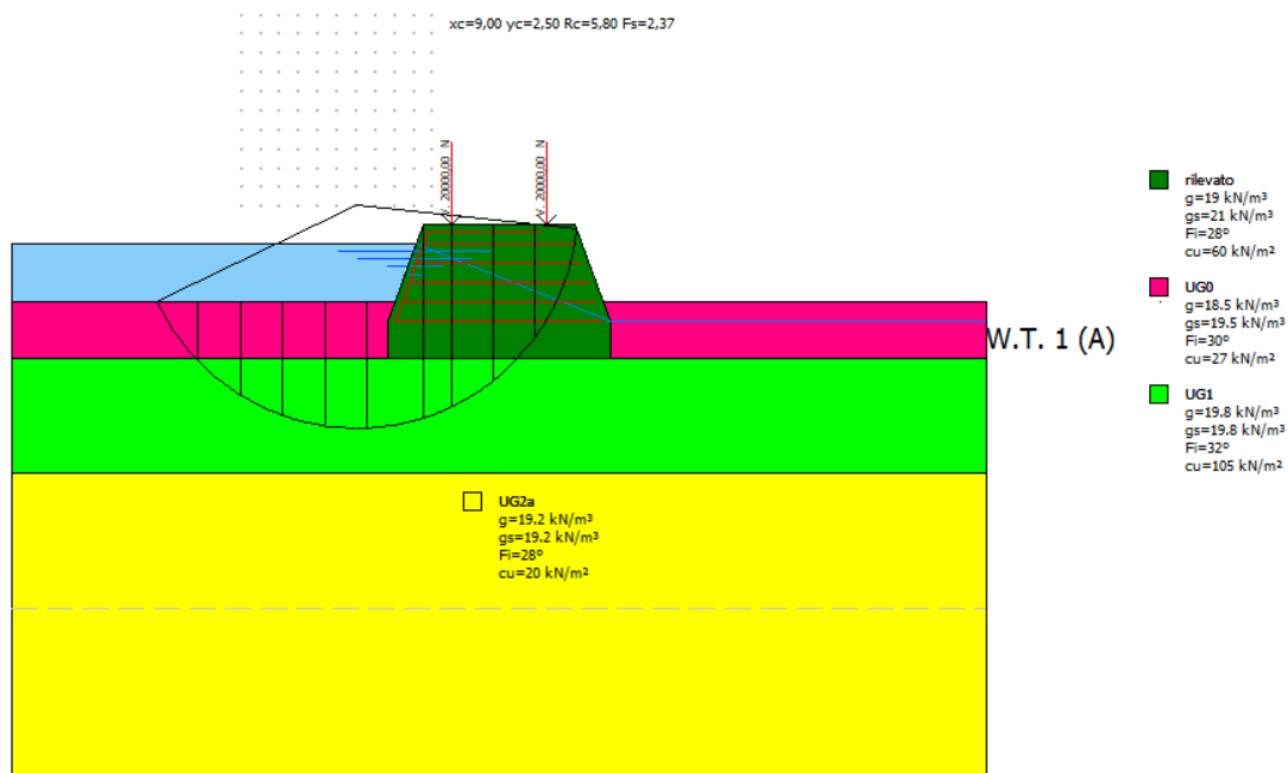
Nr.	Xi	Ei	Xi-1	Ei-1	N'i	Ti	Ui
-----	----	----	------	------	-----	----	----

	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)
1	-23898,4	156,54	0,0	0,0	33005,76	4719,27	0,0
2	-55930,98	366,37	-23898,4	156,54	50657,55	4231,4	0,0
3	-95649,61	626,54	-55930,98	366,37	65666,52	3973,22	0,0
4	-151341,1	991,34	-95649,61	626,54	85879,69	3851,43	0,0
5	96198,52	-630,14	-151341,1	991,34	-213276,7	6820,97	0,0
6	45558,25	-298,42	96198,52	-630,14	131445,4	10389,58	0,0
7	18406,18	-120,57	45558,25	-298,42	70198,55	9138,39	0,0
8	32131,27	-210,47	18406,18	-120,57	35921,82	9986,52	0,0
9	20507,12	-134,33	32131,27	-210,47	62003,67	11648,99	0,0
10	54703,18	-358,33	20507,12	-134,33	32950,85	15958,68	0,0

Tiro geogriglie

Nr. conci	Tiro (N)
1	--
2	--
3	--
4	--
5	--
6	--
7	--
8	23550
9	23550
10	50717,08

Sezione armata – Serbatoio Pieno - Lato vasca - Condizioni drenate – Sisma



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m

Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053

S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064
S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,025

Coefficiente azione sismica verticale 0,013

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,73	2,0
4	14,73	2,0
5	15,46	0,0
6	25,46	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	1,5
2	10,55	1,5
3	15,64	-0,5
4	25,46	-0,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	9,82	-0,5
4	9,82	-1,5
5	15,64	-1,5

6	15,64	-0,5
7	15,46	0,0
8	25,46	0,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	25,46	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-4,5
2	25,46	-4,5

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

=====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25

Coesione efficace 1,25

Coesione non drenata 1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno No

=====

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	10	60	28	19	21	rilevato	

2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	20	28	19.2	19.2	UG2a	

Elemento Rinforzo

Nr.	Descrizione	X (m)	Y (m)	Lunghezza (m)	Lunghezza facciata (Lf) (m)	Lunghezza ripiegatura (Lrip) (m)	Inclinazione (°)	Tallow (N)	Angolo attrito terreno rinforzo (°)	Coefficiente di Pullout	Attivato
1	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,02	-0,5	5,4	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
2	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,2	0	5,05	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
3	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,38	0,5	4,69	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
4	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,56	1	4,32	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
5	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,74	1,5	3,96	0,3	3	70	23550	32	1	1-Attivato

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	11,48	2	0	20000	0
2	13,98	2	0	20000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 2,37

Ascissa centro superficie 9,0 m

Ordinata centro superficie 2,5 m

Raggio superficie

5,8 m

=====

xc = 9,00 yc = 2,50 Rc = 5,804 Fs=2,366

Lambda = -0,184

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	1,1	-54,98	1,92	36006,27
2	1,1	-38,5	1,41	22208,98
3	1,1	-25,51	1,22	29709,4
4	1,1	-13,87	1,13	34018,56
5	1,1	-2,82	1,1	35786,57
6	1,46	9,99	1,49	49691,39
7	0,74	21,26	0,79	73887,18
8	1,1	31,56	1,29	119423,7
9	1,1	45,77	1,58	79533,9
10	1,1	68,75	3,04	62791,03

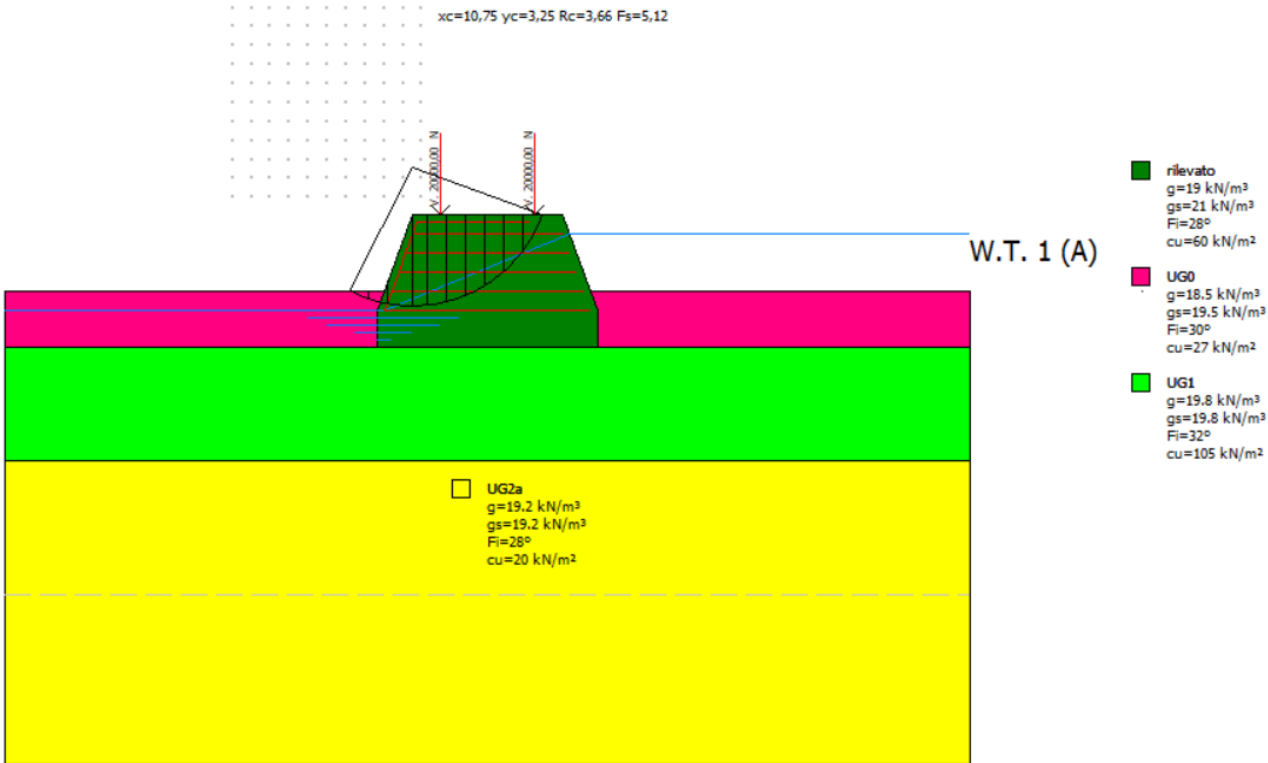
Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	-11105,39	60304,41	0,0	0,0	-21339,61	-4732,97	0,0
2	-15314,62	83161,34	-11105,39	60304,41	7016,31	1684,25	0,0
3	-19102,44	103729,9	-15314,62	83161,34	22042,07	5291,14	0,0
4	-21958,87	119240,9	-19102,44	103729,9	32714,37	7853,0	0,0
5	-23656,62	128460,0	-21958,87	119240,9	37494,8	9000,53	0,0
6	-23992,89	130286,1	-23656,62	128460,0	50007,07	12004,07	0,0
7	-19554,4	106184,2	-23992,89	130286,1	23587,83	5662,2	30405,17
8	-9179,87	49848,46	-19554,4	106184,2	20369,75	4889,71	36487,78
9	3687,01	-20021,16	-9179,87	49848,46	-36470,99	-8754,77	22470,76
10	711,96	-3866,1	3687,01	-20021,16	122279,2	36647,42	0,0

Tiro geogriglie

Nr. conci	Tiro (N)
1	--
2	--
3	--
4	--
5	--
6	--
7	--
8	--
9	--
10	90722,56

Sezione armata – Serbatoio Pieno - Lato campagna - Condizioni non drenate – Sisma



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

=====	
Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	
=====	

Maglia dei Centri

=====	
Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:

D

Categoria topografica:

T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053
S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064
S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Coefficiente azione sismica orizzontale

0,025

Coefficiente azione sismica verticale

0,013

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,73	2,0
4	14,73	2,0
5	15,46	0,0
6	25,46	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	-0,5
2	9,8	-0,5
3	14,91	1,5
4	25,46	1,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	9,82	-0,5
4	9,82	-1,5
5	15,64	-1,5
6	15,64	-0,5
7	15,46	0,0
8	25,46	0,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	25,46	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-4,5
2	25,46	-4,5

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

=====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25

Coesione efficace 1,25

Coesione non drenata 1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno No

=====

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	20	28	19.2	19.2	UG2a	

Elemento Rinforzo

Nr.	Descrizione	X (m)	Y (m)	Lunghezza (m)	Lunghezza a facciata (Lf) (m)	Lunghezza a ripiegatura (Lrip) (m)	Inclinazione (°)	Tallow (N)	Angolo attrito terreno rinforzo (°)	Coefficiente di Pullout	Attivato
1	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,02	-0,5	5,4	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
2	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,2	0	5,05	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
3	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,38	0,5	4,69	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato

4	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,56	1	4,32	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
5	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,74	1,5	3,96	0,3	3	70	23550	32	1	1-Attivato

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	11,48	2	0	20000	0
2	13,98	2	0	20000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 5,12
 Ascissa centro superficie 10,75 m
 Ordinata centro superficie 3,25 m
 Raggio superficie 3,66 m

=====

xc = 10,75 yc = 3,25 Rc = 3,656 Fs=5,119

Lambda = -2008,088

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	0,51	-22,91	0,55	1189,92
2	0,51	-14,42	0,53	3128,0
3	0,63	-5,3	0,64	20243,38
4	0,39	2,74	0,39	19649,33
5	0,51	9,87	0,52	45242,44
6	0,51	18,15	0,54	23877,74
7	0,51	26,87	0,57	21612,86

8	0,51	36,34	0,63	18255,16
9	0,51	47,22	0,75	13397,35
10	0,51	61,57	1,07	25940,81

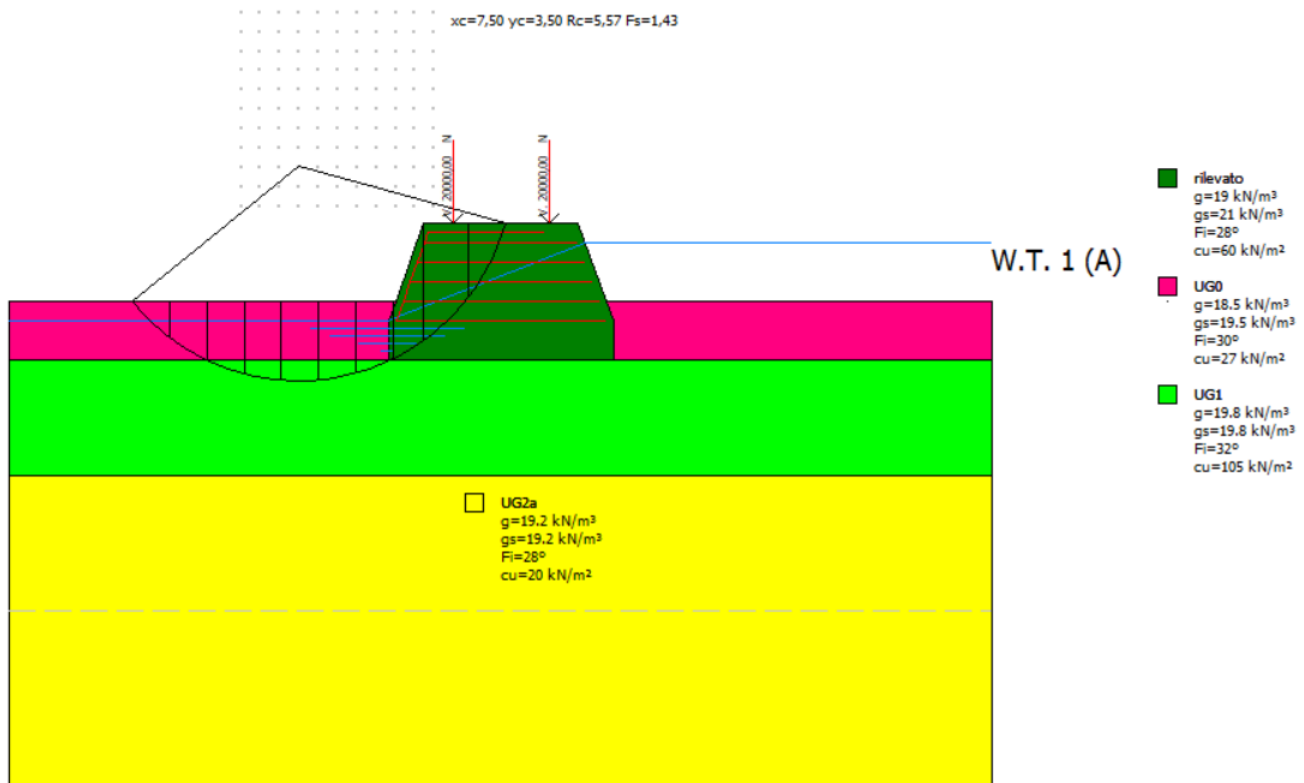
Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	-8074,6	4,02	0,0	0,0	8558,1	2660,04	0,0
2	-21262,37	10,59	-8074,6	4,02	15859,09	2529,93	0,0
3	-96212,56	47,91	-21262,37	10,59	95092,38	6768,0	0,0
4	-10387,91	5,17	-96212,56	47,91	-65869,85	4155,66	0,0
5	-30826,01	15,35	-10387,91	5,17	65095,85	5526,78	0,0
6	-38566,52	19,21	-30826,01	15,35	30154,37	5730,26	0,0
7	-958,52	0,48	-38566,52	19,21	-3628,18	6103,81	0,0
8	23721,29	-11,81	-958,52	0,48	8692,4	6759,4	0,0
9	42836,77	-21,33	23721,29	-11,81	13266,78	8016,96	0,0
10	41950,31	-20,89	42836,77	-21,33	33073,29	11435,8	0,0

Tiro geogriglie

Nr. conci	Tiro (N)
1	--
2	--
3	--
4	--
5	--
6	--
7	23550
8	23550
9	23550
10	23550

Sezione armata – Serbatoio Pieno - Lato campagna - Condizioni drenate - Sisma



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m
---------------------------------------	-------

Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
----------------------	-----------------------------	-------------	-----------	-------------

S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053
S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064
S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,025

Coefficiente azione sismica verticale 0,013

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,73	2,0
4	14,73	2,0
5	15,46	0,0
6	25,46	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	-0,5
2	9,8	-0,5
3	14,91	1,5
4	25,46	1,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	9,82	-0,5
4	9,82	-1,5

5	15,64	-1,5
6	15,64	-0,5
7	15,46	0,0
8	25,46	0,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	25,46	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-4,5
2	25,46	-4,5

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

=====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25

Coesione efficace 1,25

Coesione non drenata 1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno No

=====

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
--------	----------------------------------	-------------------------------------------------	------------------------------------------	-------------------------------------------------	-------------------------------------	-----------	--

1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	20	28	19.2	19.2	UG2a	

Elemento Rinforzo

Nr.	Descrizione	X (m)	Y (m)	Lunghezza (m)	Lunghezza a facciata (Lf) (m)	Lunghezza a ripiegatura (Lrip) (m)	Inclinazione (°)	Tallow (N)	Angolo attrito terreno rinforzo (°)	Coefficiente di Pullout	Attivato
1	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,02	-0,5	5,4	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
2	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,2	0	5,05	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
3	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,38	0,5	4,69	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
4	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,56	1	4,32	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
5	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,74	1,5	3,96	0,3	3	70	23550	32	1	1-Attivato

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	11,48	2	0	20000	0
2	13,98	2	0	20000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 1,43
 Ascissa centro superficie 7,5 m

Ordinata centro superficie

3,5 m

Raggio superficie

5,57 m

=====

xc = 7,50 yc = 3,50 Rc = 5,566 Fs=1,435

Lambda = 1,214

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	0,97	-44,08	1,35	9450,45
2	0,97	-31,28	1,13	23433,93
3	0,97	-20,11	1,03	32252,97
4	0,97	-9,73	0,98	37182,73
5	0,97	0,33	0,97	38704,79
6	0,97	10,4	0,98	36967,53
7	0,97	20,82	1,04	31800,83
8	0,78	30,82	0,9	34332,34
9	1,16	43,78	1,61	77928,04
10	0,97	63,23	2,15	21807,25

Sforzi sui conci

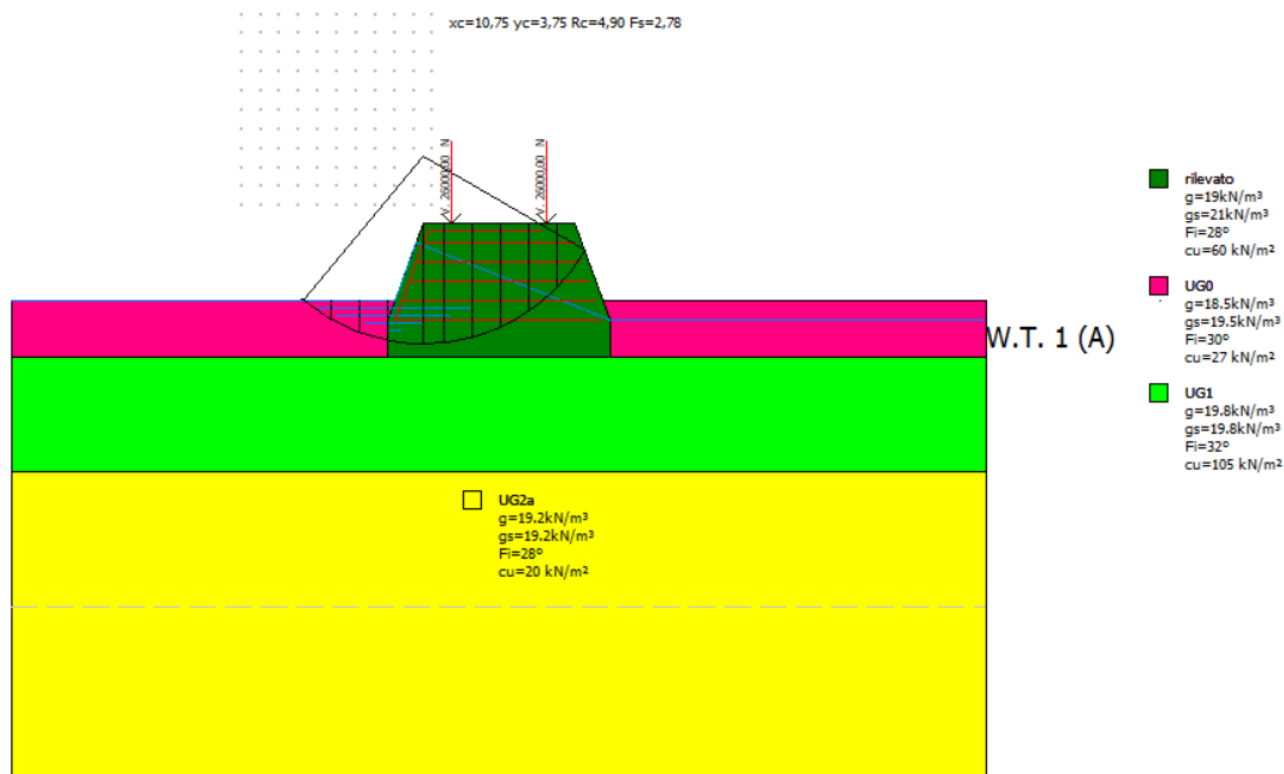
Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	4530,85	3732,58	0,0	0,0	1190,29	435,48	0,0
2	14444,61	11899,68	4530,85	3732,58	7879,88	2882,9	0,0
3	23968,2	19745,36	14444,61	11899,68	6877,21	2723,16	11680,26
4	32513,1	26784,77	23968,2	19745,36	13341,58	5282,84	14121,94
5	38197,61	31467,76	32513,1	26784,77	18668,11	7391,98	14875,81
6	39187,2	32282,99	38197,61	31467,76	21590,97	8549,33	14015,35
7	33443,23	27551,02	39187,2	32282,99	21260,46	8418,47	11456,32
8	30295,55	24957,92	33443,23	27551,02	30803,98	16107,19	0,0
9	586862,8	483466,3	30295,55	24957,92	3633,23	11415,59	0,0
10	507943,9	418451,7	586862,8	483466,3	50046,04	30490,06	0,0

Tiro geogriglie

Nr. conci	Tiro (N)
1	--
2	--
3	--
4	--
5	--
6	--
7	--
8	--
9	47100
10	70650

SEZIONE ARMATA – CONDIZIONE RAPIDO SVASO

Sezione armata – Rapido Svaso - Lato vasca - Condizioni non drenate



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m
---------------------------------------	-------

Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
----------------------	-----------------------------	-------------	-----------	-------------

S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053
S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064
S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,73	2,0
4	14,73	2,0
5	15,46	0,0
6	25,46	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,55	1,5
4	15,64	-0,5
5	25,46	-0,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	9,82	-0,5
4	9,82	-1,5
5	15,64	-1,5

6	15,64	-0,5
7	15,46	0,0
8	25,46	0,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	25,46	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-4,5
2	25,46	-4,5

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

=====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25

Coesione efficace 1,25

Coesione non drenata 1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno No

=====

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	10	60	28	19	21	rilevato	

2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	20	28	19.2	19.2	UG2a	

Elemento Rinforzo

Nr.	Descrizione	X (m)	Y (m)	Lunghezza (m)	Lunghezza facciata (Lf) (m)	Lunghezza a ripiegatura (Lrip) (m)	Inclinazione (°)	Tallow (N)	Angolo attrito terreno rinforzo (°)	Coefficiente di Pullout	Attivato
1	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,02	-0,5	5,4	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
2	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,2	0	5,05	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
3	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,38	0,5	4,69	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
4	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,56	1	4,32	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
5	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,74	1,5	3,96	0,3	3	70	23550	32	1	1-Attivato

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	11,48	2	0	26000	0
2	13,98	2	0	26000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 2,78

Ascissa centro superficie 10,75 m

Ordinata centro superficie 3,75 m

Raggio superficie

4,9 m

=====

xc = 10,75 yc = 3,75 Rc = 4,903 Fs=2,779

Lambda = -120,683

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	0,74	-34,83	0,9	4077,87
2	0,74	-24,79	0,81	10161,13
3	0,74	-15,53	0,77	14065,09
4	0,92	-5,64	0,92	36096,95
5	0,56	3,05	0,56	37045,18
6	0,74	10,74	0,75	73658,76
7	0,74	19,74	0,79	44538,39
8	0,74	29,3	0,85	39318,18
9	0,74	39,91	0,96	57440,0
10	0,74	52,7	1,22	19579,19

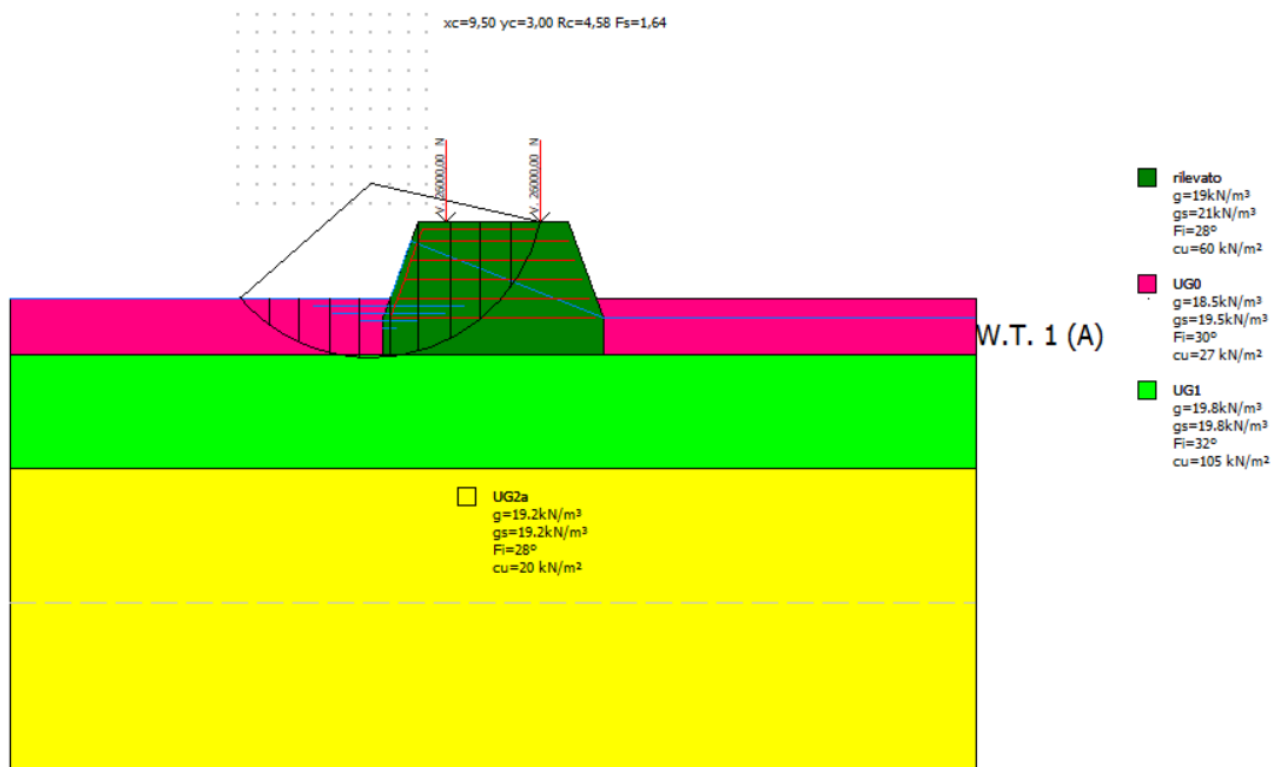
Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	-17801,46	147,51	0,0	0,0	17875,04	7961,3	0,0
2	-44643,62	369,93	-17801,46	147,51	33500,09	7198,25	0,0
3	-82891,18	686,85	-44643,62	369,93	50317,4	6782,6	0,0
4	-253215,5	2098,19	-82891,18	686,85	205284,3	18125,03	0,0
5	26602,65	-220,43	-253215,5	2098,19	-242552,5	11022,27	0,0
6	32545,63	-269,68	26602,65	-220,43	66521,24	14780,75	0,0
7	33717,73	-279,39	32545,63	-269,68	40815,01	15428,51	0,0
8	70938,23	-587,81	33717,73	-279,39	13202,98	16652,18	0,0
9	71168,01	-589,71	70938,23	-587,81	58992,31	18931,42	0,0
10	111523,3	-924,1	71168,01	-589,71	18017,0	23966,04	0,0

Tiro geogriglie

Nr. conci	Tiro (N)
1	--
2	--
3	--
4	--
5	--
6	--
7	--
8	23550
9	23550
10	38807,94

Sezione armata – Rapido Svaso - Lato vasca - Condizioni drenate



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
-----------------------	---

Categoria topografica:

T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053
S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064
S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,73	2,0
4	14,73	2,0
5	15,46	0,0
6	25,46	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,55	1,5
4	15,64	-0,5
5	25,46	-0,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	9,82	-0,5
4	9,82	-1,5
5	15,64	-1,5
6	15,64	-0,5
7	15,46	0,0
8	25,46	0,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	25,46	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-4,5
2	25,46	-4,5

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

=====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25

Coesione efficace 1,25

Coesione non drenata 1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno No

=====

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	20	28	19.2	19.2	UG2a	

Elemento Rinforzo

Nr.	Descrizione	X (m)	Y (m)	Lunghezza (m)	Lunghezza a facciata (Lf) (m)	Lunghezza a ripiegatura (Lrip) (m)	Inclinazione (°)	Tallow (N)	Angolo attrito terreno rinforzo (°)	Coefficiente di Pullout	Attivato
1	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,02	-0,5	5,4	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
2	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,2	0	5,05	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
3	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,38	0,5	4,69	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
4	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,56	1	4,32	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato

5	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,74	1,5	3,96	0,3	3	70	23550	32	1	1-Attivato
---	------------------------------	-------	-----	------	-----	---	----	-------	----	---	------------

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	11,48	2	0	26000	0
2	13,98	2	0	26000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 1,64
 Ascissa centro superficie 9,5 m
 Ordinata centro superficie 3,0 m
 Raggio superficie 4,58 m

=====

xc = 9,50 yc = 3,00 Rc = 4,585 Fs=1,64

Lambda = 3,316

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	0,79	-42,4	1,08	6276,51
2	0,79	-29,93	0,92	15179,68
3	0,79	-18,94	0,84	20735,35
4	0,79	-8,66	0,8	23750,71
5	0,79	1,34	0,79	24546,61
6	0,73	10,93	0,74	38236,85
7	0,86	21,35	0,93	83986,46
8	0,79	33,08	0,95	45846,51
9	0,79	46,2	1,15	34510,28
10	0,79	65,4	1,91	16548,04

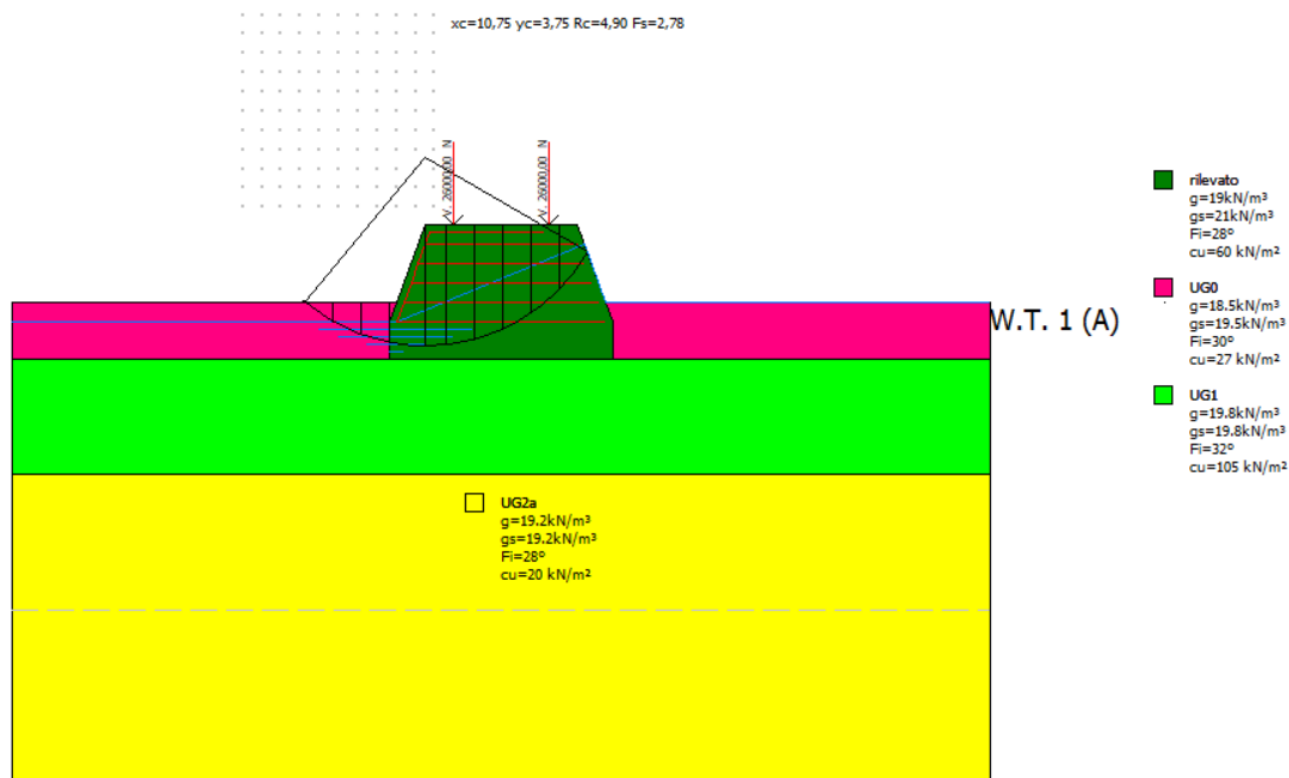
Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	-1669,64	-503,51	0,0	0,0	6207,61	1986,56	0,0
2	-5819,75	-1755,06	-1669,64	-503,51	17376,74	5560,91	0,0
3	-11697,96	-3527,74	-5819,75	-1755,06	25748,25	8239,96	0,0
4	-16241,71	-4898,0	-11697,96	-3527,74	16100,02	5576,4	11940,58
5	-20024,0	-6038,62	-16241,71	-4898,0	15956,45	5526,67	12334,78
6	-15929,22	-4803,76	-20024,0	-6038,62	15593,14	5400,83	17833,63
7	-20138,72	-6073,22	-15929,22	-4803,76	81678,74	29202,9	0,0
8	-25860,73	-7798,8	-20138,72	-6073,22	42267,84	17710,94	0,0
9	-12387,57	-3735,71	-25860,73	-7798,8	51488,67	21535,1	0,0
10	1526,51	460,35	-12387,57	-3735,71	69147,2	30952,41	0,0

