

**ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA**

---

**FACOLTA' DI INGEGNERIA**

**CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CIVILE - V.O.**

*DICAM*

*Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e dei Materiali*

TESI DI LAUREA

in

CONSOLIDAMENTO DEI TERRENI

**RILEVATI ARGINALI IN TERRA RINFORZATA CON  
GEOSINTETICI: IL CASO DELLA VENA MAZZARINI A  
CESENATICO (FC)**

CANDIDATO

Ruggeri Maximillian

Matricola 2142 063314

RELATORE:

Prof. Ing. Gottardi Guido

Anno Accademico 2013/2014

Sessione I



## INDICE

PREMESSA .....	7
RINGRAZIAMENTI .....	9
INTRODUZIONE .....	10
PARTE PRIMA .....	22
1 Descrizione ed approccio al problema .....	23
2 Il metodo delle terre rinforzate .....	26
2.1 Principi di funzionamento del sistema terreno-rinforzi .....	27
2.1.1 Trasferimento delle tensioni.....	29
2.1.2 Deformazione dei rinforzi .....	30
2.1.3 Compatibilità delle deformazioni .....	31
3 Inquadramento normativo .....	34
3.1 Federal Highway Administration (FHWA NHI-10-024) – U.S.....	34
3.2 British Standard 8006-1 (2010) – Gran Bretagna.....	36
3.3 EBGEO – Germania .....	38
3.4 Norme tecniche per le costruzioni – D.M. 14.01.2008 - Italia .....	39
3.4.1 Principi fondamentali.....	39
3.4.2 Valutazione della sicurezza.....	40
3.4.3 Azioni sulle costruzioni e loro classificazione .....	42
3.4.3.1 Caratterizzazione delle azioni elementari.....	42
3.4.3.2 Combinazioni delle azioni .....	43
3.4.4 Verifiche di sicurezza e delle prestazioni dei sistemi geotecnici .....	44
3.4.4.1 Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU) .....	44
3.4.5 Coefficienti parziali per le azioni .....	45
3.4.6 Determinazione dell'azione sismica di progetto .....	46
3.4.7 Resistenze.....	52

3.4.8	Analisi richieste .....	52
3.5	Opere in terra rinforzata .....	53
3.6	Considerazioni sul panorama normativo.....	56
4	Caratterizzazione reologica e meccanica dei materiali di rinforzo .....	57
4.1	Geotessili non tessuti .....	57
4.2	Geotessili tessuti .....	59
4.3	Geogriglie estruse .....	60
4.4	Proprietà fisiche .....	62
4.4.1	Massa aerica .....	62
4.4.2	Dimensioni delle maglie .....	63
4.5	Comportamento meccanico ed interazione con il terreno.....	63
4.5.1	Modelli comportamentali complessi.....	64
4.5.2	Modelli comportamentali elementari.....	66
4.6	Determinazione della resistenza a trazione e della deformazione di progetto .	68
4.7	Il terreno di riempimento .....	70
4.7.1	Angolo di resistenza al taglio .....	72
4.7.2	Caratteristiche elettrochimiche dei terreni .....	74
4.8	Interazione terreno-rinforzo .....	75
4.8.1	Interazione in condizioni di sfilamento.....	77
5	Dimensionamento dei pendii in terra rinforzata .....	86
5.1	Cenni teorici .....	86
5.2	Metodi di calcolo .....	89
5.3	Definizione ed impostazione del problema.....	90
5.4	Distribuzione delle forze massime richieste.....	91
5.5	Forze disponibili ed ammissibili.....	93
5.6	Determinazione dei parametri di progetto.....	95

5.7	Criteri di progetto .....	96
5.8	Forze necessarie.....	99
5.9	Determinazione della spaziatura tra i rinforzi.....	101
5.10	La tecnica del Wrap-Around .....	102
PARTE SECONDA.....		104
6	Il contesto dell'area e descrizione generale dell'intervento .....	105
6.1	Analisi geognostica e caratterizzazione meccanica dei terreni .....	128
6.1.1	Inquadramento geologico.....	128
6.1.2	Indagine idrogeologica.....	133
6.1.3	Indagini in situ .....	135
6.1.3.1	Determinazione dei parametri geotecnici da prove S.P.T. ....	135
6.1.3.2	Determinazione dei parametri geotecnici da prove C.P.T. e C.P.T.U. .	140
6.1.3.3	Determinazione dei parametri geotecnici da prove S.C.P.T.....	160
6.1.4	Indagini di laboratorio – Caratterizzazione terreni coesivi.....	165
6.1.5	Suscettibilità alla liquefazione per i terreni incoerenti saturi.....	165
6.1.5.1	Approccio Deterministico (Deterministic Approach) .....	166
6.1.5.2	Approccio Probabilistico (Probabilistic Approach).....	167
6.1.5.3	Applicazione del metodo deterministico al caso di studio .....	167
6.1.6	Considerazioni sulla stratigrafia dell'area.....	173
6.1.7	Definizione del modello geotecnico .....	177
6.2	Criteri di progettazione e di modellazione .....	207
6.3	Prescrizioni sui materiali.....	207
6.4	Azioni di calcolo .....	211
6.5	Valutazione dell'azione sismica .....	212
6.6	Metodologia di calcolo della stabilità del pendio .....	218
6.7	Analisi numeriche.....	221

6.7.1	Stato di fatto .....	223
6.7.1.1	Considerazioni sullo stato di fatto.....	231
6.7.2	Stato di progetto – Verifiche locali del blocco rinforzato.....	232
6.7.3	Stato di progetto – Verifiche Globali.....	244
6.7.3.1	Considerazioni sullo stato di progetto .....	284
6.8	Prescrizioni costruttive.....	285
6.9	Valutazioni economiche e realizzative .....	290
CONCLUSIONI .....		295
7	ALLEGATI .....	299
7.1	Allegato 1 – Reports Sondaggi e Prove S.P.T.....	300
7.2	Allegato 2 - Reports prove C.P.T. e C.P.T.U.....	307
7.3	Allegato 3 - Reports Prove S.C.P.T.....	312
7.4	All.to 4 - Indagini di laboratorio per la caratterizzazione terreni coesivi .....	315
7.5	All.to 5 - Tabulati di calcolo (Verifica Statica Stato di fatto).....	344
7.6	All.to 6 - Tabulati di calcolo (Verifica Dinamica Stato di fatto).....	350
7.7	All.to 7 - Tabulati di calcolo (Verifica Statica Stato di progetto) .....	356
7.8	All.to 8 - Tabulati di calcolo (Verifica Din. S.D.P. – Falda a quota 0,00).....	362
7.9	All.to 9 - Tabulati di calcolo (Verifica Din. S.D.P. – Falda a -0.80 slmm) ...	368
7.10	All.to 10 - Tabulati di calcolo (Verifica Din. S.D.P. – Falda a +1.20 slmm)	374
7.11	All.to 11 - Tabulati di calcolo (Verifica Din. S.D.P. agli S.L.D.).....	380
7.12	All.to 12 - Tabulati di calcolo (Ver. in condizioni di possibile liquefazione)	386
7.13	All.to 13- Tabulati di calcolo (Verifiche Tieback and Compound.).....	392
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....		417
ELABORATI GRAFICI .....		419

## ***PREMESSA***

Oggetto della presente tesi di laurea è quello di analizzare sia dal punto di vista teorico che da quello pratico l'impiego di geosintetici di rinforzo per il consolidamento di rilevati e sponde arginali al fine di ottenere un sistema pluricomposto terreno-rinforzo che manifesti adeguati margini di sicurezza nei confronti delle verifiche di stabilità prescritte dalla normativa vigente, soprattutto nei confronti dell'azione indotta dal sisma.

In particolare il lavoro è suddiviso di due macro parti fondamentali: una prima parte dedicata allo studio degli aspetti teorici legati alla caratterizzazione dei materiali di rinforzo con particolare riferimento ai geotessili ed alle geogriglie, ai principi fondamentali di funzionamento del sistema terreno-rinforzi, alla normativa di riferimento per tali costruzioni, al dimensionamento dei pendii in terra rinforzata ed al loro inserimento ambientale; la seconda parte, basata sullo studio di un caso di reale applicazione del metodo di rinforzo con geosintetici, si svolge attraverso una approfondita e critica analisi della relazione geologica messa a disposizione dal Comune di Cesenatico (FC) con lo scopo di elaborare le prove svolte *in situ*, ricavare i parametri geotecnici caratteristici del terreno e definire un modello geologico e geotecnico di riferimento per le successive elaborazioni. Il progetto prevede infatti il consolidamento delle sponde del canale che attraversa, parallelamente alla linea di costa, la città di Cesenatico (FC) e denominato "Vena Mazzarini", dal nome dell'Ingegnere che ne curò il progetto originale. In particolare si è previsto l'impiego di geogriglie di rinforzo in HDPE e tutte le verifiche sono state realizzate mediante il software di calcolo Geostru Slope® e Slope/M.R.E® messi cordialmente a disposizione dalla software house Geostru S.r.l.

Si intende sottolineare inoltre che la trattazione e l'elaborazione della parte progettuale della presente tesi di laurea reca alcuni riferimenti agli elaborati dattiloscritti e grafici (Piante e Sezioni di rilievo topografico; Piante generali; Risultati delle prove geognostiche *in situ*) facenti parte del progetto commissionato dalla Società GESTURIST S.p.a. per la riqualificazione ambientale e recupero ad approdo turistico dell'area oggetto di indagine e di cui ne è stata effettuata l'autonoma rielaborazione. Come precedentemente affermato, tutto il materiale esaminato è stato messo a

disposizione dal Comune di Cesenatico (FC), mediante richiesta ufficiale di accesso agli atti nel mese di Aprile 2014.

Di seguito alcune immagini storiche ed odierne dell'area oggetto di studio.





## ***RINGRAZIAMENTI***

Desidero ringraziare innanzitutto i miei genitori, che mi hanno supportato in questi anni di studio e, prima fra tutte la mia fidanzata Anna, che mi ha incoraggiato e sostenuto nella scelta di portare a termine la mia carriera universitaria contestualmente all'attività lavorativa, condividendone i successi e gli insuccessi.

Un immenso e particolarmente sentito grazie al Dott. Ing. Loris Rinaldi, al Geom. Michele Casadei ed al Dott. Ing. Andrea Morri che, con i loro preziosi consigli, mi guidano ogni giorno nella professione e mi hanno insegnato ad affrontare le problematiche quotidiane legate al campo della progettazione strutturale.

Ringrazio il Prof. Ing. Guido Gottardi per avermi concesso la possibilità di redigere il presente elaborato, di avermi suggerito quali fossero le scelte migliori per ogni fase progettuale e della fiducia accordatami nello sviluppo delle trattazioni svolte.

Ringrazio il Sindaco del Comune di Cesenatico (FC) e la Sig.ra Rita Ercolani del Demanio Portuale dello stesso Comune per avermi messo a disposizione tutto il materiale necessario e per la disponibilità dimostrata nel corso della redazione della presente tesi di laurea.

Un ulteriore doveroso ringraziamento alla software house Geostru S.r.l, con sede in Piazza Bulgaria n.2 nel Comune di Dairago (MI) per avermi fornito gratuitamente il codice di calcolo automatico, Slope<sup>®</sup> e Slope/M.R.E<sup>®</sup>, con il quale sono state eseguite tutte le verifiche numeriche.

Infine si ringrazia l'Ing. Massimiliano Nart, Product Manager presso la Divisione Geosintetici della TE.MA S.r.l, per avere condiviso la sua grande esperienza nel campo del consolidamento con terre rinforzate con geosintetici e per avermi messo a disposizione molto del materiale fotografico, relativo a suoi casi di studio, presente nella mia tesi di laurea.

## ***INTRODUZIONE***

Come generalmente noto il territorio italiano è particolarmente interessato da fenomeni di dissesto idrogeologico e conseguentemente la progettazione di adeguate opere per la salvaguardia di abitati ed opere di ingegneria riveste un ruolo dominante per la tutela del suolo al fine di evitare, o meglio limitare, le conseguenze dovute al manifestarsi di tali eventi.

Lo studio un dissesto, sia esso una legato ad un fenomeno franoso, ad un cedimento assoluto o differenziale delle fondazioni di un fabbricato oppure in generale al decadimento delle qualità geotecniche del terreno, rappresenta nell'ambito dell'ingegneria uno degli aspetti di maggiore fascino ma anche di maggiore complessità risolutiva, in ragione delle numerose incertezze connesse al sistema terreno.

In particolare, nell'ottica di minimizzare le problematiche legate al dissesto ed all'impatto ambientale, negli ultimi anni si è cercato di realizzare opere che si integrassero completamente nel contesto paesaggistico, ma comunque tali da assolvere in maniera efficace ai requisiti di resistenza e sostegno per i quali sono state progettate, senza trascurare le esigenze di contenimento delle tempistiche e dei costi di realizzazione soprattutto rispetto ai tradizionali muri e paramenti in calcestruzzo armato. Perseguendo questo obiettivo lo studio del rinforzo dei terreni ha subito un'evoluzione molto significativa, sia nel campo dei materiali che nel campo della conoscenza tecnologica e scientifica, tanto è che il consolidamento dei terreni stessi attraverso la tecnica dell'inserimento di rinforzi resistenti a trazione ne rappresenta la massima espressione in relazione maggiormente ai numerosi vantaggi che offrono sul piano economico e realizzativo.

Si sottolinea inoltre che il crescente impiego delle opere in terra rinforzata non è dovuto solamente ai minori costi rispetto a muri di sostegno tradizionali di pari altezza, ma soprattutto per la versatilità che mostrano nell'applicazione a differenti situazioni progettuali (*Koerner e Song, 2001; Geo, 2002*). Per tali caratteristiche questa tipologia di opera ha trovato e trova tuttora un riscontro sempre crescente sia per nuove realizzazioni che per interventi di ricostruzione post sisma. Nel tempo ed attraverso un'accurata sperimentazione sono state analizzate le proprietà dei vari materiali impiegati di cui sono state definite le caratteristiche reologiche e resistive e la loro risposta in relazione ad eventuali fenomeni di danneggiamento.

Mediante l'inserimento nel terreno di elementi dotati di resistenza a trazione, se questi sono in grado di interagire con il mezzo in cui sono inseriti, si ottiene un sistema misto, terreno-rinforzo, dotato di caratteristiche meccaniche migliori rispetto a quelle del solo terreno.

I procedimenti maggiormente impiegati per ottenere il rinforzo dei terreni sono riconducibili sostanzialmente a tre classi:

- ❖ *Sistemi di rinforzo in situ*: le inclusioni vengono effettuate direttamente nel terreno indisturbato impiegando tiranti di ancoraggio, pali, micropali o chiodi e rappresenta la tecnica del *Soil Nailing*;
- ❖ *Sistemi di rinforzo per miscelazione*: il terreno viene miscelato a microelementi di rinforzo quali posso essere ad esempio fibre sintetiche e successivamente steso e miscelato e rappresenta la tecnica del *Soil Mixing*;
- ❖ *Sistemi di rinforzo con rinterro*: il terreno è di riporto, viene steso per strati e compattato; durante la realizzazione del rilevato si dispongono in opera le inclusioni quali bandelle metalliche, barre metalliche, geosintetici o reti metalliche. Tale procedura rappresenta la tecnica del *Reinforced Soil Slope*.

Il concetto moderno di terre rinforzate fu proposto da Casagrande che ipotizzò, creandone un modello teorico, il rinforzo di terreni a scarsa consistenza mediante l'impiego di membrane ad alta resistenza disposte su strati orizzontali. Il rinforzo dei terreni si concretizzò infine attorno agli anni '60, grazie ad Henry Vidal, il quale implementò l'impiego di bandelle d'acciaio nervate in grado di interagire per attrito con il terreno di riempimento.