Tiro geogriglie

Nr. conci	Tiro (N)
1	--
2	--
3	--
4	--
5	--
6	--
7	--
8	--
9	47100
10	70650

Sezione armata – Rapido Svaso - Lato campagna - Condizioni non drenate



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m

Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053

S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064
S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,73	2,0
4	14,73	2,0
5	15,46	0,0
6	25,46	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	-0,5
2	10,0	-0,5
3	14,91	1,5
4	15,46	0,0
5	25,46	0,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	9,82	-0,5
4	9,82	-1,5
5	15,64	-1,5
6	15,64	-0,5

7	15,46	0,0
8	25,46	0,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	25,46	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-4,5
2	25,46	-4,5

Coefficienti parziali azioni

=====		
Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
=====		

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====		
Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25	
Coesione efficace	1,25	
Coesione non drenata	1,4	
Riduzione parametri geotecnici terreno	No	
=====		

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	

3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	20	28	19.2	19.2	UG2a	

Elemento Rinforzo

Nr.	Descrizione	X (m)	Y (m)	Lunghezza (m)	Lunghezza a facciata (Lf) (m)	Lunghezza a ripiegatura (Lrip) (m)	Inclinazione (°)	Tallow (N)	Angolo attrito terreno rinforzo (°)	Coefficiente di Pullout	Attivato
1	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,02	-0,5	5,4	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
2	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,2	0	5,05	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
3	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,38	0,5	4,69	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
4	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,56	1	4,32	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
5	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,74	1,5	3,96	0,3	3	70	23550	32	1	1-Attivato

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	11,48	2	0	26000	0
2	13,98	2	0	26000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 2,78
 Ascissa centro superficie 10,75 m
 Ordinata centro superficie 3,75 m
 Raggio superficie 4,9 m

=====

xc = 10,75 yc = 3,75 Rc = 4,903 Fs=2,779

Lambda = -120,683

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	0,74	-34,83	0,9	4077,87
2	0,74	-24,79	0,81	10161,13
3	0,74	-15,53	0,77	14065,09
4	0,92	-5,64	0,92	36096,95
5	0,56	3,05	0,56	37045,18
6	0,74	10,74	0,75	73658,76
7	0,74	19,74	0,79	44538,39
8	0,74	29,3	0,85	39318,18
9	0,74	39,91	0,96	57440,0
10	0,74	52,7	1,22	19579,19

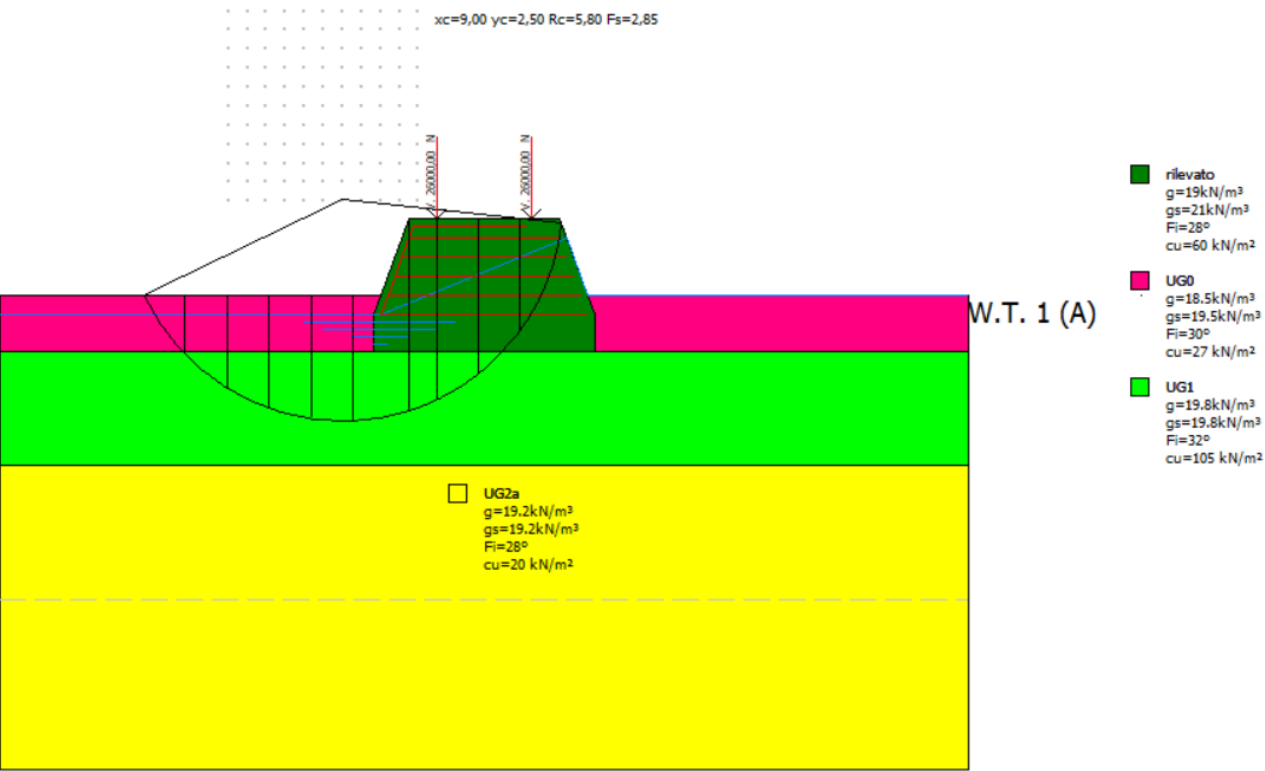
Sforzi sui concii

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	-17801,46	147,51	0,0	0,0	17875,04	7961,3	0,0
2	-44643,62	369,93	-17801,46	147,51	33500,09	7198,25	0,0
3	-82891,18	686,85	-44643,62	369,93	50317,4	6782,6	0,0
4	-253215,5	2098,19	-82891,18	686,85	205284,3	18125,03	0,0
5	26602,65	-220,43	-253215,5	2098,19	-242552,5	11022,27	0,0
6	32545,63	-269,68	26602,65	-220,43	66521,24	14780,75	0,0
7	33717,73	-279,39	32545,63	-269,68	40815,01	15428,51	0,0
8	70938,23	-587,81	33717,73	-279,39	13202,98	16652,18	0,0
9	71168,01	-589,71	70938,23	-587,81	58992,31	18931,42	0,0
10	111523,3	-924,1	71168,01	-589,71	18017,0	23966,04	0,0

Tiro geogriglie

Nr. conci	Tiro (N)
1	--
2	--
3	--
4	--
5	--
6	--
7	--
8	23550
9	23550
10	38807,94

Sezione armata – Rapido Svaso - Lato campagna - Condizioni drenate



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

=====

Lat./Long.

45,790916/9,316282

Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

=====

Maglia dei Centri

=====

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053
S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064
S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,73	2,0
4	14,73	2,0
5	15,46	0,0
6	25,46	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
-----	----------	----------

1	0,0	-0,5
2	10,0	-0,5
3	14,91	1,5
4	15,46	0,0
5	25,46	0,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	9,82	-0,5
4	9,82	-1,5
5	15,64	-1,5
6	15,64	-0,5
7	15,46	0,0
8	25,46	0,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	25,46	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-4,5
2	25,46	-4,5

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

=====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====	
Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No
=====	

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	20	28	19.2	19.2	UG2a	

Elemento Rinforzo

Nr.	Descrizione	X (m)	Y (m)	Lunghezza (m)	Lunghezza a facciata (Lf) (m)	Lunghezza a ripiegatura (Lrip) (m)	Inclinazione (°)	Tallow (N)	Angolo attrito terreno rinforzo (°)	Coefficiente di Pullout	Attivato
1	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,02	-0,5	5,4	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
2	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,2	0	5,05	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
3	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,38	0,5	4,69	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
4	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,56	1	4,32	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
5	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,74	1,5	3,96	0,3	3	70	23550	32	1	1-Attivato

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	11,48	2	0	26000	0
2	13,98	2	0	26000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 2,85
 Ascissa centro superficie 9,0 m
 Ordinata centro superficie 2,5 m
 Raggio superficie 5,8 m

=====

xc = 9,00 yc = 2,50 Rc = 5,804 Fs=2,846

Lambda = -0,047

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	1,1	-54,98	1,92	19259,35
2	1,1	-38,5	1,41	43939,44
3	1,1	-25,51	1,22	58800,38
4	1,1	-13,87	1,13	67338,34
5	1,1	-2,82	1,1	70841,37
6	1,46	9,99	1,49	94407,77
7	0,74	21,26	0,79	71918,56
8	1,1	31,56	1,29	124104,0
9	1,1	45,77	1,58	80156,76
10	1,1	68,75	3,04	71343,32

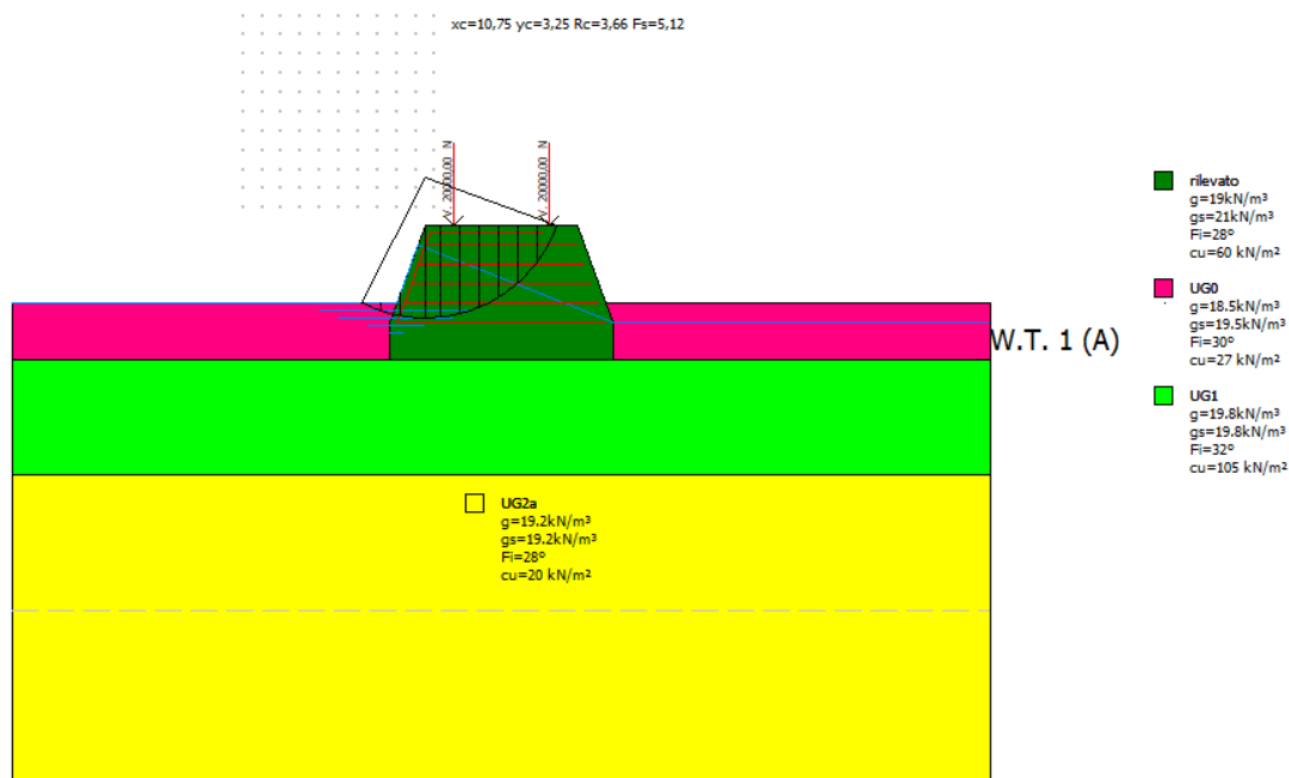
Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	-1808,9	38154,79	0,0	0,0	-19153,77	-3532,01	0,0
2	-3848,54	81176,73	-1808,9	38154,79	-12373,63	-2469,53	16882,17
3	-5561,67	117311,6	-3848,54	81176,73	12191,15	2433,11	24242,69
4	-6734,29	142045,5	-5561,67	117311,6	31256,79	6238,24	28471,49
5	-7282,18	153602,1	-6734,29	142045,5	40492,34	8081,47	30206,51
6	-7107,37	149914,7	-7282,18	153602,1	52561,14	10490,17	39004,41
7	-6187,75	130517,4	-7107,37	149914,7	36870,12	7358,55	20752,24
8	-3620,81	76373,33	-6187,75	130517,4	39991,69	7981,55	30016,87
9	-497,4	10491,52	-3620,81	76373,33	-30057,14	-5998,81	25524,94
10	12,86	-271,18	-497,4	10491,52	100195,0	26718,94	0,0

Tiro geogriglie

Nr. conci	Tiro (N)
1	--
2	--
3	--
4	--
5	--
6	--
7	--
8	--
9	--
10	90722,56

Sezione armata – Rapido Svaso - Lato vasca - Condizioni non drenate - Sisma



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m

Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053

S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064
S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,025

Coefficiente azione sismica verticale 0,013

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,73	2,0
4	14,73	2,0
5	15,46	0,0
6	25,46	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,55	1,5
4	15,64	-0,5
5	25,46	-0,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	9,82	-0,5
4	9,82	-1,5

5	15,64	-1,5
6	15,64	-0,5
7	15,46	0,0
8	25,46	0,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	25,46	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-4,5
2	25,46	-4,5

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

=====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25

Coesione efficace 1,25

Coesione non drenata 1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno No

=====

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
--------	----------------------------------	-------------------------------------------------	------------------------------------------	-------------------------------------------------	-------------------------------------	-----------	--

1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	20	28	19.2	19.2	UG2a	

Elemento Rinforzo

Nr.	Descrizione	X (m)	Y (m)	Lunghezza (m)	Lunghezza facciata (Lf) (m)	Lunghezza a ripiegatura (Lrip) (m)	Inclinazione (°)	Tallow (N)	Angolo attrito terreno rinforzo (°)	Coefficiente di Pullout	Attivato
1	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,02	-0,5	5,4	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
2	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,2	0	5,05	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
3	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,38	0,5	4,69	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
4	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,56	1	4,32	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
5	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,74	1,5	3,96	0,3	3	70	23550	32	1	1-Attivato

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	11,48	2	0	20000	0
2	13,98	2	0	20000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 5,12
 Ascissa centro superficie 10,75 m

Ordinata centro superficie 3,25 m

Raggio superficie 3,66 m

=====

xc = 10,75 yc = 3,25 Rc = 3,656 Fs=5,119

Lambda = -2008,088

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	0,51	-22,91	0,55	1189,92
2	0,51	-14,42	0,53	3128,0
3	0,63	-5,3	0,64	20243,38
4	0,39	2,74	0,39	19649,33
5	0,51	9,87	0,52	45242,44
6	0,51	18,15	0,54	23877,74
7	0,51	26,87	0,57	21612,86
8	0,51	36,34	0,63	18255,16
9	0,51	47,22	0,75	13397,35
10	0,51	61,57	1,07	25940,81

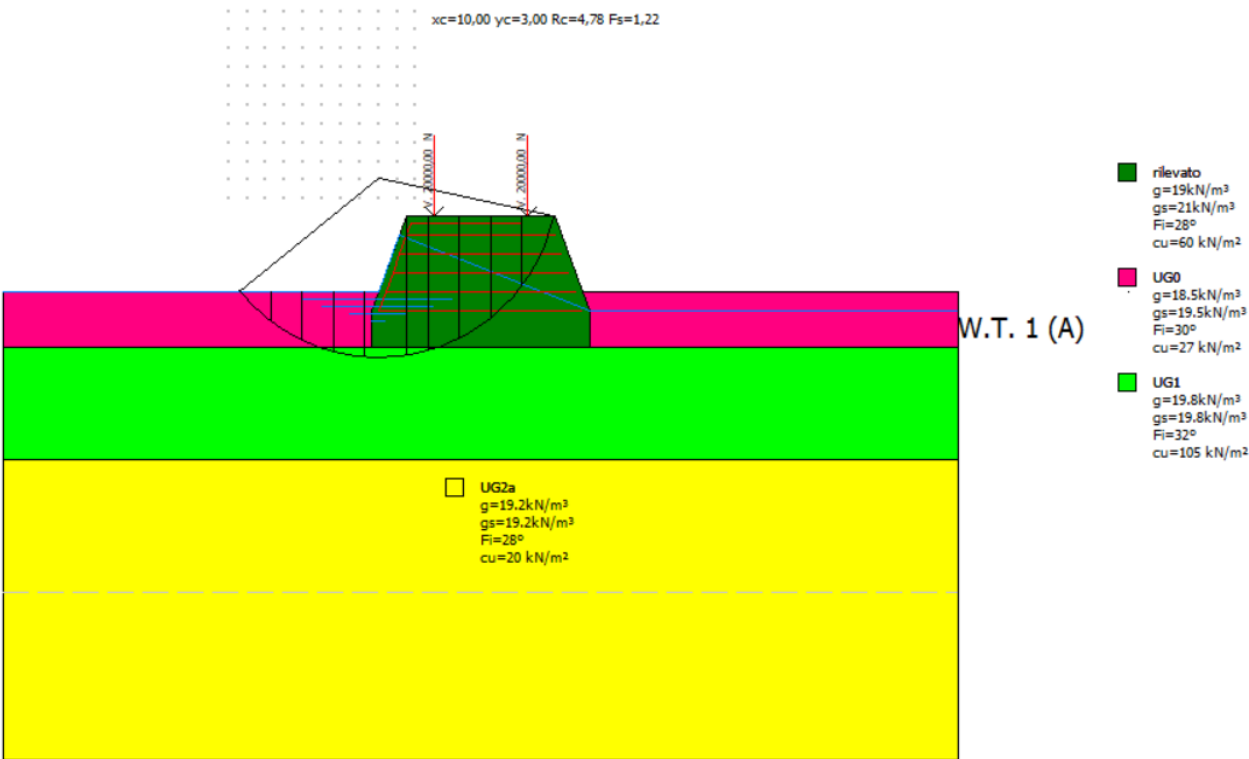
Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	-8074,6	4,02	0,0	0,0	8558,1	2660,04	0,0
2	-21262,37	10,59	-8074,6	4,02	15859,09	2529,93	0,0
3	-96212,56	47,91	-21262,37	10,59	95092,38	6768,0	0,0
4	-10387,91	5,17	-96212,56	47,91	-65869,85	4155,66	0,0
5	-30826,01	15,35	-10387,91	5,17	65095,85	5526,78	0,0
6	-38566,52	19,21	-30826,01	15,35	30154,37	5730,26	0,0
7	-958,52	0,48	-38566,52	19,21	-3628,18	6103,81	0,0
8	23721,29	-11,81	-958,52	0,48	8692,4	6759,4	0,0
9	42836,77	-21,33	23721,29	-11,81	13266,78	8016,96	0,0
10	41950,31	-20,89	42836,77	-21,33	33073,29	11435,8	0,0

Tiro geogriglie

Nr. conci	Tiro (N)
1	--
2	--
3	--
4	--
5	--
6	--
7	23550
8	23550
9	23550
10	23550

Sezione armata – Rapido Svaso - Lato vasca - Condizioni drenate - Sisma



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m

Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053

S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064
S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,025

Coefficiente azione sismica verticale 0,013

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,73	2,0
4	14,73	2,0
5	15,46	0,0
6	25,46	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,55	1,5
4	15,64	-0,5
5	25,46	-0,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	9,82	-0,5
4	9,82	-1,5

5	15,64	-1,5
6	15,64	-0,5
7	15,46	0,0
8	25,46	0,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	25,46	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-4,5
2	25,46	-4,5

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

=====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25

Coesione efficace 1,25

Coesione non drenata 1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno No

=====

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
--------	----------------------------------	-------------------------------------------------	------------------------------------------	-------------------------------------------------	-------------------------------------	-----------	--

1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	20	28	19.2	19.2	UG2a	

Elemento Rinforzo

Nr.	Descrizione	X (m)	Y (m)	Lunghezza (m)	Lunghezza facciata (Lf) (m)	Lunghezza a ripiegatura (Lrip) (m)	Inclinazione (°)	Tallow (N)	Angolo attrito terreno rinforzo (°)	Coefficiente di Pullout	Attivato
1	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,02	-0,5	5,4	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
2	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,2	0	5,05	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
3	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,38	0,5	4,69	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
4	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,56	1	4,32	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
5	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,74	1,5	3,96	0,3	3	70	23550	32	1	1-Attivato

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	11,48	2	0	20000	0
2	13,98	2	0	20000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 1,22
 Ascissa centro superficie 10,0 m

Ordinata centro superficie

3,0 m

Raggio superficie

4,78 m

=====

xc = 10,00 yc = 3,00 Rc = 4,776 Fs=1,225

Lambda = 0,76

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	0,84	-44,07	1,17	7450,29
2	0,84	-31,16	0,98	17905,05
3	0,84	-19,91	0,89	24417,96
4	0,84	-9,45	0,85	28048,37
5	1,09	2,22	1,09	51838,64
6	0,59	12,39	0,6	44157,38
7	0,84	21,4	0,9	79140,27
8	0,84	32,81	1,0	51069,89
9	0,84	46,07	1,21	38515,74
10	0,84	65,63	2,03	38760,85

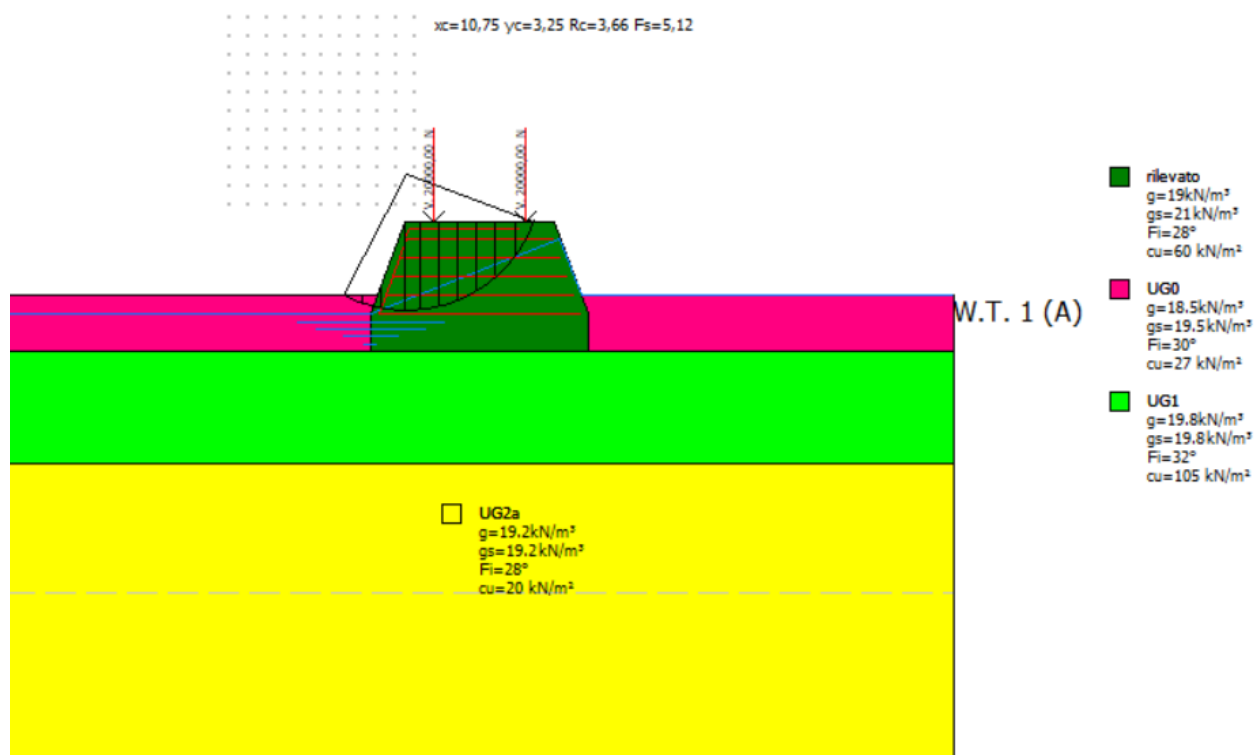
Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	-11210,98	-14758,98	0,0	0,0	23872,53	10230,6	0,0
2	-76261,38	-100396,3	-11210,98	-14758,98	115730,0	49596,24	0,0
3	51559,58	67876,94	-76261,38	-100396,3	-154029,5	-66009,56	0,0
4	75144,63	98926,09	51559,58	67876,94	-14492,94	-6722,17	14079,09
5	90112,05	118630,3	75144,63	98926,09	13875,0	6435,55	24337,89
6	88191,63	116102,1	90112,05	118630,3	27260,43	12644,02	17117,23
7	91566,77	120545,4	88191,63	116102,1	72398,73	35259,98	0,0
8	88641,69	116694,6	91566,77	120545,4	43162,54	24441,62	0,0
9	108670,7	143062,3	88641,69	116694,6	65392,59	34782,15	0,0
10	123010,9	161940,9	108670,7	143062,3	76940,93	45452,85	0,0

Tiro geogriglie

Nr. conci	Tiro (N)
1	--
2	--
3	--
4	--
5	--
6	--
7	--
8	--
9	47100
10	55266,98

Sezione armata – Rapido Svaso - Lato campagna - Condizioni non drenate – Sisma



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore x_i	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore y_i	2,5 m
Ascissa vertice destro superiore x_s	11,0 m

Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [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.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053
S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064

S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,025

Coefficiente azione sismica verticale 0,013

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,73	2,0
4	14,73	2,0
5	15,46	0,0
6	25,46	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	-0,5
2	9,82	-0,5
3	14,9	1,5
4	15,46	0,0
5	25,46	0,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	9,82	-0,5
4	9,82	-1,5
5	15,64	-1,5

6	15,64	-0,5
7	15,46	0,0
8	25,46	0,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	25,46	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-4,5
2	25,46	-4,5

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

=====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25

Coesione efficace 1,25

Coesione non drenata 1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno No

=====

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	10	60	28	19	21	rilevato	

2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	20	28	19.2	19.2	UG2a	

Elemento Rinforzo

Nr.	Descrizione	X (m)	Y (m)	Lunghezza (m)	Lunghezza facciata (Lf) (m)	Lunghezza ripiegatura (Lrip) (m)	Inclinazione (°)	Tallow (N)	Angolo attrito terreno rinforzo (°)	Coefficiente di Pullout	Attivato
1	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,02	-0,5	5,4	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
2	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,2	0	5,05	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
3	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,38	0,5	4,69	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
4	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,56	1	4,32	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
5	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,74	1,5	3,96	0,3	3	70	23550	32	1	1-Attivato

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	11,48	2	0	20000	0
2	13,98	2	0	20000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 5,12
 Ascissa centro superficie 10,75 m
 Ordinata centro superficie 3,25 m

Raggio superficie

3,66 m

=====

xc = 10,75 yc = 3,25 Rc = 3,656 Fs=5,119

Lambda = -2008,088

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	0,51	-22,91	0,55	1189,92
2	0,51	-14,42	0,53	3128,0
3	0,63	-5,3	0,64	20243,38
4	0,39	2,74	0,39	19649,33
5	0,51	9,87	0,52	45242,44
6	0,51	18,15	0,54	23877,74
7	0,51	26,87	0,57	21612,86
8	0,51	36,34	0,63	18255,16
9	0,51	47,22	0,75	13397,35
10	0,51	61,57	1,07	25940,81

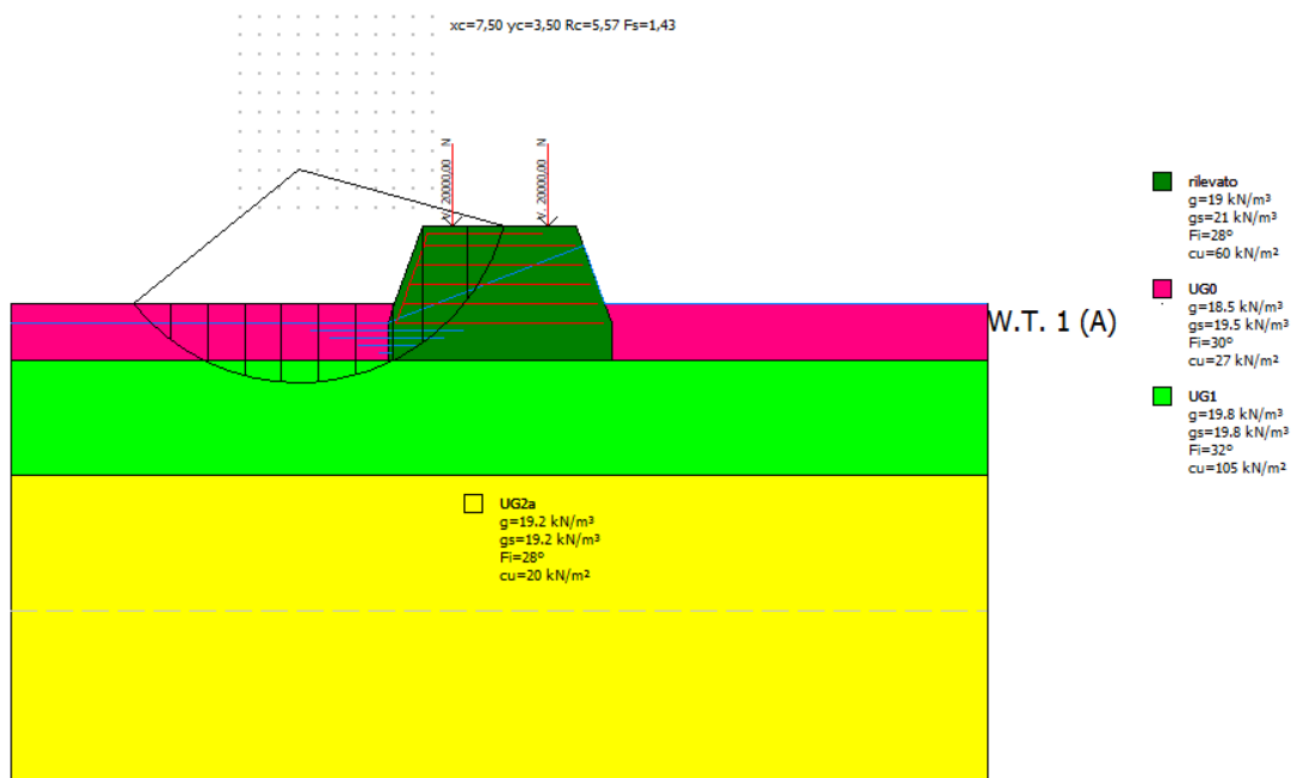
Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	-8074,6	4,02	0,0	0,0	8558,1	2660,04	0,0
2	-21262,37	10,59	-8074,6	4,02	15859,09	2529,93	0,0
3	-96212,56	47,91	-21262,37	10,59	95092,38	6768,0	0,0
4	-10387,91	5,17	-96212,56	47,91	-65869,85	4155,66	0,0
5	-30826,01	15,35	-10387,91	5,17	65095,85	5526,78	0,0
6	-38566,52	19,21	-30826,01	15,35	30154,37	5730,26	0,0
7	-958,52	0,48	-38566,52	19,21	-3628,18	6103,81	0,0
8	23721,29	-11,81	-958,52	0,48	8692,4	6759,4	0,0
9	42836,77	-21,33	23721,29	-11,81	13266,78	8016,96	0,0
10	41950,31	-20,89	42836,77	-21,33	33073,29	11435,8	0,0

Tiro geogriglie

Nr. conci	Tiro (N)
1	--
2	--
3	--
4	--
5	--
6	--
7	23550
8	23550
9	23550
10	23550

Sezione armata – Rapido Svaso - Lato campagna - Condizioni drenate - Sisma



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	4,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
-----------------------	---

Categoria topografica:

T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053
S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064
S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Coefficiente azione sismica orizzontale

0,025

Coefficiente azione sismica verticale

0,013

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,73	2,0
4	14,73	2,0
5	15,46	0,0
6	25,46	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	-0,5
2	9,8	-0,5
3	14,9	1,5
4	15,46	0,0
5	25,46	0,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	9,82	-0,5
4	9,82	-1,5
5	15,64	-1,5
6	15,64	-0,5
7	15,46	0,0
8	25,46	0,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	25,46	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-4,5
2	25,46	-4,5

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

=====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25

Coesione efficace 1,25

Coesione non drenata 1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno No

=====

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	20	28	19.2	19.2	UG2a	

Elemento Rinforzo

Nr.	Descrizione	X (m)	Y (m)	Lunghezza (m)	Lunghezza a facciata (Lf) (m)	Lunghezza a ripiegatura (Lrip) (m)	Inclinazione (°)	Tallow (N)	Angolo attrito terreno rinforzo (°)	Coefficiente di Pullout	Attivato
1	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,02	-0,5	5,4	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
2	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,2	0	5,05	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
3	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,38	0,5	4,69	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato

4	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,56	1	4,32	0,5	3	70	23550	32	1	1-Attivato
5	Xgrid PET PVC 40/30 IT	10,74	1,5	3,96	0,3	3	70	23550	32	1	1-Attivato

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	11,48	2	0	20000	0
2	13,98	2	0	20000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 1,43
 Ascissa centro superficie 7,5 m
 Ordinata centro superficie 3,5 m
 Raggio superficie 5,57 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; Ei, Ei-1: Forze agenti normalmente alle facce del concio; Xi, Xi-1: Forze di tipo tagliente applicate sulle facce laterali.

xc = 7,50 yc = 3,50 Rc = 5,566 Fs=1,435

Lambda = 1,214

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	0,97	-44,08	1,35	9450,45
2	0,97	-31,28	1,13	23433,93
3	0,97	-20,11	1,03	32252,97

4	0,97	-9,73	0,98	37182,73
5	0,97	0,33	0,97	38704,79
6	0,97	10,4	0,98	36967,53
7	0,97	20,82	1,04	31800,83
8	0,78	30,82	0,9	34332,34
9	1,16	43,78	1,61	77928,04
10	0,97	63,23	2,15	21807,25

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	4530,85	3732,58	0,0	0,0	1190,29	435,48	0,0
2	14444,61	11899,68	4530,85	3732,58	7879,88	2882,9	0,0
3	23968,2	19745,36	14444,61	11899,68	6877,21	2723,16	11680,26
4	32513,1	26784,77	23968,2	19745,36	13341,58	5282,84	14121,94
5	38197,61	31467,76	32513,1	26784,77	18668,11	7391,98	14875,81
6	39187,2	32282,99	38197,61	31467,76	21590,97	8549,33	14015,35
7	33443,23	27551,02	39187,2	32282,99	21260,46	8418,47	11456,32
8	30295,55	24957,92	33443,23	27551,02	30803,98	16107,19	0,0
9	586862,8	483466,3	30295,55	24957,92	3633,23	11415,59	0,0
10	507943,9	418451,7	586862,8	483466,3	50046,04	30490,06	0,0

Tiro geogriglie

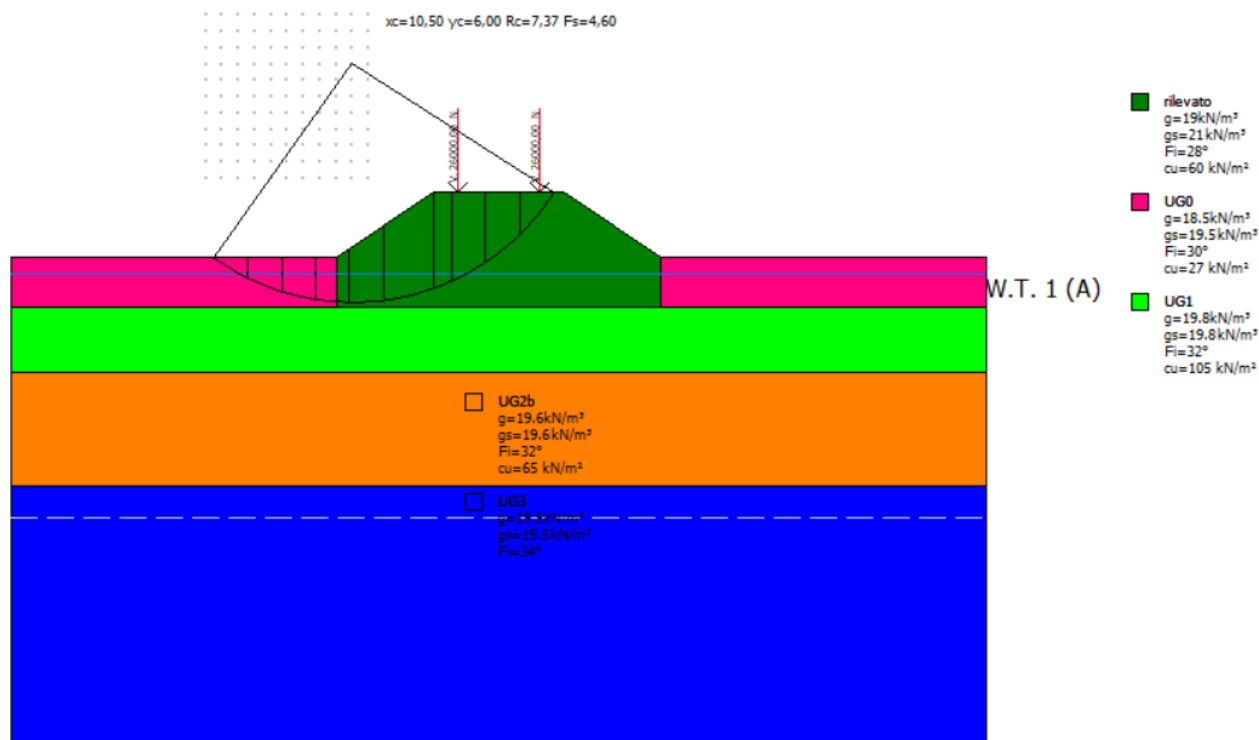
Nr. conci	Tiro (N)
1	--
2	--
3	--
4	--
5	--
6	--
7	--
8	--

9	47100
10	70650

RELAZIONE DI CALCOLO

SEZIONE NON ARMATA – CONDIZIONE FINE OPERA

Sezione armata – Fine Opera – Lato vasca/campagna - Condizioni non drenate



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore x_i	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore y_i	2,5 m
Ascissa vertice destro superiore x_s	11,0 m
Ordinata vertice destro superiore y_s	7,5 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Dati generali

Parametri sismici su sito di riferimento

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053
S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064
S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	13,0	2,0
4	17,0	2,0
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	-0,5
2	30,0	-0,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,0	-1,5
4	20,0	-1,5
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	30,0	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-3,5
2	30,0	-3,5

Vertici strato4

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-7,0
2	30,0	-7,0

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

=====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25

Coesione efficace 1,25

Coesione non drenata 1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno No

=====

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata	Angolo resistenza al taglio	Peso unità di volume	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
--------	----------------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------	-------------------------------------	-----------	--

		(kN/m ²)	(°)	(kN/m ³)			
1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	65	32	19.6	19.6	UG2b	
5	0		34	19.5	19.5	UG3	

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	13,75	2	0	26000	0
2	16,25	2	0	26000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 4,6
 Ascissa centro superficie 10,5 m
 Ordinata centro superficie 6,0 m
 Raggio superficie 7,37 m

=====

xc = 10,50 yc = 6,00 Rc = 7,367 Fs=4,603

Lambda = 0,189

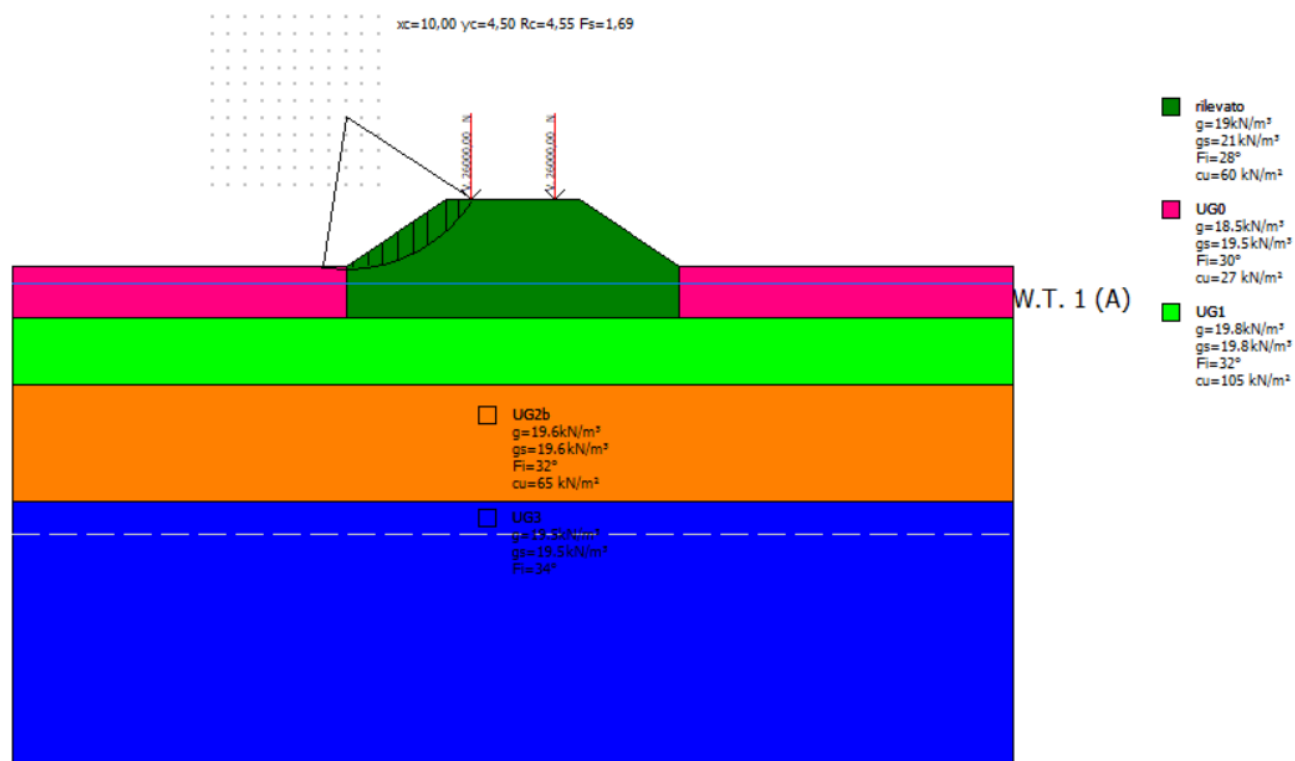
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	1,05	-30,73	1,22	6939,72
2	1,05	-21,61	1,13	17384,38
3	1,05	-13,05	1,07	24023,27
4	1,05	-4,79	1,05	27363,43
5	1,05	3,38	1,05	43412,69
6	1,54	13,65	1,59	85822,76

7	0,55	22,14	0,59	32515,11
8	1,05	29,1	1,2	79679,66
9	1,05	39,01	1,35	38234,74
10	1,05	50,68	1,65	41630,15

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	2487,57	13153,54	0,0	0,0	-2894,26	6489,46	0,0
2	5214,91	27574,85	2487,57	13153,54	8315,06	6000,07	0,0
3	7479,08	39547,15	5214,91	27574,85	18493,09	5726,21	0,0
4	8998,88	47583,37	7479,08	39547,15	25082,84	5597,8	0,0
5	10846,29	57351,91	8998,88	47583,37	42068,54	12417,71	0,0
6	9452,26	49980,7	10846,29	57351,91	83015,54	18828,5	0,0
7	9666,35	51112,77	9452,26	49980,7	30346,12	7012,34	0,0
8	4855,59	25674,88	9666,35	51112,77	61451,86	14187,2	0,0
9	3143,5	16621,91	4855,59	25674,88	25344,45	15952,0	0,0
10	77,9	411,94	3143,5	16621,91	15780,5	19563,42	0,0

Sezione non armata – Fine Opera – Lato vasca/campagna - Condizioni drenate



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m

Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053

S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064
S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	13,0	2,0
4	17,0	2,0
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	-0,5
2	30,0	-0,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,0	-1,5
4	20,0	-1,5
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
---	----------	----------

1	0,0	-1,5
2	30,0	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-3,5
2	30,0	-3,5

Vertici strato4

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-7,0
2	30,0	-7,0

Coefficienti parziali azioni

=====		
Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
=====		

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====		
Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25	
Coesione efficace	1,25	
Coesione non drenata	1,4	
Riduzione parametri geotecnici terreno	No	
=====		

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	

3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	65	32	19.6	19.6	UG2b	
5	0		34	19.5	19.5	UG3	

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	13,75	2	0	26000	0
2	16,25	2	0	26000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 1,69
 Ascissa centro superficie 10,0 m
 Ordinata centro superficie 4,5 m
 Raggio superficie 4,55 m

=====

xc = 10,00 yc = 4,50 Rc = 4,552 Fs=1,686

Lambda = 0,633

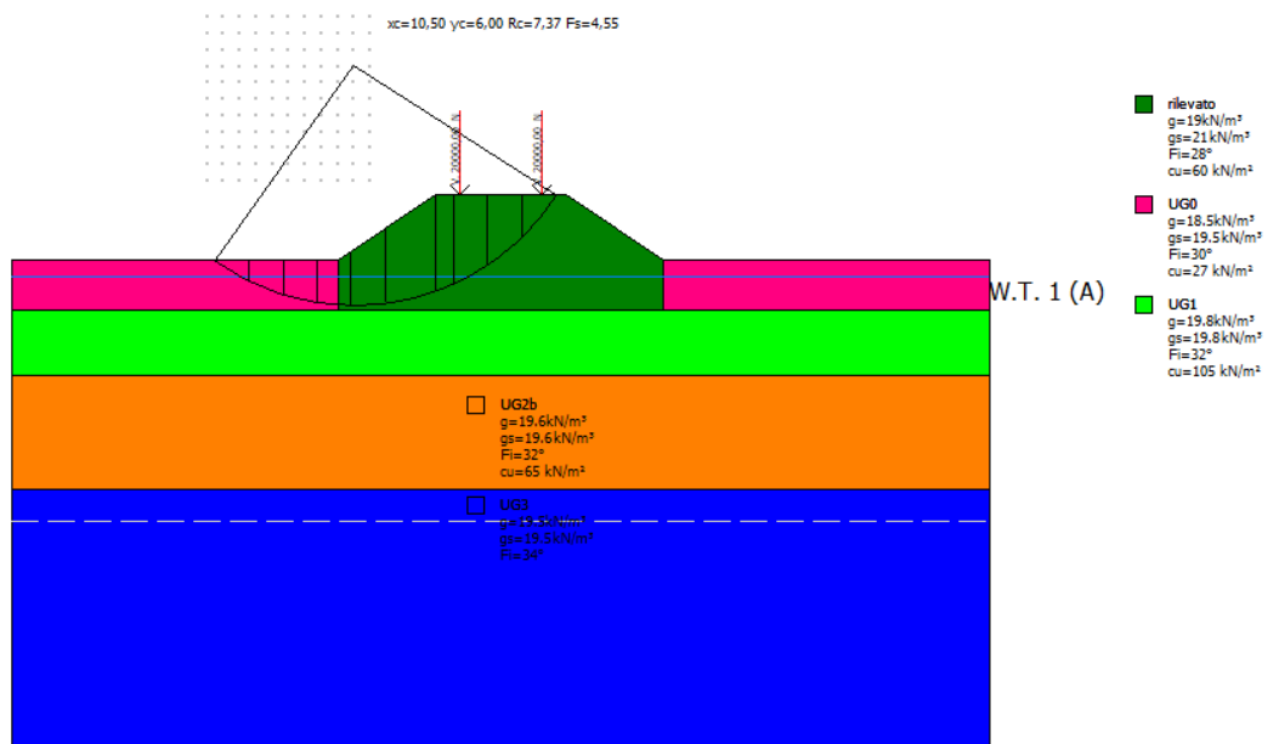
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	0,45	-5,8	0,45	236,01
2	0,45	-0,14	0,45	429,12
3	0,45	5,53	0,45	2749,83
4	0,45	11,25	0,46	4737,45
5	0,45	17,08	0,47	6324,02
6	0,45	23,11	0,49	7477,11
7	0,45	29,43	0,52	8142,89
8	0,54	36,95	0,68	9920,98
9	0,35	44,36	0,5	5118,76

10	0,45	52,08	0,73	28659,32
----	------	-------	------	----------

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	87,37	137,93	0,0	0,0	133,93	41,7	0,0
2	193,93	306,16	87,37	137,93	322,16	100,32	0,0
3	2264,23	3574,52	193,93	306,16	991,17	2716,03	0,0
4	4119,44	6503,33	2264,23	3574,52	3398,12	3442,38	0,0
5	5568,53	8790,99	4119,44	6503,33	5331,89	4061,28	0,0
6	6517,51	10289,14	5568,53	8790,99	6592,23	4522,23	0,0
7	6958,96	10986,05	6517,51	10289,14	7050,04	4800,91	0,0
8	6611,8	10438,0	6958,96	10986,05	7876,09	5921,17	0,0
9	7053,3	11134,99	6611,8	10438,0	3831,55	3775,94	0,0
10	32,67	51,57	7053,3	11134,99	13181,97	7719,16	0,0

Sezione non armata – Fine Opera – Lato vasca/campagna - Condizioni non drenate – Sisma



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

=====	
Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	
=====	

Maglia dei Centri

=====	
Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m

Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053
S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064

S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0253

Coefficiente azione sismica verticale 0,0127

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	13,0	2,0
4	17,0	2,0
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	-0,5
2	30,0	-0,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,0	-1,5
4	20,0	-1,5
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Vertici strato2

N	X	y
---	---	---

	(m)	(m)
1	0,0	-1,5
2	30,0	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-3,5
2	30,0	-3,5

Vertici strato4

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-7,0
2	30,0	-7,0

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

=====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25

Coesione efficace 1,25

Coesione non drenata 1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno No

=====

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	10	60	28	19	21	rilevato	

2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	65	32	19.6	19.6	UG2b	
5	0		34	19.5	19.5	UG3	

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	13,75	2	0	20000	0
2	16,25	2	0	20000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 4,55
 Ascissa centro superficie 10,5 m
 Ordinata centro superficie 6,0 m
 Raggio superficie 7,37 m

=====

xc = 10,50 yc = 6,00 Rc = 7,367 Fs=4,55

Lambda = 0,194

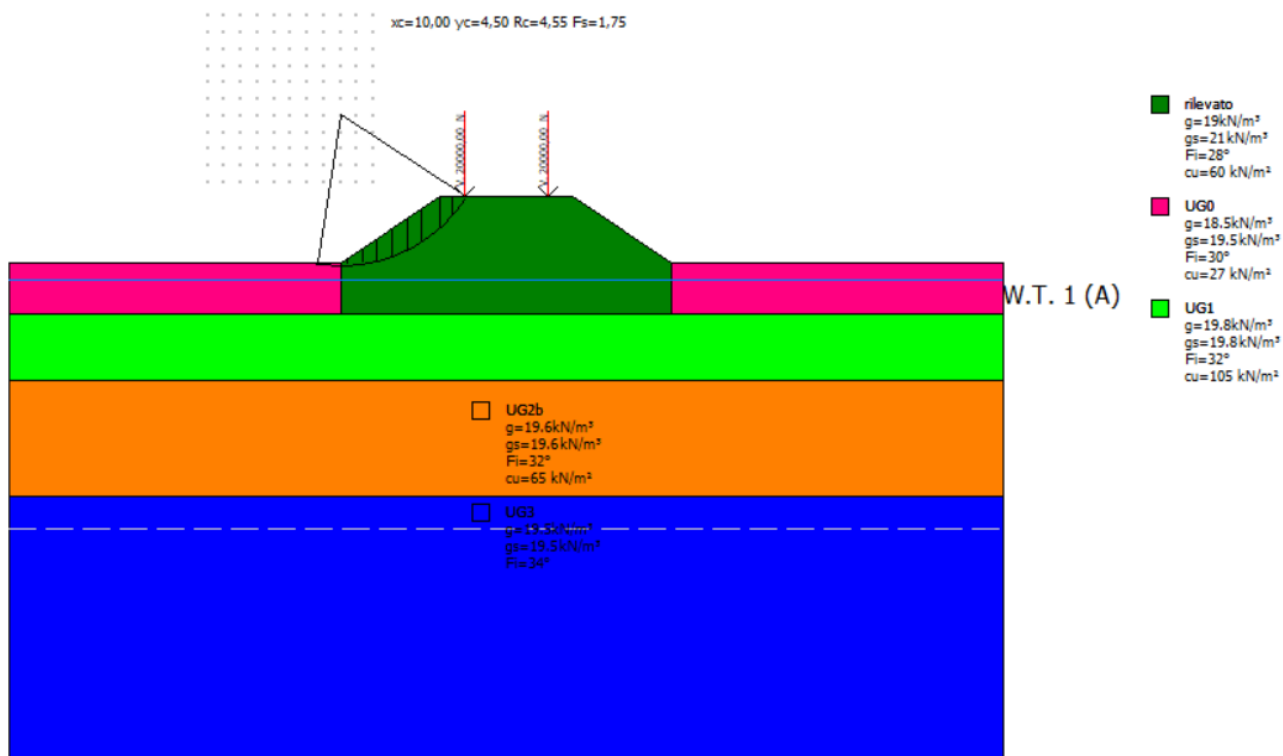
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	1,05	-30,73	1,22	6939,72
2	1,05	-21,61	1,13	17384,38
3	1,05	-13,05	1,07	24023,27
4	1,05	-4,79	1,05	27363,43
5	1,05	3,38	1,05	43412,69
6	1,54	13,65	1,59	85822,76
7	0,55	22,14	0,59	32515,11
8	1,05	29,1	1,2	73679,66

9	1,05	39,01	1,35	38234,74
10	1,05	50,68	1,65	35630,16

Sforzi sui concii

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	2552,25	13156,04	0,0	0,0	-2785,65	6564,43	0,0
2	5297,44	27306,65	2552,25	13156,04	8765,42	6069,39	0,0
3	7527,49	38801,89	5297,44	27306,65	19068,54	5792,36	0,0
4	8969,17	46233,28	7527,49	38801,89	25615,24	5662,47	0,0
5	10674,37	55023,05	8969,17	46233,28	42638,53	12561,17	0,0
6	8822,77	45478,65	10674,37	55023,05	83494,36	19046,03	0,0
7	8893,88	45845,18	8822,77	45478,65	30262,55	7093,36	0,0
8	4171,11	21500,8	8893,88	45845,18	56575,25	14351,11	0,0
9	2232,5	11507,85	4171,11	21500,8	24697,38	16136,3	0,0
10	79,86	411,64	2232,5	11507,85	14945,67	19789,44	0,0

Sezione non armata – Fine Opera – Lato vasca/campagna - Condizioni drenate – Sisma



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

=====	
Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	
=====	

Maglia dei Centri

=====	
Ascissa vertice sinistro inferiore x_i	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore y_i	2,5 m
Ascissa vertice destro superiore x_s	11,0 m

Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053
S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064

S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0253

Coefficiente azione sismica verticale 0,0127

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	13,0	2,0
4	17,0	2,0
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	-0,5
2	30,0	-0,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,0	-1,5
4	20,0	-1,5
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Vertici strato2

N	X	y
---	---	---

	(m)	(m)
1	0,0	-1,5
2	30,0	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-3,5
2	30,0	-3,5

Vertici strato4

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-7,0
2	30,0	-7,0

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

=====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25

Coesione efficace 1,25

Coesione non drenata 1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno No

=====

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	10	60	28	19	21	rilevato	

2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	65	32	19.6	19.6	UG2b	
5	0		34	19.5	19.5	UG3	

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	13,75	2	0	20000	0
2	16,25	2	0	20000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 1,75
 Ascissa centro superficie 10,0 m
 Ordinata centro superficie 4,5 m
 Raggio superficie 4,55 m

=====

xc = 10,00 yc = 4,50 Rc = 4,552 Fs=1,752

Lambda = 0,64

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	0,45	-5,8	0,45	236,01
2	0,45	-0,14	0,45	429,12
3	0,45	5,53	0,45	2749,83
4	0,45	11,25	0,46	4737,45
5	0,45	17,08	0,47	6324,02
6	0,45	23,11	0,49	7477,11
7	0,45	29,43	0,52	8142,89
8	0,54	36,95	0,68	9920,98

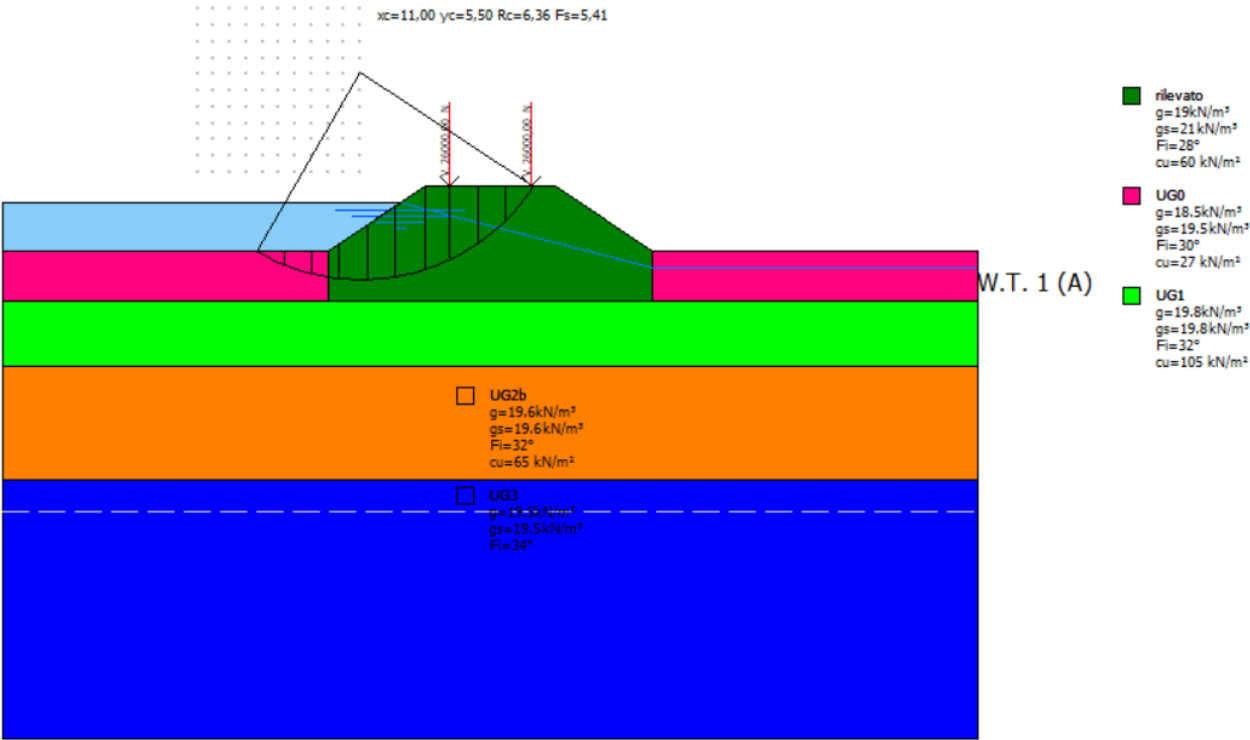
9	0,35	44,36	0,5	5118,76
10	0,45	52,08	0,73	22659,31

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	80,96	126,46	0,0	0,0	145,05	43,47	0,0
2	176,61	275,88	80,96	126,46	338,58	101,46	0,0
3	2127,1	3322,7	176,61	275,88	1117,14	2648,39	0,0
4	3823,69	5972,92	2127,1	3322,7	3534,99	3350,36	0,0
5	5083,72	7941,19	3823,69	5972,92	5448,54	3940,36	0,0
6	5821,72	9094,0	5083,72	7941,19	6663,8	4371,48	0,0
7	6039,48	9434,16	5821,72	9094,0	7058,41	4622,21	0,0
8	5429,51	8481,34	6039,48	9434,16	7792,57	5674,88	0,0
9	5710,13	8919,69	5429,51	8481,34	3721,7	3603,26	0,0
10	31,97	49,95	5710,13	8919,69	10140,89	6588,9	0,0

SEZIONE NON ARMATA – CONDIZIONE SERBATOIO PIENO

Sezione non armata – Serbatoio Pieno - Lato vasca - Condizioni non drenate



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

=====	
Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	
=====	

Maglia dei Centri

=====	
Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m

Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
----------------------	-----------------------------	-------------	-----------	-------------

S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053
S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064
S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	13,0	2,0
4	17,0	2,0
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	1,5
2	12,25	1,5
3	20,0	-0,5
4	30,0	-0,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,0	-1,5
4	20,0	-1,5
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	30,0	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-3,5
2	30,0	-3,5

Vertici strato4

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-7,0
2	30,0	-7,0

Coefficienti parziali azioni

=====		
Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
=====		

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====	
Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No
=====	

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata	Angolo resistenza al taglio	Peso unità di volume	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
--------	----------------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------	-------------------------------------	-----------	--

		(kN/m ²)	(°)	(kN/m ³)			
1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	65	32	19.6	19.6	UG2b	
5	0		34	19.5	19.5	UG3	

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	13,75	2	0	26000	0
2	16,25	2	0	26000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 5,41
 Ascissa centro superficie 11,0 m
 Ordinata centro superficie 5,5 m
 Raggio superficie 6,36 m

=====

xc = 11,00 yc = 5,50 Rc = 6,357 Fs=5,413

Lambda = 0,211

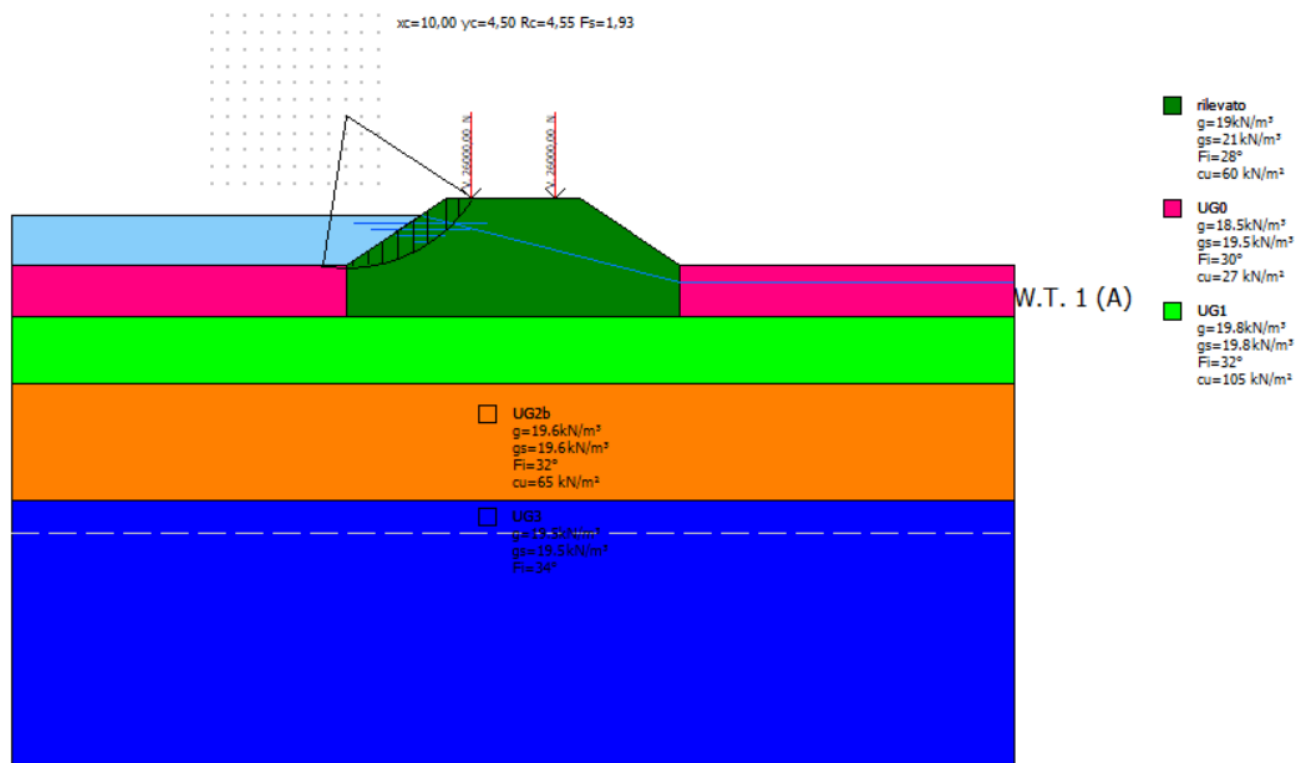
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	0,85	-25,84	0,94	16226,94
2	0,85	-17,57	0,89	21810,8
3	0,85	-9,66	0,86	25209,88
4	0,85	-1,94	0,85	32701,18
5	0,85	5,74	0,85	37584,44
6	0,94	13,96	0,97	46552,79

7	0,76	22,03	0,82	64149,44
8	0,85	30,15	0,98	35729,88
9	0,85	39,55	1,1	25232,18
10	0,85	50,56	1,34	36197,06

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	2962,36	14049,52	0,0	0,0	5814,22	4280,37	0,0
2	5479,83	25989,05	2962,36	14049,52	14790,48	4040,76	0,0
3	7285,25	34551,58	5479,83	25989,05	21635,73	3907,76	0,0
4	9340,72	44300,0	7285,25	34551,58	30297,97	8565,7	0,0
5	10345,73	49066,48	9340,72	44300,0	36872,79	8603,96	0,0
6	9847,57	46703,85	10345,73	49066,48	45090,11	9767,05	0,0
7	6740,93	31970,04	9847,57	46703,85	56821,41	8244,99	0,0
8	4993,38	23681,97	6740,93	31970,04	28245,59	9899,87	0,0
9	3837,24	18198,77	4993,38	23681,97	16855,87	11102,43	0,0
10	12,25	58,11	3837,24	18198,77	11416,59	13475,19	0,0

Sezione non armata – Serbatoio Pieno - Lato vasca - Condizioni drenate



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

=====	
Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	
=====	

Maglia dei Centri

=====	
Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m

Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053

S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064
S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	13,0	2,0
4	17,0	2,0
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	1,5
2	12,25	1,5
3	20,0	-0,5
4	30,0	-0,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,0	-1,5
4	20,0	-1,5
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	30,0	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-3,5
2	30,0	-3,5

Vertici strato4

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-7,0
2	30,0	-7,0

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

=====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25

Coesione efficace 1,25

Coesione non drenata 1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno No

=====

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
--------	----------------------------------	-------------------------------------------------	------------------------------------------	-------------------------------------------------	-------------------------------------	-----------	--

1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	65	32	19.6	19.6	UG2b	
5	0		34	19.5	19.5	UG3	

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	13,75	2	0	26000	0
2	16,25	2	0	26000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 1,93
 Ascissa centro superficie 10,0 m
 Ordinata centro superficie 4,5 m
 Raggio superficie 4,55 m

=====

xc = 10,00 yc = 4,50 Rc = 4,552 Fs=1,93

Lambda = 0,528

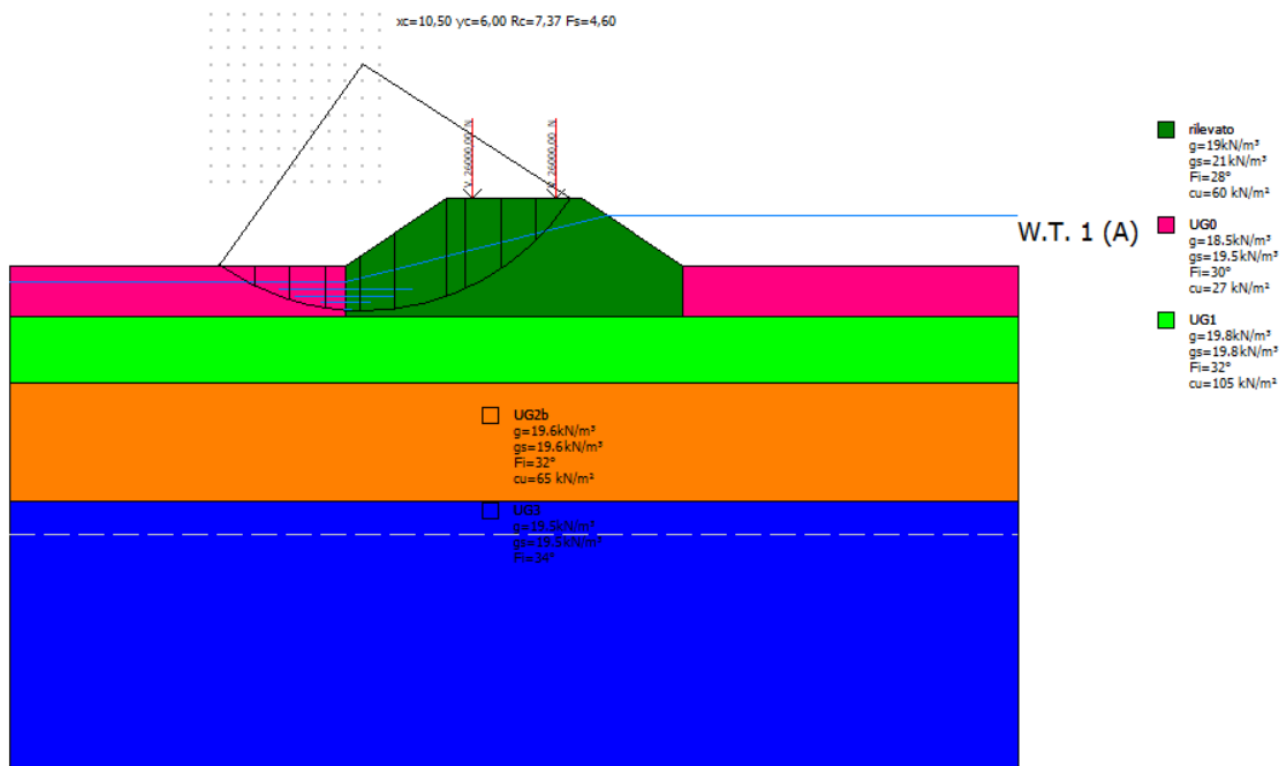
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	0,45	-5,8	0,45	6850,36
2	0,45	-0,14	0,45	7053,91
3	0,45	5,53	0,45	8356,19
4	0,45	11,25	0,46	9236,31
5	0,45	17,08	0,47	9673,16
6	0,45	23,11	0,49	9630,9
7	0,45	29,43	0,52	9050,03