Una ulteriore caratteristica importante che ha favorito la scelta delle opere in terra rinforzata è la risposta di tali manufatti alle azioni indotte dal sisma poiché gli eventi sismici analizzati negli ultimi anni hanno mostrato che i fenomeni di collasso delle opere sono stati limitati e che quelli verificatesi sono da imputare a fenomeni di liquefazione dinamica dei terreni di fondazione e di un eccessivo sviluppo di cedimenti degli stessi per effetto dell'evento sismico (*Kutter et al., 1990; Collin et al., 1992; Ling et al., 1997, 2004; Kramer e Paulsen 2001*). Analisi post sisma sul comportamento meccanico delle opere collassate hanno evidenziato evidenti carenze progettuali sia in

termini di qualità dei materiali utilizzati sia per le modalità di posa in opera (*Ling e Leshchinsky, 2005*). Nella maggior parte dei casi documentati i danni alle opere di sostegno in terra rinforzata si sono manifestati nell'insorgenza di deformazioni e spostamenti di una porzione dell'opera o dell'opera nel suo complesso e nel collasso, generalmente locale, dell'eventuale rivestimento di facciata (*Sandri, 1998; Tatsuoka et al., 1995; White e Holtz, 1996; Wartman et al., 2006; Koseki et al., 2006; Jones e Clarke, 2007*).

Di seguito si riportano alcune rappresentazioni grafiche di opere in terra rinforzata unitamente alla caratterizzazione degli impieghi di maggiore utilizzo:

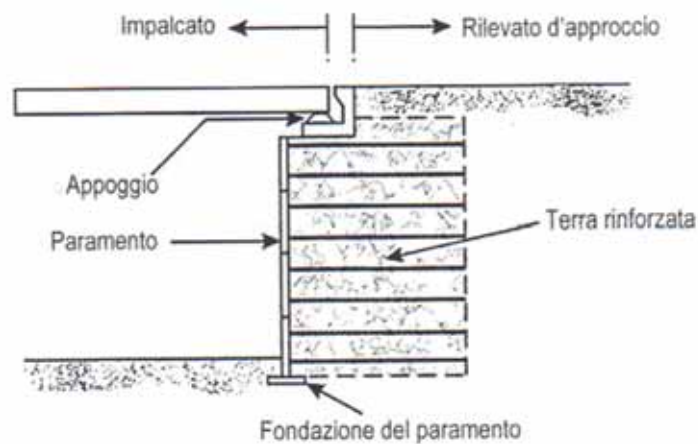


Figura 1 - Spalla di ponte (da Comedini-Rimoldi, 2013)

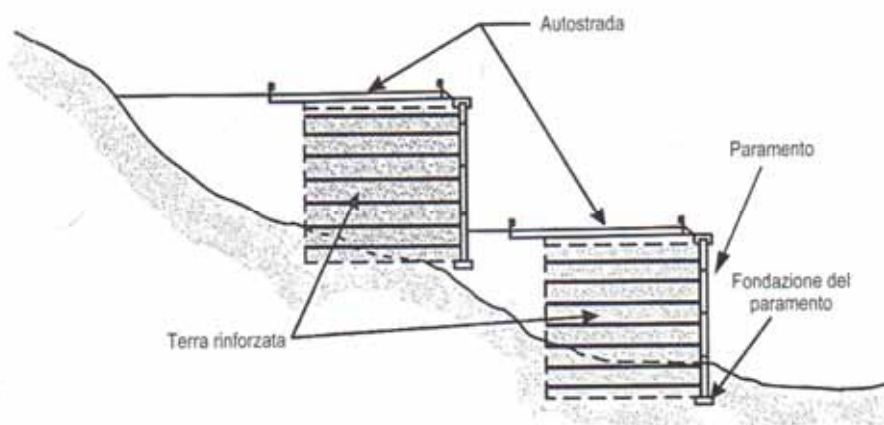


Figura 2 - Autostrada a mezza costa (da Comedini-Rimoldi, 2013)

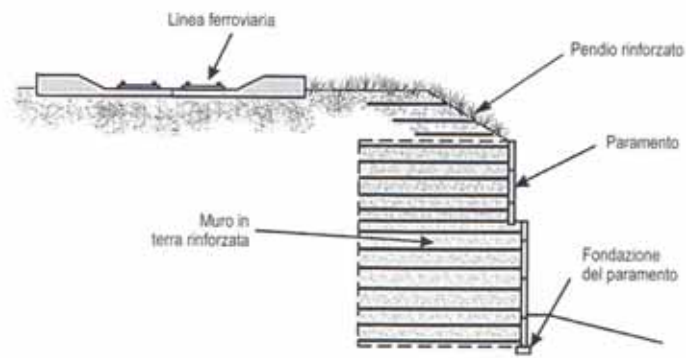


Figura 3 - Rilevato ferroviario (da Comedini-Rimoldi, 2013)

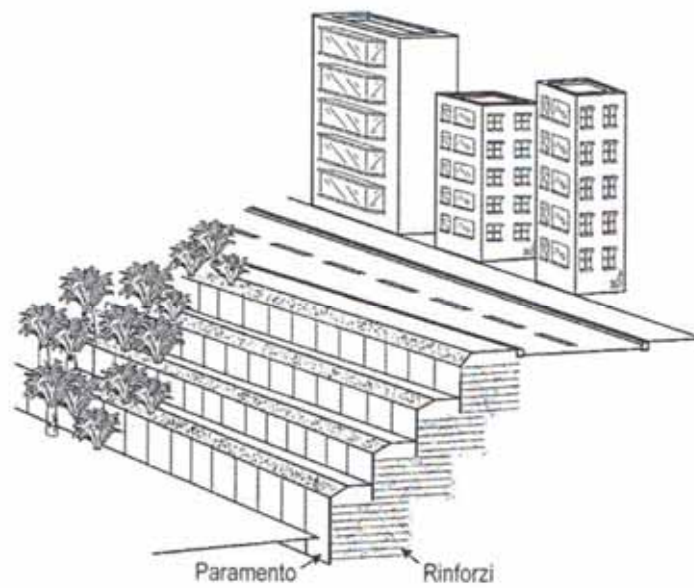


Figura 4 - Terre rinforzate in contesto urbano (da Comedini-Rimoldi, 2013)

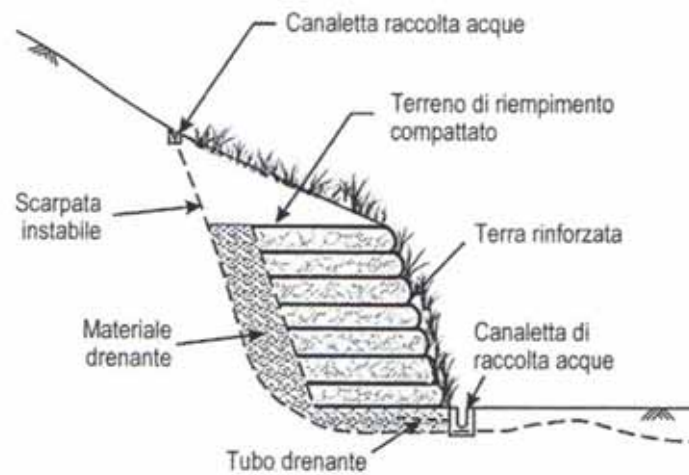


Figura 5 - Stabilizzazione di pendio in frana (da Comedini-Rimoldi, 2013)

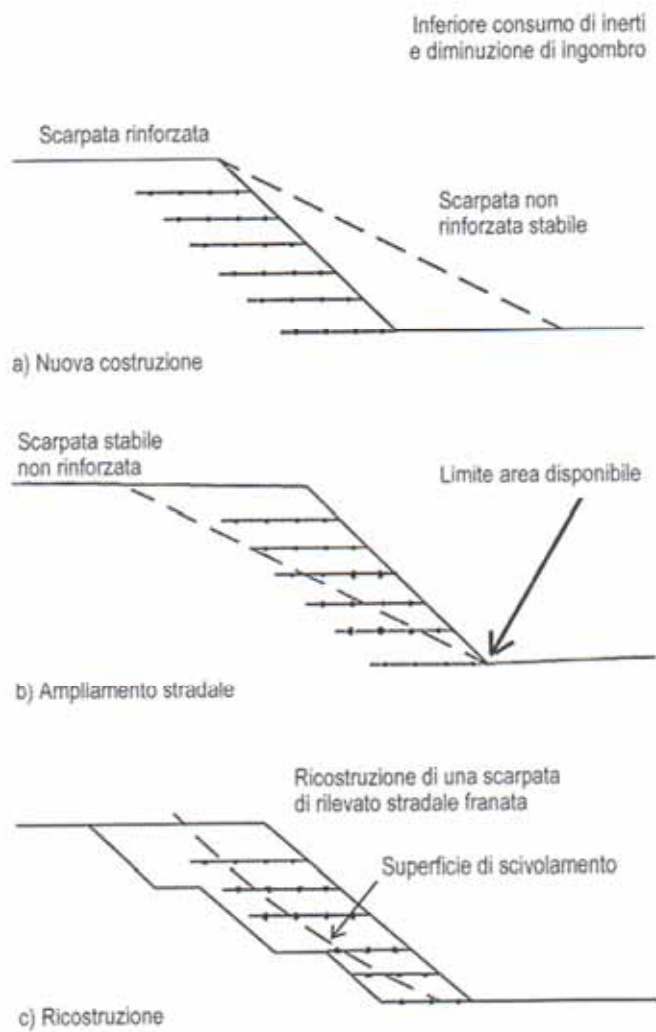


Figura 6 - Esempi di impiego dei pendii rinforzati nelle costruzioni stradali (da FHWA, 2001)

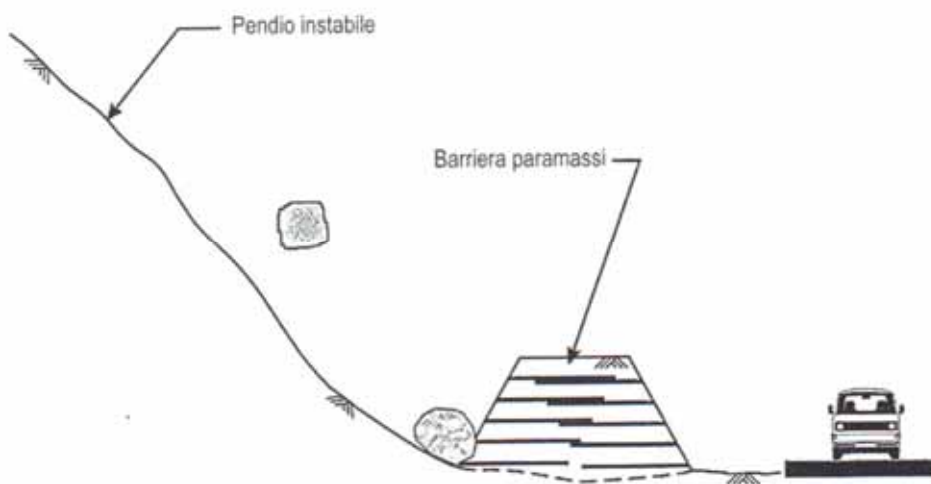


Figura 7 - Rilevato paramassi (da Comedini-Rimoldi, 2013)

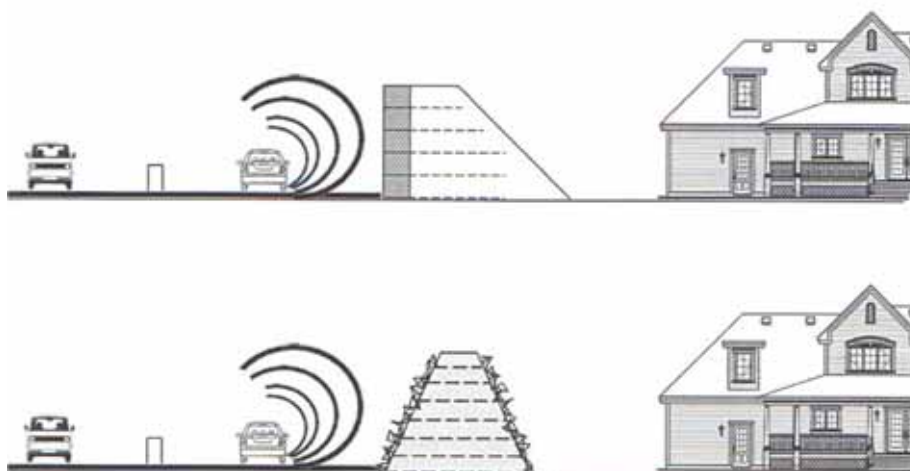


Figura 8 - Barriere antirumore

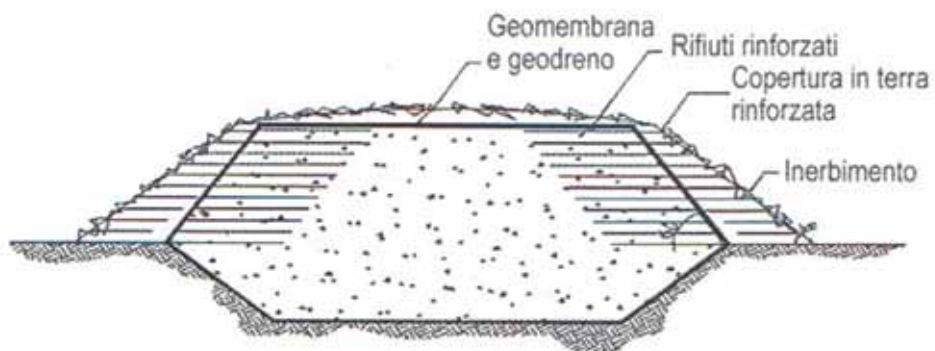


Figura 9 - Stabilizzazione di rifiuti e copertura in una discarica di RSU (da Comedini-Rimoldi, 2013)



Figura 10 - Mascheramento e protezione di imbocco di galleria (da Comedini-Rimoldi, 2013)

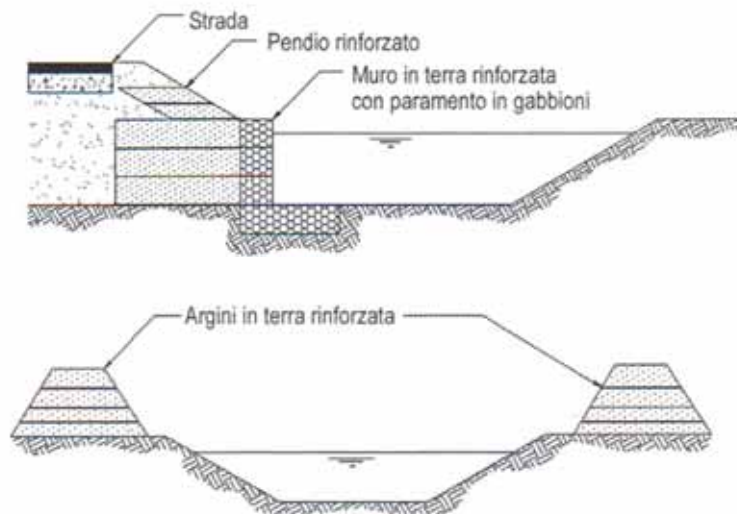


Figura 11 - Terre rinforzate nelle opere idrauliche: muro spondale ed arginature (da Comedini-Rimoldi, 2013)

Di seguito, ai fini di un maggiore approfondimento della trattazione, si riportano alcuni casi reali di applicazione della tecnica del consolidamento arginale e spondale attraverso l'impiego di terre rinforzate con geosintetici, evidenziandone le criticità *ante operam* ed illustrando la soluzione adottata.

#### Caso A – Ricostruzione sponda di un canale presso civile abitazione in Verona (VR)

Criticità: In prossimità di un complesso residenziale in fase di ristrutturazione, si è registrato il cedimento di una porzione di sponda del corso d'acqua adiacente. La volontà da parte del proprietario del fabbricato era quella di ricostituire lo stato di fatto ante cedimento, senza ricorrere all'utilizzo di opere di sostegno tradizionali in c.a. A fronte di questa esigenza specifica, è stata studiata un'opera in terra rinforzata chiaramente dotata degli opportuni accorgimenti tecnici in grado di gestire in modo ottimale l'eventuale interferenza dell'acqua.

Soluzione adottata: Al fronte dell'opera in terra rinforzata è stato posato del materiale granulare di opportuna pezzatura per evitare possibili erosioni con conseguente asportazione di materiale al transito dell'acqua. Per attenuare fenomeni di corrosione dovuti alla presenza dell'acqua, si è deciso di adottare dei pannelli rigidi zincati, mentre per separare il materiale granulare dal retrostante materiale coesivo, si è interposta una



membrana impermeabile. Per aumentare il margine di sicurezza al fronte, ed evitare anche la minima fuoriuscita di materiale, si è deciso di prevedere l'installazione tra il materiale granulare e il cassero zincato di una geostuoia sintetica in PP accoppiata ad un biofiltro vegetale preseminato. La geogriglia adottata, per 4 ordini di strati equidistanti 30 cm, è di tipo tessuta in PET ad alta tenacità, avente resistenza a trazione nominale pari a 40 kN/m. L'altezza del manufatto è di 1,2 m, con inclinazione al fronte di 70°.



Caso B - Interventi urgenti per dissesto idrogeologico e movimento franoso in atto in località "Canalello - Rio San Martino" presso il comune di Pontecorvo

Criticità: L'intervento oggetto della fornitura dei materiali si inserisce nel contesto di azioni di somma urgenza per il controllo del dissesto idrogeologico, presso il comune di Pontecorvo, in provincia di Frosinone.

Soluzione adottata: Tecnicamente, il progettista dell'intervento aveva previsto delle gabbionate alla base del rio San Martino, riprofilando il versante sovrastante con delle opere di sostegno in terra rinforzata. L'intervento è risultato dal punto di vista dell'impatto ambientale, meno impattante e quindi più consono al contesto in cui si rendeva necessario eseguire delle opere di mitigazione, rispetto ad altre soluzioni che si potevano prendere in considerazione.



Caso C - Intervento di sopralzo arginale in corrispondenza del tratto terminale del torrente Carrione – Massa Carrara

Criticità: L'intervento oggetto del presente caso studio riguarda la realizzazione di opere di sostegno in terra rinforzata per il sopralzo arginale in prossimità del tratto terminale del torrente Carrione, in provincia di Massa Carrara. Il torrente appartiene al Bacino Regionale Toscana Nord che si estende per una superficie complessiva di circa 375 Km<sup>2</sup>, interessando le Province di Massa – Carrara (per circa il 47% del territorio) e di Lucca (per circa il 53% del territorio). La carta di tutela del territorio predisposta dal PAI, evidenziava come il tratto dell'asta terminale del torrente Carrione fosse particolarmente a rischio idraulico (pericolosità idraulica da elevata a molto elevata).

Soluzione adottata: La possibilità di un così elevato rischio ha reso necessario definire degli interventi di natura strutturale che fossero in grado di incrementare la massima capacità di invaso del tratto a maggiore rischio esondazione, in corrispondenza agli eventi di piena di progetto ( $T_r = 200$  anni). La vicinanza di edifici industriali alla sede del corso d'acqua ha fatto propendere il progettista a scegliere la tecnica del rinforzo dei terreni per la creazione del sopralzo arginale necessario.



Caso D - Realizzazione di uno sbarramento artificiale per uso irriguo, finalizzato ad agevolare lo sviluppo delle attività rurali nella regione di Sivas (Turchia) ed opere al contorno in terra rinforzata con geosintetici

Premessa: L'intervento consiste nella realizzazione di uno sbarramento artificiale per uso irriguo, finalizzato ad agevolare lo sviluppo delle attività rurali nella regione di Sivas. La diga in terra prevede tra le opere al contorno anche la realizzazione di strutture in terra rinforzata sia al piede che in sommità al rilevato di contenimento.





***PARTE PRIMA***

## *1 Descrizione ed approccio al problema*

Come evidenziato precedentemente, nel corso della redazione della presente tesi di laurea si tratterà in maniera quanto più esaustiva il problema legato agli aspetti progettuali per il consolidamento di rilevati arginali e sponde di fiumi e canali, con particolare riferimento allo studio del caso del consolidamento delle sponde sommerse ed emerse del canale denominato “Vena Mazzarini”, sito nel Comune di Cesenatico (FC). I problemi progettuali connessi al rafforzamento delle aree spondali è legato principalmente alla configurazione esistente delle sponde, al tipo di terreno presente ed ai vincoli di tipo geometrico ed idraulico che il progettista deve rispettare. Per la risoluzione di tali problematiche ed al fine di definire un approccio sistematico che cerchi di analizzare in profondità gli aspetti del consolidamento spondale si è eseguita dapprima un’attenta analisi delle prove *in situ*, cercando di estrapolare il maggiore numero di dati allo scopo di ottenere un modello geotecnico di riferimento che ricalcasse quanto più possibile la situazione esistente e poi lo studio della stabilità dell’opera sia in condizioni ordinarie, sia in condizioni straordinarie di massimo e minimo livello idraulico sia in condizioni di possibile liquefazione dei terreni incoerenti saturi.

Generalmente le arginature e le sponde, nella loro accezione più ampia, sono opere di difesa passiva del territorio disposte lungo le rive di fiumi e canali, atte ad impedire l’erosione dei corsi d’acqua ed i conseguenti danni che il manifestarsi di tale fenomeno arrecherebbe alle aree circostanti. Tali opere sono generalmente costituite da rilevati in terra, artificiali o naturali, di altezza variabile che aumenta in direzione delle aree pianeggianti e maggiormente popolate, dove vi è un’alta concentrazione di attività antropica. Nella sezione trasversale di un corso d’acqua dotato di arginature si distinguono due aree di deflusso idrico: una zona detta “alveo di magra” racchiusa entro argini minori detti “golenali” capace di contenere le portate ordinarie ed una zona definita “golenale”, racchiusa entro argini definiti “maestri”, che contiene il livello di massima piena. L’insieme delle due aree definisce il cosiddetto “alveo di piena”. Di seguito si riporta la rappresentazione grafica, redatta dal Ministero dei Lavori Pubblici, relativa alla nomenclatura comunemente in uso per le arginature.



Figura 12 - Nomenclatura comunemente in uso per le opere arginali

Le cause più comuni di rotture arginali sono riconducibili a fenomeni di tracimazione, definiti *Flood Overtopping*, o a moti di filtrazione attraverso l'argine stesso, definiti *Throgh Seepage* e diverse possono essere le cause di tracimazione arginale. Può accadere che nel corso d'acqua transiti una portata di piena superiore a quella di progetto che potrebbe generare un fenomeno di rigurgito causato da un ostacolo imprevisto posto subito a valle della sezione di studio oppure potrebbe succedere che l'argine non abbia più a disposizione un adeguato franco di sicurezza per eccessivi costipamenti del corpo arginale o per cedimenti differenziali in fondazione. È interessante osservare, anche, che la tracimazione di un rilevato potrebbe avvenire come conseguenza di eventi di rottura dovuti ai moti di filtrazione poiché il moto dell'acqua attraverso l'argine può causare un progressivo sviluppo di cavità, le quali favoriscono l'abbassamento del terreno soprastante, provocando cedimenti puntuali del coronamento con l'apertura di una breccia superficiale che origina la tracimazione. A seguito dell'esondazione, l'onda di piena che si sviluppa oltre a causare ingenti danni ai territori ed alle popolazioni di aree limitrofe, può causare un eccessivo dilavamento del paramento di valle del rilevato arginale che, se non è protetto da rivestimenti adeguati, può degenerare in una vera e propria rottura.

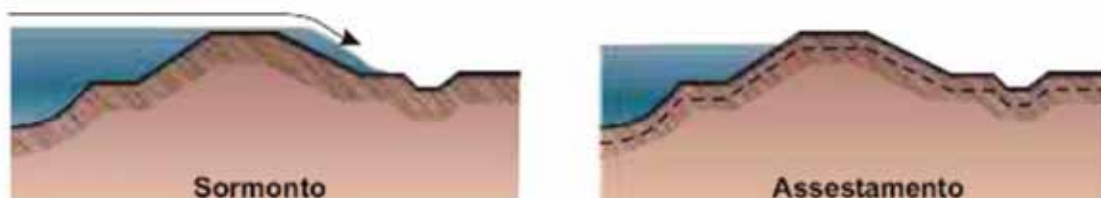


Figura 13 - Rappresentazione grafica dei meccanismi di collasso e rottura (Adami) – Parte 1



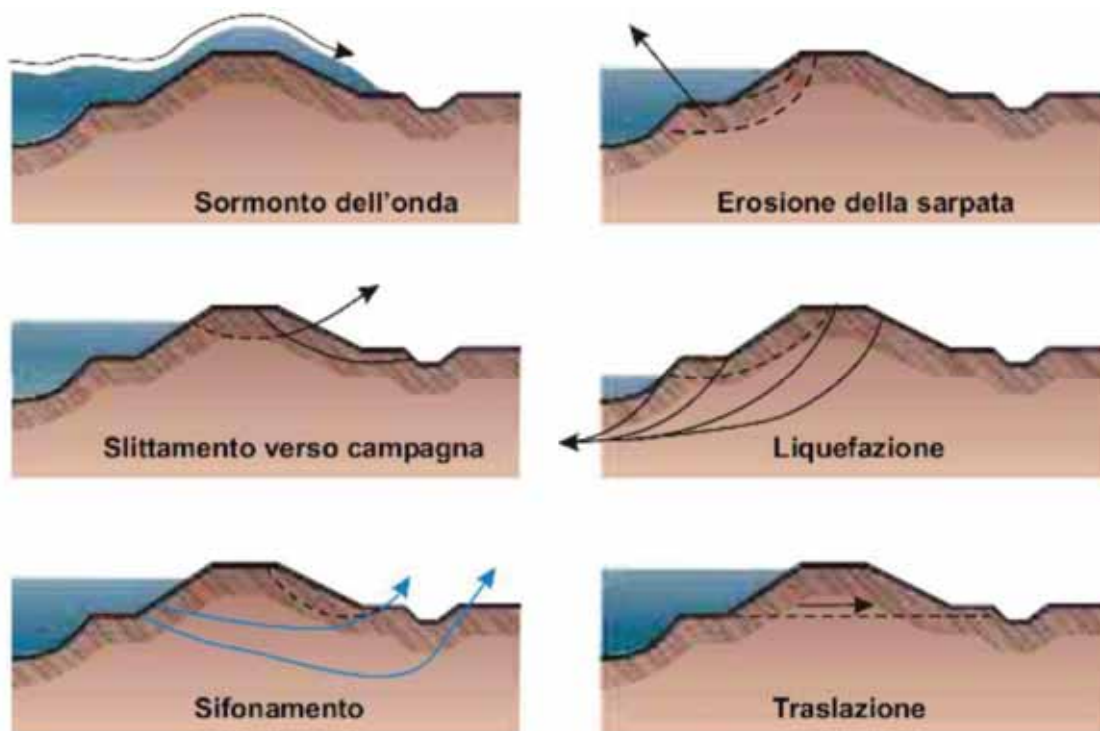


Figura 14 - Rappresentazione grafica dei meccanismi di collasso e rottura (Adami) - Parte 2

Allo scopo di limitare quanto più possibile il dissesto delle opere arginali e spondali rientra proprio la tecnica del consolidamento mediante l'impiego di terre rinforzate con geosintetici in quanto si sono dimostrate ampiamente idonee sia rispetto a fenomeni di instabilità gravitativa sia nei confronti dell'azione idrodinamica della corrente, senza interferire significativamente all'alterazione dei regimi idraulici preesistenti.

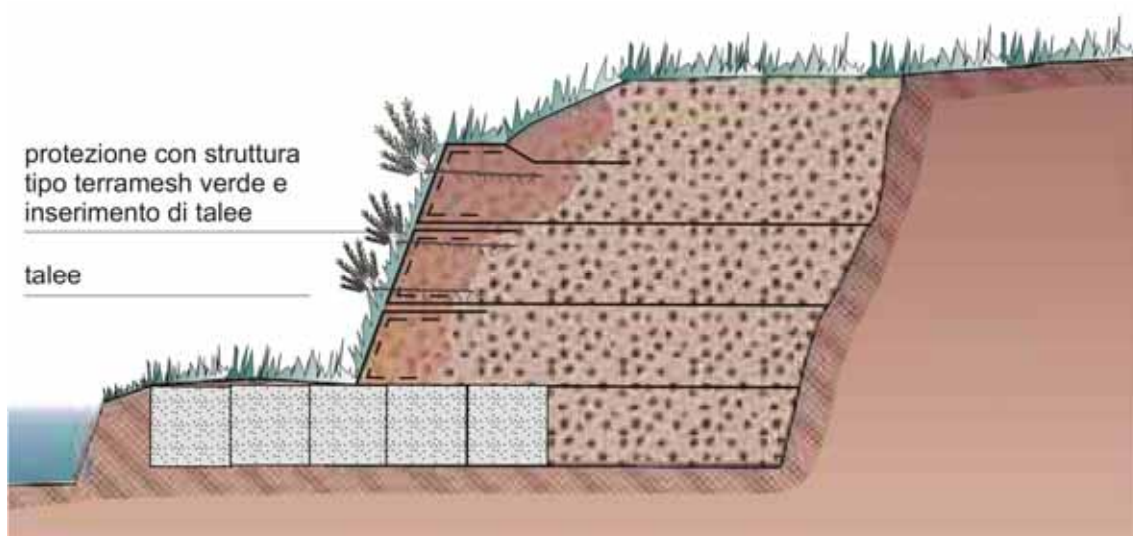


Figura 15 - Schema esemplificativo di una terra rinforzata con geosintetici e gabbioni al piede

## 2 *Il metodo delle terre rinforzate*

Le opere di sostegno dei terreni rappresentano un settore di notevole interesse per l'ingegneria geotecnica tanto da costituire un insegnamento unico negli attuali ordinamenti accademici. Nel corso degli ultimi 50 anni, grazie da un lato ad esigenze di tipo economico e dall'altro da una sempre più presente e diffusa attenzione all'impatto che le strutture realizzate hanno con l'ambiente circostante, si è diffusa l'idea di sostituire i tradizionali muri in conglomerato cementizio con opere nelle quali l'elemento che contrasta la spinta delle terre è inserito direttamente nel terreno a tergo del paramento a vista, terreno che viene "rinforzato" in quanto si introducono in un mezzo che resiste prevalentemente a compressione elementi con resistono a trazione. I primi esempi di utilizzo di questa tecnica risalgono, in epoca recente, a Henri Vidal (1966;1969) architetto e ingegnere francese il quale ha sviluppato questa tecnologia sia per la stabilizzazione dei pendii sia per realizzare veri e propri muri di sostegno, spalle di ponte, argini, rilevati stradali e altre strutture. Con l'avvento dei prodotti geosintetici si sono ottenuti rinforzi con elevata resistenza alla corrosione e stabilità a lungo termine, buona interazione con il terreno in termini di attrito, limitati danneggiamenti durante la posa in opera. Inoltre scegliendo in modo adeguato il polimero si possono contenere le deformazioni entro valori ammissibili. Come ogni opera di ingegneria le terre rinforzate, siano esse classificabili come muri rinforzati (convenzionalmente con inclinazione rispetto all'orizzontale  $\beta \geq 70^\circ$ ) oppure come pendii rinforzati ( $\beta < 70^\circ$ ), vanno progettate sia nei confronti degli stati limite ultimi che di esercizio con adeguati metodi di calcolo. Un notevole contributo ad un ordinamento sistematico dei passi progettuali è stato realizzato dal *U.S. Department of Transportation – Federal Highway Administration (FHWA)* che nelle pubblicazioni *FHWA-NHI-10-024 e FHWA-NHI-10-025 "Design and Construction of Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes – Volume I and II"* riporta la più recente e consolidata prassi per il dimensionamento. La tecnica delle terre rinforzate rappresenta quindi un modo economico ed a basso impatto ambientale per la realizzazione di rilevati e sponde in terra. La massima pendenza del fronte a cui può essere realizzato un rilevato non rinforzato in terra è pari all'angolo di attrito interno del terreno di cui è costituito. Volendo realizzare una struttura con un'inclinazione più elevata, risulta necessario l'inserimento di elementi di rinforzo che ne garantiscano la stabilità. La possibilità di

rinverdire il paramento dell'opera fa sì che la stessa possa integrarsi in modo ottimale nell'ambiente in cui si trova. Inoltre, grazie al fatto di poter realizzare dei rilevati con pendenze quasi verticali, l'ingombro planimetrico della struttura è molto ridotto. Le opere in terra rinforzata sono realizzate senza l'ausilio di calcestruzzo: potendo riutilizzare dei terreni già presenti in sito, si può ottenere un notevole risparmio in termini di movimentazione di materiale, di manodopera e di tempo, rendendo la realizzazione dell'opera economicamente più vantaggiosa.