8	0,54	36,95	0,68	10483,11
9	0,35	44,36	0,5	5133,44
10	0,45	52,08	0,73	28659,32

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	1741,61	3300,6	0,0	0,0	4748,82	1291,19	0,0
2	2936,26	5564,65	1741,61	3300,6	5853,79	1591,62	0,0
3	4847,99	9187,64	2936,26	5564,65	6763,46	3816,91	0,0
4	6227,33	11801,69	4847,99	9187,64	8215,92	4212,12	0,0
5	7067,36	13393,67	6227,33	11801,69	8911,04	4442,36	0,0
6	7418,95	14059,98	7067,36	13393,67	8796,04	4500,45	0,0
7	7397,36	14019,08	7418,95	14059,98	7880,86	4399,98	0,0
8	6688,7	12676,06	7397,36	14019,08	8136,29	5235,26	0,0
9	6818,32	12921,71	6688,7	12676,06	3749,5	3276,44	0,0
10	28,8	54,57	6818,32	12921,71	11632,76	6352,11	0,0

Sezione non armata – Serbatoio Pieno - Lato campagna - Condizioni non drenate



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m

Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [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.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053
S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064

S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	13,0	2,0
4	17,0	2,0
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	-0,5
2	10,0	-0,5
3	17,75	1,5
4	30,0	1,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,0	-1,5
4	20,0	-1,5
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Vertici strato2

N	X	y
---	---	---

	(m)	(m)
1	0,0	-1,5
2	30,0	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-3,5
2	30,0	-3,5

Vertici strato4

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-7,0
2	30,0	-7,0

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

=====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25

Coesione efficace 1,25

Coesione non drenata 1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno No

=====

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	10	60	28	19	21	rilevato	

2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	65	32	19.6	19.6	UG2b	
5	0		34	19.5	19.5	UG3	

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	13,75	2	0	26000	0
2	16,25	2	0	26000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====	
Fs minimo individuato	4,6
Ascissa centro superficie	10,5 m
Ordinata centro superficie	6,0 m
Raggio superficie	7,37 m
=====	

xc = 10,50 yc = 6,00 Rc = 7,367 Fs=4,603

Lambda = 0,189

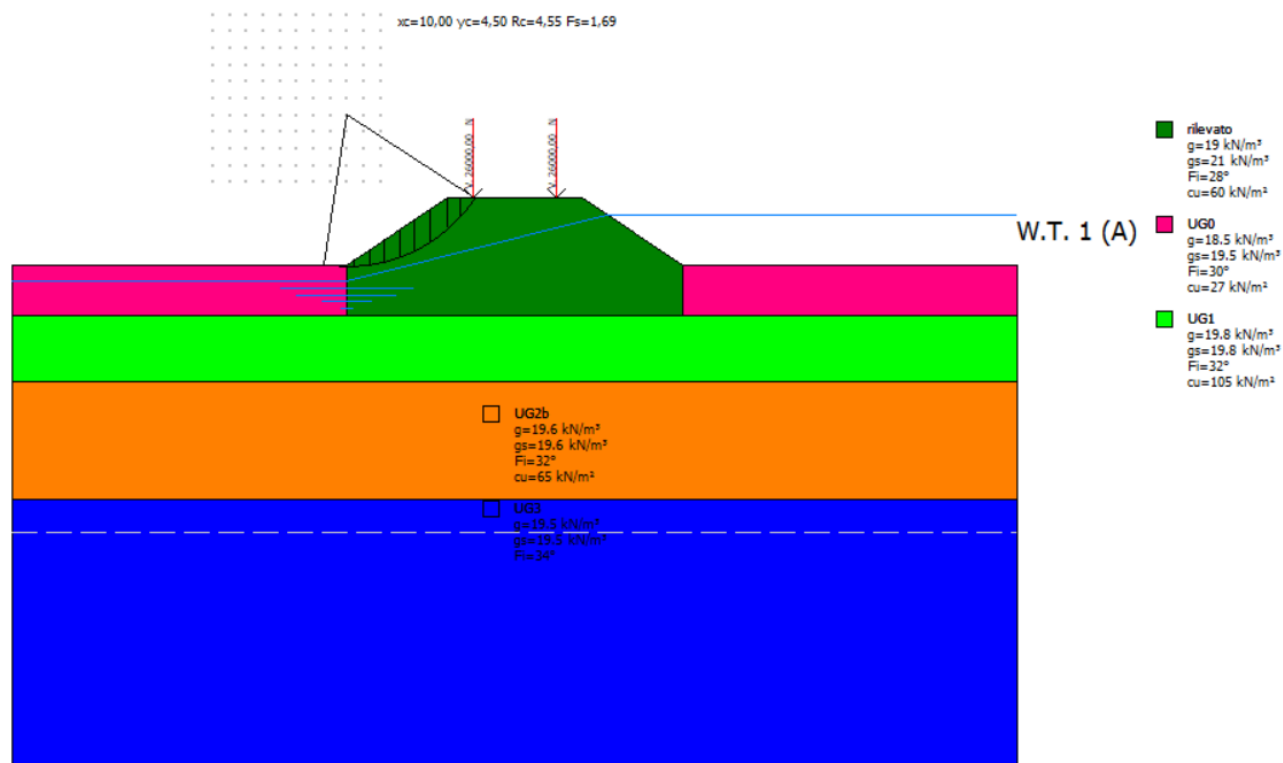
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	1,05	-30,73	1,22	6939,72
2	1,05	-21,61	1,13	17384,38
3	1,05	-13,05	1,07	24023,27
4	1,05	-4,79	1,05	27363,43
5	1,05	3,38	1,05	43412,69
6	1,54	13,65	1,59	85822,76
7	0,55	22,14	0,59	32515,11
8	1,05	29,1	1,2	79679,66

9	1,05	39,01	1,35	38234,74
10	1,05	50,68	1,65	41630,15

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	2487,57	13153,54	0,0	0,0	-2894,26	6489,46	0,0
2	5214,91	27574,85	2487,57	13153,54	8315,06	6000,07	0,0
3	7479,08	39547,15	5214,91	27574,85	18493,09	5726,21	0,0
4	8998,88	47583,37	7479,08	39547,15	25082,84	5597,8	0,0
5	10846,29	57351,91	8998,88	47583,37	42068,54	12417,71	0,0
6	9452,26	49980,7	10846,29	57351,91	83015,54	18828,5	0,0
7	9666,35	51112,77	9452,26	49980,7	30346,12	7012,34	0,0
8	4855,59	25674,88	9666,35	51112,77	61451,86	14187,2	0,0
9	3143,5	16621,91	4855,59	25674,88	25344,45	15952,0	0,0
10	77,9	411,94	3143,5	16621,91	15780,5	19563,42	0,0

Sezione non armata – Serbatoio Pieno - Lato campagna - Condizioni drenate



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m

Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [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.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053
S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064

S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	13,0	2,0
4	17,0	2,0
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	-0,5
2	10,0	-0,5
3	17,75	1,5
4	30,0	1,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,0	-1,5
4	20,0	-1,5
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Vertici strato2

N	X	y
---	---	---

	(m)	(m)
1	0,0	-1,5
2	30,0	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-3,5
2	30,0	-3,5

Vertici strato4

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-7,0
2	30,0	-7,0

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

=====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25

Coesione efficace 1,25

Coesione non drenata 1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno No

=====

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	10	60	28	19	21	rilevato	

2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	65	32	19.6	19.6	UG2b	
5	0		34	19.5	19.5	UG3	

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	13,75	2	0	26000	0
2	16,25	2	0	26000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====	
Fs minimo individuato	1,69
Ascissa centro superficie	10,0 m
Ordinata centro superficie	4,5 m
Raggio superficie	4,55 m
=====	

xc = 10,00 yc = 4,50 Rc = 4,552 Fs=1,686

Lambda = 0,633

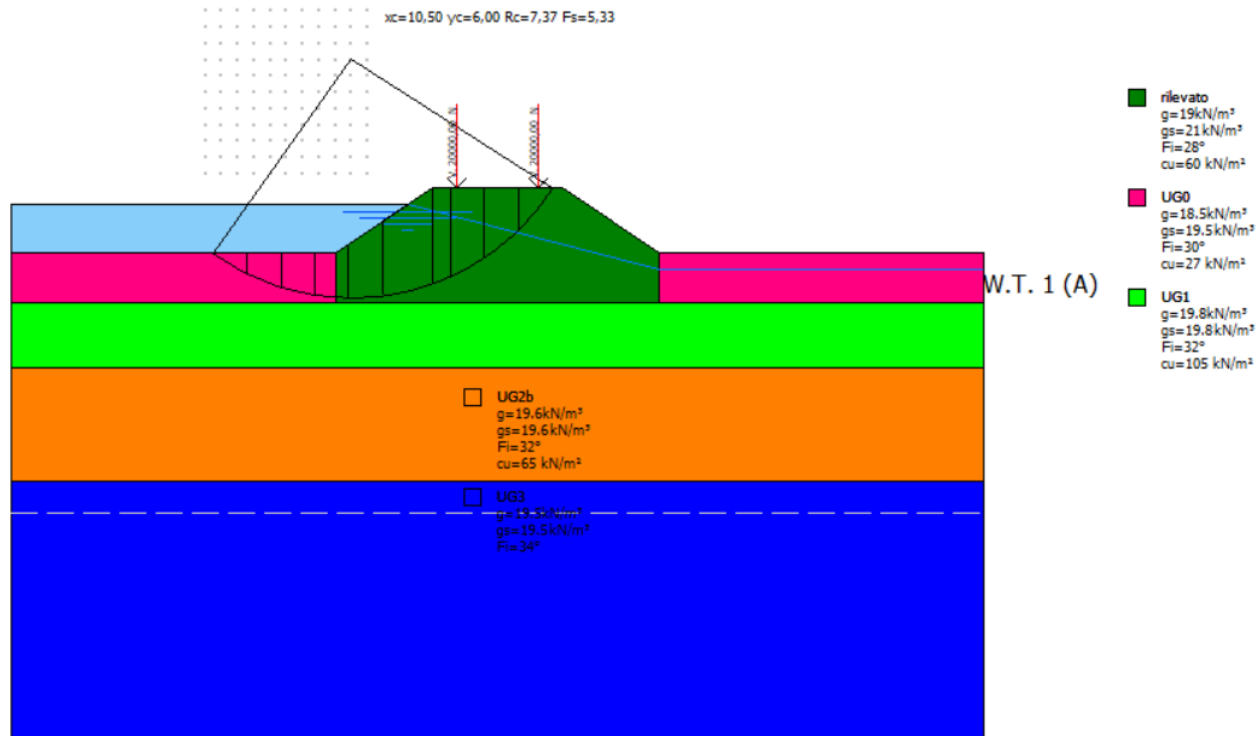
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	0,45	-5,8	0,45	236,01
2	0,45	-0,14	0,45	429,12
3	0,45	5,53	0,45	2749,83
4	0,45	11,25	0,46	4737,45
5	0,45	17,08	0,47	6324,02
6	0,45	23,11	0,49	7477,11
7	0,45	29,43	0,52	8142,89
8	0,54	36,95	0,68	9920,98

9	0,35	44,36	0,5	5118,76
10	0,45	52,08	0,73	28659,32

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	87,37	137,93	0,0	0,0	133,93	41,7	0,0
2	193,93	306,16	87,37	137,93	322,16	100,32	0,0
3	2264,23	3574,52	193,93	306,16	991,17	2716,03	0,0
4	4119,44	6503,33	2264,23	3574,52	3398,12	3442,38	0,0
5	5568,53	8790,99	4119,44	6503,33	5331,89	4061,28	0,0
6	6517,51	10289,14	5568,53	8790,99	6592,23	4522,23	0,0
7	6958,96	10986,05	6517,51	10289,14	7050,04	4800,91	0,0
8	6611,8	10438,0	6958,96	10986,05	7876,09	5921,17	0,0
9	7053,3	11134,99	6611,8	10438,0	3831,55	3775,94	0,0
10	32,67	51,57	7053,3	11134,99	13181,97	7719,16	0,0

Sezione non armata – Serbatoio Pieno - Lato vasca - Condizioni non drenate – Sisma



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m

Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [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.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053
S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064

S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0253

Coefficiente azione sismica verticale 0,0127

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	13,0	2,0
4	17,0	2,0
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	1,5
2	12,25	1,5
3	20,0	-0,5
4	30,0	-0,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,0	-1,5
4	20,0	-1,5
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	30,0	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-3,5
2	30,0	-3,5

Vertici strato4

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-7,0
2	30,0	-7,0

Coefficienti parziali azioni

=====		
Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
=====		

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====	
Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No
=====	

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata	Angolo resistenza al taglio	Peso unità di volume	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
--------	----------------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------	-------------------------------------	-----------	--

		(kN/m ²)	(°)	(kN/m ³)			
1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	65	32	19.6	19.6	UG2b	
5	0		34	19.5	19.5	UG3	

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	13,75	2	0	20000	0
2	16,25	2	0	20000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 5,33
 Ascissa centro superficie 10,5 m
 Ordinata centro superficie 6,0 m
 Raggio superficie 7,37 m

=====

xc = 10,50 yc = 6,00 Rc = 7,367 Fs=5,326

Lambda = 0,168

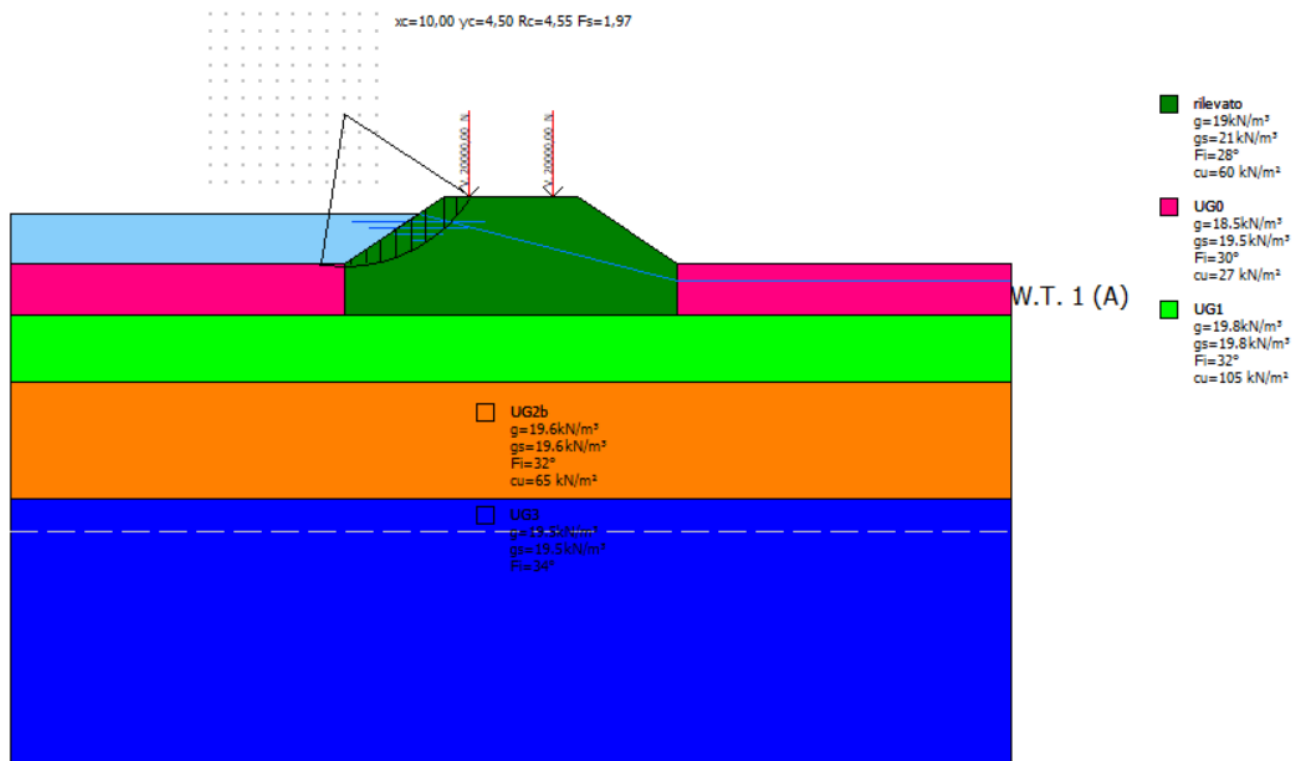
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	1,05	-30,73	1,22	22328,17
2	1,05	-21,61	1,13	32772,82
3	1,05	-13,05	1,07	39411,71
4	1,05	-4,79	1,05	42751,89
5	1,05	3,38	1,05	52420,94
6	1,54	13,65	1,59	86045,23

7	0,55	22,14	0,59	32515,11
8	1,05	29,1	1,2	73679,66
9	1,05	39,01	1,35	38234,74
10	1,05	50,68	1,65	35630,16

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	3632,62	21560,77	0,0	0,0	5585,65	5608,53	0,0
2	6863,59	40737,65	3632,62	21560,77	21094,28	5185,57	0,0
3	9201,79	54615,61	6863,59	40737,65	33694,27	4948,89	0,0
4	10466,23	62120,45	9201,79	54615,61	41347,75	4837,91	0,0
5	11515,86	68350,34	10466,23	62120,45	52235,55	10732,03	0,0
6	9575,48	56833,58	11515,86	68350,34	83332,9	16272,57	0,0
7	9302,27	55211,97	9575,48	56833,58	29832,24	6060,43	0,0
8	4778,98	28364,8	9302,27	55211,97	55183,69	12261,32	0,0
9	2616,44	15529,43	4778,98	28364,8	23082,4	13786,55	0,0
10	63,1	374,55	2616,44	15529,43	12059,66	16907,73	0,0

Sezione non armata – Serbatoio Pieno - Lato vasca - Condizioni drenate – Sisma



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

=====	
Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	
=====	

Maglia dei Centri

=====	
Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m

Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053
S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064

S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0253

Coefficiente azione sismica verticale 0,0127

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	13,0	2,0
4	17,0	2,0
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	1,5
2	12,25	1,5
3	20,0	-0,5
4	30,0	-0,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,0	-1,5
4	20,0	-1,5
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	30,0	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-3,5
2	30,0	-3,5

Vertici strato4

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-7,0
2	30,0	-7,0

Coefficienti parziali azioni

=====		
Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
=====		

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====	
Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No
=====	

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata	Angolo resistenza al taglio	Peso unità di volume	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
--------	----------------------------------	-------------------------	-----------------------------------	-------------------------	-------------------------------------	-----------	--

		(kN/m ²)	(°)	(kN/m ³)			
1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	65	32	19.6	19.6	UG2b	
5	0		34	19.5	19.5	UG3	

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	13,75	2	0	20000	0
2	16,25	2	0	20000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 1,97
 Ascissa centro superficie 10,0 m
 Ordinata centro superficie 4,5 m
 Raggio superficie 4,55 m

=====

xc = 10,00 yc = 4,50 Rc = 4,552 Fs=1,971

Lambda = 0,529

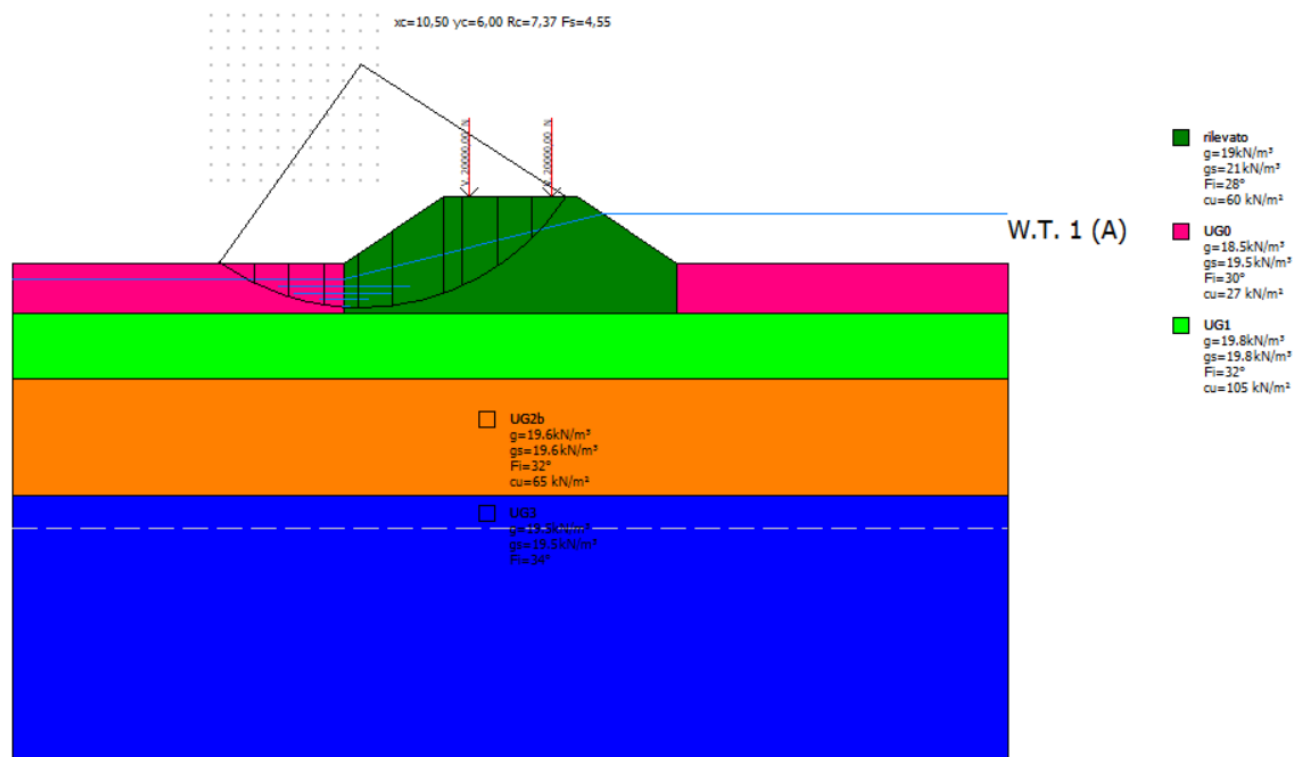
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	0,45	-5,8	0,45	6850,36
2	0,45	-0,14	0,45	7053,91
3	0,45	5,53	0,45	8356,19
4	0,45	11,25	0,46	9236,31
5	0,45	17,08	0,47	9673,16
6	0,45	23,11	0,49	9630,9

7	0,45	29,43	0,52	9050,03
8	0,54	36,95	0,68	10483,11
9	0,35	44,36	0,5	5133,44
10	0,45	52,08	0,73	22659,31

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	1619,88	3063,15	0,0	0,0	4998,01	1331,09	0,0
2	2694,11	5094,48	1619,88	3063,15	6064,8	1615,2	0,0
3	4445,23	8405,8	2694,11	5094,48	6978,56	3791,45	0,0
4	5653,97	10691,49	4445,23	8405,8	8388,67	4168,17	0,0
5	6319,4	11949,81	5653,97	10691,49	9025,44	4379,38	0,0
6	6498,9	12289,23	6319,4	11949,81	8842,85	4419,7	0,0
7	6315,1	11941,66	6498,9	12289,23	7859,06	4304,46	0,0
8	5421,41	10251,72	6315,1	11941,66	8022,54	5100,07	0,0
9	5447,48	10301,04	5421,41	10251,72	3642,09	3182,95	0,0
10	28,41	53,73	5447,48	10301,04	8894,91	5550,42	0,0

Sezione non armata – Serbatoio Pieno - Lato campagna - Condizioni non drenate – Sisma



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m

Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [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.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053
S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064

S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0253

Coefficiente azione sismica verticale 0,0127

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	13,0	2,0
4	17,0	2,0
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	-0,5
2	10,0	-0,5
3	17,8	1,5
4	20,0	1,5
5	30,0	1,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,0	-1,5
4	20,0	-1,5
5	20,0	0,0

6	30,0	0,0
---	------	-----

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	30,0	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-3,5
2	30,0	-3,5

Vertici strato4

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-7,0
2	30,0	-7,0

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

=====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25

Coesione efficace 1,25

Coesione non drenata 1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno No

=====

Stratigrafia

Strato	Coesione	Coesione non	Angolo resistenza al	Peso unità di	Peso saturo	Litologia	
--------	----------	--------------	-------------------------	---------------	-------------	-----------	--

	(kN/m ²)	drenata (kN/m ²)	taglio (°)	volume (kN/m ³)	(kN/m ³)		
1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	65	32	19.6	19.6	UG2b	
5	0		34	19.5	19.5	UG3	

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	13,75	2	0	20000	0
2	16,25	2	0	20000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 4,55
 Ascissa centro superficie 10,5 m
 Ordinata centro superficie 6,0 m
 Raggio superficie 7,37 m

=====

xc = 10,50 yc = 6,00 Rc = 7,367 Fs=4,55

Lambda = 0,194

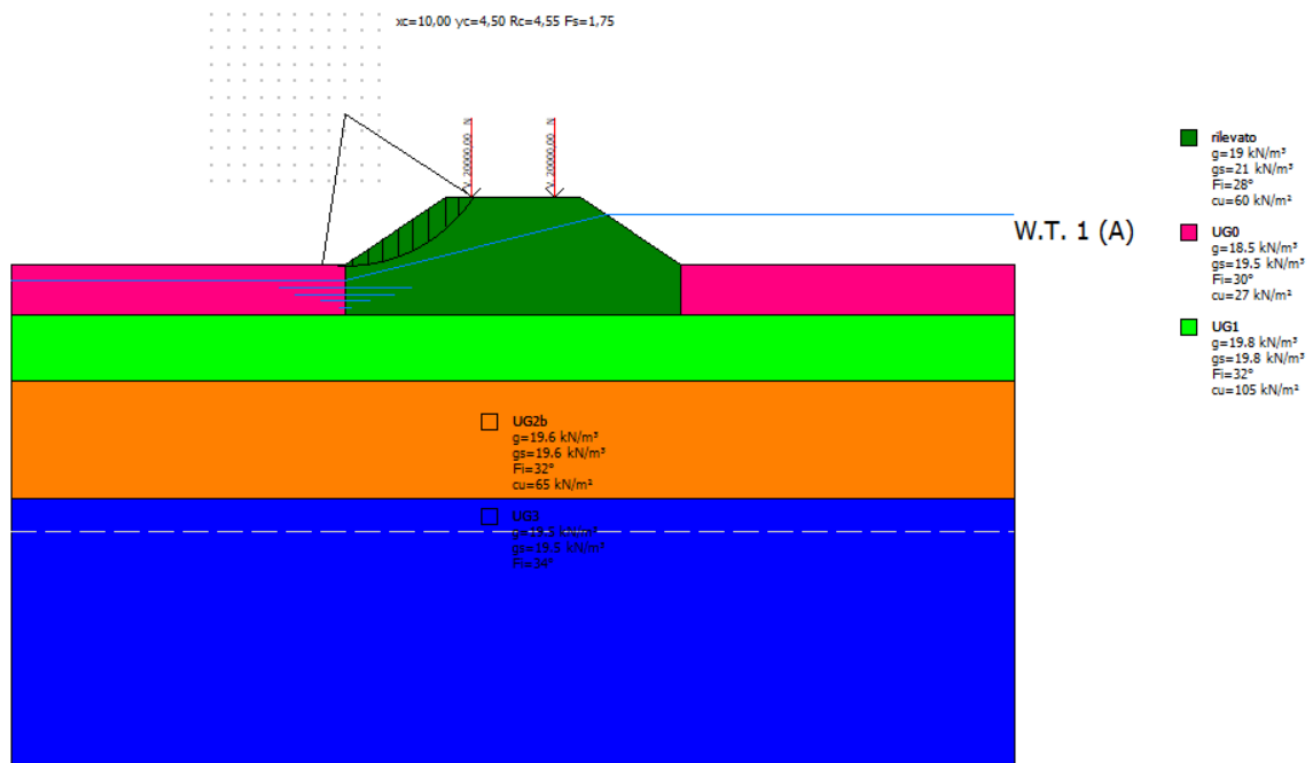
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	1,05	-30,73	1,22	6939,72
2	1,05	-21,61	1,13	17384,38
3	1,05	-13,05	1,07	24023,27
4	1,05	-4,79	1,05	27363,43
5	1,05	3,38	1,05	43412,69

6	1,54	13,65	1,59	85822,76
7	0,55	22,14	0,59	32515,11
8	1,05	29,1	1,2	73679,66
9	1,05	39,01	1,35	38234,74
10	1,05	50,68	1,65	35630,16

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	2552,25	13156,04	0,0	0,0	-2785,65	6564,43	0,0
2	5297,44	27306,65	2552,25	13156,04	8765,42	6069,39	0,0
3	7527,49	38801,89	5297,44	27306,65	19068,54	5792,36	0,0
4	8969,17	46233,28	7527,49	38801,89	25615,24	5662,47	0,0
5	10674,37	55023,05	8969,17	46233,28	42638,53	12561,17	0,0
6	8822,77	45478,65	10674,37	55023,05	83494,36	19046,03	0,0
7	8893,88	45845,18	8822,77	45478,65	30262,55	7093,36	0,0
8	4171,11	21500,8	8893,88	45845,18	56575,25	14351,11	0,0
9	2232,5	11507,85	4171,11	21500,8	24697,38	16136,3	0,0
10	79,86	411,64	2232,5	11507,85	14945,67	19789,44	0,0

Sezione non armata – Serbatoio Pieno - Lato campagna - Condizioni drenate - Sisma



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m

Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053
S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064

S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0253

Coefficiente azione sismica verticale 0,0127

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	13,0	2,0
4	17,0	2,0
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	-0,5
2	10,0	-0,5
3	17,8	1,5
4	20,0	1,5
5	30,0	1,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,0	-1,5
4	20,0	-1,5
5	20,0	0,0

6	30,0	0,0
---	------	-----

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	30,0	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-3,5
2	30,0	-3,5

Vertici strato4

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-7,0
2	30,0	-7,0

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

=====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25

Coesione efficace 1,25

Coesione non drenata 1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno No

=====

Stratigrafia

Strato	Coesione	Coesione non	Angolo resistenza al	Peso unità di	Peso saturo	Litologia	
--------	----------	--------------	-------------------------	---------------	-------------	-----------	--

	(kN/m ²)	drenata (kN/m ²)	taglio (°)	volume (kN/m ³)	(kN/m ³)		
1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	65	32	19.6	19.6	UG2b	
5	0		34	19.5	19.5	UG3	

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	13,75	2	0	20000	0
2	16,25	2	0	20000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 1,75
 Ascissa centro superficie 10,0 m
 Ordinata centro superficie 4,5 m
 Raggio superficie 4,55 m

=====

xc = 10,00 yc = 4,50 Rc = 4,552 Fs=1,752

Lambda = 0,64

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	0,45	-5,8	0,45	236,01
2	0,45	-0,14	0,45	429,12
3	0,45	5,53	0,45	2749,83
4	0,45	11,25	0,46	4737,45
5	0,45	17,08	0,47	6324,02

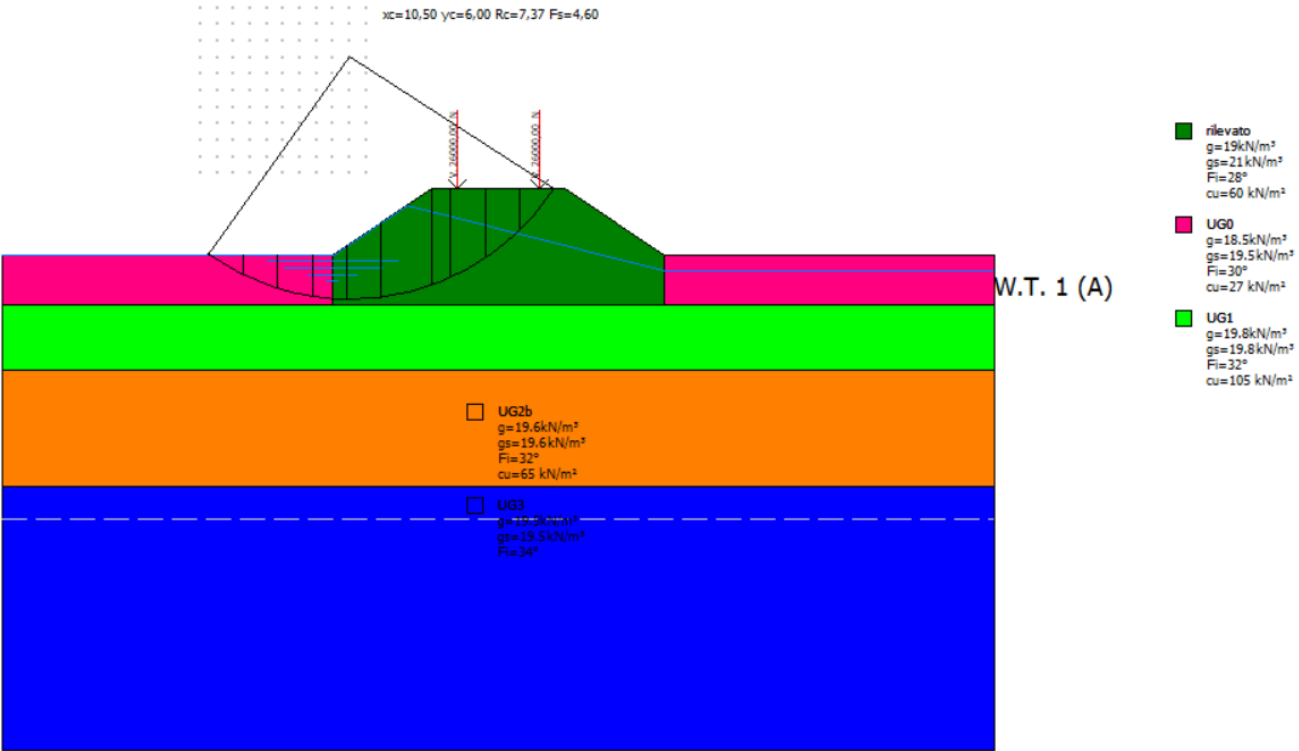
6	0,45	23,11	0,49	7477,11
7	0,45	29,43	0,52	8142,89
8	0,54	36,95	0,68	9920,98
9	0,35	44,36	0,5	5118,76
10	0,45	52,08	0,73	22659,31

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	80,96	126,46	0,0	0,0	145,05	43,47	0,0
2	176,61	275,88	80,96	126,46	338,58	101,46	0,0
3	2127,1	3322,7	176,61	275,88	1117,14	2648,39	0,0
4	3823,69	5972,92	2127,1	3322,7	3534,99	3350,36	0,0
5	5083,72	7941,19	3823,69	5972,92	5448,54	3940,36	0,0
6	5821,72	9094,0	5083,72	7941,19	6663,8	4371,48	0,0
7	6039,48	9434,16	5821,72	9094,0	7058,41	4622,21	0,0
8	5429,51	8481,34	6039,48	9434,16	7792,57	5674,88	0,0
9	5710,13	8919,69	5429,51	8481,34	3721,7	3603,26	0,0
10	31,97	49,95	5710,13	8919,69	10140,89	6588,9	0,0

SEZIONE NON ARMATA – CONDIZIONE RAPIDO SVASO

Sezione non armata – Rapido Svaso - Lato vasca - Condizioni non drenate



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

=====	
Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	
=====	

Maglia dei Centri

=====	
Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m

Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
----------------------	-----------------------------	-------------	-----------	-------------

S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053
S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064
S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	13,0	2,0
4	17,0	2,0
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,01	0,0
3	12,25	1,49
4	20,0	-0,5
5	30,0	-0,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,0	-1,5
4	20,0	-1,5
5	20,0	0,0

6	30,0	0,0
---	------	-----

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	30,0	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-3,5
2	30,0	-3,5