Dal punto di vista legislativo, a livello europeo la Norma UNI EN 14475 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali. Opere in terra rinforzata" rappresenta una guida per l'esecuzione di una terra rinforzata. In attesa di un metodo di progettazione unico per i Paesi membri del CEN, si può fare riferimento oltre alle BS 8006 e NF P 94-220, anche alla pubblicazione n. FHWA-NHI-00-043, fermo restando il rispetto del D.M. 14.01.2008

### 2.1 Principi di funzionamento del sistema terreno-rinforzi

Le deformazioni di taglio che si manifestano nel terreno soggetto a forze esterne ed al peso proprio vengono contrastate da resistenze di tipo attritivo generate da diverse componenti, quali l'attrito e l'incastro tra le particelle, il loro grado di addensamento e le tensioni di confinamento. Le deformazioni di taglio che si generano lungo una generica superficie di rottura sono associate a sollecitazioni sia di trazione che di compressione ed affinché si generi una superficie di taglio nel terreno è necessario che le forze sollecitanti superino le resistenze mobilizzate dal terreno.

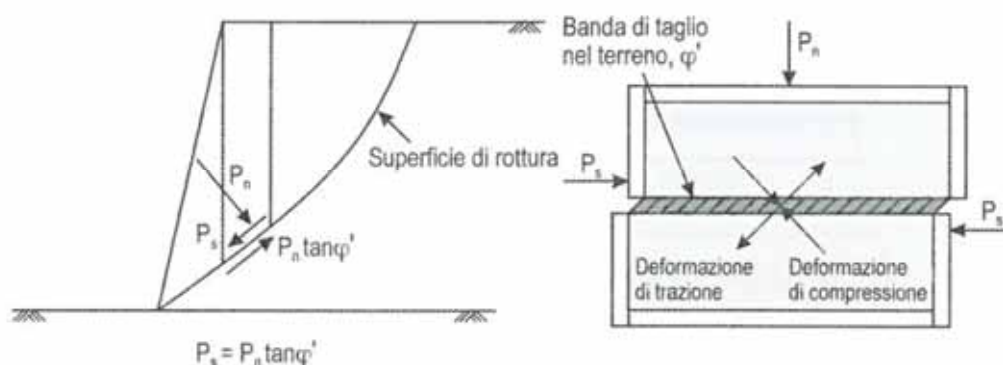


Figura 16 - Rottura e deformazioni di taglio nei terreni (Jewell e Wroth, 1987)

La resistenza a taglio mobilizzata dal terreno lungo un tratto  $\Delta L$  di una generica superficie di rottura, in un terreno granulare, può essere correlata alla forza normale  $P_n$

agente lungo la superficie stessa tramite l'angolo di resistenza al taglio efficace  $\varphi'_m$  secondo il criterio di rottura di Coulomb:

$$P_r = P_n \cdot \operatorname{tg} \varphi'_m$$

con

$\varphi'_m$  angolo di resistenza al taglio mobilizzato per un dato valore di deformazione a taglio.

L'inserimento di un rinforzo nel terreno altera l'equilibrio delle forze agenti al suo interno poiché l'elemento incluso, interagendo con il terreno stesso, si oppone alla deformazione di trazione determinando l'insorgere di una forza che si aggiunge alla forza resistente mobilizzata, come viene mostrato nell'immagine sotto riportata.

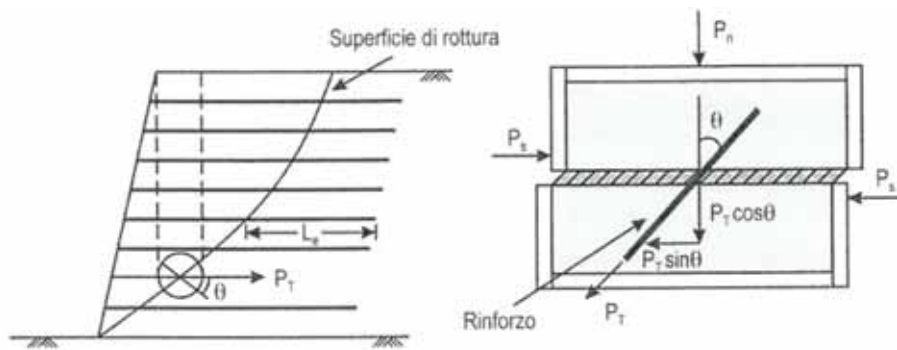


Figura 17 - Effetto dell'inserimento del rinforzo nel terreno (Jewell e Wroth, 1987)

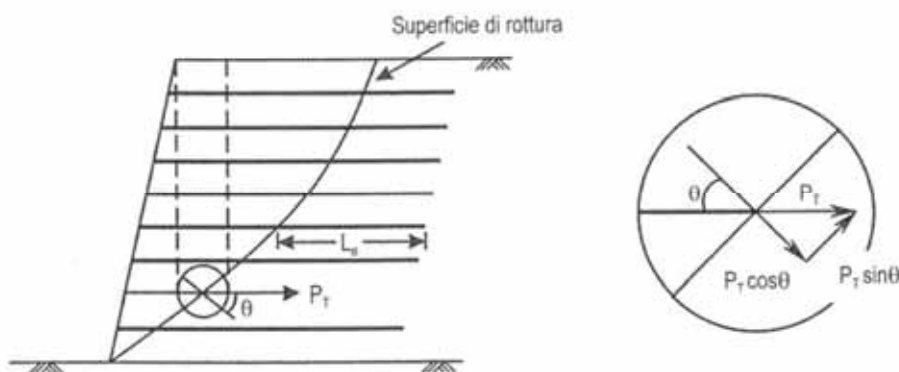


Figura 18 - Forza mobilizzata dal rinforzo

Come osservabile dall'immagine precedente la forza  $P_T$  mobilizzata dal rinforzo, in relazione ad un determinato livello di deformazione, può essere scomposta in due componenti, una normale alla superficie di taglio ed una parallela alla superficie stessa.

In definitiva la resistenza complessiva  $P_{\text{rot}}$  mobilizzata lungo il tratto  $\Delta L$  della generica superficie di taglio sarà determinata dal contributo della forza normale  $P_n$  e della forza  $P_T$  attraverso la seguente relazione:

$$P_r = P_n \cdot \text{tg } \varphi'_m + P_T \cdot (\cos \theta \cdot \text{tg } \varphi' + \text{sen } \theta)$$

Il rinforzo pertanto contribuisce all'equilibrio del sistema fornendo una forza parallela alla forza resistente mobilizzata dal terreno e con una forza che sommandosi a quella normale produce un aumento della resistenza attrittiva mobilizzata. Dal punto di vista tensionale il rinforzo genera un incremento delle tensioni orizzontali di confinamento ed in tal modo un terreno rinforzato si deformerà in misura minore di quanto accadrebbe in assenza di elementi resistenti a trazione. Affinché il sistema terreno-rinforzi sia efficace e tale da garantire l'equilibrio risultano necessarie tre condizioni fondamentali:

- Necessità di trasferimento di tensioni tra terreno e rinforzi;
- Rinforzi deformabili per mobilizzare la resistenza a trazione e contribuire alla stabilità;
- Deformazioni del rinforzo compatibili con quelle del terreno.

### 2.1.1 Trasferimento delle tensioni

Il trasferimento delle tensioni tra terreno e rinforzi avviene attraverso la mutua interazione tra i due elementi, manifestandosi lungo la superficie di contatto e può essere rappresentata come sforzi tangenziali all'interfaccia. Ai fini del dimensionamento di un'opera in terra rinforzata risulta fondamentale determinare le forze di interazione che consentono il trasferimento tensionale dal terreno al rinforzo (L2) e viceversa, in modo da trasmettere le spinte orizzontali dal cuneo attivo alla zona passiva del terreno.

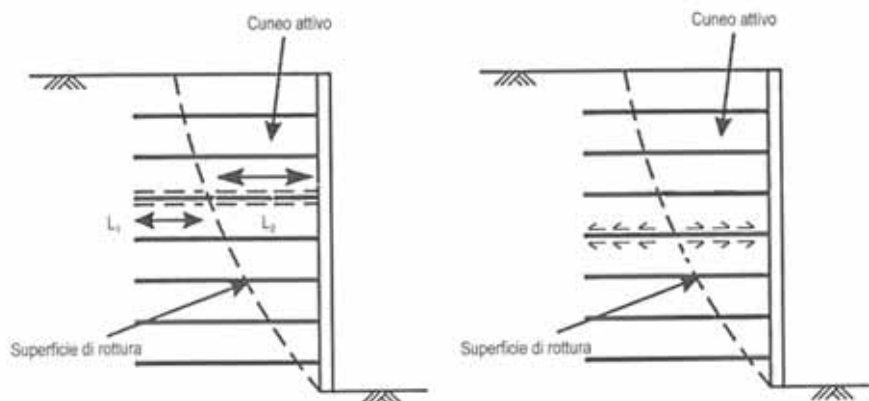


Figura 19 - Trasferimento delle spinte orizzontali dal cuneo attivo al rinforzo e da quest'ultimo alla zona passiva del terreno

### 2.1.2 Deformazione dei rinforzi

Soggetto all'azione di forze esterne e del peso proprio il terreno di una terra rinforzata si deforma e le tensioni che si generano vengono trasferite ai rinforzi, che a loro volta subiscono processi di deformazione. Affinché i rinforzi contribuiscano alla resistenza a trazione e quindi alla stabilità del pendio, essi dovranno essere disposti opportunamente all'interno del rilevato strutturale. Di seguito si riporta la rappresentazione schematica di un pendio in cui, come è noto, le direzioni delle superfici di scivolamento potenziale cambiano in relazione alla rotazione degli assi degli sforzi principali. In corrispondenza delle intersezioni delle superfici di scivolamento potenziali è possibile determinare le direzioni delle deformazioni di compressione e di trazione. Risulta quindi evidente che posizionando i rinforzi orizzontalmente nel terreno, questi vengono a trovarsi all'interno dell'arco delle deformazioni a trazione, in maniera tale che, deformandosi, entrino in trazione e mobilitino la propria resistenza che, trasferita al terreno, ne limita le deformazioni orizzontali aumentandone la stabilità.

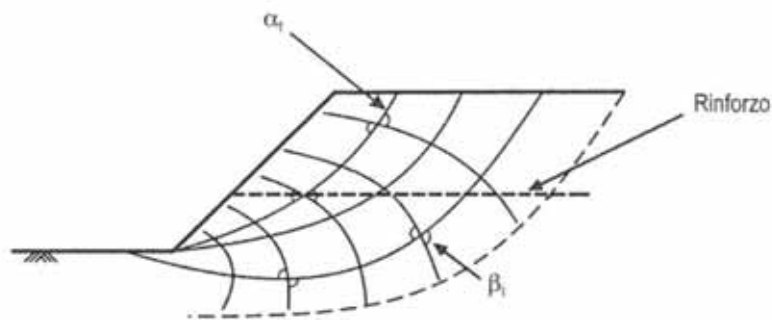


Figura 20 - Campo di deformazione di un rilevato

Il campo di deformazione potrebbe però assumere una diversa configurazione in quanto i rinforzi stessi potrebbero costituire superfici di scivolamento preferenziali poiché caratterizzati da un angolo di resistenza al taglio rinforzo-terreno inferiore rispetto a quello del terreno stesso. Al fine di evitare rotture in corrispondenza di tale interfaccia è necessario posizionare i rinforzi orizzontalmente e verificare che non vi siano condizioni per le quali si generino rotture per scivolamento piano del terreno lungo i rinforzi.

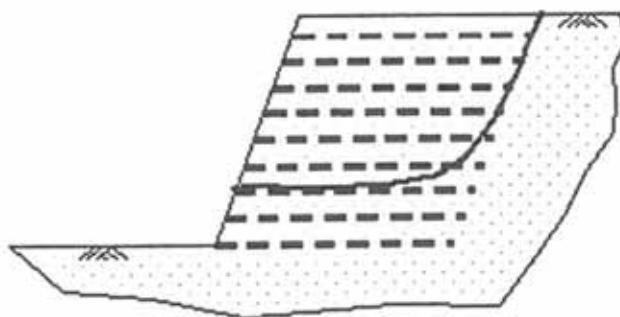


Figura 21 - Superficie di scivolamento lungo il piano di un rinforzo

### 2.1.3 Compatibilità delle deformazioni

Affinché in rinforzi inseriti nel terreno possano fornire un contributo significativo alla stabilità del rilevato strutturale deve essere garantita la compatibilità delle deformazioni tra gli elementi in esame, ossia è necessario che la resistenza mobilizzata dai rinforzi sia compatibile con un campo di deformazioni accettabili per il rilevato. In un terreno, durante la rottura, la resistenza al taglio mobilizzata varia lungo la superficie di taglio al variare della deformazione. In un terreno granulare addensato, ad esempio, si verifica un aumento della resistenza al taglio fino ad un valore detto di picco e successivamente una diminuzione fino al raggiungimento di un valore minimo che rimane costante al variare della deformazione.

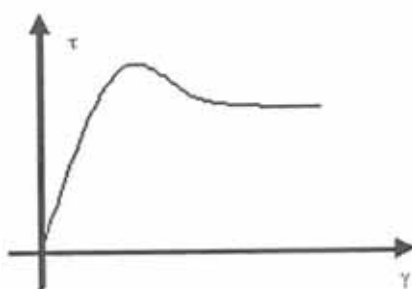


Figura 22 - Andamento dello sforzo di taglio mobilizzato

La resistenza al taglio mobilizzata durante la prova può essere espressa mediante la relazione:

$$\tau = \sigma' \cdot \text{tg } \varphi'_m$$

in cui  $\varphi'_m$  è il valore dell'angolo di resistenza al taglio mobilizzato per un determinato livello di deformazione. Le pressioni orizzontali presenti in un terreno a causa dei pesi propri e dei carichi esterni, possono essere correlate alle pressioni verticali tramite il cosiddetto coefficiente di spinta  $k_h = \frac{\sigma_h}{\sigma_v}$ . Tale coefficiente però non è costante ma varia in funzione della resistenza al taglio mobilizzata dal terreno quando questo si deforma. In particolare nel caso di deformazioni orizzontali di estensione, come accade nel terreno a tergo di un'opera di sostegno quando questa si sposta orizzontalmente, l'aumento di resistenza al taglio mobilizzata dal terreno determina una diminuzione delle pressioni orizzontali. Si riporta la rappresentazione grafica del comportamento in termini di spinta al variare della deformazione orizzontale, dove  $K_a$ , coefficiente di spinta attiva, e  $K_p$ , coefficiente di spinta passiva, sono i valori assunti dal rapporto  $\frac{\sigma_h}{\sigma_v}$ , nel caso di deformazioni rispettivamente di distensione e di compressione.

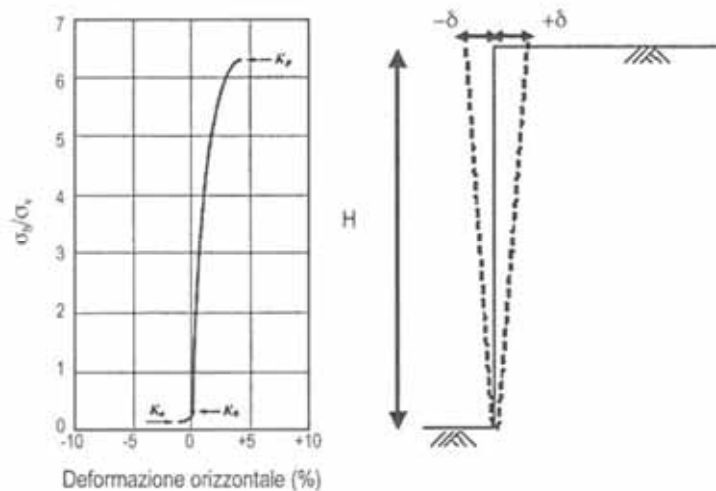


Figura 23 - Andamento del coefficiente di spinta orizzontale in relazione alla deformazione

Il cosiddetto stato attivo, in cui  $K_h$  assume il valore minimo pari a  $K_a$ , viene raggiunto per valori del rapporto  $\frac{\delta}{h}$  variabile tra lo 0.1% e lo 0.5% (Lambe e Whitman, 1969; Lancelotta, 1191).

La variazione della pressione orizzontale con la deformazione induce una variazione della spinta orizzontale esercitata dal terreno e pertanto la forza orizzontale che deve



essere resa disponibile dai rinforzi per contrastare tale spinta e garantire l'equilibrio, varierà in funzione del livello di deformazione del terreno. Si riporta quindi la rappresentazione grafica dell'andamento della variazione di spinta orizzontale del terreno in funzione della deformazione e l'andamento della resistenza mobilizzata dai rinforzi, congiuntamente alla sovrapposizione dei due diagrammi per la determinazione dei punti di compatibilità.

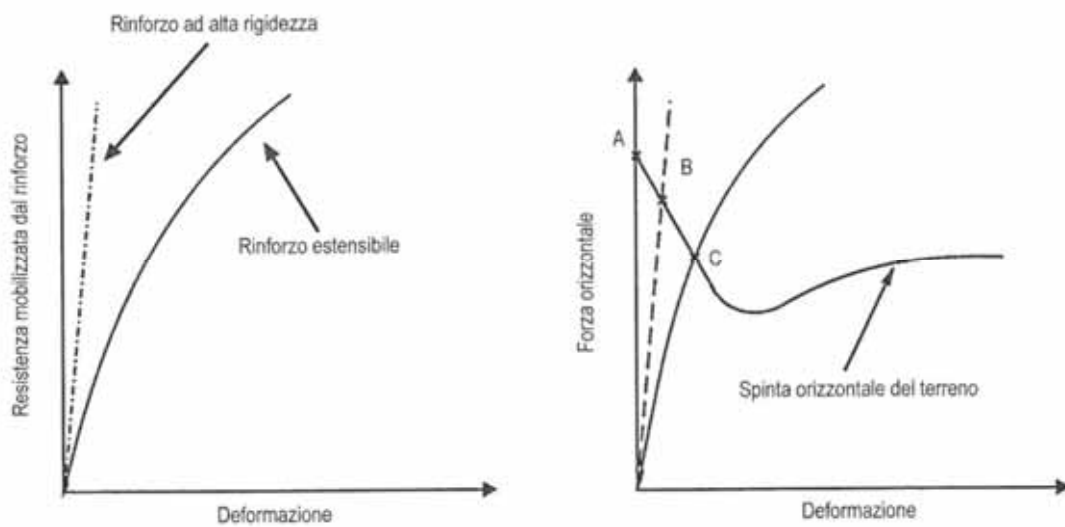


Figura 24 - Diagramma di compatibilità delle deformazioni rinforzo-terreno

### 3 Inquadramento normativo

#### 3.1 Federal Highway Administration (FHWA NHI-10-024) – U.S.

La normativa statunitense, redatta dalla Federal Highway Administration (FHWA) in accordo con il National Highway Institute (NHI) e denominata FHWA NHI-10-024, prescrive le modalità di calcolo e verifica delle opere in terra rinforzata attraverso l'impiego di un approccio definito "LFRD" (*Load and Resistance Factors Design*), prevedendo l'applicazione di coefficienti per i carichi e le resistenze.

In relazione a quanto prescritto dalla norma le verifiche da effettuare, oltre a quelle di stabilità globale al fine di individuare la più probabile superficie di rottura, sono di due tipi e precisamente:

- Verifiche di stabilità esterna (Scivolamento e capacità portante)
- Verifiche di stabilità interna (Massima resistenza a trazione dei rinforzi e resistenza allo sfilamento dei rinforzi)

Di seguito si riportano le formulazioni per il calcolo della  $T_r$  (*Allowable Tensile Resistance*) e della  $L_e$  (*Embedment Length Request*), ossia i valori di progetto rispettivamente della resistenza ammissibile a trazione e della lunghezza di ancoraggio minima richieste per i rinforzi.

$$T_r = \frac{T_{ult}}{FS_{DDI} \cdot FS_{CR} \cdot F_{SD}} \cdot \phi$$

In cui:

$T_{ult}$  è la resistenza ultima a trazione del rinforzo ottenuta da test di laboratorio;

$FS_{DDI}$ ,  $FS_{CR}$ ,  $F_{SD}$  sono i coefficienti riduttivi rappresentativi rispettivamente del danno da installazione, del creep e della durabilità direttamente forniti dal produttore;

$\phi$  è il coefficiente parziale di sicurezza, assunto pari a 0.90.

$$L_e \geq \frac{T_{max}}{\phi \cdot F^* \cdot \alpha \cdot \sigma_v \cdot C \cdot R_c} \geq 1m$$

Dove:

$T_{max}$  è la massima resistenza a trazione del j-esimo rinforzo;

$\phi$  è il coefficiente parziale di sicurezza, assunto pari a 0.90;

$F^* = 0.67 \cdot \text{tg}\phi$  è il coefficiente di resistenza a sfilamento;

$\alpha$  è il fattore di scala;

$\sigma_v$  è il valore della pressione verticale non fattorizzata al j-esimo rinforzo;

C è un coefficiente specifico per il tipo di rinforzo utilizzato;

$R_c$  è il rapporto di copertura.

<i>Design Aspect</i>	<i>Description</i>
Design Methodology	Load and Resistance Design (LFRD)
Geometry	The minimum length required is 0.70H, where H is the total geometric height
Wall Embedment	Is required and can be considered or not in the passive resistance
Reinforced soil parameters	Soil resistance is based on peak values
Loads	Four different combinations are established. Resistance I, Service I, Extremely Event I, Extremely Event II. For almost all the cases the Limit Strength I and Service Limit State I, governs the design.
Sliding	The simplest evaluation of sliding at the base (soil-soil) $P_D \leq \mu \cdot R_v \cdot 1 \cdot \text{tg}\phi'_f$ , where friction coefficient $\mu = 1 \cdot \text{tg}\phi'_f$
Load eccentricity	FHWA defines two different eccentricity, $e$ and $e_b$ , to the evaluation of load eccentricity and bearing capacity analysis, respectively
Bearing capacity	The bearing capacity is evaluated by $q_n = c_f N_c + 0.5 L'_f N_f$
Maximum tensile load at reinforcement	Maximum tensile loads at j reinforcement layer, is estimated using Coulomb's thrust theory, considering a wall without friction and with no slopes on the wall and applying the pressure on a contributed area of influence
Maximum tensile line	This line is defined by the potential slip internal surface. For FHWA, the rupture line of the active wedge is localized at $45 + \phi/2$ of the horizontal and is used to evaluate the pullout
Design tensile resistance	$T_r = \frac{T_{ult}}{FS_{DDI} \cdot FS_{CR} \cdot F_{SD}} \cdot \phi$
Active length	Is calculated using the predefined maximum tensile line $L_u = (H - Z_i) \cdot \text{tg}(45 - \frac{\phi}{2})$
Passive Length	Le is estimated by $L_e = L - L_a$ , and have to be compared with $L_{ereq}$

### 3.2 *British Standard 8006-1 (2010) – Gran Bretagna*

La normativa, che definisce i principali tipi di rinforzo dei terreni, nasce dall'evoluzione della norma BS 8006 del 1995 che si basa sui principi di progettazione agli stati limite mediante l'utilizzo di coefficienti parziali di sicurezza. In tale documento vengono analizzati requisiti richiesti ai materiali che costituiscono l'opera in terra rinforzata, ossia i terreni di riempimento, i materiali di rinforzo e gli eventuali elementi di facciata. A tal scopo vengono definiti:

- Tipo di terreno utilizzabile;
- Distribuzione granulometrica;
- Modalità di compattazione;
- Modalità per la definizione dei fattori chimici, biologici ed ambientali che possono provocare la degradazione del rinforzo nel tempo.

In relazione alle indicazioni sulla resistenza a taglio mobilitata dai terreni che costituiscono il blocco rinforzato, la norma raccomanda di utilizzare il valore dell'angolo di resistenza al taglio di picco  $\varphi_p$ .

Per quanto riguarda i geosintetici di rinforzo vengono indicate le analisi necessarie per la definizione delle proprietà fisiche, meccaniche e di durabilità del rinforzo e per la resistenza a trazione di progetto del geosintetico di rinforzo, la norma raccomanda di utilizzare il valore minimo tra la resistenza a trazione a lungo termine riferita ai criteri di rottura per *creep* e deformazione ammissibile per *creep*.

I metodi di progettazione descritti sono basati sui principi degli stati limite ultimi e di esercizio, garantendo margini di sicurezza nei riguardi dello stato limite considerato attraverso l'impiego di coefficienti parziali di sicurezza applicati ai carichi, ai materiali ed alle resistenze.

Gli stati limite nei confronti dei quali eseguire le verifiche sono:

- Crollo o gravi danni;
- Deformazioni non ammissibili
- Danni di lieve entità tali da pregiudicare il funzionamento della struttura.

Di seguito si riportano in tabella i valori dei coefficienti parziali da utilizzare nelle verifiche.

Fattori parziali		Stato limite ultimo	Stato limite di esercizio
Terreni	da applicare a $\tan\phi'_p$	$f_{m1} = 1,0$	$f_{m2} = 1,0$
	da applicare a $c'$	$f_{m3} = 1,6$	$f_{m4} = 1,0$
	da applicare a $c_s$	$f_{m5} = 1,0$	$f_{m6} = 1,0$
Interazione terreno-rinforzo	scivolamento su una superficie di rinforzo	$f_s = 1,3$	$f_t = 1,0$
	sfilamento del rinforzo	$f_p = 1,3$	$f_f = 1,0$

Figura 25 - Tabella dei coefficienti parziali

Per la vita di progetto la norma BS8006-1 del 2010 prevede cinque classi e precisamente:

- Opere provvisorie (Vita di progetto da 1 a 5 anni);
- Opere provvisorie (Vita di progetto da 5 a 10 anni);
- Opere industriali (Vita di progetto da 10 a 50 anni);
- Opere permanenti (Vita di progetto di 60 anni);
- Opere permanenti (Vita di progetto di 120 anni).

Le verifiche di stabilità interna devono essere condotte per verificare l'integrità del blocco rinforzato in relazione allo stato limite di rottura per trazione dei rinforzi ed allo stato limite di sfilamento dei rinforzi applicando la seguente formulazione per calcolare rispettivamente la massima resistenza a trazione e la massima resistenza a sfilamento, data come minima lunghezza del rinforzo.

$$T_{DFinal} = \frac{T_{char}}{RF_{CR} \cdot RF_{ID} \cdot RF_W \cdot RF_{CH} \cdot f_s} \cdot \frac{1}{f_n}$$

$$L_{ej} \geq \frac{T_j \cdot f_p \cdot f_n}{2 \cdot \mu \cdot (f_{fs} \cdot \gamma_1 \cdot h_j + f_f \cdot w_s)}$$

In cui:

$T_{char}$  è la resistenza caratteristica a trazione;

$RF_{CR}, RF_{ID}, RF_W, RF_{CH}$  sono coefficienti parziali di sicurezza così come  $f_n$  ed  $f_s$ ;

$L_{ej}$  è la minima lunghezza richiesta per il rinforzo j-esimo;

$\mu$  è il coefficiente d'attrito tra terreno e rinforzo;

$f_{fs}, f_f$  sono coefficienti parziali di sicurezza

### 3.3 EBGEO – Germania

L'organizzazione tedesca di meccanica delle terre ha sviluppato un documento intitolato "Raccomandazioni per il progetto e l'analisi di strutture in terra con l'uso di rinforzi geosintetici" (EBGEO 2010) per il progetto e la costruzione di muri e pendii in terra rinforzata, prevedendo un approccio tipo "LFRD" (Load and Resistance Factors Design) e l'applicazione di coefficienti di sicurezza parziali per i carichi e le resistenze. In termini di analisi di stabilità sia esterna che interna, la norma non fornisce una netta distinzione, ma prescrive che al fine di garantire la stabilità di tutte le potenziali superfici di scorrimento che possano esistere per diversi valori dell'angolo  $\theta$ :

- Nelle analisi di stabilità esterna gli stati limite da indagare siano quelli per lo scorrimento (STR), per la capacità portante (STR), per l'equilibrio (EQU) e per la stabilità globale (GEO);
- Nelle analisi di stabilità interna venga effettuata una valutazione in termini di forza resistente di progetto  $R_d$ , calcolata come il minore tra il valore di massima resistenza a trazione del rinforzo  $R_{Bd}$  (STR) e il valore di massima resistenza allo sfilamento  $R_{Ad}$ .

La resistenza di progetto dei rinforzi è fornita dalla seguente formulazione:

$$R_{B,d} = \frac{R_{B,k0}}{A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4 \cdot A_5 \cdot \gamma_M}$$

In cui

$R_{B,k0}$  è il valore caratteristico di resistenza a trazione del rinforzo;

$A_1, A_2, A_3, A_4, A_5$  sono coefficienti riduttivi legati ai fenomeni di *creep*, errori di montaggio, regolarità e bontà delle connessioni, degradazione chimica e biologica, azioni dinamiche da impatto

$\gamma_M$  è il coefficiente di sicurezza parziale relativo al rinforzo.

La resistenza allo sfilamento per i rinforzi è calcolata come:

$$R_{A,k} = 2 \cdot \sigma_{v,k} \cdot L_A \cdot \frac{f_{sg,k}}{\gamma_B}$$

In cui

$\sigma_{v,k}$  è la pressione verticale al j-esimo rinforzo;

$L_A$  è la lunghezza di ancoraggio esistente per ogni angolo  $\theta$ ;

$f_{sg,k}$  è il coefficiente d'attrito all'interfaccia rinforzo-terreno, da assumere come  
 $0.50 \cdot \operatorname{tg} \varphi$

$\gamma_B$  è il coefficiente parziale di sicurezza.

### 3.4 Norme tecniche per le costruzioni – D.M. 14.01.2008 - Italia

La normativa italiana, rappresentata dal D.M. 14.01.2008 **“Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”** e dalle successive **“Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”** del 2009, scaturisce da un lungo ed attento processo di analisi della risposta delle opere ingegneristiche nei confronti dell'azione indotta dal sisma, poiché è proprio in questi documenti che vengono introdotti concetti fondamentali per la caratterizzazione sismica quali l'amplificazione dovuta alle peculiarità topografiche, stratigrafiche e geotecniche del sito ed i criteri per eseguire le verifiche necessarie al dimensionamento dell'opera.

Di seguito si svilupperanno considerazioni generali sugli aspetti principali introdotti dalla normativa in esame e analisi riguardo a concetti innovativi quali le valutazioni prestazionali dei sistemi geotecnici con particolare riferimento alle opere di consolidamento in terra rinforzata.