Vertici strato4

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-7,0
2	30,0	-7,0

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

=====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25

Coesione efficace 1,25

Coesione non drenata 1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno No

=====

Stratigrafia

Strato	Coesione	Coesione non	Angolo resistenza al	Peso unità di	Peso saturo	Litologia	
--------	----------	--------------	-------------------------	---------------	-------------	-----------	--

	(kN/m ²)	drenata (kN/m ²)	taglio (°)	volume (kN/m ³)	(kN/m ³)		
1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	65	32	19.6	19.6	UG2b	
5	0		34	19.5	19.5	UG3	

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	13,75	2	0	26000	0
2	16,25	2	0	26000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 4,6

Ascissa centro superficie 10,5 m

Ordinata centro superficie 6,0 m

Raggio superficie 7,37 m

=====

xc = 10,50 yc = 6,00 Rc = 7,367 Fs=4,603

Lambda = 0,189

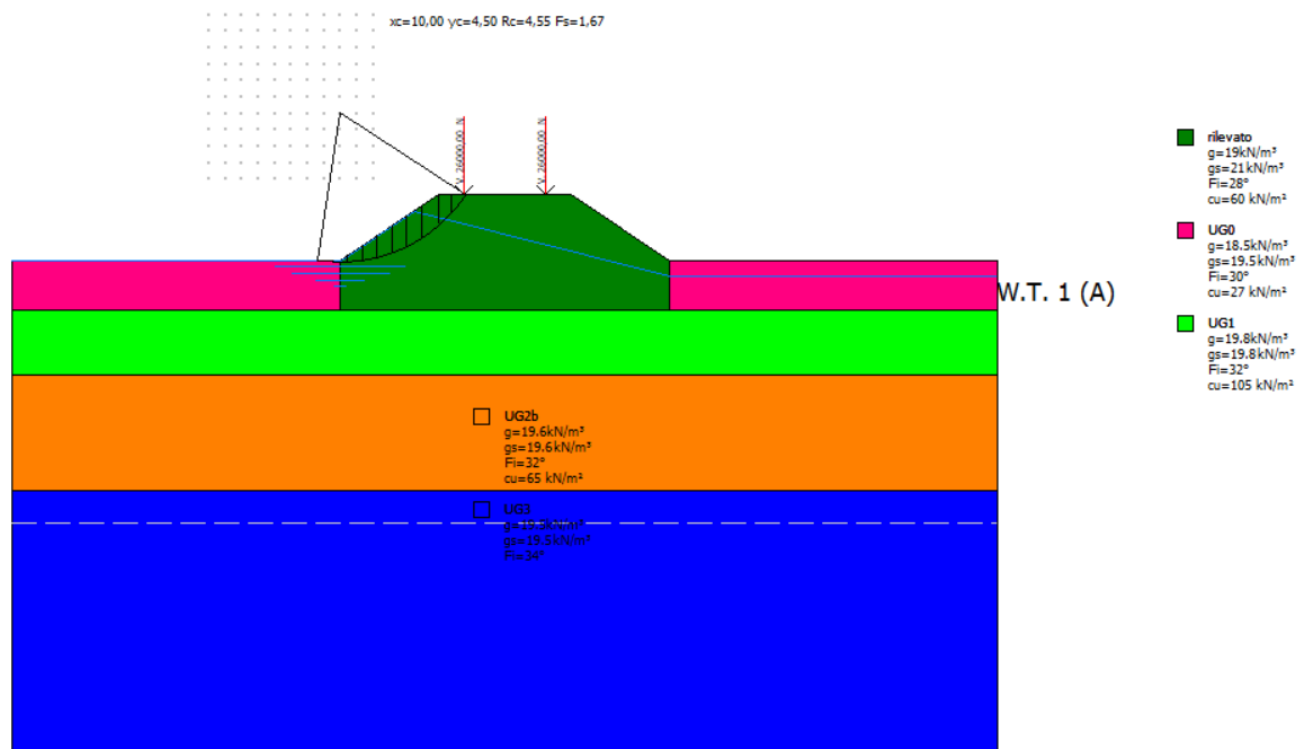
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	1,05	-30,73	1,22	6939,72
2	1,05	-21,61	1,13	17384,38
3	1,05	-13,05	1,07	24023,27
4	1,05	-4,79	1,05	27363,43
5	1,05	3,38	1,05	43412,69

6	1,54	13,65	1,59	85822,76
7	0,55	22,14	0,59	32515,11
8	1,05	29,1	1,2	79679,66
9	1,05	39,01	1,35	38234,74
10	1,05	50,68	1,65	41630,15

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	2487,57	13153,54	0,0	0,0	-2894,26	6489,46	0,0
2	5214,91	27574,85	2487,57	13153,54	8315,06	6000,07	0,0
3	7479,08	39547,15	5214,91	27574,85	18493,09	5726,21	0,0
4	8998,88	47583,37	7479,08	39547,15	25082,84	5597,8	0,0
5	10846,29	57351,91	8998,88	47583,37	42068,54	12417,71	0,0
6	9452,26	49980,7	10846,29	57351,91	83015,54	18828,5	0,0
7	9666,35	51112,77	9452,26	49980,7	30346,12	7012,34	0,0
8	4855,59	25674,88	9666,35	51112,77	61451,86	14187,2	0,0
9	3143,5	16621,91	4855,59	25674,88	25344,45	15952,0	0,0
10	77,9	411,94	3143,5	16621,91	15780,5	19563,42	0,0

Sezione non armata – Rapido Svaso - Lato vasca - Condizioni drenate



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m

Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053
S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064

S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	13,0	2,0
4	17,0	2,0
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,01	0,0
3	12,25	1,49
4	20,0	-0,5
5	30,0	-0,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,0	-1,5
4	20,0	-1,5
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	30,0	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-3,5
2	30,0	-3,5

Vertici strato4

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-7,0
2	30,0	-7,0

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

=====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25

Coesione efficace 1,25

Coesione non drenata 1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno No

=====

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
--------	----------------------------------	-------------------------------------------------	------------------------------------------	-------------------------------------------------	-------------------------------------	-----------	--

1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	65	32	19.6	19.6	UG2b	
5	0		34	19.5	19.5	UG3	

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	13,75	2	0	26000	0
2	16,25	2	0	26000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 1,67
 Ascissa centro superficie 10,0 m
 Ordinata centro superficie 4,5 m
 Raggio superficie 4,55 m

=====

xc = 10,00 yc = 4,50 Rc = 4,552 Fs=1,67

Lambda = 0,629

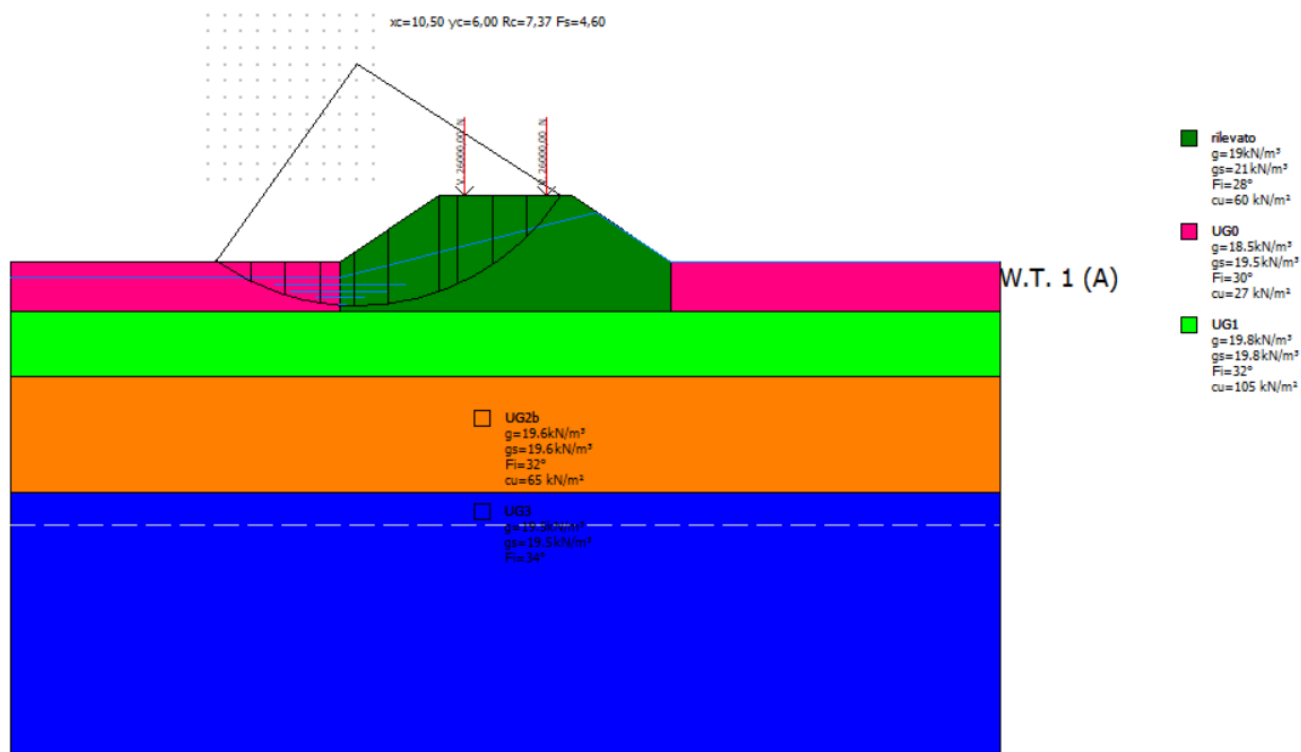
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	0,45	-5,8	0,45	248,76
2	0,45	-0,14	0,45	452,32
3	0,45	5,53	0,45	3034,08
4	0,45	11,25	0,46	5229,88
5	0,45	17,08	0,47	6982,41
6	0,45	23,11	0,49	8255,84
7	0,45	29,43	0,52	8990,66

8	0,54	36,95	0,68	10474,63
9	0,35	44,36	0,5	5127,89
10	0,45	52,08	0,73	28659,32

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	92,14	146,48	0,0	0,0	141,01	44,32	0,0
2	204,77	325,55	92,14	146,48	339,25	106,63	0,0
3	2320,9	3689,85	204,77	325,55	1237,71	2812,86	0,0
4	4215,42	6701,8	2320,9	3689,85	3858,76	3607,99	0,0
5	5672,79	9018,78	4215,42	6701,8	5961,92	4281,73	0,0
6	6584,83	10468,77	5672,79	9018,78	7323,52	4776,31	0,0
7	6938,4	11030,88	6584,83	10468,77	7798,71	5062,63	0,0
8	6512,4	10353,61	6938,4	11030,88	8303,85	6100,5	0,0
9	6970,35	11081,68	6512,4	10353,61	3848,04	3816,11	0,0
10	32,81	52,16	6970,35	11081,68	13173,43	7789,06	0,0

Sezione non armata – Rapido Svaso - Lato campagna - Condizioni non drenate



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m

Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053
S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064

S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	13,0	2,0
4	17,0	2,0
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	-0,5
2	10,0	-0,5
3	17,75	1,5
4	20,0	0,0
5	30,0	0,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,0	-1,5
4	20,0	-1,5
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	30,0	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-3,5
2	30,0	-3,5

Vertici strato4

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-7,0
2	30,0	-7,0

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

=====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25

Coesione efficace 1,25

Coesione non drenata 1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno No

=====

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
--------	----------------------------------	-------------------------------------------------	------------------------------------------	-------------------------------------------------	-------------------------------------	-----------	--

1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	65	32	19.6	19.6	UG2b	
5	0		34	19.5	19.5	UG3	

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	13,75	2	0	26000	0
2	16,25	2	0	26000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 4,6
 Ascissa centro superficie 10,5 m
 Ordinata centro superficie 6,0 m
 Raggio superficie 7,37 m

=====

xc = 10,50 yc = 6,00 Rc = 7,367 Fs=4,603

Lambda = 0,189

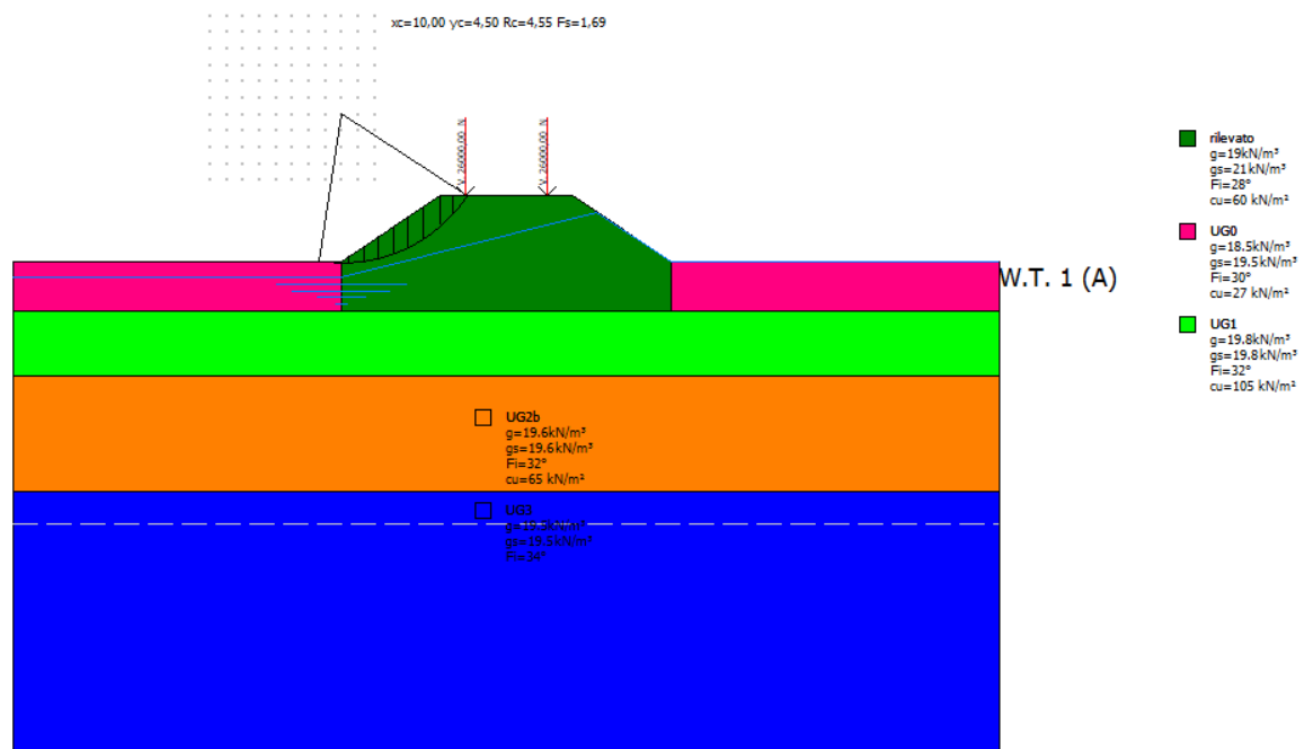
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	1,05	-30,73	1,22	6939,72
2	1,05	-21,61	1,13	17384,38
3	1,05	-13,05	1,07	24023,27
4	1,05	-4,79	1,05	27363,43
5	1,05	3,38	1,05	43412,69
6	1,54	13,65	1,59	85822,76
7	0,55	22,14	0,59	32515,11

8	1,05	29,1	1,2	79679,66
9	1,05	39,01	1,35	38234,74
10	1,05	50,68	1,65	41630,15

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	2487,57	13153,54	0,0	0,0	-2894,26	6489,46	0,0
2	5214,91	27574,85	2487,57	13153,54	8315,06	6000,07	0,0
3	7479,08	39547,15	5214,91	27574,85	18493,09	5726,21	0,0
4	8998,88	47583,37	7479,08	39547,15	25082,84	5597,8	0,0
5	10846,29	57351,91	8998,88	47583,37	42068,54	12417,71	0,0
6	9452,26	49980,7	10846,29	57351,91	83015,54	18828,5	0,0
7	9666,35	51112,77	9452,26	49980,7	30346,12	7012,34	0,0
8	4855,59	25674,88	9666,35	51112,77	61451,86	14187,2	0,0
9	3143,5	16621,91	4855,59	25674,88	25344,45	15952,0	0,0
10	77,9	411,94	3143,5	16621,91	15780,5	19563,42	0,0

Sezione non armata – Rapido Svaso - Lato campagna - Condizioni drenate



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore x_i	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore y_i	2,5 m
Ascissa vertice destro superiore x_s	11,0 m

Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053
S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064

S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	13,0	2,0
4	17,0	2,0
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	-0,5
2	10,0	-0,5
3	17,75	1,5
4	20,0	0,0
5	30,0	0,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,0	-1,5
4	20,0	-1,5
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	30,0	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-3,5
2	30,0	-3,5

Vertici strato4

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-7,0
2	30,0	-7,0

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25

Coesione efficace 1,25

Coesione non drenata 1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
--------	----------------------------------	-------------------------------------------------	------------------------------------------	-------------------------------------------------	-------------------------------------	-----------	--

1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	65	32	19.6	19.6	UG2b	
5	0		34	19.5	19.5	UG3	

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	13,75	2	0	26000	0
2	16,25	2	0	26000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 1,69
 Ascissa centro superficie 10,0 m
 Ordinata centro superficie 4,5 m
 Raggio superficie 4,55 m

=====

xc = 10,00 yc = 4,50 Rc = 4,552 Fs=1,686

Lambda = 0,633

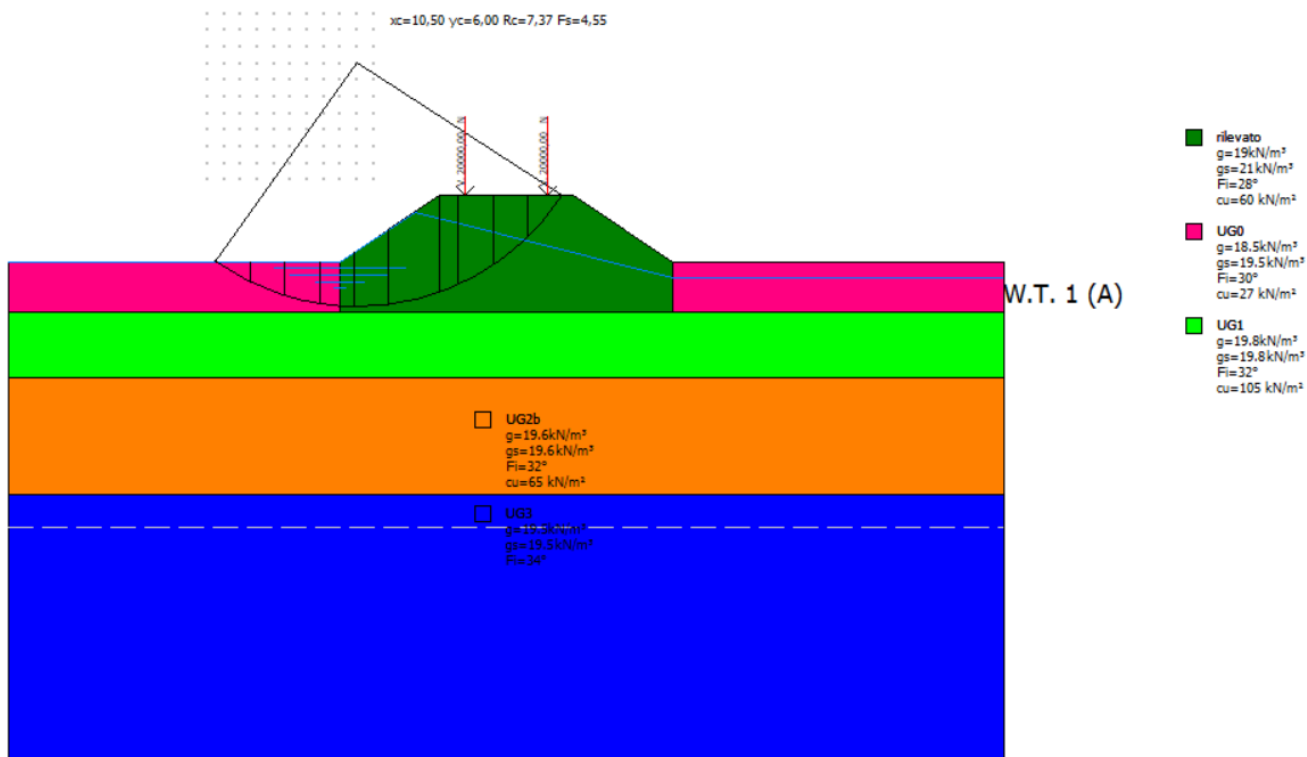
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	0,45	-5,8	0,45	236,01
2	0,45	-0,14	0,45	429,12
3	0,45	5,53	0,45	2749,83
4	0,45	11,25	0,46	4737,45
5	0,45	17,08	0,47	6324,02
6	0,45	23,11	0,49	7477,11
7	0,45	29,43	0,52	8142,89

8	0,54	36,95	0,68	9920,98
9	0,35	44,36	0,5	5118,76
10	0,45	52,08	0,73	28659,32

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	87,37	137,93	0,0	0,0	133,93	41,7	0,0
2	193,93	306,16	87,37	137,93	322,16	100,32	0,0
3	2264,23	3574,52	193,93	306,16	991,17	2716,03	0,0
4	4119,44	6503,33	2264,23	3574,52	3398,12	3442,38	0,0
5	5568,53	8790,99	4119,44	6503,33	5331,89	4061,28	0,0
6	6517,51	10289,14	5568,53	8790,99	6592,23	4522,23	0,0
7	6958,96	10986,05	6517,51	10289,14	7050,04	4800,91	0,0
8	6611,8	10438,0	6958,96	10986,05	7876,09	5921,17	0,0
9	7053,3	11134,99	6611,8	10438,0	3831,55	3775,94	0,0
10	32,67	51,57	7053,3	11134,99	13181,97	7719,16	0,0

Sezione non armata – Rapido Svaso - Lato vasca - Condizioni non drenate - Sisma



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m

Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [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.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053
S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064

S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0253

Coefficiente azione sismica verticale 0,0127

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	13,0	2,0
4	17,0	2,0
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	12,25	1,5
4	20,0	-0,5
5	30,0	-0,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,0	-1,5
4	20,0	-1,5
5	20,0	0,0

6	30,0	0,0
---	------	-----

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	30,0	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-3,5
2	30,0	-3,5

Vertici strato4

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-7,0
2	30,0	-7,0

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

=====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25

Coesione efficace 1,25

Coesione non drenata 1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno No

=====

Stratigrafia

Strato	Coesione	Coesione non	Angolo resistenza al	Peso unità di	Peso saturo	Litologia	
--------	----------	--------------	-------------------------	---------------	-------------	-----------	--

	(kN/m ²)	drenata (kN/m ²)	taglio (°)	volume (kN/m ³)	(kN/m ³)		
1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	65	32	19.6	19.6	UG2b	
5	0		34	19.5	19.5	UG3	

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	13,75	2	0	20000	0
2	16,25	2	0	20000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 4,55
 Ascissa centro superficie 10,5 m
 Ordinata centro superficie 6,0 m
 Raggio superficie 7,37 m

=====

xc = 10,50 yc = 6,00 Rc = 7,367 Fs=4,55

Lambda = 0,194

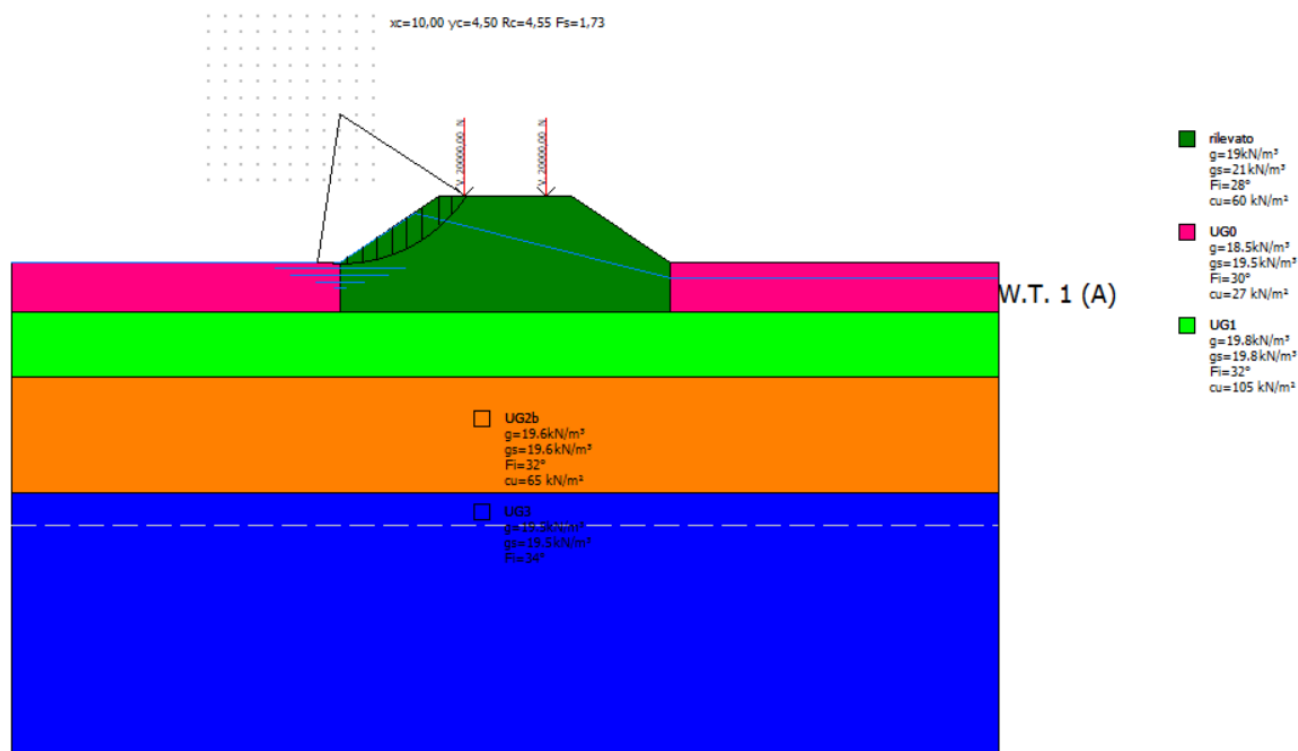
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	1,05	-30,73	1,22	6939,72
2	1,05	-21,61	1,13	17384,38
3	1,05	-13,05	1,07	24023,27
4	1,05	-4,79	1,05	27363,43
5	1,05	3,38	1,05	43412,69

6	1,54	13,65	1,59	85895,55
7	0,55	22,14	0,59	32515,11
8	1,05	29,1	1,2	73679,66
9	1,05	39,01	1,35	38234,74
10	1,05	50,68	1,65	35630,16

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	2551,96	13157,16	0,0	0,0	-2785,98	6565,53	0,0
2	5296,8	27308,72	2551,96	13157,16	8765,4	6070,41	0,0
3	7526,6	38804,9	5296,8	27308,72	19068,58	5793,33	0,0
4	8968,18	46237,23	7526,6	38804,9	25615,26	5663,42	0,0
5	10673,45	55029,1	8968,18	46237,23	42638,58	12563,28	0,0
6	8818,96	45467,9	10673,45	55029,1	83564,42	19049,23	0,0
7	8890,49	45836,71	8818,96	45467,9	30263,01	7094,55	0,0
8	4169,04	21494,35	8890,49	45836,71	56575,09	14353,52	0,0
9	2231,34	11504,15	4169,04	21494,35	24698,4	16139,0	0,0
10	79,86	411,76	2231,34	11504,15	14947,89	19792,76	0,0

Sezione non armata – Rapido Svaso - Lato vasca - Condizioni drenate - Sisma



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m

Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053

S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064
S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0253

Coefficiente azione sismica verticale 0,0127

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	13,0	2,0
4	17,0	2,0
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	12,25	1,5
4	20,0	-0,5
5	30,0	-0,5

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,0	-1,5
4	20,0	-1,5

5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	30,0	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-3,5
2	30,0	-3,5

Vertici strato4

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-7,0
2	30,0	-7,0

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25

Coesione efficace 1,25

Coesione non drenata 1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kN/m ²)	Coesione non drenata (kN/m ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (kN/m ³)	Peso saturo (kN/m ³)	Litologia	
1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	65	32	19.6	19.6	UG2b	
5	0		34	19.5	19.5	UG3	

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	13,75	2	0	20000	0
2	16,25	2	0	20000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 1,73
 Ascissa centro superficie 10,0 m
 Ordinata centro superficie 4,5 m
 Raggio superficie 4,55 m

=====

xc = 10,00 yc = 4,50 Rc = 4,552 Fs=1,728

Lambda = 0,636

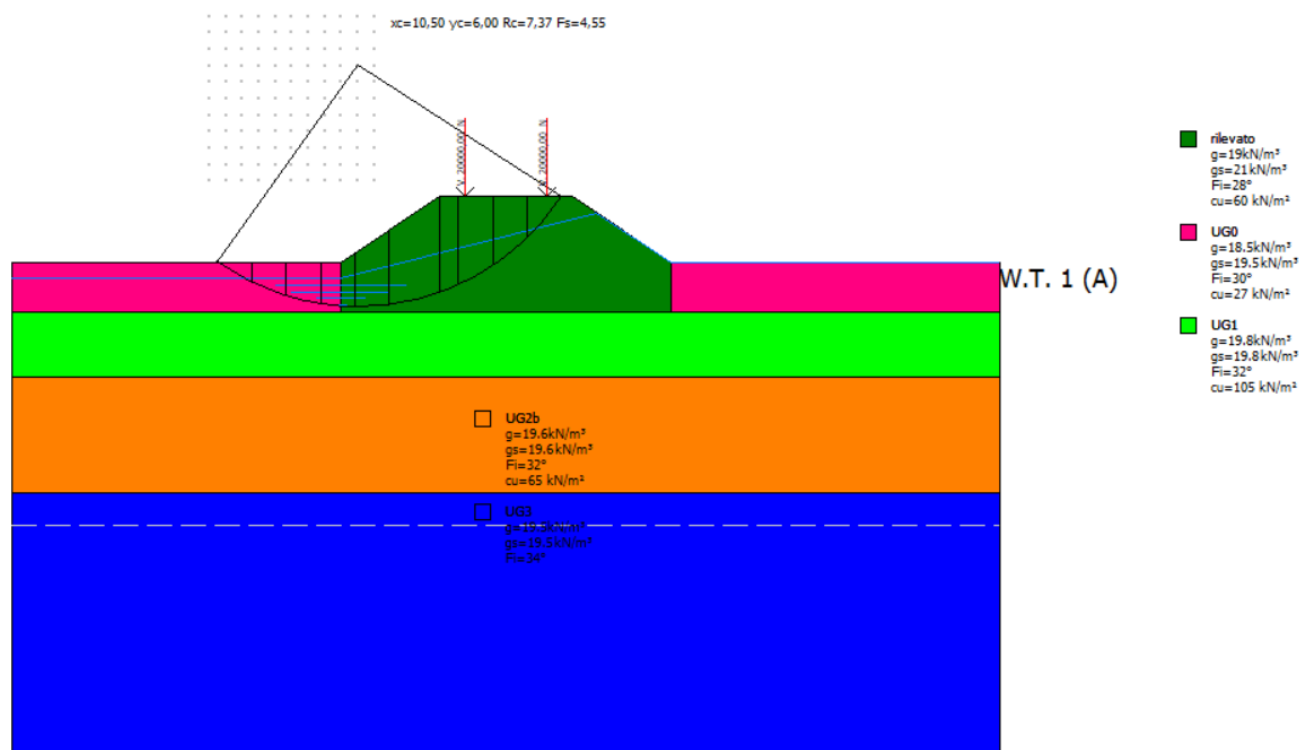
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	0,45	-5,8	0,45	248,76
2	0,45	-0,14	0,45	452,32
3	0,45	5,53	0,45	3034,08
4	0,45	11,25	0,46	5257,95

5	0,45	17,08	0,47	7006,42
6	0,45	23,11	0,49	8275,78
7	0,45	29,43	0,52	9006,53
8	0,54	36,95	0,68	10483,11
9	0,35	44,36	0,5	5133,44
10	0,45	52,08	0,73	22659,31

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	85,89	135,02	0,0	0,0	152,17	46,22	0,0
2	187,73	295,13	85,89	135,02	355,86	108,1	0,0
3	2190,11	3443,03	187,73	295,13	1361,06	2752,96	0,0
4	3928,85	6176,49	2190,11	3443,03	4024,3	3533,21	0,0
5	5194,65	8166,43	3928,85	6176,49	6104,89	4178,03	0,0
6	5889,24	9258,4	5194,65	8166,43	7415,78	4641,82	0,0
7	6010,28	9448,67	5889,24	9258,4	7820,01	4898,68	0,0
8	5319,88	8363,3	6010,28	9448,67	8223,53	5873,29	0,0
9	5625,19	8843,28	5319,88	8363,3	3743,52	3658,8	0,0
10	32,21	50,64	5625,19	8843,28	10149,37	6681,66	0,0

Sezione non armata – Rapido Svaso - Lato campagna - Condizioni non drenate – Sisma



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione non drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m

Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [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.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053
S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064

S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0253

Coefficiente azione sismica verticale 0,0127

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	13,0	2,0
4	17,0	2,0
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	-0,5
2	10,0	-0,5
3	17,75	1,49
4	20,0	0,0
5	30,0	0,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,0	-1,5
4	20,0	-1,5
5	20,0	0,0

6	30,0	0,0
---	------	-----

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	30,0	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-3,5
2	30,0	-3,5

Vertici strato4

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-7,0
2	30,0	-7,0

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

=====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25

Coesione efficace 1,25

Coesione non drenata 1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno No

=====

Stratigrafia

Strato	Coesione	Coesione non	Angolo resistenza al	Peso unità di	Peso saturo	Litologia	
--------	----------	--------------	-------------------------	---------------	-------------	-----------	--

	(kN/m ²)	drenata (kN/m ²)	taglio (°)	volume (kN/m ³)	(kN/m ³)		
1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	65	32	19.6	19.6	UG2b	
5	0		34	19.5	19.5	UG3	

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	13,75	2	0	20000	0
2	16,25	2	0	20000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 4,55