#### 3.4.1 Principi fondamentali

Con l'introduzione del D.M. 14.01.2008, in recepimento delle normativa europea basata sugli Euro codici, si è verificata la svolta dal concetto di tensione ammissibile a quello di stato limite, prediligendo l'aspetto prestazionale rispetto a quello di pura resistenza.

In particolare le opere e le componenti strutturali devono essere progettate in modo tale da consentirne la prevista utilizzazione, in forma economicamente sostenibile e con il livello di sicurezza previsto dalla norma stessa. In tal senso la sicurezza e le prestazioni devono essere, appunto, valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale, poiché per definizione lo stato limite è la condizione per la quale l'opera non è più in grado di soddisfare ai requisiti di progetto. Nello specifico la progettazione dovrà essere effettuata verificando la sicurezza nei confronti di stati limite

ultimi (SLU) e la sicurezza nei confronti degli stati limite di esercizio (SLE). I principali Stati Limite Ultimi e Stati Limite di Esercizio, così come definiti al cap. 2.2.1 del D.M. 14.0.2008 sono:

#### STATI LIMITE ULTIMI

- Perdita di equilibrio della struttura o di una sua parte;
- Spostamenti o deformazioni eccessive;
- Raggiungimento della massima capacità di resistenza di parti di strutture, collegamenti, fondazioni;
- Raggiungimento della massima capacità di resistenza della struttura nel suo insieme;
- Raggiungimento di meccanismi di collasso nei terreni;
- Rottura di membrature e collegamenti per fatica;
- Rottura di membrature e collegamenti per altri effetti dipendenti dal tempo;
- Instabilità di pari della struttura o del suo insieme.

#### STATI LIMITE DI ESERCIZIO

- Danneggiamenti locali che possano ridurre la durabilità della struttura, la sua efficienza o il suo aspetto;
- Spostamenti e deformazioni che possano limitare l'uso della costruzione, la sua efficienza ed il suo aspetto;
- Spostamenti e deformazioni che possano compromettere l'efficienza e l'aspetto di elementi non strutturali, impianti, macchinari;
- Vibrazioni che possano compromettere l'uso della costruzione;
- Danni per fatica che possano compromettere la durabilità;
- Corrosione e/o eccessivo degrado di materiali in funzione dell'ambiente di esposizione.

#### *3.4.2 Valutazione della sicurezza*

Secondo la norma per la valutazione della sicurezza delle costruzioni si devono adottare i criteri del metodo semiprobabilistico agli stati limite basati sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza, verificando che la struttura abbia sufficienti risorse di



resistenza rispetto alle sollecitazioni indotte dalle azioni di cimento statico e dall'azione del sisma.

Per la sicurezza strutturale, la resistenza dei materiali e le azioni sono rappresentate dai valori caratteristici,  $R_{ki}$  e  $F_{kj}$ , definiti rispettivamente come il frattile inferiore delle resistenze ed il frattile delle azioni che minimizzano la sicurezza. In genere i frattili sono assunti pari al 5%. Per le grandezze con piccoli coefficienti di variazione, ovvero grandezze che non riguardino univocamente resistenze o azioni, si possono considerare frattili al 50% (valori mediani).

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza si effettua con il metodo dei coefficienti parziali di sicurezza, espresso dall'equazione formale:

$$R_d \geq E_d$$

In cui:

$R_d$  = Resistenza di progetto, valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali ed ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate

$E_d$  = Valore di progetto dell'effetto delle azioni, valutato in base ai valori di progetto

$F_{dj} = F_{kj} \cdot \gamma_{Fj}$  delle azioni, o direttamente  $E_{dj} = E_{kj} \cdot \gamma_{Ej}$

I coefficienti di parziali di sicurezza  $\gamma_{Mj}$  e  $\gamma_{Fj}$ , associati rispettivamente al materiale  $i$ -esimo ed all'azione  $j$ -esima, tengono in conto della variabilità delle rispettive grandezze e le incertezze relative alle tolleranze geometriche ed all'affidabilità del modello di calcolo.

La verifica di tale condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali definiti rispettivamente per le azioni (A1 ed A2), per i parametri geotecnici (M1 ed M2) e per le resistenze (R1, R2 ed R3), così come meglio evidenziati nel seguito.

### 3.4.3 Azioni sulle costruzioni e loro classificazione

Si definisce azione ogni causa o insieme di cause capace di indurre stati limite in una struttura. La classificazione delle azioni si basa sul concetto di variazione della loro intensità in funzione della variabile temporale, così come riportato di seguito:

- Azioni Permanenti (G): azioni che agiscono durante tutta la vita nominale della costruzione, la cui variazione di intensità nel tempo è così piccola e lenta da poterle considerare con sufficiente approssimazione costanti nel tempo;
- Azioni Variabili (Q): azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi nel tempo;
- Eccezionali (A): azioni che si verificano solo eccezionalmente nel corso della vita nominale della struttura;
- Sismiche (E): azioni derivanti da terremoti

#### 3.4.3.1 Caratterizzazione delle azioni elementari

Si definisce valore caratteristico  $Q_k$  di un'azione variabile il valore corrispondente ad un frattile del 95% della popolazione dei massimi, in relazione al periodo di riferimento dell'azione variabile stessa. Nella definizione delle combinazioni delle azioni che possono agire contemporaneamente, i termini  $Q_{kj}$  rappresentano le azioni variabili della combinazione, con  $Q_{k1}$  azione variabile dominante e  $Q_{ki}$ , azioni variabili che possono agire contemporaneamente con quella dominante. Le azioni variabili  $Q_{kj}$  vengono combinate con coefficienti di combinazione  $\psi_{0j}$ ,  $\psi_{1j}$ ,  $\psi_{2j}$ .

Con riferimento alla durata percentuale relativa ai livelli di intensità dell'azione variabile, si definiscono:

- Valore Quasi Permanente: la media della distribuzione temporale dell'intensità; tale valore è scelto in modo da essere superato per una frazione pari al 50% del tempo di riferimento;
- Valore Frequente: il valore corrispondente al frattile 95% della distribuzione temporale dell'intensità e cioè che è superato per una limitata frazione del periodo di riferimento;

- Valore Raro: valore di durata breve ma ancora significativa nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili, ossia tiene conto della ridotta probabilità della concomitanza dell'occorrenza simultanea di due o più azioni indipendenti.

Di seguito si riportano i coefficienti parziali di combinazione di cui al cap. 2.5.3 del D.M. 14.01.2008.

**Tabella 2.5.1** – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

### 3.4.3.2 Combinazioni delle azioni

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \dots$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per valutare gli effetti a lungo termine

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica (E)

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto

$$A_d + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omissi i carichi  $Q_{kj}$  che forniscono un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi  $G_2$ .

Le verifiche agli stati limite devono essere eseguite per tutte le più gravose condizioni di carico che possono agire sulla struttura, valutando gli effetti delle combinazioni sopra definite.

#### 3.4.4 Verifiche di sicurezza e delle prestazioni dei sistemi geotecnici

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) e le analisi relative alle condizioni di esercizio (SLE) devono essere effettuate nel rispetto dei principi e delle procedure di cui al capitolo 6 del D.M. 14.01.2008.

##### 3.4.4.1 Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU)

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione in virtù della quale la somma delle resistenze di progetto deve risultare maggiore od uguale alla somma delle sollecitazioni di progetto, esplicitata mediante la seguente formulazione:

$$R_d \geq E_d$$

in cui  $E_d$  è calcolato come:

$$E_d = E[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d]$$

ovvero

$$E_d = \gamma_F \cdot E[F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d]$$

con  $\gamma_F = \gamma_E$  e dove  $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d]$$

Effetto delle azioni e resistenza sono espressi in funzione delle azioni di progetto  $\gamma_{Fk}$  dei parametri di progetto  $\frac{X_k}{\gamma_M}$  e della geometria di progetto  $A_d$ . L'effetto delle azioni

può anche essere valutato direttamente come  $E_d = \gamma_E \cdot E_k$ . Nella formulazione della

resistenza  $R_d$  compare esplicitamente un coefficiente  $\gamma_R$  che opera direttamente sulla resistenza del sistema e corrisponde essenzialmente al fattore di sicurezza che veniva utilizzato nella normativa precedente.

### 3.4.5 Coefficienti parziali per le azioni

Di seguito si riportano i coefficienti parziali  $\gamma_F$ , estrapolati dal capitolo 6.2.3.1.1 del D.M. 14.01.2008, sottolineando che il terreno e l'acqua costituiscono carichi permanenti (strutturali) qualora, nella modellazione utilizzata, contribuiscano al comportamento dell'opera con le rispettive caratteristiche di peso, resistenza e rigidezza.

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

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{G3}$	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.

Figura 26 - Stralcio normativo (Cap. 6.2.3.1.1 del D.M. 14.01.2008)

Dove:

$\gamma_{G1}$  è il coefficiente parziale del peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno e dell'acqua, quando pertinenti;

$\gamma_{G2}$  è il coefficiente parziale dei pesi propri relativo a elementi non strutturali

$\gamma_{Qk}$  è il coefficiente parziale relativo alle azioni variabili.

Nella valutazione della combinazione delle azioni i valori dei coefficienti parziali  $\gamma_{Ej}$  delle azioni da assumere per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi, sono da intendersi quelli specificati al capitolo 2.5.3 del D.M. 14.01.2008 e precedentemente riportati.

### 3.4.6 Determinazione dell'azione sismica di progetto

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria **A**), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$  con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$ . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla *pericolosità sismica* del sito.

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$  a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$  Accelerazione orizzontale massima al sito;

$F_0$  Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

$T_c^*$  Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

**Tabella 3.2.1** – Probabilità di superamento  $P_{V_R}$  al variare dello stato limite considerato

Stati Limite		$P_{V_R}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Figura 27 - Stralcio normativo (Cap. 3.2.1 del D.M. 14.01.2008)

In relazione a quanto affermato, la definizione dell'azione sismica di progetto avviene attraverso una serie di fasi, ad ognuna delle quali sono connessi parametri caratteristici che individuano univocamente le peculiarità del sito e della costruzione.

### Fase I

Individuazione della pericolosità di base del sito attraverso l'individuazione di nodi del reticolo sismico nazionale che definiscono un'area attorno al sito di intervento.

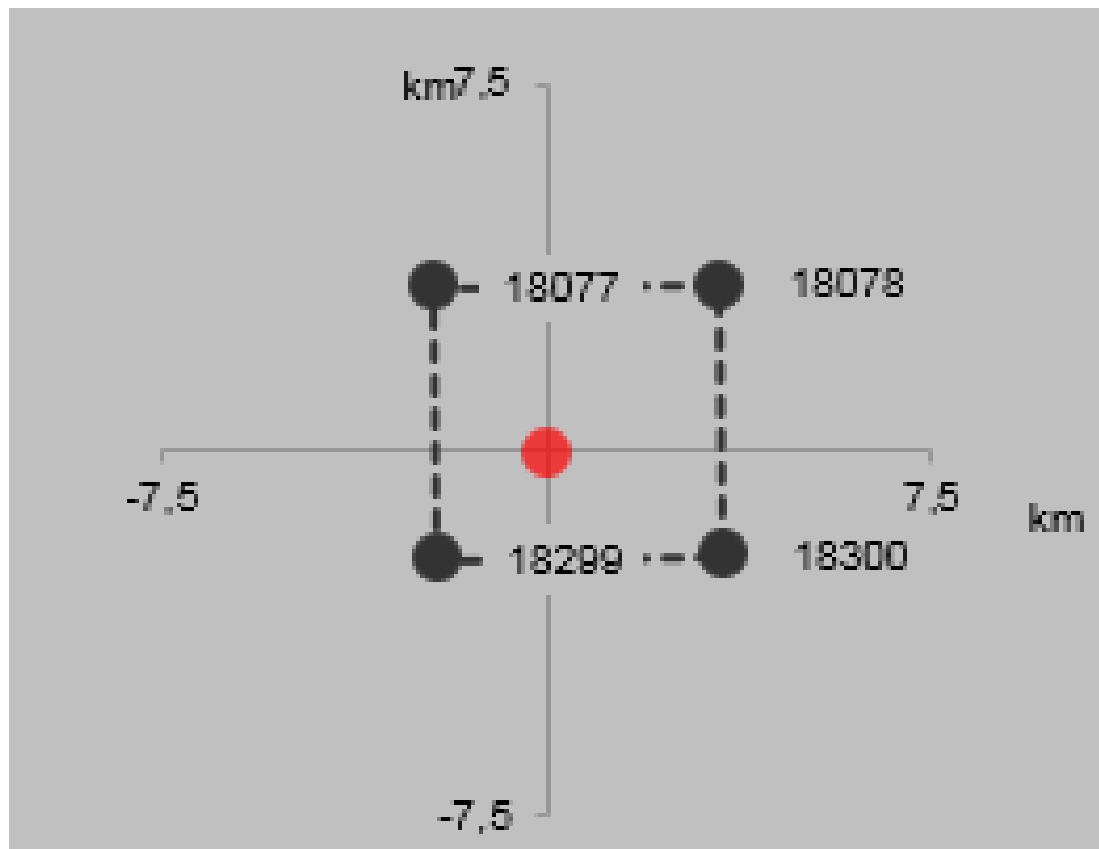


Figura 28 - Nodi del reticolo attorno al sito di progetto



## Fase II

Caratterizzazione della struttura in progetto definendone lo scopo e la vita nominale, determinando la categoria di sottosuolo ed individuando le condizioni topografiche. Di seguito si riportano gli stralci normativi relativi alla definizione dei parametri necessari.

### Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$  è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I e deve essere precisata nei documenti di progetto.

Tabella 2.4.I – Vita nominale  $V_N$  per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

Figura 29 - Stralcio normativo (Cap. 2.4.1 del D.M. 14.01.2008)

### Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

*Classe I:* Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

*Classe II:* Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

*Classe III:* 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.

*Classe IV:* Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Figura 30 - Stralcio normativo (Cap. 2.4.2 del D.M. 14.01.2008)

### Periodo di riferimento dell'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ :

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (2.4.1)$$

Il valore del coefficiente d'uso  $C_U$  è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

Se  $V_R \leq 35$  anni si pone comunque  $V_R = 35$  anni.

Figura 31 - Stralcio normativo (Cap. 2.4.3 del D.M. 14.01.2008)

## Categorie di sottosuolo

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Figura 32 - Stralcio normativo (Cap. 3.2.2 del D.M. 14.01.2008)

## Condizioni topografiche

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Figura 33 - Stralcio normativo (Cap. 3.2.2 del D.M. 14.01.2008)

### FASE III

Valutazione dei parametri spettrali, determinazione dello spettro di risposta elastico e definizione dei coefficienti sismici orizzontale e verticale da impiegare nelle verifiche allo stato limite ultimo.

Di seguito si riportano le grandezze necessarie.

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente:

$$S = S_s \cdot S_t$$

in cui:

$S_s$  è il coefficiente di amplificazione stratigrafica

$S_t$  è il coefficiente di amplificazione topografica

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_v \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_v \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_v \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_v \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Figura 34 - Stralcio normativo (Cap. 3.2.3.2.1 del D.M. 14.01.2008)

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_t$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Figura 35 - Stralcio normativo (Cap. 3.2.3.2.1 del D.M. 14.01.2008)

$F_0$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale.

$F_v$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima verticale, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno  $a_g$  su sito di riferimento rigido orizzontale

$T_b$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro.

$T_c$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante.

$T_d$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro.