Ascissa centro superficie 10,5 m

Ordinata centro superficie 6,0 m

Raggio superficie 7,37 m

=====

xc = 10,50 yc = 6,00 Rc = 7,367 Fs=4,55

Lambda = 0,194

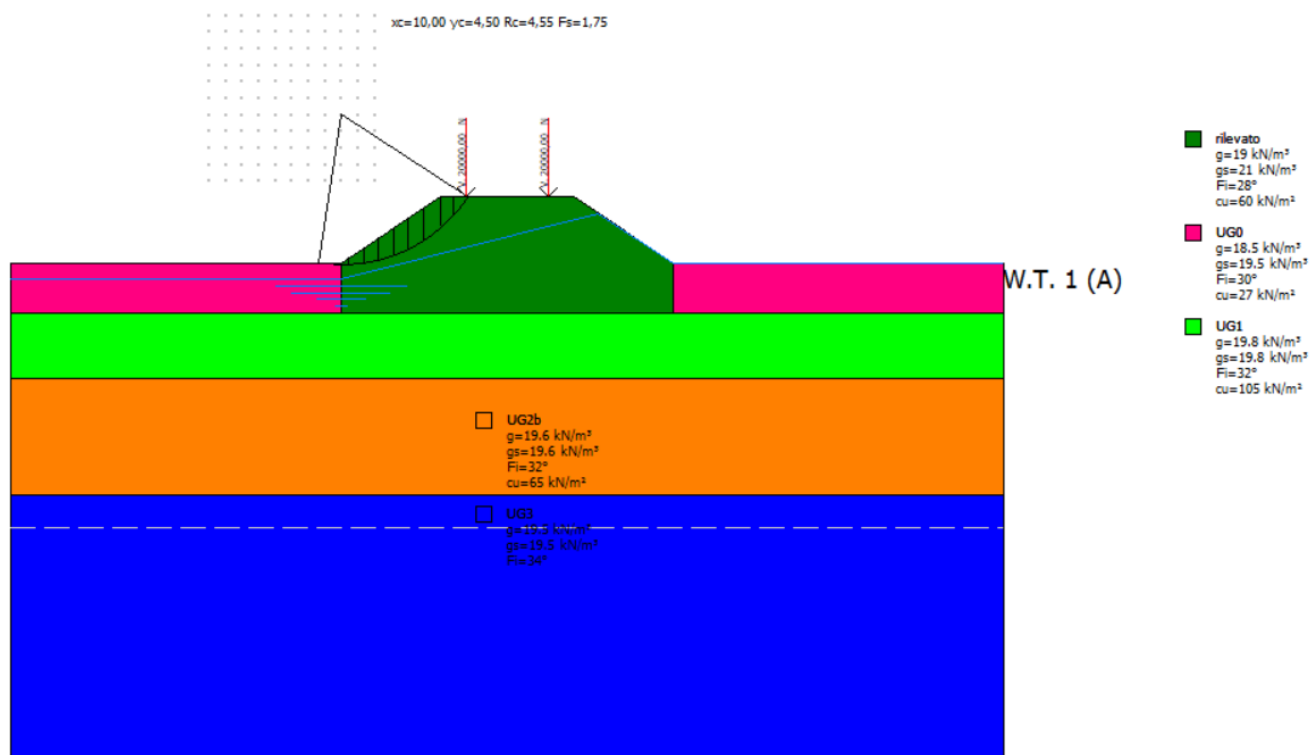
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	1,05	-30,73	1,22	6939,72
2	1,05	-21,61	1,13	17384,38
3	1,05	-13,05	1,07	24023,27
4	1,05	-4,79	1,05	27363,43
5	1,05	3,38	1,05	43412,69

6	1,54	13,65	1,59	85822,76
7	0,55	22,14	0,59	32515,11
8	1,05	29,1	1,2	73679,66
9	1,05	39,01	1,35	38234,74
10	1,05	50,68	1,65	35630,16

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	2552,25	13156,04	0,0	0,0	-2785,65	6564,43	0,0
2	5297,44	27306,65	2552,25	13156,04	8765,42	6069,39	0,0
3	7527,49	38801,89	5297,44	27306,65	19068,54	5792,36	0,0
4	8969,17	46233,28	7527,49	38801,89	25615,24	5662,47	0,0
5	10674,37	55023,05	8969,17	46233,28	42638,53	12561,17	0,0
6	8822,77	45478,65	10674,37	55023,05	83494,36	19046,03	0,0
7	8893,88	45845,18	8822,77	45478,65	30262,55	7093,36	0,0
8	4171,11	21500,8	8893,88	45845,18	56575,25	14351,11	0,0
9	2232,5	11507,85	4171,11	21500,8	24697,38	16136,3	0,0
10	79,86	411,64	2232,5	11507,85	14945,67	19789,44	0,0

Sezione non armata – Rapido Svaso - Lato campagna - Condizioni drenate - Sisma



Analisi di stabilità dei pendii con: SPENCER (1967)

Lat./Long.	45,790916/9,316282
Calcolo eseguito secondo	NTC 2008 & Circ.
Numero di strati	5,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	6,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	2,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	11,0 m

Ordinata vertice destro superiore ys	7,5 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

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100,0 [anni]
Vita di riferimento:	150,0 [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.	90,0	0,29	2,58	0,21
S.L.D.	151,0	0,35	2,61	0,23
S.L.V.	1424,0	0,69	2,69	0,3
S.L.C.	2475,0	0,79	2,73	0,31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,522	0,2	0,0106	0,0053
S.L.D.	0,63	0,2	0,0128	0,0064

S.L.V.	1,242	0,2	0,0253	0,0127
S.L.C.	1,422	0,2	0,029	0,0145

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,0253

Coefficiente azione sismica verticale 0,0127

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	13,0	2,0
4	17,0	2,0
5	20,0	0,0
6	30,0	0,0

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	-0,5
2	10,0	-0,5
3	17,75	1,49
4	20,0	0,0
5	30,0	0,0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	10,0	0,0
3	10,0	-1,5
4	20,0	-1,5
5	20,0	0,0

6	30,0	0,0
---	------	-----

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-1,5
2	30,0	-1,5

Vertici strato3

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-3,5
2	30,0	-3,5

Vertici strato4

N	X (m)	y (m)
1	0,0	-7,0
2	30,0	-7,0

Coefficienti parziali azioni

=====

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1,0 1,0

=====

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

=====

Tangente angolo di resistenza al taglio 1,25

Coesione efficace 1,25

Coesione non drenata 1,4

Riduzione parametri geotecnici terreno No

=====

Stratigrafia

Strato	Coesione	Coesione non	Angolo resistenza al	Peso unità di	Peso saturo	Litologia	
--------	----------	--------------	-------------------------	---------------	-------------	-----------	--

	(kN/m ²)	drenata (kN/m ²)	taglio (°)	volume (kN/m ³)	(kN/m ³)		
1	10	60	28	19	21	rilevato	
2	0	27	30	18.5	19.5	UG0	
3	0	105	32	19.8	19.8	UG1	
4	0	65	32	19.6	19.6	UG2b	
5	0		34	19.5	19.5	UG3	

Carichi concentrati

N°	x (m)	y (m)	Fx (N)	Fy (N)	M (Nm)
1	13,75	2	0	20000	0
2	16,25	2	0	20000	0

Risultati analisi pendio [NTC 2008 & Circ.]

=====

Fs minimo individuato 1,75
 Ascissa centro superficie 10,0 m
 Ordinata centro superficie 4,5 m
 Raggio superficie 4,55 m

=====

xc = 10,00 yc = 4,50 Rc = 4,552 Fs=1,752

Lambda = 0,64

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (N)
1	0,45	-5,8	0,45	236,01
2	0,45	-0,14	0,45	429,12
3	0,45	5,53	0,45	2749,83
4	0,45	11,25	0,46	4737,45
5	0,45	17,08	0,47	6324,02

6	0,45	23,11	0,49	7477,11
7	0,45	29,43	0,52	8142,89
8	0,54	36,95	0,68	9920,98
9	0,35	44,36	0,5	5118,76
10	0,45	52,08	0,73	22659,31

Sforzi sui conci

Nr.	Xi (N)	Ei (N)	Xi-1 (N)	Ei-1 (N)	N'i (N)	Ti (N)	Ui (N)
1	80,96	126,46	0,0	0,0	145,05	43,47	0,0
2	176,61	275,88	80,96	126,46	338,58	101,46	0,0
3	2127,1	3322,7	176,61	275,88	1117,14	2648,39	0,0
4	3823,69	5972,92	2127,1	3322,7	3534,99	3350,36	0,0
5	5083,72	7941,19	3823,69	5972,92	5448,54	3940,36	0,0
6	5821,72	9094,0	5083,72	7941,19	6663,8	4371,48	0,0
7	6039,48	9434,16	5821,72	9094,0	7058,41	4622,21	0,0
8	5429,51	8481,34	6039,48	9434,16	7792,57	5674,88	0,0
9	5710,13	8919,69	5429,51	8481,34	3721,7	3603,26	0,0
10	31,97	49,95	5710,13	8919,69	10140,89	6588,9	0,0

ALLEGATO B - ANALISI CAPACITA' PORTANTE E CEDIMENTI

CALCOLO PORTANZA E CEDIMENTI DI FONDAZIONI SUPERFICIALI

NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Norme tecniche per le Costruzioni 2008

Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008 e circolare.

Gli **stati limite ultimi** per sviluppo di meccanismi di collasso determinati dal raggiungimento della resistenza del terreno interagente con le fondazioni (**GEO**) riguardano:

- collasso per **carico limite** nei terreni di fondazione;
- **scorrimento** sul piano di posa.

Le verifiche agli stati limite ultimi di tipo geotecnico (**GEO**) per carico limite e per scorrimento devono essere effettuate, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tab. 6.2.I e 6.2.II e 6.4.I, seguendo almeno uno dei due approcci:

Approccio 1:

- Combinazione 1: (A1+M1+R1)
- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

Approccio 2:

- (A1+M1+R3).

Nelle verifiche effettuate con l'approccio 2 che siano finalizzate al dimensionamento strutturale, il coefficiente γ_R non deve essere portato in conto.

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (γ_E)	EQ U	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali (1)	Favorevole	γ_{G2}	0.0	0	0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza a taglio	$\tan \phi'_k$	γ_ϕ'	1.0	1.25
Coesione efficace	c'_k	γ_c'	1.0	1.25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1.0	1.4

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

VERIFICA	COEFFICIENT E PARZIALE (R1)	COEFFICIENT E PARZIALE (R2)	COEFFICIENT E PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.8$	$\gamma_R = 2.3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.1$	$\gamma_R = 1.1$

Stati Limite di Esercizio (SLE)

La capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (SLE) deve essere verificata confrontando il valore limite di progetto associato a ciascun aspetto di funzionalità esaminato (C_d), con il corrispondente valore di progetto dell'effetto delle azioni (E_d), attraverso la seguente espressione formale:

$$E_d < C_d$$

E_d = valore di progetto dell'azione o degli effetti dell'azione

C_d = valore limite dell'effetto delle azioni (spostamenti e deformazioni che possano compromettere la funzionalità di una struttura).

I valori degli spostamenti e delle distorsioni andranno calcolati considerando le combinazioni di carico per gli SLE specificate al §2.5.3:

- Combinazione frequente
- Combinazione quasi permanente s.l.t.

(§ C 6.4.2.2) - In base all'evoluzione nel tempo si distinguono i **cedimenti immediati** e i **cedimenti differiti**. Questi ultimi sono caratteristici dei **terreni a grana fine, poco permeabili, e dei terreni organici**.

I cedimenti e gli spostamenti delle fondazioni e del terreno circostante possono essere valutati con metodi empirici e o analitici.

Nei **terreni a grana fine**, i **parametri che caratterizzano** la deformabilità **sono di regola ottenuti da prove di laboratorio su campioni indisturbati**. Nel caso di **terreni a grana media o grossa**, i parametri suddetti possono essere **valutati sulla base dei risultati di indagini geotecniche in situ**.

I valori delle **proprietà meccaniche** da adoperare nell'analisi **sono quelli caratteristiche i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri di resistenza sono sempre unitari**.

Le verifiche degli stati limite ultimi in presenza di azioni sismiche devono essere eseguite ponendo **pari a 1 i coefficienti parziali sulle azioni** e impiegando i **parametri geotecnici e le resistenze di progetto**, con i coefficienti parziali γ_R indicati nel Capitolo 6.

Stato Limite Ultimo (SLV) per carico limite (§ 7.11.5.3.1-§ C7.11.5.3.1)

Le azioni derivano dall'analisi della struttura in elevazione come specificato al § 7.2.5. Le resistenze sono i corrispondenti valori limite che producono il collasso del complesso fondazione-terreno; esse sono valutabili mediante l'estensione di procedure classiche al caso di azione sismica, tenendo conto dell'effetto dell'inclinazione e dell'eccentricità delle azioni in fondazione.

L'analisi pseudo-statica delle fondazioni si esegue con l'**Approccio 1** o con l'**Approccio 2**.

Nell'**Approccio 1**, si utilizza la **Combinazione 2**, ponendo i coefficienti parziali **A2** della Combinazione pari all'unità.

Applicando il **metodo pseudostatico**, l'azione sismica si traduce in accelerazioni del **sottosuolo (effetto cinematico k_{hk})** e nella **fondazione (effetto inerziale k_{hi})** per le azioni delle forze di inerzia prodotte nella struttura in elevazione, e nel terreno sottostante o circostante la fondazione.

Per un'azione sismica, modellata attraverso la sola componente orizzontale, tali effetti si esprimono tramite i coefficienti sismici k_{hk} e k_{hi} .

L'effetto inerziale produce le variazioni di **tutti** i coefficienti di carico limite **N_c , N_q e N_γ** in funzione del coefficiente sismico k_{hi} (interviene nella formula trinomia operando direttamente sui coefficienti correttivi i_q , i_c , i_γ che tengono conto dell'inclinazione del carico).

L'effetto cinematico modifica **solo** il coefficiente **N_γ** in funzione del coefficiente sismico k_{hk} .

N_γ viene quindi moltiplicato sia per il coefficiente correttivo dell'effetto inerziale, sia per il coefficiente correttivo per l'effetto cinematico.

Nell'**Approccio 2**, i coefficienti **A1** devono essere posti pari ad 1.

Stato Limite Ultimo (SLV) per scorrimento sul piano di posa (§ 7.11.5.3.1)

Per azione si intende il valore della forza agente parallelamente al piano di scorrimento, per resistenza si intende la risultante delle tensioni tangenziali limite sullo stesso piano, sommata, in casi particolari, alla risultante delle tensioni limite agenti sulle superfici laterali della fondazione.

Specificamente, *si può tener conto della resistenza lungo le superfici laterali nel caso di contatto diretto fondazione-terreno in scavi a sezione obbligata o di contatto diretto fondazione-calcestruzzo o fondazione-acciaio in scavi sostenuti da paratie o palancole.*

In tali casi, il progettista deve indicare l'aliquota della resistenza lungo le superfici laterali che intende portare in conto, da giustificare con considerazioni relative alle caratteristiche meccaniche dei terreni e ai criteri costruttivi dell'opera.

Per le verifiche a scorrimento sul piano di fondazione

(§ C7.11.5.3.1) - Per **le verifiche a scorrimento sul piano di fondazione**, l'**Approccio 2** conduce a **risultati molto meno conservativi** di quelli conseguiti con l'**Approccio 1**. Per questo Stato limite è, pertanto, **preferibile l'impiego dell'Approccio 1**.

Stato limite di danno (§ 7.11.5.3.1)

Devono essere valutati gli **spostamenti permanenti indotti dal sisma**, verificando che essi siano accettabili per la fondazione e siano compatibili per l'intera opera.

CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SU TERRENI

Il carico limite di una fondazione superficiale può essere definito con riferimento a quel valore massimo del carico per il quale in nessun punto del sottosuolo si raggiunge la condizione di rottura (metodo di Frolich), oppure con riferimento a quel valore del carico, maggiore del precedente, per il quale il fenomeno di rottura si è esteso ad un ampio volume del suolo (metodo di Prandtl e successivi).

Prandtl ha studiato il problema della rottura di un semispazio elastico per effetto di un carico applicato sulla sua superficie con riferimento all'acciaio, caratterizzando la resistenza a rottura con una legge del tipo:

$$\tau = c + \sigma \cdot \tan \varphi \quad \text{valida anche per i terreni.}$$

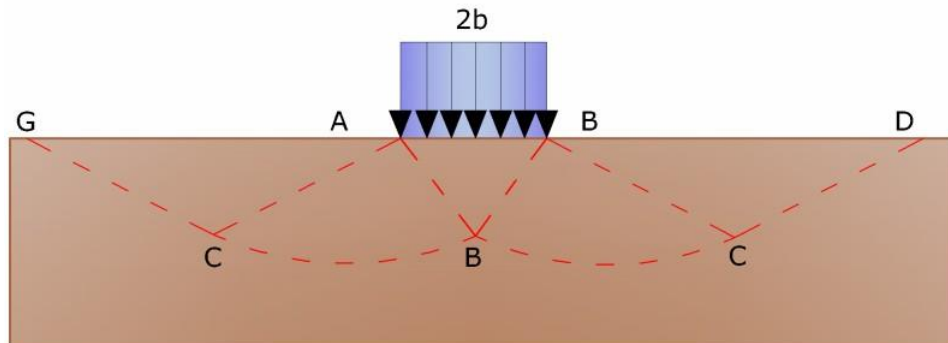
Le ipotesi e le condizioni introdotte dal Prandtl sono le seguenti:

- Materiale privo di peso e quindi $\gamma=0$
- Comportamento rigido - plastico
- Resistenza a rottura del materiale esprimibile con la relazione $\tau = c + \sigma \cdot \tan \varphi$
- Carico uniforme, verticale ed applicato su una striscia di lunghezza infinita e di larghezza $2b$ (stato di deformazione piana)
- Tensioni tangenziali nulle al contatto fra la striscia di carico e la superficie limite del semispazio.

All'atto della rottura si verifica la plasticizzazione del materiale racchiuso fra la superficie limite del semispazio e la superficie $GFBCD$.

Nel triangolo AEB la rottura avviene secondo due famiglie di segmenti rettilinei ed inclinati di $45^\circ + \varphi/2$ rispetto all'orizzontale. Nelle zone ABF e EBC la rottura si produce lungo due famiglie di linee, l'una costituita da segmenti rettilinei passanti rispettivamente per i punti A ed E e l'altra da archi di due famiglie di spirali logaritmiche.

I poli di queste sono i punti A ed E . Nei triangoli AFG e ECD la rottura avviene su segmenti inclinati di $\pm (45^\circ + \varphi/2)$ rispetto alla verticale.



Meccanismo di rottura di Prandtl

Individuato così il volume di terreno portato a rottura dal carico limite, questo può essere calcolato scrivendo la condizione di equilibrio fra le forze agenti su qualsiasi volume di terreno delimitato in basso da una qualunque delle superfici di scorrimento.

Si arriva quindi ad una equazione $q = B \cdot c$, dove il coefficiente B dipende soltanto dall'angolo di attrito φ del terreno.

$$B = \cot \varphi \left[e^{\pi \tan \varphi} \tan^2 (45^\circ + \varphi/2) - 1 \right]$$

Per $\varphi=0$ il coefficiente B risulta pari a 5.14, quindi $q=5.14 \cdot c$.

Nell'altro caso particolare di terreno privo di coesione ($c=0$, $\gamma \neq 0$) risulta $q=0$, secondo la teoria di **Prandtl**, non sarebbe dunque possibile applicare nessun carico sulla superficie limite di un terreno incoerente.

Da questa teoria, anche se non applicabile praticamente, hanno preso le mosse tutte le ricerche ed i metodi di calcolo successivi.

Infatti **Caquot** si pose nelle stesse condizioni di Prandtl ad eccezione del fatto che la striscia di carico non è più applicata sulla superficie limite del semispazio, ma a una profondità h , con $h \leq 2b$; il terreno compreso tra la superficie e la profondità h ha le seguenti caratteristiche: $\gamma \neq 0$, $\varphi=0$, $c=0$ e cioè sia un mezzo dotato di peso ma privo di resistenza.

Risolvendo le equazioni di equilibrio si arriva all'espressione:

$$q = A \cdot \gamma_1 + B \cdot c$$

che è sicuramente è un passo avanti rispetto a Prandtl, ma che ancora non rispecchia la realtà.

Metodo di Terzaghi (1955)

Terzaghi, proseguendo lo studio di Caquot, ha apportato alcune modifiche per tenere conto delle effettive caratteristiche dell'insieme opera di fondazione-terreno.

Sotto l'azione del carico trasmesso dalla fondazione il terreno che si trova a contatto con la fondazione stessa tende a sfuggire lateralmente, ma ne è impedito dalle resistenze tangenziali che si sviluppano fra la fondazione ed il terreno. Ciò comporta una modifica dello stato tensionale nel terreno posto direttamente al di sotto della fondazione; per tenerne conto **Terzaghi** assegna ai lati AB ed EB del cuneo di Prandtl una inclinazione ψ rispetto all'orizzontale, scegliendo il valore di ψ in funzione delle caratteristiche meccaniche del terreno al contatto terreno-opera di fondazione.

L'ipotesi $\gamma_2 = 0$ per il terreno sotto la fondazione viene così superata ammettendo che le superfici di rottura restino inalterate, l'espressione del carico limite è quindi:

$$q = A \cdot \gamma_1 \cdot h + B \cdot c + C \cdot \gamma \cdot b$$

in cui C è un coefficiente che risulta funzione dell'angolo di attrito ϕ del terreno posto al di sotto del piano di posa e dell'angolo ϕ prima definito; b è la semilarghezza della striscia.

Inoltre, basandosi su dati sperimentali, **Terzaghi** passa dal problema piano al problema spaziale introducendo dei fattori di forma.

Un ulteriore contributo è stato apportato da **Terzaghi** sull' effettivo comportamento del terreno.

Nel metodo di Prandtl si ipotizza un comportamento del terreno rigido-plastico, **Terzaghi** invece ammette questo comportamento nei terreni molto compatti.

In essi, infatti, la curva carichi-cedimenti presenta un primo tratto rettilineo, seguito da un breve tratto curvilineo (comportamento elasto-plastico); la rottura è istantanea ed il valore del carico limite risulta chiaramente individuato (rottura generale).

In un terreno molto sciolto invece la relazione carichi-cedimenti presenta un tratto curvilineo accentuato fin dai carichi più bassi per effetto di una rottura progressiva del terreno (rottura locale); di conseguenza l'individuazione del carico limite non è così chiara ed evidente come nel caso dei terreni compatti.

Per i terreni molto sciolti, Terzaghi consiglia di prendere in considerazione il carico limite il valore che si calcola con la formula precedente introducendo però dei valori ridotti delle caratteristiche meccaniche del terreno e precisamente:

$$\tan \phi_{rid} = \frac{2}{3} \tan \phi \text{ e } c_{rid} = \frac{2}{3} c$$

Esplicitando i coefficienti della formula precedente, la formula di Terzaghi può essere scritta:

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot s_c + \gamma \cdot D \cdot N_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma$$

dove:

$$N_q = \frac{a^2}{2 \cdot \cos^2(45 + \phi/2)}$$

$$a = e^{(0.75\pi - \phi/2) \tan \phi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_\gamma = \frac{\tan \phi}{2} \left(\frac{K_{py}}{\cos^2 \phi} - 1 \right)$$

Formula di Meyerhof (1963)

Meyerhof propose una formula per il calcolo del carico limite simile a quella di **Terzaghi**; le differenze consistono nell'introduzione di ulteriori coefficienti di forma.

Egli introdusse un coefficiente s_q che moltiplica il fattore N_q , fattori di profondità d_i e di pendenza i_i per il caso in cui il carico trasmesso alla fondazione è inclinato sulla verticale.

I valori dei coefficienti N furono ottenuti da Meyerhof ipotizzando vari archi di prova BF (v. meccanismo Prandtl), mentre il taglio lungo i piani AF aveva dei valori approssimati.
I fattori di forma tratti da Meyerhof sono di seguito riportati, insieme all'espressione della formula.

Carico verticale

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c + \gamma \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma$$

Carico inclinato

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + \gamma \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma$$

$$N_q = e^{(0.75\pi - \varphi/2)} \cdot \tan^2(45 + \varphi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 \cdot \varphi)$$

fattore di forma:

$$s_c = 1 + 0.2 \cdot k_p \cdot \frac{B}{L} \quad \text{per } \varphi > 0$$

$$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1 \cdot k_p \cdot \frac{B}{L} \quad \text{per } \varphi = 0$$

fattore di profondità:

$$d_c = 1 + 0.2 \sqrt{k_p} \cdot \frac{D}{B}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \sqrt{k_p} \cdot \frac{D}{B} \quad \text{per } \varphi > 10$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \quad \text{per } \varphi > 10$$

inclinazione:

$$i_c = i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta}{90}\right)^2$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta}{\varphi}\right)^2 \quad \text{per } \varphi > 0$$

$$i_\gamma = 0 \quad \text{per } \varphi = 0$$

dove:

$$k_p = \tan^2(45 + \varphi/2)$$

θ = Inclinazione della risultante sulla verticale.

Formula di Hansen (1970)

E' una ulteriore estensione della formula di *Meyerhof*, le estensioni consistono nell'introduzione di b_i che tiene conto della eventuale inclinazione sull'orizzontale del piano di posa e un fattore g_i per terreno in pendenza.

La formula di Hansen vale per qualsiasi rapporto D/B , quindi sia per fondazioni superficiali che profonde, ma lo stesso autore introdusse dei coefficienti per meglio interpretare il comportamento reale della fondazione, senza di essi, infatti, si avrebbe un aumento troppo forte del carico limite con la profondità.

Per valori di $D/B < 1$

$$d_c = 1 + 0.4 \cdot \frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan(1 - \sin \varphi)^2 \cdot \frac{D}{B}$$

Per valori $D/B > 1$:

$$d_c = 1 + 0.4 \cdot \tan^{-1} \frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan(1 - \sin \varphi)^2 \cdot \tan^{-1} \frac{D}{B}$$

Nel caso $\varphi=0$

D/B	0	1	1.1	2	5	10	20	100
d'_c	0	0.40	0.33	0.44	0.55	0.59	0.61	0.62

Nei fattori seguenti le espressioni con apici (') valgono quando $\varphi=0$.

Fattore di forma:

$$s'_c = 0.2 \frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 \text{ per fondazioni nastriformi}$$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \varphi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

Fattori di inclinazione del carico:

$$i'_c = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A_f \cdot c_a}}$$

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

$$i_q = \left(1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \cot \varphi} \right)^5$$

$$i_q = \left(1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \cot \varphi} \right)^5 \quad (\eta = 0)$$

$$i_q = \left(1 - \frac{(0.7 - \eta / 450) \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \cot \varphi} \right)^5 \quad (\eta = 0)$$

Fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio):

$$g'_c = \frac{\beta}{147}$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147}$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.5 \tan \beta)^5$$

Fattori di inclinazione del piano di fondazione (base inclinata):

$$b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_q \exp(-2\eta \cdot \tan \varphi)$$

Formula di Vesic (1975)

La formula di Vesic è analoga alla formula di Hansen, con N_q ed N_c come per la formula di Meyerhof ed N_γ come sotto riportato:

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi$$

I fattori di forma e di profondità che compaiono nelle formule del calcolo della capacità portante sono uguali a quelli proposti da Hansen; alcune differenze sono invece riportate nei fattori di inclinazione del carico, del terreno (fondazione su pendio) e del piano di fondazione (base inclinata).

Formula Brich-Hansen (EC 7 – EC 8)

Affinché una fondazione possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale, per tutte le combinazioni di carico relative allo SLU (stato limite ultimo), deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$V_d \leq R_d$$

Dove V_d è il carico di progetto allo SLU, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso della fondazione stessa; mentre R_d 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 R_d 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:

$$\frac{R}{A'} = (2 + \pi) \cdot c_u \cdot s_c \cdot i_c + q$$

Dove:

$A' = B' \cdot L'$ 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

$$s_c = 1 + 0.2 \cdot \left(\frac{B'}{L'} \right) \quad \text{per fondazioni rettangolari}$$

$$s_c = 1.2 \quad \text{per fondazioni quadrate o circolari}$$

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

$$i_c = 0.5 + 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A'_f \cdot c_a}}$$

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

$$\frac{R}{A'} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma$$

Dove:

$$N_q = e^{\pi \cdot \tan \varphi'} \cdot \tan^2(45 + \varphi' / 2)$$

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

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \tan \varphi'$$

Fattori di forma

$$s_q = 1 + \frac{B'}{L'} \cdot \sin \varphi' \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_q = 1 + \sin \varphi' \quad \text{per forma quadrata o circolare}$$

$$s_\gamma = 1 - 0.3 \frac{B'}{L'} \quad \text{per forma rettangolare}$$

$$s_\gamma = 0.7 \quad \text{per forma quadrata o circolare}$$

$$s_c = \frac{s_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} \quad \text{per forma rettangolare, quadrata o circolare}$$

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H

$$i'_c = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A_f \cdot c_a}}$$

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

$$i_q = \left(1 - \frac{H}{V + A' \cdot c' \cdot \cot \varphi'} \right)^m$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V + A' \cdot c' \cdot \cot \varphi'} \right)^{m+1}$$

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

Dove:

$$m = m_B = \frac{\left[2 + \left(\frac{B'}{L'} \right) \right]}{\left[1 + \left(\frac{B'}{L'} \right) \right]} \quad \text{con } H // B'$$

$$m = m_L = \frac{\left[2 + \left(\frac{L'}{B'} \right) \right]}{\left[1 + \left(\frac{L'}{B'} \right) \right]} \quad \text{con } H // L'$$

Se H forma un angolo θ con la direzione di L' , l'esponente "m" viene calcolato con la seguente espressione:

$$m = m_0 = m_L \cdot \cos^2 \theta + m_B \cdot \sin^2 \theta$$

Oltre ai fattori correttivi di cui sopra sono considerati quelli complementari della profondità del piano di posa e dell'inclinazione del piano di posa e del piano campagna (Hansen).

Meyerhof e Hanna (1978)

Tutta l'analisi teorica sviluppata per la determinazione del carico limite è stata basata sull'ipotesi che il terreno sia isotropico ed omogeneo fino a notevole profondità.

Tale ipotesi però non rispecchia la realtà perchè il terreno è generalmente non omogeneo con miscele di sabbia, limo e argilla in proporzioni diverse.

Le relazioni per la stima del carico limite, ricavate dall'ipotesi di terreno omogeneo risultano essere molto approssimative se il terreno è stratificato, soprattutto se le superfici di rottura interferiscono con i limiti degli strati del terreno.

Si consideri un sistema costituito da due strati di terreno distinti ed una fondazione posizionata sullo strato superiore a una profondità D dal piano campagna, le superfici di rottura a carico limite possono svilupparsi completamente sullo strato superiore oppure coinvolgere anche il secondo strato. Può accadere che lo strato superiore sia più resistente rispetto allo strato inferiore o viceversa.

In entrambi i casi verrà presentata un'analisi generale per ($c = 0$) e si dimostrerà sarà valida anche nel caso di terreni sabbiosi o argillosi.

Lo studio della capacità portante di un sistema a strati è stato affrontato da diversi autori: Button (1953), Vesic (1975), Meyerhof (1974), Meyerhof e Hanna (1978)

Meyerhof (1974) ha analizzato un sistema a due strati composto da sabbia densa su argilla morbida e sabbia sciolta su argilla rigida e ha supportato il suo studio con alcuni test su modello. Successivamente Meyerhof e Hanna (1978) hanno integrato lo studio di Meyerhof (1974) includendo nelle analisi il terreno privo di coesione.

Si riporta la trattazione di Meyerhof (1974) e Meyerhof e Hanna (1978).

Nella figura 12.16 (a) è rappresentata una fondazione di larghezza B approfondita D in uno strato di terreno resistente (strato 1). Lo strato debole si trova a distanza H dal piano di posa della fondazione.

Se la distanza H non è sufficiente oppure in condizioni di carico eccezionali una parte di esso verrà trasferito oltre il livello mn. Questa condizione indurrà il formarsi di superfici di rottura anche nello strato più debole (strato 2). Se la distanza H è relativamente grande, le superfici di rottura si svilupperanno completamente nello strato 1 come evidenziato in Figura 12.16b.

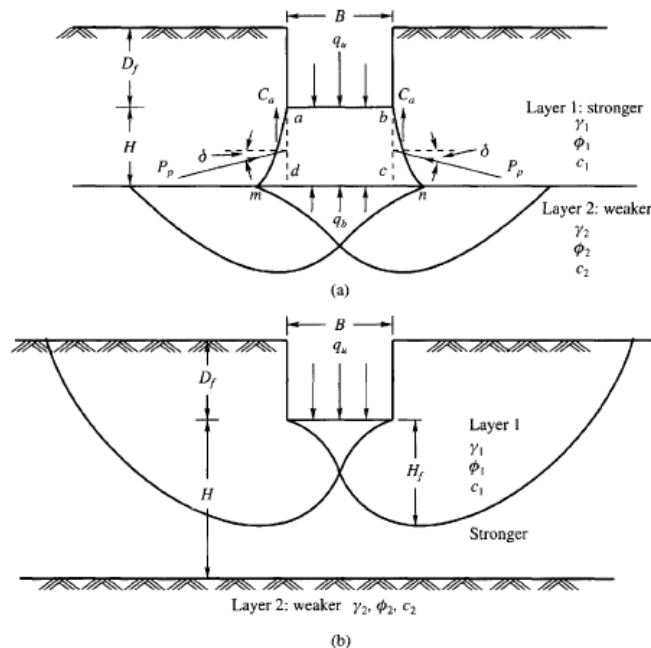


Figure 12.16 Failure of soil below strip footing under vertical load on strong layer overlying weak deposit (after Meyerhof and Hanna, 1978)

Il carico limite negli strati 1 e 2 può essere espresso dalle seguenti relazioni:

Strato 1

$$q_1 = c_1 \cdot N_{c1} + \frac{1}{2} \gamma_1 \cdot B \cdot N_{\gamma 1}$$

Strato 2

$$q_2 = c_2 \cdot N_{c2} + \frac{1}{2} \gamma_2 \cdot B \cdot N_{\gamma 2}$$

Dove:

$N_{c1}, N_{\gamma 1}$ = fattori di capacità portante dello strato 1 con angolo di resistenza a taglio ϕ_1

$N_{c2}, N_{\gamma 2}$ = fattori di capacità portante dello strato 2 con angolo di resistenza a taglio ϕ_2

Se il piano di posa della fondazione si trova ad una distanza D_f rispetto al piano campagna e la distanza H è relativamente grande l'espressione del carico limite è la seguente:

$$q_u = q_t = c_1 \cdot N_{c1} + q'_0 \cdot N_{q1} + \frac{1}{2} \gamma_1 \cdot B \cdot N_{\gamma 1}$$

Se q_1 è molto maggiore di q_2 e se la distanza H non è sufficiente a formare una condizione di plasticizzazione completa nello strato 1, allora la rottura è legata alla spinta del terreno che si sviluppa dallo strato più debole allo strato più resistente. La formulazione per la stima del carico limite diventa:

$$q_u = q_b + \frac{2 \cdot (c_a + P_p \sin \delta)}{B} - \gamma_1 \cdot H$$

Dove:

q_b	carico limite nello strato 2
P_p	spinta passiva
C_a	adesione
δ	inclinazione della spinta passiva rispetto all'orizzontale

$$P_p = \frac{\gamma_1 \cdot H^2}{2 \cos \delta} \left(1 + \frac{2D_f}{H} \right) \cdot K_p$$

Metodo di Richards et. Al.

Richards, Helm e Budhu (1993) hanno sviluppato una procedura che consente, in condizioni sismiche, di valutare sia il carico limite sia i cedimenti indotti, e quindi di procedere alle verifiche di entrambi gli stati limite (ultimo e di danno). La valutazione del carico limite viene perseguita mediante una semplice estensione del problema del carico limite al caso della presenza di forze di inerzia nel terreno di fondazione dovute al sisma, mentre la stima dei cedimenti viene ottenuta mediante un approccio alla Newmark (cfr. Appendice H di "Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica" – Associazione Geotecnica Italiana). Gli autori hanno esteso la classica formula trinomia del carico limite:

$$q_L = \frac{\gamma_1 \cdot H^2}{2 \cos \delta} \left(1 + \frac{2D_f}{H} \right) \cdot K_p$$

$$q_L = N_q \cdot q + N_c \cdot c + 0.5 N_\gamma \cdot \gamma \cdot B$$

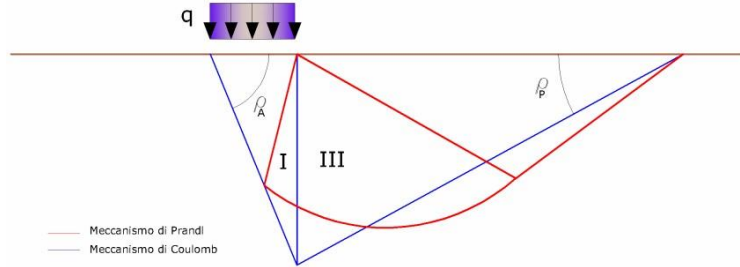
Dove i fattori di capacità portante vengono calcolati con le seguenti formule:

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot(\phi)$$

$$N_q = \frac{K_{pE}}{K_{AE}}$$

$$N_{\gamma} = \left(\frac{K_{pE}}{K_{AE}} - 1 \right) \cdot \tan(\rho_{AE})$$

Esaminando con un approccio da equilibrio limite, un meccanismo alla Coulomb e portando in conto le forze d'inerzia agenti sul volume di terreno a rottura. In campo statico, il classico meccanismo di Prandtl può essere infatti approssimato come mostrato nella figura che segue, eliminando la zona di transizione (ventaglio di Prandtl) ridotta alla sola linea AC, che viene riguardata come una parete ideale in equilibrio sotto l'azione della spinta attiva e della spinta passiva che riceve dai cunei I e III:



Schema di calcolo del carico limite (qL)

Gli autori hanno ricavato le espressioni degli angoli ρ_A e ρ_P che definiscono le zone di spinta attiva e passiva, e dei coefficienti di spinta attiva e passiva K_A e K_P in funzione dell'angolo di attrito interno φ del terreno e dell'angolo di attrito δ terreno – parete ideale:

$$\rho_A = \varphi + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{\tan \varphi \cdot (\tan \varphi \cdot \cot \varphi) \cdot (1 + \tan \delta \cdot \cot \varphi)} - \tan \varphi}{1 + \tan \delta \cdot (\tan \varphi + \cot \varphi)} \right\}$$

$$\rho_P = -\varphi + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{\tan \varphi \cdot (\tan \varphi \cdot \cot \varphi) \cdot (1 + \tan \delta \cdot \cot \varphi)} + \tan \varphi}{1 + \tan \delta \cdot (\tan \varphi + \cot \varphi)} \right\}$$

$$K_A = \frac{\cos^2(\varphi)}{\cos(\delta) \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi)}{\cos(\delta)}} \right\}^2}$$

$$K_P = \frac{\cos^2(\varphi)}{\cos(\delta) \left\{ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi)}{\cos(\delta)}} \right\}^2}$$

E' comunque da osservare che l'impiego delle precedenti formule assumendo $\phi=0.5\delta$, conduce a valore dei coefficienti di carico limite molto prossimi a quelli basati su un'analisi alla Prandtl. Richards et. Al hanno quindi esteso l'applicazione del meccanismo di Coulomb al caso sismico, portando in conto le forze d'inerzia agenti sul volume di terreno a rottura. Tali forze di massa, dovute ad accelerazioni $k_h g$ e $k_v g$, agenti rispettivamente in direzione orizzontale e verticale, sono a loro volta pari a $k_h \gamma$ e $k_v \gamma$. Sono state così ottenute le estensioni delle espressioni di p_a e p_p , nonché di K_A e K_P , rispettivamente indicate come ρ_{AE} e ρ_{PE} e come K_{AE} e K_{PE} per denotare le condizioni sismiche:

$$\rho_{AE} = (\varphi - \theta) + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{(1 + \tan^2(\varphi - \theta)) \cdot [1 + \tan(\delta + \theta) \cdot \cot(\varphi - \theta)]} - \tan(\varphi - \theta)}{1 + \tan(\delta + \theta) \cdot (\tan(\varphi - \theta) + \cot(\varphi - \theta))} \right\}$$

$$\rho_{PE} = -(\varphi - \theta) + \tan^{-1} \cdot \left\{ \frac{\sqrt{[1 + \tan^2(\varphi - \theta)]} \cdot [1 + \tan(\delta + \theta) \cdot \cot(\varphi - \theta)] - \tan(\varphi - \theta)}{1 + \tan(\delta + \theta) \cdot (\tan(\varphi - \theta) + \cot(\varphi - \theta))} \right\}$$

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\varphi - \theta)}{\cos(\theta) \cdot \cos(\delta + \theta) \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \theta)}{\cos(\delta + \theta)}} \right\}^2}$$

$$K_{PE} = \frac{\cos^2(\varphi - \theta)}{\cos(\theta) \cdot \cos(\delta + \theta) \left\{ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \theta)}{\cos(\delta + \theta)}} \right\}^2}$$

I valori di N_q e N_γ sono determinabili ancora avvalendosi delle formule precedenti, impiegando naturalmente le espressioni degli angoli ρ_{AE} e ρ_{PE} e dei coefficienti K_{AE} e K_{PE} relative al caso sismico. In tali espressioni compare l'angolo θ definito come:

$$\tan(\theta) = \frac{k_h}{1 - k_v}$$

Nella tabella che segue sono mostrati i fattori di capacità portante calcolati per i seguenti valori dei parametri:

$$- \quad \varphi = 30^\circ \quad \delta = 15^\circ$$

Per diversi valori dei coefficienti di spinta sismica:

Tabella dei fattori di capacità portante per $\varphi=30$

$k_h/(1-k_v)$	N_q	N_γ	N_c
0	16.51037	23.75643	26.86476
0.087	13.11944	15.88906	20.9915
0.176	9.851541	9.465466	15.33132
0.268	7.297657	5.357472	10.90786
0.364	5.122904	2.604404	7.141079
0.466	3.216145	0.879102	3.838476
0.577	1.066982	1.103E-03	0.1160159

o

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLE FONDAZIONE (SLU)

La verifica a carico limite delle fondazioni secondo l'approccio SLU si esegue con la seguente disequaglianza:

$$E_d \leq \frac{R_d}{\gamma_{RV}}$$

Dove:

E_d pressioni agenti alla base della fondazione

R_d capacità portante di calcolo

γ_{RV} coefficiente riduttivo della capacità portante verticale

Le pressioni agenti alla base della fondazione si calcolano con dalla seguente espressione:

$$E_d = \frac{N_d}{A_{ef}}$$

Dove:

N_d azione normale di progetto

A_{ef} $B_R \cdot L'$ -area ridotta

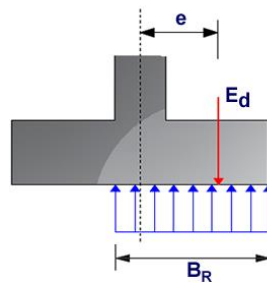
Fondazioni quadrate o rettangolari

L'area ridotta risulta $A_{ef}=B' \cdot L'$

$$L' = L - 2e_x; B' = B - e_y; e_x = \frac{M_x}{N}; e_y = \frac{M_y}{N}$$

Per le verifiche a carico limite allo SLU è lecito considerare la "plasticizzazione" del terreno, in tal caso si può assumere una distribuzione uniforme delle pressioni agenti sul piano di posa.

Come evidenziato nella seguente immagine, la distribuzione delle pressioni si considera estesa sulla base "ridotta" $B_R=B-2e$.



Dove:

$e=N_d/M_d$ - eccentricità dei carichi

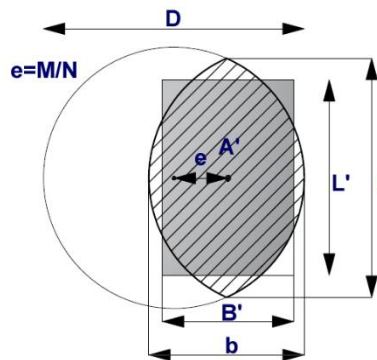
Fondazioni circolari

Una fondazione circolare sottoposta ad un carico verticale applicato con un'eccentricità $e = M_d / N_d$ può essere considerata equivalente ad una fondazione fittizia con un carico applicato centralmente (Figura seguente), come suggerito da Meyerhof (1953) e Vesic (1973). In questo caso, l'area della fondazione fittizia, A' , può essere calcolata con questa espressione:

$$A' = \frac{D^2}{2} \left(\arccos \frac{2e}{D} - \frac{2e}{D} \sqrt{1 - \left(\frac{2e}{D} \right)^2} \right)$$

Il rapporto delle lunghezze dei lati della fondazione rettangolare equivalente può essere approssimato al rapporto tra le lunghezze b ed l, si ricava da:

$$\frac{B}{L'} = \frac{b}{l} = \sqrt{\frac{D-2e}{D+2e}}$$



Metodo di calcolo delle dimensioni equivalenti di una fondazione circolare soggetta a carico non baricentrico

VERIFICA A SLITTAMENTO

In conformità con i criteri di progetto allo SLU, la stabilità di un plinto di fondazione deve essere verificata rispetto al collasso per slittamento oltre a quello per rottura generale. Rispetto al collasso per slittamento la resistenza viene valutata come somma di una componente dovuta all'adesione e una dovuta all'attrito fondazione-terreno; la resistenza laterale derivante dalla spinta passiva del terreno può essere messa in conto secondo una percentuale indicata dell'utente. La resistenza di calcolo per attrito ed adesione è valutata secondo l'espressione:

$$F_{Rd} = N_{sd} \cdot \tan \delta + c_a \cdot A'$$

Nella quale N_{sd} è il valore di calcolo della forza verticale, δ è l'angolo di resistenza a taglio alla base del plinto, c_a è l'adesione plinto-terreno e A' è l'area della fondazione efficace, intesa, in caso di carichi eccentrici, come area ridotta al centro della quale è applicata la risultante.

CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SU ROCCIA

Per la valutazione della capacità portante ammissibile delle rocce si deve tener conto di di alcuni parametri significativi quali le caratteristiche geologiche, il tipo di roccia e la sua qualità, misurata con l'RQD. Nella capacità portante delle rocce si utilizzano normalmente fattori di sicurezza molto alti e legati in qualche modo al valore del coefficiente RQD: ad esempio, per una roccia con RQD pari al massimo a 0.75 il fattore di sicurezza varia tra 6 e 10. Per la determinazione della capacità portante di una roccia si possono usare le formule di Terzaghi, usando angolo d'attrito e coesione della roccia, o quelle proposte da **Stagg e Zienkiewicz** (1968) in cui i coefficienti della formula della capacità portante valgono:

$$N_q = \tan^6(45 + \varphi / 2)$$

$$N_c = 5 \tan^4(45 + \varphi / 2)$$

$$N_\gamma = N_q + 1$$

Con tali coefficienti vanno usati i fattori di forma impiegati nella formula di Terzaghi.

La capacità portante ultima calcolata è comunque funzione del coefficiente RQD secondo la seguente espressione:

$$q' = q_{ult} (RQD)^2$$

Se il carotaggio in roccia non fornisce pezzi intatti (RQD tende a 0), la roccia viene trattata come un terreno stimando al meglio i parametri c e φ

FATTORI CORRETTIVI SISMICI: PAOLUCCI E PECKER

Per tener conto degli effetti inerziali indotti dal sisma sulla determinazione del q_{lim} vengono introdotti i fattori correttivi z :

$$z_q = \left(1 - \frac{k_h}{\tan \varphi} \right)^{0,35}$$

$$z_c = 1 - 0,32 \cdot k_h$$

$$z_\gamma = z_q$$

Dove k_h è il coefficiente sismico orizzontale.

CEDIMENTI ELASTICI

I cedimenti di una fondazione rettangolare di dimensioni $B \times L$ posta sulla superficie di un semispazio elastico si possono calcolare in base ad una equazione basata sulla teoria dell'elasticità (Timoshenko e Goodier (1951)):

$$\Delta H = q_0 B \frac{1-\mu^2}{E_s} \left(I_1 + \frac{1-2\mu}{1-\mu} I_2 \right) \cdot I_F \quad (1)$$

dove:

q_0 Intensità della pressione di contatto

B' Minima dimensione dell'area reagente,

E e μ Parametri elastici del terreno.

I_1 Coefficienti di influenza dipendenti da: L'/B' , spessore dello strato H , coefficiente di Poisson μ , profondità del piano di posa D ;

I coefficienti I_1 e I_2 si possono calcolare utilizzando le equazioni fornite da *Steinbrenner (1934)* (V. Bowles), in funzione del rapporto L'/B' ed H/B , utilizzando $B'=B/2$ e $L'=L/2$ per i coefficienti relativi al centro e $B'=B$ e $L'=L$ per i coefficienti relativi al bordo.

Il coefficiente di influenza I_F deriva dalle equazioni di *Fox (1948)*, che indicano il cedimento si riduce con la profondità in funzione del coefficiente di *Poisson* e del rapporto L/B .

In modo da semplificare l'equazione (1) si introduce il coefficiente I_S :

$$I_S = I_1 + \frac{1-2\mu}{1-\mu} \cdot I_2$$

Il cedimento dello strato di spessore H vale:

$$\Delta H = q_0 \cdot B \frac{1-\mu^2}{E_s} \cdot I_S \cdot I_F$$

Per meglio approssimare i cedimenti si suddivide la base di appoggio in modo che il punto si trovi in corrispondenza di uno spigolo esterno comune a più rettangoli. In pratica si moltiplica per un fattore pari a 4 per il calcolo dei cedimenti al centro e per un fattore pari a 1 per i cedimenti al bordo.

Nel calcolo dei cedimenti si considera una profondità del bulbo delle tensioni pari a $5B$, se il substrato roccioso si trova ad una profondità maggiore.

A tal proposito viene considerato substrato roccioso lo strato che ha un valore di E pari a 10 volte dello strato soprastante.

Il modulo elastico per terreni stratificati viene calcolato come media pesata dei moduli elastici degli strati interessati dal cedimento immediato.

CEDIMENTI EDOMETRICI

Il calcolo dei cedimenti con l'approccio edometrico consente di valutare un cedimento di consolidazione di tipo monodimensionale, prodotto dalle tensioni indotte da un carico applicato in condizioni di espansione laterale impedita. Pertanto la stima effettuata con questo metodo va considerata come empirica, piuttosto che teorica.

Tuttavia la semplicità d'uso e la facilità di controllare l'influenza dei vari parametri che intervengono nel calcolo, ne fanno un metodo molto diffuso.

L'approccio edometrico nel calcolo dei cedimenti passa essenzialmente attraverso due fasi:

3. Il calcolo delle tensioni verticali indotte alle varie profondità con l'applicazione della teoria dell'elasticità;
4. la valutazione dei parametri di compressibilità attraverso la prova edometrica.

In riferimento ai risultati della prova edometrica, il cedimento è valutato come:

$$\Delta H = H_0 \cdot RR \cdot \log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v}{\sigma'_{v0}}$$

se si tratta di un terreno sovraconsolidato ($OCR > 1$), ossia se l'incremento di tensione dovuto all'applicazione del carico non fa superare la pressione di preconsolidazione σ'_p ($\sigma'_p + \Delta\sigma_v < \sigma'_p$).

Se invece il terreno è normalconsolidato ($\sigma'_{v0} = \sigma'_p$) le deformazioni avvengono nel tratto di compressione e il cedimento è valutato come:

$$\Delta H = H_0 \cdot CR \cdot \log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v}{\sigma'_{v0}}$$

dove:

- RR Rapporto di ricomprensione;
- CR Rapporto di compressione;
- H_0 Spessore iniziale dello strato;
- σ'_{v0} Tensione verticale efficace prima dell'applicazione del carico;
- $\Delta\sigma_v$ Incremento di tensione verticale dovuto all'applicazione del carico.

In alternativa ai parametri RR e CR si fa riferimento al modulo edometrico M ; in tal caso però occorre scegliere opportunamente il valore del modulo da utilizzare, tenendo conto dell'intervallo tensionale ($\sigma'_0 + \Delta\sigma_v$) significativo per il problema in esame.

L'applicazione corretta di questo tipo di approccio richiede:

- la suddivisione degli strati compressibili in una serie di piccoli strati di modesto spessore (< 2.00 m);
- la stima del modulo edometrico nell'ambito di ciascuno strato;
- il calcolo del cedimento come somma dei contributi valutati per ogni piccolo strato in cui è stato suddiviso il banco compressibile.

Molti usano le espressioni sopra riportate per il calcolo del cedimento di consolidazione tanto per le argille quanto per le sabbie di granulometria da fina a media, perché il modulo di elasticità impiegato è ricavato direttamente da prove di consolidazione. Tuttavia, per terreni a grana più grossa le dimensioni dei provini edometrici sono poco significative del comportamento globale dello strato e, per le sabbie, risulta preferibile impiegare prove penetrometriche statiche e dinamiche.

Cedimento secondario

Il cedimento secondario è calcolato facendo riferimento alla relazione:

$$\Delta H_s = H_c \cdot C_\alpha \cdot \log \frac{T}{T_{100}}$$

in cui:

- H_c altezza dello strato in fase di consolidazione;
- C_α coefficiente di consolidazione secondaria come pendenza nel tratto secondario della curva *cedimento-logaritmo tempo*;
- T tempo in cui si vuole il cedimento secondario;
- T_{100} tempo necessario all'esaurimento del processo di consolidazione primaria.

CEDIMENTI DI SCHMERTMANN

Un metodo alternativo per il calcolo dei cedimenti è quello proposto da Schmertmann (1970) il quale ha correlato la variazione del bulbo delle tensioni alla deformazione. Schmertmann ha quindi proposto di considerare un diagramma delle deformazioni di forma triangolare in cui la profondità alla quale si hanno deformazioni significative è assunta pari a $4B$, nel caso di fondazioni nastroformi, e pari a $2B$ per fondazioni quadrate o circolari.

Secondo tale approccio il cedimento si esprime attraverso la seguente espressione:

$$w = C_1 \cdot C_2 \cdot \Delta q \cdot \sum \frac{I_z \cdot \Delta z}{E}$$

nella quale:

Δq rappresenta il carico netto applicato alla fondazione;
 I_z E' un fattore di deformazione il cui valore è nullo a profondità di **2B**, per fondazione circolare o quadrata, e a profondità **4B**, per fondazione nastriforme.

Il valore massimo di I_z si verifica a una profondità rispettivamente pari a:

$B/2$ per fondazione circolare o quadrata
 B per fondazioni nastriformi

e vale

$$I_{z\max} = 0.5 + 0.1 \cdot \left(\frac{\Delta q}{\sigma'_{vi}} \right)^{0.5}$$

Dove:

σ'_{vi} rappresenta la tensione verticale efficace a profondità $B/2$ per fondazioni quadrate o circolari, e a profondità B per fondazioni nastriformi.

E_i rappresenta il modulo di deformabilità del terreno in corrispondenza dello strato i-esimo considerato nel calcolo;

Δz_i rappresenta lo spessore dello strato i-esimo;

C_1 e C_2 sono due coefficienti correttivi.

Il modulo E viene assunto pari a $2.5 q_c$ per fondazioni circolari o quadrate e a $3.5 q_c$ per fondazioni nastriformi. Nei casi intermedi, si interpola in funzione del valore di L/B .

Il termine q_c che interviene nella determinazione di E rappresenta la resistenza alla punta fornita dalla prova CPT.

Le espressioni dei due coefficienti C_1 e C_2 sono:

$$C_1 = 1 - 0.5 \cdot \frac{\sigma'_{v0}}{\Delta q} > 0.5$$

che tiene conto della profondità del piano di posa.

$$C_2 = 1 + 0.2 \cdot \log \frac{t}{0.1}$$

che tiene conto delle deformazioni differite nel tempo per effetto secondario.

Nell'espressione t rappresenta il tempo, espresso in anni dopo il termine della costruzione, in corrispondenza del quale si calcola il cedimento.

CEDIMENTI DI BURLAND e BURBIDGE

Qualora si disponga di dati ottenuti da prove penetrometriche dinamiche per il calcolo dei cedimenti è possibile fare affidamento al metodo di Burland e Burbidge (1985), nel quale viene correlato un indice di compressibilità I_c al risultato N della prova penetrometrica dinamica. L'espressione del cedimento proposta dai due autori è la seguente:

$$S = f_s \cdot f_H \cdot f_t \cdot \left[\sigma'_{v0} \cdot B^{0.7} \cdot I_c / 3 + (q' - \sigma'_{v0}) \cdot B^{0.7} \cdot I_c \right]$$

nella quale:

q' Pressione efficace lorda;
 σ'_{v0} Tensione verticale efficace alla quota d'imposta della fondazione;
 B Larghezza della fondazione;
 I_c Indice di compressibilità;

f_s, f_H, f_t Fattori correttivi che tengono conto rispettivamente della forma, dello spessore dello strato compressibile e del tempo, per la componente viscosa.

L'indice di compressibilità I_c è legato al valore medio N_{av} di N_{spt} all'interno di una profondità significativa z :

$$I_c = \frac{1.706}{N_{AV}^{1.4}}$$

Per quanto riguarda i valori di N_{spt} da utilizzare nel calcolo del valore medio N_{AV} va precisato che i valori vanno corretti, per sabbie con componente limosa sotto falda e $N_{spt} > 15$, secondo l'indicazione di Terzaghi e Peck (1948)

$$N_c = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

dove N_c è il valore corretto da usare nei calcoli.

Per depositi ghiaiosi o sabbioso-ghiaiosi il valore corretto è pari a:

$$N_c = 1.25 \cdot N_{spt}$$

Le espressioni dei fattori correttivi f_S , f_H ed f_t sono rispettivamente:

$$f_S = \left(\frac{1.25 \cdot L / B}{L / B + 0.25} \right)^2$$

$$f_H = \frac{H}{z_i} \left(2 - \frac{H}{z_i} \right)$$

$$f_t = \left(1 + R_3 + R \cdot \log \frac{t}{3} \right)$$

Con:

- t tempo in anni > 3 ;
- R_3 costante pari a 0.3 per carichi statici e 0.7 per carichi dinamici;
- R 0.2 nel caso di carichi statici e 0.8 per carichi dinamici.

SEZIONE ARMATA – REPORT DI CALCOLO

DATI GENERALI

Normativa	NTC 2008
Lat./ Long. [WGS84]	45.7909164428711/9.31628227233887
Larghezza fondazione	5.46 m
Lunghezza fondazione	100.0 m
Profondità piano di posa	1.5 m
Altezza di incastro	1.5 m
Profondità falda	0.5

SISMA

Accelerazione massima (amax/g)	0.126
Effetto sismico secondo	Paolucci, Pecker (1997)
Coefficiente sismico orizzontale	0.0252

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100.0 [anni]
Vita di riferimento:	150.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	D
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	90.0	0.294	2.58	0.208
S.L.D.	151.0	0.353	2.607	0.23
S.L.V.	1424.0	0.686	2.685	0.303
S.L.C.	2475.0	0.794	2.731	0.312

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.5292	0.2	0.0108	0.0054
S.L.D.	0.6354	0.2	0.013	0.0065
S.L.V.	1.2348	0.2	0.0252	0.0126
S.L.C.	1.4292	0.2	0.0291	0.0146

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m ³]	Peso unità di volume saturo [kN/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [kN/m ²]	Coesione non drenata [kN/m ²]	Modulo Elastico [kN/m ²]	Modulo Edometrico [kN/m ²]	Poisson	Coeff. consolidazione primaria [cmq/s]	Coeff. consolidazione secondaria	Descrizione
1.5	18.5	19.5	30.0	0.0	27.0	9000.0	1000.0	0.35	0.0001	0.0	UG0
1.5	19.8	19.8	32.0	0.0	105.0	25000.0	11360.0	0.35	0.00245	0.0	UG1
1.5	19.8	19.8	32.0	0.0	105.0	25000.0	11360.0	0.35	0.00245	0.0	UG1
2.0	19.2	19.2	28.0	0.0	20.0	10000.0	4350.0	0.35	0.00076	0.0004	UG2a
2.0	19.2	19.2	28.0	0.0	20.0	10000.0	4350.0	0.35	0.00076	0.0004	UG2a

2.0	19.2	19.2	28.0	0.0	20.0	10000.0	4350.0	0.35	0.00076	0.0004	UG2a
2.0	19.2	19.2	28.0	0.0	20.0	10000.0	4350.0	0.35	0.00076	0.0004	UG2a
2.0	19.2	19.2	28.0	0.0	20.0	10000.0	4350.0	0.35	0.00076	0.0004	UG2a
2.0	19.2	19.2	28.0	0.0	20.0	10000.0	4350.0	0.35	0.00076	0.0004	UG2a
2.0	19.2	19.2	28.0	0.0	20.0	10000.0	4350.0	0.35	0.00076	0.0004	UG2a
2.0	19.2	19.2	28.0	0.0	20.0	10000.0	4350.0	0.35	0.00076	0.0004	UG2a
2.0	19.2	19.2	28.0	0.0	20.0	10000.0	4350.0	0.35	0.00076	0.0004	UG2a
2.0	19.2	19.2	28.0	0.0	20.0	10000.0	4350.0	0.35	0.00076	0.0004	UG2a

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	Sisma	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	63.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	63.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef.Rid.Cap acità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	2.3	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: Meyerhof and Hanna (1978)

Carico limite [Qult] 675.2 kN/m²
Resistenza di progetto[Rd] 293.57 kN/m²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] --

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 38829.86 kN/m³

A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume 19.57 kN/m³
Angolo di attrito 30.4365 °
Coesione 0.0 kN/m²

Fattore [Nq] 19.34
Fattore [Nc] 31.21
Fattore [Ng] 16.16
Fattore forma [Sc] 1.03
Fattore profondità [Dc] 1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc] 1.0
Fattore inclinazione base [Bc] 1.0
Fattore forma [Sq] 1.03
Fattore profondità [Dq] 1.08
Fattore inclinazione carichi [Iq] 1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq] 1.0
Fattore inclinazione base [Bq] 1.0

Fattore forma [Sg]	0.98
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	828.97 kN/m ²
Resistenza di progetto	360.42 kN/m ²
=====	

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

=====

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

=====

Peso unità di volume	19.57 kN/m ³
Angolo di attrito	30.4365 °
Coesione	0.0 kN/m ²
=====	
Fattore [Nq]	23.64
Fattore [Nc]	38.54
Fattore [Ng]	21.29
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	1015.08 kN/m ²
Resistenza di progetto	441.34 kN/m ²
=====	

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

=====

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

=====

Peso unità di volume	19.57 kN/m ³
Angolo di attrito	30.4365 °
Coesione	0.0 kN/m ²
=====	
Fattore [Nq]	19.34
Fattore [Nc]	31.21
Fattore [Ng]	16.87
Fattore forma [Sc]	1.03
Fattore profondità [Dc]	1.1
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.02
Fattore profondità [Dq]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.02
Fattore profondità [Dg]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	869.16 kN/m ²
Resistenza di progetto	377.9 kN/m ²
=====	

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	19.57 kN/m ³
Angolo di attrito	30.4365 °
Coesione	0.0 kN/m ²
Fattore [Nq]	19.34
Fattore [Nc]	31.21
Fattore [Ng]	23.9
Fattore forma [Sc]	1.03
Fattore profondità [Dc]	1.08
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.03
Fattore profondità [Dq]	1.08
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.98
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
Carico limite	1030.6 kN/m ²
Resistenza di progetto	448.09 kN/m ²

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	19.57 kN/m ³
Angolo di attrito	30.4365 °
Coesione	0.0 kN/m ²
Fattore [Nq]	19.34
Fattore [Nc]	31.21
Fattore [Ng]	21.55
Fattore forma [Sc]	1.03
Fattore profondità [Dc]	1.08
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.03
Fattore profondità [Dq]	1.08
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.98
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
Carico limite	970.75 kN/m ²
Resistenza di progetto	422.06 kN/m ²

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1	
Fattore [Nq]	23.18
Fattore [Nc]	35.49
Fattore [Ng]	6.36
Fattori di capacità portante strato 2	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Carico limite strato 2 (qb)	604.99 kN/m ²
Carico limite strato 1 (qt)	1037.72 kN/m ²
Incremento carico limite strato 1	99.91 kN/m ²
Coefficiente di punzonamento (ks)	6.53
Rapporto (q1/q2)	1.57
Carico limite	675.2 kN/m ²
Resistenza di progetto	293.57 kN/m ²

Sisma

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	19.57 kN/m ³
Angolo di attrito	30.4365 °
Coesione	0.0 kN/m ²
Fattore [Nq]	19.34
Fattore [Nc]	31.21
Fattore [Ng]	16.16
Fattore forma [Sc]	1.03
Fattore profondità [Dc]	1.11
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.03
Fattore profondità [Dq]	1.08
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.98
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.93
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.91
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.97
Carico limite	765.09 kN/m ²

Resistenza di progetto 332.65 kN/m²

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	19.57 kN/m³
Angolo di attrito	30.4365 °
Coesione	0.0 kN/m²

Fattore [Nq]	23.64
Fattore [Nc]	38.54
Fattore [Ng]	21.29
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.93
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.91
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.97

Carico limite	935.93 kN/m²
Resistenza di progetto	406.92 kN/m²

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	19.57 kN/m³
Angolo di attrito	30.4365 °
Coesione	0.0 kN/m²

Fattore [Nq]	19.34
Fattore [Nc]	31.21
Fattore [Ng]	16.87
Fattore forma [Sc]	1.03
Fattore profondità [Dc]	1.1
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.02
Fattore profondità [Dq]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.02
Fattore profondità [Dg]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.93
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.91
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.97

Carico limite	801.51 kN/m²
Resistenza di progetto	348.48 kN/m²

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	19.57 kN/m³
Angolo di attrito	30.4365 °
Coesione	0.0 kN/m²

Fattore [Nq]	19.34
--------------	-------

Fattore [Nc]	31.21
Fattore [Ng]	23.9
Fattore forma [Sc]	1.03
Fattore profondità [Dc]	1.08
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.03
Fattore profondità [Dq]	1.08
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.98
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.93
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.91
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.97

Carico limite	949.38 kN/m ²
Resistenza di progetto	412.77 kN/m ²

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	19.57 kN/m ³
Angolo di attrito	30.4365 °
Coesione	0.0 kN/m ²

Fattore [Nq]	19.34
Fattore [Nc]	31.21
Fattore [Ng]	21.55
Fattore forma [Sc]	1.03
Fattore profondità [Dc]	1.08
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.03
Fattore profondità [Dq]	1.08
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.98
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.93
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.91
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.97

Carico limite	894.64 kN/m ²
Resistenza di progetto	388.97 kN/m ²

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1	
Fattore [Nq]	23.18
Fattore [Nc]	35.49
Fattore [Ng]	6.36
Fattori di capacità portante strato 2	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Carico limite strato 2 (qb)	604.99 kN/m ²
Carico limite strato 1 (qt)	1037.72 kN/m ²
Incremento carico limite strato 1	99.91 kN/m ²
Coefficiente di punzonamento (ks)	6.53
Rapporto (q1/q2)	1.57
=====	
Carico limite	675.2 kN/m ²
Resistenza di progetto	293.57 kN/m ²
=====	

CONDIZIONE NON DRENATA

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite [Qult]	401.71 kN/m ²
Resistenza di progetto[Rd]	174.66 kN/m ²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	--

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler	16068.3 kN/m ³
---------------------	---------------------------

A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970) (Condizione non drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	19.57 kN/m ³
Angolo di attrito	0.0 °
Coesione	71.776 kN/m ²

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	0.01
Fattore profondità [Dc]	0.11
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	442.25 kN/m ²
Resistenza di progetto	192.28 kN/m ²

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione non drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	19.57 kN/m ³
Angolo di attrito	0.0 °
Coesione	71.776 kN/m ²

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.7
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	437.87 kN/m ²
Resistenza di progetto	190.38 kN/m ²

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione non drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	19.57 kN/m ³
Angolo di attrito	0.0 °

Coesione	71.776 kN/m ²
=====	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	1.01
Fattore profondità [Dc]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	422.2 kN/m ²
Resistenza di progetto	183.57 kN/m ²
=====	

Autore: VESIC (1975) (Condizione non drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

=====	
Peso unità di volume	19.57 kN/m ³
Angolo di attrito	0.0 °
Coesione	71.776 kN/m ²
=====	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	0.01
Fattore profondità [Dc]	0.11
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	442.25 kN/m ²
Resistenza di progetto	192.28 kN/m ²
=====	

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

=====	
Peso unità di volume	19.57 kN/m ³
Angolo di attrito	0.0 °
Coesione	71.776 kN/m ²
=====	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	1.01
Fattore profondità [Dc]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	401.71 kN/m ²
Resistenza di progetto	174.66 kN/m ²
=====	

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione non drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattori di capacità portante strato 2	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Carico limite strato 2 (qb)	604.99 kN/m ²
Carico limite strato 1 (qt)	575.29 kN/m ²
Incremento carico limite strato 1	57.69 kN/m ²
Coefficiente di punzonamento (ks)	0.0
Rapporto (q1/q2)	1.0

Carico limite	575.29 kN/m ²
Resistenza di progetto	250.13 kN/m ²

Sisma

Autore: HANSEN (1970) (Condizione non drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	19.57 kN/m ³
Angolo di attrito	0.0 °
Coesione	71.776 kN/m ²
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	0.01
Fattore profondità [Dc]	0.11
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
Carico limite	442.25 kN/m ²
Resistenza di progetto	192.28 kN/m ²

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione non drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	19.57 kN/m ³
Angolo di attrito	0.0 °
Coesione	71.776 kN/m ²
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.7
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	437.87 kN/m ²
Resistenza di progetto	190.38 kN/m ²

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione non drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	19.57 kN/m ³
Angolo di attrito	0.0 °
Coesione	71.776 kN/m ²

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	1.01
Fattore profondità [Dc]	1.05
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	422.2 kN/m ²
Resistenza di progetto	183.57 kN/m ²

Autore: VESIC (1975) (Condizione non drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	19.57 kN/m ³
Angolo di attrito	0.0 °
Coesione	71.776 kN/m ²

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	0.01
Fattore profondità [Dc]	0.11
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	442.25 kN/m ²
Resistenza di progetto	192.28 kN/m ²

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	19.57 kN/m ³
Angolo di attrito	0.0 °
Coesione	71.776 kN/m ²

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	1.01

Fattore profondità [Dc]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	401.71 kN/m²
Resistenza di progetto	174.66 kN/m²
=====	

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione non drenata)

=====

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattori di capacità portante strato 2	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Carico limite strato 2 (qb)	604.99 kN/m²
Carico limite strato 1 (qt)	575.29 kN/m²
Incremento carico limite strato 1	57.69 kN/m²
Coefficiente di punzonamento (ks)	0.0
Rapporto (q1/q2)	1.0
=====	
Carico limite	575.29 kN/m²
Resistenza di progetto	250.13 kN/m²
=====	

CEDIMENTI PER OGNI STRATO

***Cedimento edometrico calcolato con: Metodo logaritmico di Terzaghi**

Pressione normale di progetto	63.0 kN/m²
Cedimento dopo T anni	10.0
Distanza	0.00 m
Angolo 0.00	°
Cedimento totale	9.434 cm

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento consolidazione; Ws: Cedimento secondario; Wt: Cedimento totale.