In definitiva nel caso di progettazione di strutture in terra rinforzata i coefficienti sismici valgono:

$$K_h = \beta_s \cdot S_s \cdot S_t \cdot \frac{a_g}{g}$$

$$K_v = 0,5 \cdot K_h$$

### 3.4.7 Resistenze

Il valore di progetto della resistenza  $R_d$  del sistema può essere determinato fondamentalmente in tre modi, e precisamente:

- Modo analitico con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno ai quali applicare il coefficiente parziale  $\gamma_M$  e tenendo conto, ove necessario dei coefficienti  $\gamma_R$ ;
- Modo analitico con riferimento a correlazioni con i risultati di prove *in situ* tenendo conto dei coefficienti parziali  $\gamma_R$ ;
- Sulla base di misure dirette su prototipi tenendo conto dei coefficienti parziali  $\gamma_R$ ;

Di seguito si riporta la tabella relativa ai coefficienti parziali di sicurezza estrapolata dal capitolo 6.2.3.1.2 del D.M. 14.01.2008.

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

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

Si precisa che l'applicazione del coefficiente parziale relativo all'angolo di resistenza al taglio deve essere eseguita secondo la seguente formulazione:

$$\varphi'_{\text{Ridotto}} = \arctan\left(\tan \frac{\varphi'}{\gamma_\varphi}\right)$$

### 3.4.8 Analisi richieste

Per le verifiche nei confronti dello stato limite ultimo di equilibrio come corpo rigido (EQU) si utilizzano i coefficienti parziali  $\gamma_F$  riportati al punto 3.2.4.6.2 del presente elaborato. Nelle verifiche agli stati limite ultimi strutturali (STR) e geotecnici (GEO) è previsto l'impiego di due approcci progettuali.

### Approccio tipo 1

Questo tipo di approccio prevede l'impiego di due combinazioni di gruppi di coefficienti per condurre separatamente due distinte analisi:

Combinazione 1 – STR:  $A1 + M1 + R1$

Combinazione 2 – GEO:  $A2 + M2 + R2$

### Approccio tipo 2

Si impiega un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali definiti per le azioni (A), per la resistenza dei materiali (M) e, eventualmente, per la resistenza globale (R).

Combinazione:  $A1 + M1 + R3$

### *3.5 Opere in terra rinforzata*

Così come riportato al capitolo 6.5 del D.M 14.01.2008, tra le strutture di tipo misto vengono annoverate le opere in terra rinforzata poiché esplicano la funzione di sostegno per effetto di trattamenti di miglioramento del terreno e per la presenza di particolari elementi di rinforzo e collegamento. Per tali opere la verifica di sicurezza deve essere eseguita allo stato limite ultimo (SLU) sia a breve che a lungo termine.

Qualora si riscontri la presenza di soli terreni drenanti, o siano realizzate opere di drenaggio che assicurino un valore pressoché nullo delle pressioni interstiziali, la verifica può essere condotta solo a lungo termine utilizzando valori di coesione e angolo di resistenza al taglio efficaci  $c'$  e  $\phi'$ . Nel caso, invece, di terreni coesivi ed in assenza di opere di drenaggio sufficienti, la verifica deve essere condotta anche a breve termine adottando il valore di coesione non drenata  $c_u$ .

Nel caso di stato limite di ribaltamento, che non prevede la mobilitazione della resistenza del terreno di fondazione, si assume lo stato limite di equilibrio del corpo rigido, adottando i coefficienti parziali tipo EQU per le azioni ed i coefficienti parziali del gruppo M2 per il calcolo delle spinte.

L'analisi di stabilità interna, infine, deve essere condotta come analisi di stati limite per il raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali o nei vincoli, per i quali si adotta la combinazione 1 dell'approccio tipo 1 (STR).

Per la generica opera in terra rinforzata, le verifiche da eseguire saranno:

1. Stabilità globale del complesso opera di sostegno terreno (GEO);
2. Stabilità esterna per scorrimento sul piano di posa (GEO);
3. Stabilità esterna per capacità portante limite dell'insieme fondazione-terreno (GEO);
4. Stabilità esterna per ribaltamento (EQU);
5. Stabilità interna per raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali, ossia dei rinforzi (STR);
6. Stabilità interna per raggiungimento della resistenza a sfilamento degli elementi strutturali, ossia dei rinforzi (STR);
7. Stabilità interna per raggiungimento della resistenza a taglio lungo le interfacce terreno-rinforzi (STR).

In definitiva le verifiche statiche saranno:

- Tipo GEO applicando l'approccio 1 – combinazione 2

$$A2 + M2 + R2$$

- Tipo EQU applicando l'approccio 1 – combinazione 2

$$EQU + M2 + R2$$

- Tipo STR applicando l'approccio 1 – combinazione 1

$$A1 + M1 + R1$$

Di seguito si riporta la tabella relativa ai coefficienti parziali di tipo R:

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$

Figura 36 - Stralcio normativo (Cap. 6.5.3.1.1 del D.M. 14.01.2008)

Nel caso particolare di analisi di stabilità globale per opere in terra rinforzata, il valore del coefficiente relativo alle resistenze assume il valore:

Coefficiente	R2
$\gamma_R$	1,1

Figura 37 - Stralcio normativo (Cap. 6.8.2 del D.M. 14.01.2008)

La normativa prevede inoltre che in caso di opera definitiva vengano eseguite verifiche anche in presenza di sisma adottando l'approccio tipo 1 – combinazione 2 (GEO) per l'analisi di stati limite per raggiungimento della resistenza del terreno. In particolare le variazioni di spinta prodotte dalle azioni sismiche sono calcolate con coefficienti parziali M2 e le forze d'inerzia sul muro sono da sommare alla spinta sismica, mentre i coefficienti parziali del gruppo A2 vengono posti pari all'unità.

Per l'analisi di stati limite per raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali o nei vincoli, viene prescritta l'adozione dell'approccio 1 – combinazione 1 (STR), nella quale però tutti i coefficienti del gruppo A1 vengono posti pari all'unità.

Le verifiche tipo GEO saranno da eseguirsi secondo l'approccio 1 – combinazione 2 e pertanto la verifica in condizioni sismiche diviene:

$$E + A2 + M2 + R2$$

Ovvero

$$E + G1 + G2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2}$$

Per le verifiche sismiche si utilizza quindi la combinazione:

$$A2 + M2 + k_h \pm k_v$$

Le strutture in terra rinforzata devono essere progettate e verificate in condizioni sia statiche sia sismiche, adottando coefficienti di sicurezza parziali specifici per ogni contingenza e le metodologie ammesse dalla norma stessa, ossia nel caso di verifiche statiche metodi dell'equilibrio limite e nel caso di verifiche sismiche metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti o metodi di analisi dinamica.

### 3.6 Considerazioni sul panorama normativo

Nei paragrafi precedenti è stata effettuata una breve analisi delle principali normative esistenti sulle opere in terra rinforzata cercando di mettere in luce i diversi approcci forniti in particolare dalle linee guida anglosassoni **BS 8006-1 (2010)**, dalle linee guida americane **FHWA NHI-10-024** e dalle linee guida tedesche **EBGEO**. Lo scopo principale di questa rassegna è stato quello di osservare in che modo le altre nazioni affrontino il problema della progettazione delle opere in terra rinforzata rispetto alla normativa vigente in Italia, rappresentata dal D.M. 14.01.2008 e relativa circolare applicativa 617/2009. Risulta evidente che le linee guida estere a cui si è fatto esplicito riferimento siano specifiche per la tipologia di opere in oggetto rispetto alla norma italiana, la quale sostanzialmente considera i manufatti in terra rinforzata fra le costruzioni di tipo misto senza fornire alcun riferimento progettuale ed esecutivo specifici. Alla stato attuale è in corso lo studio e la redazione di linee guida italiane in seguito alla diffusione ed all'efficacia mostrata dalle opere in oggetto al fine di fornire al progettista un utile ed indispensabile strumento di calcolo relativo alle modalità di progetto, di verifica, di esecuzione e di dettaglio costruttivo così come la norma stessa prescrive per le opere in conglomerato cementizio armato, acciaio o legno. Ad oggi l'onere di ottenere adeguati margini di sicurezza nelle verifiche è lasciato al progettista strutturale, il quale ha la possibilità di impiegare metodi di calcolo di comprovata affidabilità, fermo restando l'applicazione delle prescrizioni di cui al capitolo 6 "Progettazione Geotecnica" del D.M. 14.01.2008.



#### 4 Caratterizzazione reologica e meccanica dei materiali di rinforzo

I rinforzi di tipo polimerico, trattati nel presente elaborato, fanno parte di una vasta famiglia di materiali definiti geosintetici e tali prodotti, oltre alla funzione di rinforzo assolvono a svariate necessità quali la filtrazione, la separazione, il drenaggio, il contenimento e la protezione.

Il comportamento dei geosintetici è funzione dei seguenti fattori:

- Tipo di polimero di base;
- Tipo di struttura del materiale
- Presenza o assenza di rivestimento.

Di seguito sono rappresentate alcune delle principali caratteristiche rapportate ai fattori di influenza che ne condizionano il comportamento in esercizio e successivamente saranno trattate e caratterizzate individualmente le principali tipologie di geotessili impiegati come rinforzo nel consolidamento.

Caratteristica	Fattore	Tipo di polimero	Struttura del materiale	Rivestimento
Comportamento tenso-deformativo a breve termine		Si	Si	No
Comportamento tenso-deformativo a lungo termine		Si	No	No
Capacità di interazione meccanica con il terreno		No	Si	Si
Resistenza agli agenti chimico-fisici-biologici		Si	No	Si
Resistenza al danneggiamento		Si	No	Si
Permeabilità		No	Si	No
Trasmissività		No	Si	No
Protezione antierosiva		No	Si	No

Per "struttura del materiale" si intende la modalità con cui sono organizzati gli elementi che lo costituiscono siano essi componenti elementari quali ad esempio filamenti, fibre, nastri, o elementi complessi quali geosintetici dotati a loro volta di una specifica struttura.

Figura 38 - Caratteristiche e fattori di influenza

##### 4.1 Geotessili non tessuti

Sono strutture piane composte da fibre sintetiche disposte casualmente e solidarizzate mediante processi meccanici, termici o chimici. In relazione alla lunghezza delle fibre, i geotessili non tessuti si distinguono in:

- A fibra continua: monofilamento
- A fibre discontinue di varia lunghezza.

Il processo di produzione prevede che le fibre vengano depositate su un nastro trasportatore in modo da formare un letto di un determinato spessore e successivamente pressate e coesionate attraverso battitura con batterie di aghi agugliati oppure calandrate a caldo.

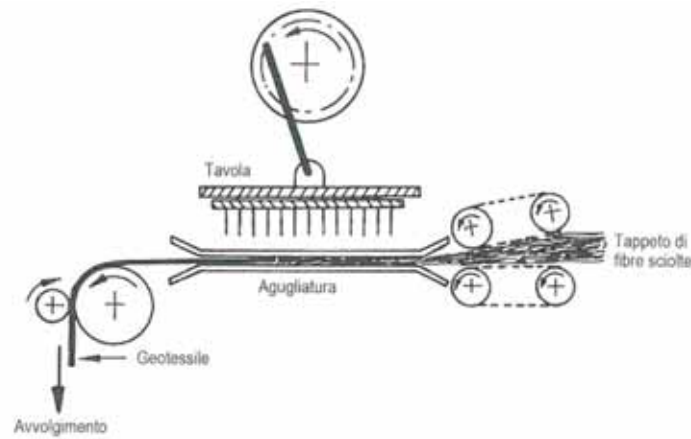


Figura 39 - Produzione di un geotessile non tessuto agugliato (Shukla, Yin, 2006)

Il risultato di questi processi genera un prodotto le cui fibre sono aggrovigliate e disposte casualmente, al punto che il materiale tende ad avere caratteristiche isotrope in termini di resistenza meccanica. La disposizione casuale delle fibre favorisce un'elevata deformabilità poiché il materiale sottoposto a trazione è soggetto ad un primo allungamento dovuto al riallineamento delle fibre e successivamente ad un'ulteriore estensione causata dalla deformazione delle fibre stesse.

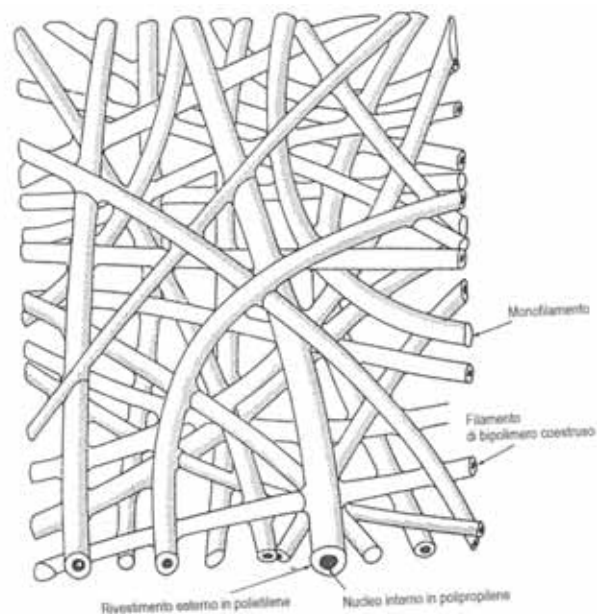


Figura 40 - Struttura microscopica di un geotessile non tessuto termosaldato (John, 1987)

La resistenza a trazione nominale dei geotessili non tessuti varia in funzione della massa aerica (massa per unità di area), del tipo di coesionamento e della natura del polimero di base; valori tipici sono compresi tra i 3 ed i 90 kN/m a fronte di deformazioni a rottura tipicamente tra il 20% e l'80%.

#### 4.2 Geotessili tessuti

I geotessili tessuti sono costituiti da strutture piane ottenute mediante la tessitura di due o più ordini di fibre disposti ad angolo retto. Tali fibre in un tessuto possono essere organizzata in maniera diversa impiegando molteplici tecniche di tessitura, ma principalmente si distinguono due tipologie fondamentali denominate rispettivamente *plain weave* e *twill weave*.

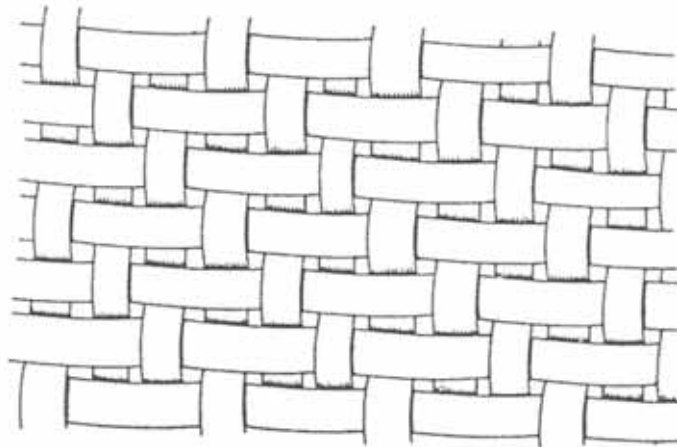


Figura 41 - Tessuto con armatura Twill Weave (Armatura di spina)

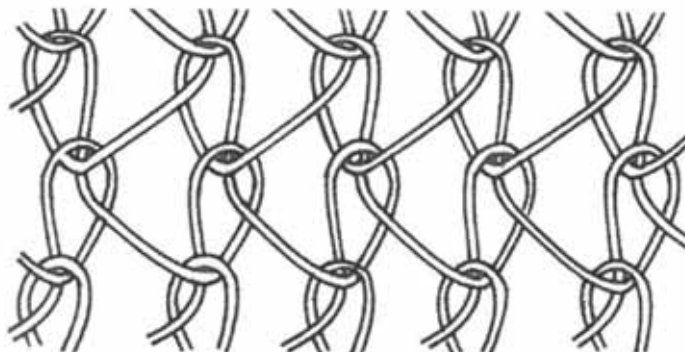


Figura 42 - Tessuto con armatura Plain Weave (Armatura a maglia)

Le modalità geometriche secondo cui sono organizzate le fibre dei tessuti ed il tipo di fili usati nella fabbricazione permettono a questi prodotti di avere un comportamento fortemente anisotropo e di raggiungere resistenze a trazione nominali molto elevate, fino a 1200 kN, a fronte di una deformabilità molto bassa, anche del 9%. L'anisotropia di questo materiale non ne pregiudica l'impiego nel campo del rinforzo dei terreni, in quanto normalmente le condizioni di deformazione sono di tipo piano. La bassa deformabilità e l'elevata resistenza invece rappresentano un vantaggio che però è in parte limitato dalla mancanza di protezione ai danneggiamenti meccanici ed all'aggressione chimico-fisico-biologica.