Strato	Z (m)	Tensione (kN/m²)	Dp (kN/m²)	Metodo	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
2	2.25	26.438	43.702	Edometrico	0.9022	--	0.9022
3	3.75	41.427	38.489	Edometrico	0.6922	--	0.6922
4	5.5	58.315	29.856	Edometrico	1.6732	0.0793	1.7525
5	7.5	77.101	22.547	Edometrico	1.1734	0.0795	1.2529
6	9.5	95.887	17.792	Edometrico	0.8882	0.0796	0.9678
7	11.5	114.673	14.592	Edometrico	0.7107	0.0797	0.7904
8	13.5	133.459	12.326	Edometrico	0.5912	0.0798	0.671
9	15.5	152.245	10.648	Edometrico	0.5055	0.0798	0.5853
10	17.5	171.031	9.358	Edometrico	0.4411	0.0798	0.5209
11	19.5	189.817	8.336	Edometrico	0.3909	0.0798	0.4707

12	21.5	208.603	7.506	Edometrico	0.3507	0.0799	0.4306
13	23.5	227.389	6.818	Edometrico	0.3176	0.0799	0.3975

Decorso cedimenti nel tempo Strato..1 Wt=0.9022 cm

Cedimento [cm]	% Ced	Tempo giorni
0.09022	10	0.818452
0.18044	20	3.337585
0.27066	30	7.514881
0.36088	40	13.39286
0.4511	50	20.83333
0.54132	60	30.39966
0.63154	70	42.83588
0.72176	80	60.26785
0.81198	90	90.13605
0.9022	100	106.2925

Decorso cedimenti nel tempo Strato..2 Wt=0.6922 cm

Cedimento [cm]	% Ced	Tempo giorni
0.06922	10	0.818452
0.13844	20	3.337585
0.20766	30	7.514881
0.27688	40	13.39286
0.3461	50	20.83333
0.41532	60	30.39966
0.48454	70	42.83588
0.55376	80	60.26785
0.62298	90	90.13605
0.6922	100	106.2925

Decorso cedimenti nel tempo Strato..3 Wt=1.7525 cm

Cedimento [cm]	% Ced	Tempo giorni
0.17525	10	4.690546
0.3505	20	19.12768
0.52575	30	43.06774
0.701	40	76.75439
0.87625	50	119.3957
1.0515	60	174.2203
1.22675	70	245.4922
1.402	80	345.3947
1.57725	90	516.5692
1.7525	100	609.1618

Decorso cedimenti nel tempo Strato..4 Wt=1.2529 cm

Cedimento [cm]	% Ced	Tempo giorni
0.12529	10	4.690546
0.25058	20	19.12768
0.37587	30	43.06774
0.50116	40	76.75439
0.62645	50	119.3957
0.75174	60	174.2203
0.87703	70	245.4922
1.00232	80	345.3947
1.12761	90	516.5692
1.2529	100	609.1618

Decorso cedimenti nel tempo Strato..5 Wt=0.9678 cm

Cedimento [cm]	% Ced	Tempo giorni
-------------------	-------	-----------------

0.09678	10	4.690546
0.19356	20	19.12768
0.29034	30	43.06774
0.38712	40	76.75439
0.4839	50	119.3957
0.58068	60	174.2203
0.67746	70	245.4922
0.77424	80	345.3947
0.87102	90	516.5692
0.9678	100	609.1618

Decorso cedimenti nel tempo Strato..6 Wt=0.7904 cm

Cedimento [cm]	% Ced	Tempo giorni
0.07904	10	4.690546
0.15808	20	19.12768
0.23712	30	43.06774
0.31616	40	76.75439
0.3952	50	119.3957
0.47424	60	174.2203
0.55328	70	245.4922
0.63232	80	345.3947
0.71136	90	516.5692
0.7904	100	609.1618

Decorso cedimenti nel tempo Strato..7 Wt=0.671 cm

Cedimento [cm]	% Ced	Tempo giorni
0.0671	10	4.690546
0.1342	20	19.12768
0.2013	30	43.06774
0.2684	40	76.75439
0.3355	50	119.3957
0.4026	60	174.2203
0.4697	70	245.4922
0.5368	80	345.3947
0.6039	90	516.5692
0.671	100	609.1618

Decorso cedimenti nel tempo Strato..8 Wt=0.5853 cm

Cedimento [cm]	% Ced	Tempo giorni
0.05853	10	4.690546
0.11706	20	19.12768
0.17559	30	43.06774
0.23412	40	76.75439
0.29265	50	119.3957
0.35118	60	174.2203
0.40971	70	245.4922
0.46824	80	345.3947
0.52677	90	516.5692
0.5853	100	609.1618

Decorso cedimenti nel tempo Strato..9 Wt=0.5209 cm

Cedimento [cm]	% Ced	Tempo giorni
0.05209	10	4.690546
0.10418	20	19.12768
0.15627	30	43.06774
0.20836	40	76.75439
0.26045	50	119.3957
0.31254	60	174.2203

0.36463	70	245.4922
0.41672	80	345.3947
0.46881	90	516.5692
0.5209	100	609.1618

Decorso cedimenti nel tempo Strato..10 Wt=0.4707 cm

Cedimento [cm]	% Ced	Tempo giorni
0.04707	10	4.690546
0.09414	20	19.12768
0.14121	30	43.06774
0.18828	40	76.75439
0.23535	50	119.3957
0.28242	60	174.2203
0.32949	70	245.4922
0.37656	80	345.3947
0.42363	90	516.5692
0.4707	100	609.1618

Decorso cedimenti nel tempo Strato..11 Wt=0.4306 cm

Cedimento [cm]	% Ced	Tempo giorni
0.04306	10	4.690546
0.08612	20	19.12768
0.12918	30	43.06774
0.17224	40	76.75439
0.2153	50	119.3957
0.25836	60	174.2203
0.30142	70	245.4922
0.34448	80	345.3947
0.38754	90	516.5692
0.4306	100	609.1618

Decorso cedimenti nel tempo Strato..12 Wt=0.3975 cm

Cedimento [cm]	% Ced	Tempo giorni
0.03975	10	4.690546
0.0795	20	19.12768
0.11925	30	43.06774
0.159	40	76.75439
0.19875	50	119.3957
0.2385	60	174.2203
0.27825	70	245.4922
0.318	80	345.3947
0.35775	90	516.5692
0.3975	100	609.1618

CEDIMENTI ELASTICI

```
=====
Pressione normale di progetto      63.0 kN/m²
Spessore strato                    0.0 m
Profondità substrato roccioso     0.0 m
Modulo Elastico                    19136.94 kN/m²
Coefficiente di Poisson            0.35
=====
```

```
=====
Coefficiente di influenza I1       0.04
Coefficiente di influenza I2       0.09
Coefficiente di influenza Is       0.09
=====
```

```
=====
Cedimento al centro della fondazione 1.3 mm
=====
```

```
=====
Coefficiente di influenza I1       0.01
Coefficiente di influenza I2       0.06
=====
```


Coefficiente di influenza Is 0.04
Cedimento al bordo 0.29 mm

VERIFICA A LIQUEFAZIONE - Metodo del C.N.R. - GNDT Da Seed e Idriss

Svo: Pressione totale di confinamento; S'vo: Pressione efficace di confinamento; T: Tensione tangenziale ciclica; R: Resistenza terreno alla liquefazione; Fs: Coefficiente di sicurezza

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Nspt'	Svo (kN/m ²)	S'vo (kN/m ²)	T	R	Fs	Condizione:
2	3.00	15.00	24.378	58.449	33.932	0.135	2.020	14.99	Livello non liquefacibile
3	4.50	15.00	21.270	88.149	48.921	0.138	1.046	7.60	Livello non liquefacibile
4	6.50	3.00	3.668	126.548	67.707	0.138	0.145	1.05	Liquefazione e incerta o discutibile
5	8.50	3.00	3.224	164.947	86.493	0.136	0.141	1.04	Liquefazione e incerta o discutibile
6	10.50	3.00	2.876	203.347	105.278	0.133	0.139	1.04	Liquefazione e incerta o discutibile
7	12.50	3.00	2.595	241.746	124.064	0.130	0.137	1.05	Liquefazione e incerta o discutibile
8	14.50	4.00	3.153	280.146	142.850	0.126	0.141	1.12	Liquefazione e incerta o discutibile
9	16.50	4.00	2.896	318.545	161.635	0.121	0.139	1.14	Liquefazione e incerta o discutibile
10	18.50	5.00	3.347	356.944	180.421	0.117	0.142	1.21	Liquefazione e incerta o discutibile
11	20.50	5.00	3.112	395.344	199.207	0.113	0.140	1.25	Liquefazione e incerta o discutibile
12	22.50	6.00	3.490	433.743	217.993	0.108	0.143	1.33	Livello non liquefacibile
13	24.50	7.00	3.821	472.143	236.778	0.103	0.146	1.41	Livello non liquefacibile

Cedimento rilevato

Riferimento zona	Sezione armata
Carico statico sul rilevato	3,1 t/m ²
Carico dinamico sul rilevato	0 t/m ²
1/2 Larghezza rettangolo	2,73 m
Larghezza base triangolo	0,73 m
Imposta piano di posa sbancamento	1,5 m
Peso unità volume sbancamento	2 t/m ³
Incremento netto al piano di posa	6,3 t/m ²
Distanza asse - IV punto a scelta	5 m
DISTANZA PIANO DI POSA --> SUBSTRATO	23 m
Altezza rilevato	2 m
Peso unità volume rilevato	1,9 t/m ³
Peso unità volume fondazione rilevato	1,9 t/m ³

Cedimenti per ogni strato

Strato	Spessore DH strato m	Modulo edometrico Kg/cm ²	Grado di consolidazion e OCR	Asse (cm)	Bordo esterno (cm)	Piede (cm)	IV Punto (cm)
1	1,5	113,6	1	0,839	0,675	0,249	0,03
2	1,5	113,6	1	0,775	0,508	0,341	0,107
3	2	43,5	1	1,933	1,371	1,08	0,541
4	2	43,5	1	1,428	1,07	0,907	0,568
5	2	43,5	1	1,119	0,868	0,763	0,534
6	2	43,5	1	0,915	0,726	0,652	0,487
7	2	43,5	1	0,773	0,622	0,566	0,441
8	2	43,5	1	0,667	0,543	0,499	0,4
9	2	43,5	1	0,587	0,482	0,446	0,364
10	2	43,5	1	0,524	0,432	0,402	0,333
11	2	43,5	1	0,473	0,392	0,366	0,307
12	2	43,5	1	0,43	0,359	0,336	0,284

Cedimenti total

Asse

10,463 cm

Bordo

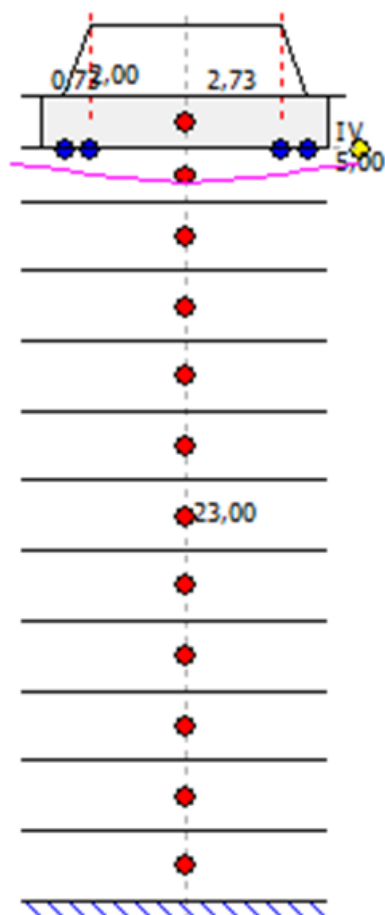
8,048 cm

Piede

6,607 cm

IV Punto

4,396 cm



SEZIONE NON ARMATA – REPORT DI CALCOLO

DATI GENERALI

Normativa	NTC 2008
Lat./ Long. [WGS84]	45.7909164428711/9.31628227233887
Larghezza fondazione	10.0 m
Lunghezza fondazione	100.0 m
Profondità piano di posa	1.5 m
Altezza di incastro	1.5 m
Profondità falda	0.5

SISMA

Accelerazione massima (amax/g)	0.126
Effetto sismico secondo	Paolucci, Pecker (1997)
Coefficiente sismico orizzontale	0.0252

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	100.0 [anni]
Vita di riferimento:	150.0 [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.	90.0	0.294	2.58	0.208
S.L.D.	151.0	0.353	2.607	0.23
S.L.V.	1424.0	0.686	2.685	0.303
S.L.C.	2475.0	0.794	2.731	0.312

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.5292	0.2	0.0108	0.0054
S.L.D.	0.6354	0.2	0.013	0.0065
S.L.V.	1.2348	0.2	0.0252	0.0126
S.L.C.	1.4292	0.2	0.0291	0.0146

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m³]	Peso unità di volume saturo [kN/m³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [kN/m²]	Coesione non drenata [kN/m²]	Modulo Elastico [kN/m²]	Modulo Edometrico [kN/m²]	Poisson	Coeff. consolidazione primaria [cmq/s]	Coeff. consolidazione secondaria	Descrizione
1.5	18.5	19.5	30.0	0.0	27.0	9000.0	1000.0	0.0	0.0001	0.0	UG0
1.0	19.8	19.8	32.0	0.0	105.0	25000.0	11360.0	0.0	0.00245	0.0	UG1
1.0	19.8	19.8	32.0	0.0	105.0	25000.0	11360.0	0.0	0.00245	0.0	UG1

1.75	19.6	19.6	32.0	0.0	65.0	20000.0	8470.0	0.0	0.01471	0.0	UG2b
1.75	19.6	19.6	32.0	0.0	65.0	20000.0	8470.0	0.0	0.01471	0.0	UG2b
2.0	19.5	19.5	34.0	0.0	0.0	50000.0	20000.0	0.0	0.00245	0.0	UG3
2.0	19.5	19.5	34.0	0.0	0.0	50000.0	20000.0	0.0	0.00245	0.0	UG3
2.0	19.5	19.5	34.0	0.0	0.0	50000.0	20000.0	0.0	0.00245	0.0	UG3
2.0	19.5	19.5	34.0	0.0	0.0	50000.0	20000.0	0.0	0.00245	0.0	UG3
2.0	19.5	19.5	34.0	0.0	0.0	50000.0	20000.0	0.0	0.00245	0.0	UG3
2.0	19.5	19.5	34.0	0.0	0.0	50000.0	20000.0	0.0	0.00245	0.0	UG3
2.0	19.5	19.5	34.0	0.0	0.0	50000.0	20000.0	0.0	0.00245	0.0	UG3
2.0	19.5	19.5	34.0	0.0	0.0	50000.0	20000.0	0.0	0.00245	0.0	UG3
2.0	19.5	19.5	34.0	0.0	0.0	50000.0	20000.0	0.0	0.00245	0.0	UG3

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [kN/m²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	Sisma	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	56.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	56.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef.Rid.Cap acità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	2.3	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: Meyerhof and Hanna (1978)

Carico limite [Qult] 599.62 kN/m²
 Resistenza di progetto[Rd] 260.71 kN/m²
 Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed] --

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 80906.7 kN/m³

A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume 19.61 kN/m³
 Angolo di attrito 32.7805 °
 Coesione 0.0 kN/m²

Fattore [Nq] 25.42
 Fattore [Nc] 37.92
 Fattore [Ng] 23.59
 Fattore forma [Sc] 1.07
 Fattore profondità [Dc] 1.06
 Fattore inclinazione carichi [Ic] 1.0
 Fattore inclinazione pendio [Gc] 1.0
 Fattore inclinazione base [Bc] 1.0
 Fattore forma [Sq] 1.06

Fattore profondità [Dq]	1.04
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.96
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	1642.63 kN/m ²
Resistenza di progetto	714.19 kN/m ²
=====	

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

=====

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

=====

Peso unità di volume	19.61 kN/m ³
Angolo di attrito	32.7805 °
Coesione	0.0 kN/m ²
=====	
Fattore [Nq]	31.37
Fattore [Nc]	47.16
Fattore [Ng]	30.96
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	2111.24 kN/m ²
Resistenza di progetto	917.93 kN/m ²
=====	

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

=====

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

=====

Peso unità di volume	19.61 kN/m ³
Angolo di attrito	32.7805 °
Coesione	0.0 kN/m ²
=====	
Fattore [Nq]	25.42
Fattore [Nc]	37.92
Fattore [Ng]	25.19
Fattore forma [Sc]	1.07
Fattore profondità [Dc]	1.06
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.03
Fattore profondità [Dq]	1.03
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.03
Fattore profondità [Dg]	1.03
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
Carico limite	1822.04 kN/m ²
Resistenza di progetto	792.19 kN/m ²

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	19.61 kN/m ³
Angolo di attrito	32.7805 °
Coesione	0.0 kN/m ²
Fattore [Nq]	25.42
Fattore [Nc]	37.92
Fattore [Ng]	34.02
Fattore forma [Sc]	1.07
Fattore profondità [Dc]	1.04
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.06
Fattore profondità [Dq]	1.04
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.96
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
Carico limite	2133.55 kN/m ²
Resistenza di progetto	927.63 kN/m ²

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	19.61 kN/m ³
Angolo di attrito	32.7805 °
Coesione	0.0 kN/m ²
Fattore [Nq]	25.42
Fattore [Nc]	37.92
Fattore [Ng]	31.45
Fattore forma [Sc]	1.06
Fattore profondità [Dc]	1.04
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.05
Fattore profondità [Dq]	1.04
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0

Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.97
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	2022.67 kN/m ²
Resistenza di progetto	879.42 kN/m ²
=====	

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1	
Fattore [Nq]	23.18
Fattore [Nc]	35.49
Fattore [Ng]	6.36
Fattori di capacità portante strato 2	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Carico limite strato 2 (qb)	599.99 kN/m ²
Carico limite strato 1 (qt)	1331.08 kN/m ²
Incremento carico limite strato 1	19.43 kN/m ²
Coefficiente di punzonamento (ks)	3.93
Rapporto (q1/q2)	0.86
=====	
Carico limite	599.62 kN/m ²
Resistenza di progetto	260.71 kN/m ²
=====	

Sisma

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	19.61 kN/m ³
Angolo di attrito	32.7805 °
Coesione	0.0 kN/m ²
=====	
Fattore [Nq]	25.42
Fattore [Nc]	37.92
Fattore [Ng]	23.59
Fattore forma [Sc]	1.07
Fattore profondità [Dc]	1.06
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.06
Fattore profondità [Dq]	1.04
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0

Fattore forma [Sg]	0.96
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.94
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.93
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.97
=====	
Carico limite	1529.6 kN/m ²
Resistenza di progetto	665.04 kN/m ²
=====	

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	19.61 kN/m ³
Angolo di attrito	32.7805 °
Coesione	0.0 kN/m ²
=====	
Fattore [Nq]	31.37
Fattore [Nc]	47.16
Fattore [Ng]	30.96
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.94
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.93
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.97
=====	
Carico limite	1964.44 kN/m ²
Resistenza di progetto	854.1 kN/m ²
=====	

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	19.61 kN/m ³
Angolo di attrito	32.7805 °
Coesione	0.0 kN/m ²
=====	
Fattore [Nq]	25.42
Fattore [Nc]	37.92
Fattore [Ng]	25.19
Fattore forma [Sc]	1.07
Fattore profondità [Dc]	1.06
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.03
Fattore profondità [Dq]	1.03
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.03
Fattore profondità [Dg]	1.03
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.94
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.93
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.97
=====	
Carico limite	1695.33 kN/m ²
Resistenza di progetto	737.1 kN/m ²

=====

Autore: VESIC (1975) (Condizione drenata)

=====

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

=====

Peso unità di volume	19.61 kN/m³
Angolo di attrito	32.7805 °
Coesione	0.0 kN/m²

=====

Fattore [Nq]	25.42
Fattore [Nc]	37.92
Fattore [Ng]	34.02
Fattore forma [Sc]	1.07
Fattore profondità [Dc]	1.04
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.06
Fattore profondità [Dq]	1.04
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.96
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.94
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.93
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.97

=====

Carico limite	1984.07 kN/m²
Resistenza di progetto	862.64 kN/m²

=====

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

=====

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

=====

Peso unità di volume	19.61 kN/m³
Angolo di attrito	32.7805 °
Coesione	0.0 kN/m²

=====

Fattore [Nq]	25.42
Fattore [Nc]	37.92
Fattore [Ng]	31.45
Fattore forma [Sc]	1.06
Fattore profondità [Dc]	1.04
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.05
Fattore profondità [Dq]	1.04
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.97
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0

Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	0.94
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.93
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	0.97

Carico limite	1881.34 kN/m ²
Resistenza di progetto	817.97 kN/m ²

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione drenata)

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1

Fattore [Nq]	23.18
Fattore [Nc]	35.49
Fattore [Ng]	6.36

Fattori di capacità portante strato 2

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14

Carico limite strato 2 (qb)	599.99 kN/m ²
Carico limite strato 1 (qt)	1331.08 kN/m ²

Incremento carico limite strato 1	19.43 kN/m ²
Coefficiente di punzonamento (ks)	3.93
Rapporto (q1/q2)	0.86

Carico limite	599.62 kN/m ²
Resistenza di progetto	260.71 kN/m ²

CONDIZIONE NON DRENATA

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: Brinch - Hansen 1970

Carico limite [Qult]	283.04 kN/m²
Resistenza di progetto[Rd]	123.06 kN/m²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	--

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 11321.44 kN/m³

A1+M1+R3

Autore: HANSEN (1970) (Condizione non drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	19.61 kN/m³
Angolo di attrito	0.0 °
Coesione	48.502 kN/m²

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	0.02
Fattore profondità [Dc]	0.06
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	297.99 kN/m²
Resistenza di progetto	129.56 kN/m²

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione non drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	19.61 kN/m³
Angolo di attrito	0.0 °
Coesione	48.502 kN/m²

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.7
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	305.21 kN/m²
Resistenza di progetto	132.7 kN/m²

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione non drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	19.61 kN/m³
Angolo di attrito	0.0 °

Coesione	48.502 kN/m ²
=====	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	1.02
Fattore profondità [Dc]	1.03
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	290.66 kN/m ²
Resistenza di progetto	126.38 kN/m ²
=====	

Autore: VESIC (1975) (Condizione non drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

=====	
Peso unità di volume	19.61 kN/m ³
Angolo di attrito	0.0 °
Coesione	48.502 kN/m ²
=====	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	0.02
Fattore profondità [Dc]	0.06
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	297.99 kN/m ²
Resistenza di progetto	129.56 kN/m ²
=====	

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

=====	
Peso unità di volume	19.61 kN/m ³
Angolo di attrito	0.0 °
Coesione	48.502 kN/m ²
=====	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	1.02
Fattore profondità [Dc]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	283.04 kN/m ²

Resistenza di progetto	123.06 kN/m ²
=====	
Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione non drenata)	
=====	
Strato 1 sopra, strato 2 sotto	
Fattori di capacità portante strato 1	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattori di capacità portante strato 2	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Carico limite strato 2 (qb)	599.99 kN/m ²
Carico limite strato 1 (qt)	580.19 kN/m ²
Incremento carico limite strato 1	21.0 kN/m ²
Coefficiente di punzonamento (ks)	0.0
Rapporto (q1/q2)	1.0
=====	
Carico limite	580.19 kN/m ²
Resistenza di progetto	252.26 kN/m ²
=====	

Sisma

Autore: HANSEN (1970) (Condizione non drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	19.61 kN/m ³
Angolo di attrito	0.0 °
Coesione	48.502 kN/m ²
=====	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	0.02
Fattore profondità [Dc]	0.06
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	297.99 kN/m ²
Resistenza di progetto	129.56 kN/m ²
=====	

Autore: TERZAGHI (1955) (Condizione non drenata)

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Peso unità di volume	19.61 kN/m ³
Angolo di attrito	0.0 °
Coesione	48.502 kN/m ²
=====	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.7
Fattore forma [Sc]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0

Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	305.21 kN/m ²
Resistenza di progetto	132.7 kN/m ²
=====	

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione non drenata)

=====

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

=====

Peso unità di volume	19.61 kN/m ³
Angolo di attrito	0.0 °
Coesione	48.502 kN/m ²
=====	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	1.02
Fattore profondità [Dc]	1.03
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.0
Fattore profondità [Dq]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore forma [Sg]	1.0
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	290.66 kN/m ²
Resistenza di progetto	126.38 kN/m ²
=====	

Autore: VESIC (1975) (Condizione non drenata)

=====

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

=====

Peso unità di volume	19.61 kN/m ³
Angolo di attrito	0.0 °
Coesione	48.502 kN/m ²
=====	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	0.02
Fattore profondità [Dc]	0.06
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	297.99 kN/m ²
Resistenza di progetto	129.56 kN/m ²
=====	

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)

=====

PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

=====

Peso unità di volume	19.61 kN/m ³
----------------------	-------------------------

Angolo di attrito	0.0 °
Coesione	48.502 kN/m²
=====	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore forma [Sc]	1.02
Fattore profondità [Dc]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0
=====	
Carico limite	283.04 kN/m²
Resistenza di progetto	123.06 kN/m²
=====	

Autore: Meyerhof and Hanna (1978) (Condizione non drenata)

=====

Strato 1 sopra, strato 2 sotto

Fattori di capacità portante strato 1	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattori di capacità portante strato 2	
Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Carico limite strato 2 (qb)	599.99 kN/m²
Carico limite strato 1 (qt)	580.19 kN/m²
Incremento carico limite strato 1	21.0 kN/m²
Coefficiente di punzonamento (ks)	0.0
Rapporto (q1/q2)	1.0
=====	
Carico limite	580.19 kN/m²
Resistenza di progetto	252.26 kN/m²
=====	

CEDIMENTI PER OGNI STRATO

***Cedimento edometrico calcolato con: Metodo logaritmico di Terzaghi**

Pressione normale di progetto	56.0 kN/m²
Cedimento dopo T anni	10.0
Distanza	0.00 m
Angolo 0.00	°
Cedimento totale	4.258 cm

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento consolidazione; Ws: Cedimento secondario; Wt: Cedimento totale.

Strato	Z (m)	Tensione (kN/m²)	Dp (kN/m²)	Metodo	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
2	2	23.94	37.042	Edometrico	0.5011	--	0.5011
3	3	33.933	36.674	Edometrico	0.4547	--	0.4547
4	4.375	47.498	34.94	Edometrico	0.9376	--	0.9376
5	6.125	64.636	31.206	Edometrico	0.7788	--	0.7788
6	8	82.898	26.866	Edometrico	0.3076	--	0.3076
7	10	102.284	22.846	Edometrico	0.2518	--	0.2518

8	12	121.67	19.627	Edometrico	0.211	--	0.211
9	14	141.056	17.087	Edometrico	0.1805	--	0.1805
10	16	160.442	15.067	Edometrico	0.1573	--	0.1573
11	18	179.828	13.436	Edometrico	0.139	--	0.139
12	20	199.214	12.097	Edometrico	0.1244	--	0.1244
13	22	218.6	10.981	Edometrico	0.1123	--	0.1123
14	24	237.986	10.037	Edometrico	0.1023	--	0.1023

Decorso cedimenti nel tempo Strato..1 Wt=0.5011 cm

Cedimento [cm]	% Ced	Tempo giorni
0.05011	10	0.363757
0.10022	20	1.483371
0.15033	30	3.339947
0.20044	40	5.952381
0.25055	50	9.259259
0.30066	60	13.51096
0.35077	70	19.03817
0.40088	80	26.78571
0.45099	90	40.06047
0.5011	100	47.24112

Decorso cedimenti nel tempo Strato..2 Wt=0.4547 cm

Cedimento [cm]	% Ced	Tempo giorni
0.04547	10	0.363757
0.09094	20	1.483371
0.13641	30	3.339947
0.18188	40	5.952381
0.22735	50	9.259259
0.27282	60	13.51096
0.31829	70	19.03817
0.36376	80	26.78571
0.40923	90	40.06047
0.4547	100	47.24112

Decorso cedimenti nel tempo Strato..3 Wt=0.9376 cm

Cedimento [cm]	% Ced	Tempo giorni
0.09376	10	0.185541
0.18752	20	0.756623
0.28128	30	1.703606
0.37504	40	3.036129
0.4688	50	4.722867
0.56256	60	6.891531
0.65632	70	9.710793
0.75008	80	13.66258
0.84384	90	20.43363
0.9376	100	24.09626

Decorso cedimenti nel tempo Strato..4 Wt=0.7788 cm

Cedimento [cm]	% Ced	Tempo giorni
0.07788	10	0.185541
0.15576	20	0.756623
0.23364	30	1.703606
0.31152	40	3.036129
0.3894	50	4.722867
0.46728	60	6.891531
0.54516	70	9.710793
0.62304	80	13.66258

0.70092	90	20.43363
0.7788	100	24.09626

Decorso cedimenti nel tempo Strato..5 Wt=0.3076 cm

Cedimento [cm]	% Ced	Tempo giorni
0.03076	10	1.455026
0.06152	20	5.933484
0.09228	30	13.35979
0.12304	40	23.80952
0.1538	50	37.03704
0.18456	60	54.04384
0.21532	70	76.15268
0.24608	80	107.1429
0.27684	90	160.2419
0.3076	100	188.9645

Decorso cedimenti nel tempo Strato..6 Wt=0.2518 cm

Cedimento [cm]	% Ced	Tempo giorni
0.02518	10	1.455026
0.05036	20	5.933484
0.07554	30	13.35979
0.10072	40	23.80952
0.1259	50	37.03704
0.15108	60	54.04384
0.17626	70	76.15268
0.20144	80	107.1429
0.22662	90	160.2419
0.2518	100	188.9645

Decorso cedimenti nel tempo Strato..7 Wt=0.211 cm

Cedimento [cm]	% Ced	Tempo giorni
0.0211	10	1.455026
0.0422	20	5.933484
0.0633	30	13.35979
0.0844	40	23.80952
0.1055	50	37.03704
0.1266	60	54.04384
0.1477	70	76.15268
0.1688	80	107.1429
0.1899	90	160.2419
0.211	100	188.9645

Decorso cedimenti nel tempo Strato..8 Wt=0.1805 cm

Cedimento [cm]	% Ced	Tempo giorni
0.01805	10	1.455026
0.0361	20	5.933484
0.05415	30	13.35979
0.0722	40	23.80952
0.09025	50	37.03704
0.1083	60	54.04384
0.12635	70	76.15268
0.1444	80	107.1429
0.16245	90	160.2419
0.1805	100	188.9645

Decorso cedimenti nel tempo Strato..9 Wt=0.1573 cm

Cedimento	% Ced	Tempo
-----------	-------	-------

[cm]		giorni
0.01573	10	1.455026
0.03146	20	5.933484
0.04719	30	13.35979
0.06292	40	23.80952
0.07865	50	37.03704
0.09438	60	54.04384
0.11011	70	76.15268
0.12584	80	107.1429
0.14157	90	160.2419
0.1573	100	188.9645

Decorso cedimenti nel tempo Strato..10 Wt=0.139 cm

Cedimento [cm]	% Ced	Tempo giorni
0.0139	10	1.455026
0.0278	20	5.933484
0.0417	30	13.35979
0.0556	40	23.80952
0.0695	50	37.03704
0.0834	60	54.04384
0.0973	70	76.15268
0.1112	80	107.1429
0.1251	90	160.2419
0.139	100	188.9645

Decorso cedimenti nel tempo Strato..11 Wt=0.1244 cm

Cedimento [cm]	% Ced	Tempo giorni
0.01244	10	1.455026
0.02488	20	5.933484
0.03732	30	13.35979
0.04976	40	23.80952
0.0622	50	37.03704
0.07464	60	54.04384
0.08708	70	76.15268
0.09952	80	107.1429
0.11196	90	160.2419
0.1244	100	188.9645

Decorso cedimenti nel tempo Strato..12 Wt=0.1123 cm

Cedimento [cm]	% Ced	Tempo giorni
0.01123	10	1.455026
0.02246	20	5.933484
0.03369	30	13.35979
0.04492	40	23.80952
0.05615	50	37.03704
0.06738	60	54.04384
0.07861	70	76.15268
0.08984	80	107.1429
0.10107	90	160.2419
0.1123	100	188.9645

Decorso cedimenti nel tempo Strato..13 Wt=0.1023 cm

Cedimento [cm]	% Ced	Tempo giorni
0.01023	10	1.455026
0.02046	20	5.933484
0.03069	30	13.35979
0.04092	40	23.80952

0.05115	50	37.03704
0.06138	60	54.04384
0.07161	70	76.15268
0.08184	80	107.1429
0.09207	90	160.2419
0.1023	100	188.9645

CEDIMENTI ELASTICI

Pressione normale di progetto	56.0 kN/m ²
Spessore strato	0.0 m
Profondità substrato roccioso	0.0 m
Modulo Elastico	25000.0 kN/m ²
Coefficiente di Poisson	0.25

Coefficiente di influenza I1	0.01
Coefficiente di influenza I2	0.06
Coefficiente di influenza Is	0.05

Cedimento al centro della fondazione	1.0 mm
--------------------------------------	--------

Coefficiente di influenza I1	0.0
Coefficiente di influenza I2	0.03
Coefficiente di influenza Is	0.03
Cedimento al bordo	0.24 mm

VERIFICA A LIQUEFAZIONE - Metodo del C.N.R. - GNDT Da Seed e Idriss

Svo: Pressione totale di confinamento; S'vo: Pressione efficace di confinamento; T: Tensione tangenziale ciclica; R: Resistenza terreno alla liquefazione; Fs: Coefficiente di sicurezza

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Nspt'	Svo (kN/m ²)	S'vo (kN/m ²)	T	R	Fs	Condizione:
2	2.50	15.00	25.627	48.549	28.936	0.132	0.823	6.22	Livello non liquefacibile
3	3.50	15.00	23.246	68.349	38.928	0.136	0.510	3.74	Livello non liquefacibile
4	5.25	24.00	32.083	102.648	56.066	0.138	3.186	23.07	Livello non liquefacibile
5	7.00	24.00	28.207	136.948	73.203	0.137	1.419	10.35	Livello non liquefacibile
6	9.00	29.00	29.985	175.947	92.589	0.135	2.066	15.35	Livello non liquefacibile
7	11.00	29.00	26.767	214.947	111.975	0.131	1.046	7.96	Livello non liquefacibile
8	13.00	29.00	24.173	253.946	131.360	0.127	0.611	4.80	Livello non liquefacibile
9	15.00	29.00	22.037	292.945	150.746	0.123	0.408	3.31	Livello non liquefacibile
10	17.00	29.00	20.248	331.945	170.132	0.119	0.305	2.56	Livello non liquefacibile
12	21.00	29.00	17.419	409.944	208.903	0.110	0.215	1.95	Livello non liquefacibile
13	23.00	29.00	16.282	448.943	228.289	0.105	0.193	1.83	Livello non liquefacibile
14	25.00	29.00	15.284	487.942	247.675	0.101	0.179	1.78	Livello non liquefacibile

Cedimento rilevato

Riferimento zona

Sezione non armata

Carico statico sul rilevato	3,1	t/m ²
Carico dinamico sul rilevato	0	t/m ²
1/2 Larghezza rettangolo	2	m
Larghezza base triangolo	3	m
Imposta piano di posa sbancamento	1,5	m
Peso unità volume sbancamento	2	t/m ³
Incremento netto al piano di posa	5,6	t/m ²
Distanza asse - IV punto a scelta	5	m
DISTANZA PIANO DI POSA --> SUBSTRATO	23	m
Altezza rilevato	2	m
Peso unità volume rilevato	1,9	t/m ³
Peso unità volume fondazione rilevato	1,9	t/m ³

Cedimenti per ogni strato

Strato	Spessore DH strato m	Modulo edometrico Kg/cm ²	Grado di consolidazione e OCR	Asse (cm)	Bordo esterno (cm)	Piede (cm)	IV Punto (cm)
1	1	113.6	1	0,495	0,497	0,033	0,033
2	1	113.6	1	0,489	0,43	0,077	0,077
3	1.75	84.7	1	0,848	0,78	0,244	0,244
4	1.75	84.7	1	0,637	0,58	0,257	0,257
5	2	200	1	0,24	0,216	0,116	0,116
6	2	200	1	0,193	0,172	0,104	0,104
7	2	200	1	0,16	0,143	0,093	0,093
8	2	200	1	0,137	0,122	0,083	0,083
9	2	200	1	0,119	0,106	0,075	0,075
10	2	200	1	0,106	0,094	0,068	0,068
11	2	200	1	0,095	0,084	0,062	0,062
12	2	200	1	0,086	0,076	0,057	0,057
13	2	200	1	0,078	0,07	0,052	0,052

Cedimenti total

Asse	3,683	cm
Bordo	3,37	cm
Piede	1,321	cm
IV Punto	1,321	cm