L'interazione con il terreno, essendo i geotessili tessuti prodotti chiusi e privi di asperità, è sostanzialmente affidata all'attrito e pertanto l'applicazione in terreni a granulometria grossolana ne comporterebbe il danneggiamento.

#### *4.3 Geogriglie estruse*

Per geogriglie si intendono geosintetici aventi una struttura aperta, generalmente maggiore del 50%, derivante dalla disposizione secondo una griglia regolare degli elementi che le costituiscono. In particolare le geogriglie estruse vengono realizzate a partire da un foglio di polipropilene (PP) o polietilene ad alta densità (HDPE) che viene punzonato secondo uno schema regolare in modo da formare aperture allineate secondo due direzioni ortogonali e parallele alla lunghezza ed alla larghezza del foglio stesso. Successivamente il foglio punzonato viene leggermente scaldato e sottoposto a trazione longitudinale allo scopo di distendere ed allungare le catene polimeriche, aumentando in tal modo il modulo di deformazione del materiale. Se il processo termina in questa fase, il risultato ottenuto è una geogriglia estrusa monoassiale, caratterizzata da aperture allungate ed adatta a sopportare un carico strutturale solamente nella direzione della stiratura ed adatta per condizioni di deformazione piana. Qualora il processo di stiratura avvenisse anche in direzione trasversale il risultato sarebbe un geogriglia biassiale, caratterizzata da aperture a maglia quadrata ed adatta a sopportare i carichi in entrambe le direzioni. Quest'ultimo tipo di geogriglia viene realizzata in polipropilene e generalmente utilizzata nel rinforzo di base. Il valore di resistenza a trazione per questa tipologia di rinforzi è variabile tra i 20 ed i 200 kN a fronte di deformazioni a rottura nell'ordine del 20-30%. La significativa resistenza nei nodi di intersezione tra elementi longitudinali e trasversali rende possibile lo sviluppo dell'interazione terreno-geogriglia

in modo molto efficace, determinando il cosiddetto effetto cerchiatura, dovuto all'incastro dei grani del terreno all'interno delle maglie e della resistenza opposta dagli elementi trasversali della geogriglia al movimento relativo rinforzo-terreno.

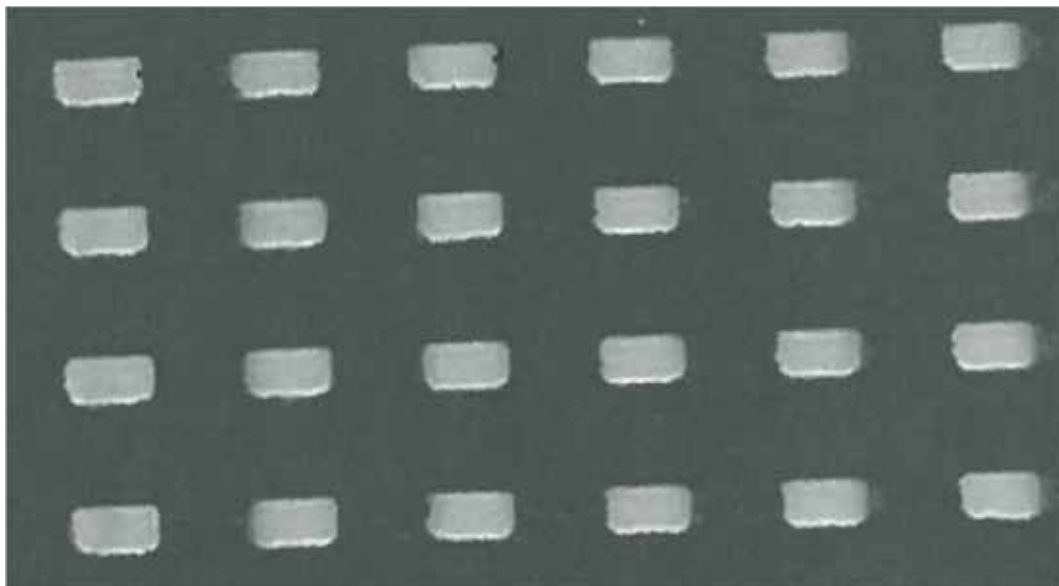


Figura 43 - Foglio di polipropilene prima del processo di stiratura (Comendini-Rimoldi, 2013)

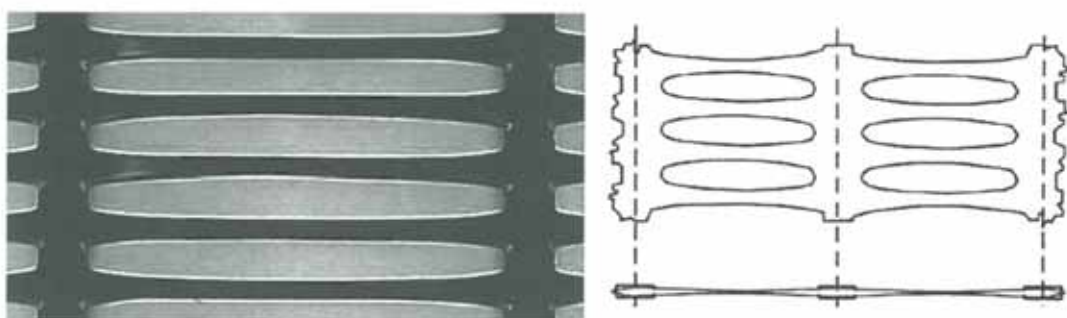


Figura 44 - Geogriglia estrusa monoassiale (Comendini-Rimoldi, 2013)

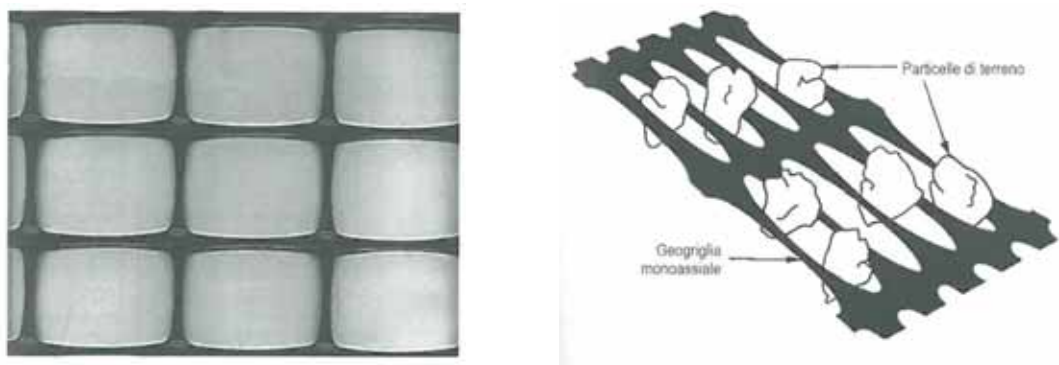


Figura 45 - Geogriglia estrusa biassiale e rappresentazione del fenomeno della cerchiatura (Shukla, Yin, 2006)

#### 4.4 Proprietà fisiche

##### 4.4.1 Massa aerica

La massa aerica è rappresentata dal peso del geosintetico rapportato all'unità di superficie. Questa caratteristica fisica viene generalmente utilizzata come indice per la verifica della qualità di un materiale di rinforzo poiché risulta, in generale, correlabile alla resistenza a trazione del materiale stesso. Per la determinazione di tale grandezza i campioni vengono tagliati con una fustella di dimensioni circolari in numero variabile a seconda delle dimensioni. La superficie complessiva dei campioni deve, secondo la norma EN 965:1995, essere 1000 cm<sup>2</sup>, per un minimo di tre campioni. I campioni così ottenuti vengono pesati e la massa aerica viene espressa secondo la relazione:

$$m.u.a. = \frac{Peso}{Superficie} = \left[ \frac{g}{m^2} \right]$$

Il valore caratteristico corrisponde al valore medio delle misure effettuate su un minimo di tre campioni.

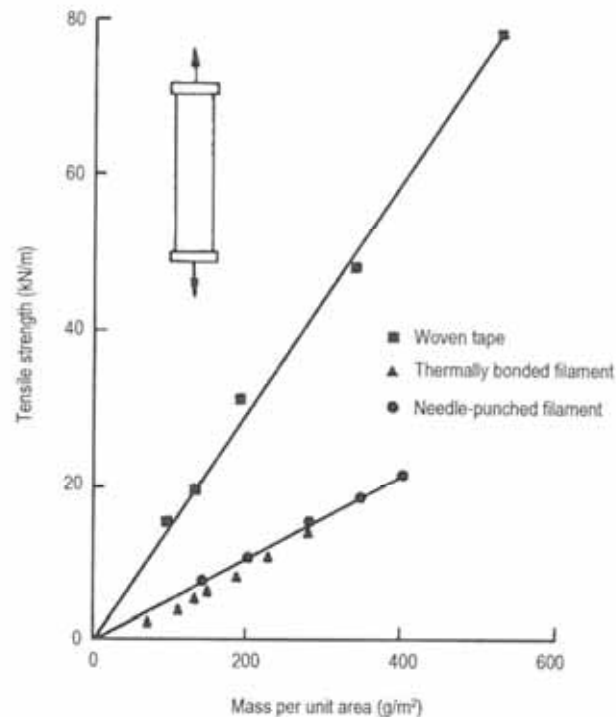


Figura 46 - Relazione tra massa aerica e resistenza a trazione (Ingold e Miller, 1988)

#### 4.4.2 Dimensioni delle maglie

Le dimensioni delle maglie rappresentano un parametro fondamentale per le geogriglie estruse poiché è in relazione ad esse che può essere innescato il fenomeno della cerchiatura, ossia l'ancoraggio del rinforzo al terreno per inclusione dei granuli all'interno della maglia stessa. Per massimizzare l'effetto di incastro dovrà essere presente nel terreno una frazione significativa con granulometria variabile nell'ordine di 0.3-0.8 volte la dimensione minima delle maglie, come riscontrabile dalla figura 40.

#### 4.5 Comportamento meccanico ed interazione con il terreno

Come precedentemente osservato, la resistenza a trazione dei geosintetici dipende da numerosi fattori quali:

- Tipologia di polimero e peso molecolare;
- Micro e macro struttura del geosintetico;
- Danneggiamento in fase di installazione;
- Regime delle temperature in fase di esercizio;
- Durata delle sollecitazioni;
- Fenomeni di degradazione dovuta ad agenti esterni.

Di seguito si riportano le curve sforzi-deformazioni per diversi polimeri, con l'intento di evidenziare la specificità di ogni prodotto impiegato e la necessità di determinarne le caratteristiche attraverso prove mirate.

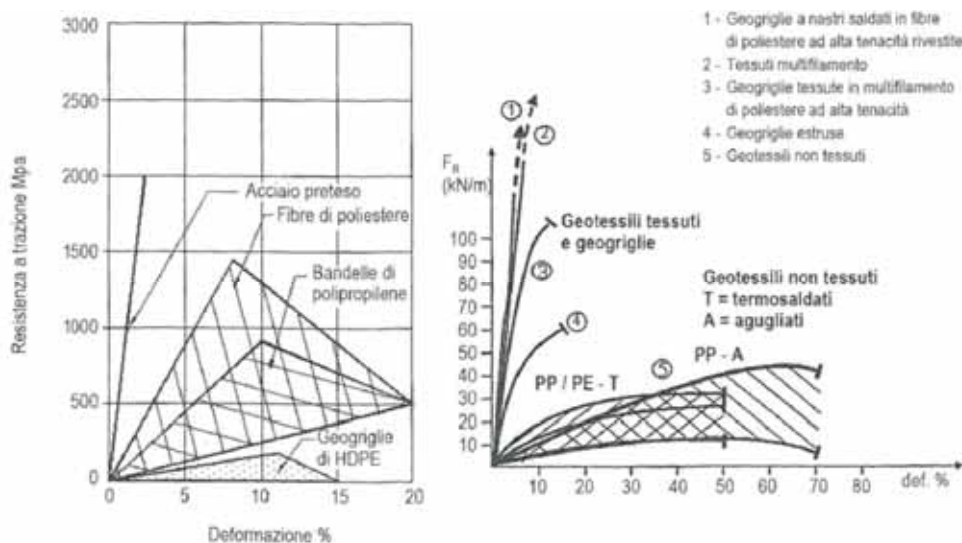


Figura 47 - Curve di variabilità sforzi-deformazioni a breve termine (Lawson, 1986)

Polimero	Peso specifico (g/cm <sup>3</sup> )	Temperatura di fusione (°C)	Resistenza a trazione a 20 °C (MPa)	Modulo di elasticità (MPa)	Deformazione a rottura (%)
PP	0,90-0,91	165	500-900	2500-9000	10-20
PET	1,22-1,38	260	500-1448	2500-18000	8-20
HDPE	0,941-0,96	130	20-200	133-1800	11-15
PVC	1,3-1,5	160	20-50	10-100	50-150

Figura 48 - Caratteristiche fisiche e meccaniche dei diversi tipi di polimero

In relazione all'approccio di calcolo adottato per il dimensionamento dell'opera in terra rinforzata sarà necessario adottare livelli di caratterizzazione del materiale con differente grado di complessità.

#### 4.5.1 Modelli comportamentali complessi

La formulazione di modelli costitutivi che tengano in considerazione il comportamento meccanico dei geosintetici soggetti a percorsi di carico differenziati costituisce un passo fondamentale nella definizione del modello matematico associato a metodi di calcolo agli elementi finiti od alle differenze finite, per lo sviluppo dei quali è necessario impiegare opportuni legami costitutivi che rappresentino in maniera significativa sia il terreno sia l'interazione terreno-rinforzo. Negli anni e con lo sviluppo della tecnica sono state effettuate numerose ricerche per analizzare il comportamento meccanico degli elementi di rinforzo soggetti a sollecitazioni di trazione monotoniche, costanti e cicliche (Bathurst e Gai, 1994; Moraci e Montanelli, 1195 e 1997; Liu e Ling, 2006 e 2007; Hirakawa, 2003; Kongkitkul, 2004; Tatsuoka, 2008), evidenziando tre tipologie di non linearità. In particolare, per le geogriglie estruse in HDPE, la rigidità tangenziale decresce all'aumentare della deformazione di trazione; per quelle tessute in PET (Polietilentereftalato) la rigidità dapprima decresce a causa dell'orientamento e della messa in trazione dei fili, e poi aumenta all'aumentare della deformazione di trazione; per le geogriglie tessute in PVA la rigidità cresce in relazione all'aumento di deformazione di trazione. La resistenza a trazione aumenta in maniera proporzionale alla velocità di applicazione del carico e mostra una significativa diminuzione all'aumentare della temperatura di prova, poiché entra in gioco la componente viscosa. In condizioni di carico ciclico si evidenziano il comportamento isteretico e l'insorgere di deformazioni plastiche del materiale e durante prove di *creep* a trazione viene



evidenziato come le deformazioni viscosi crescano all'aumentare del carico di trazione applicato e della temperatura. Di particolare interesse è il fatto che i diversi autori abbiano evidenziato che la resistenza a trazione ottenuta da prove di trazione monotoniche sia equivalente a quella ottenuta in prove di trazione *multi-step* che prevedono l'applicazione di un carico di lunga durata ed applicato in fase pre picco. Di seguito si riportano la rappresentazioni grafiche delle curve deformazioni-resistenza così come ricavate da Tatsuoka nel 2008.

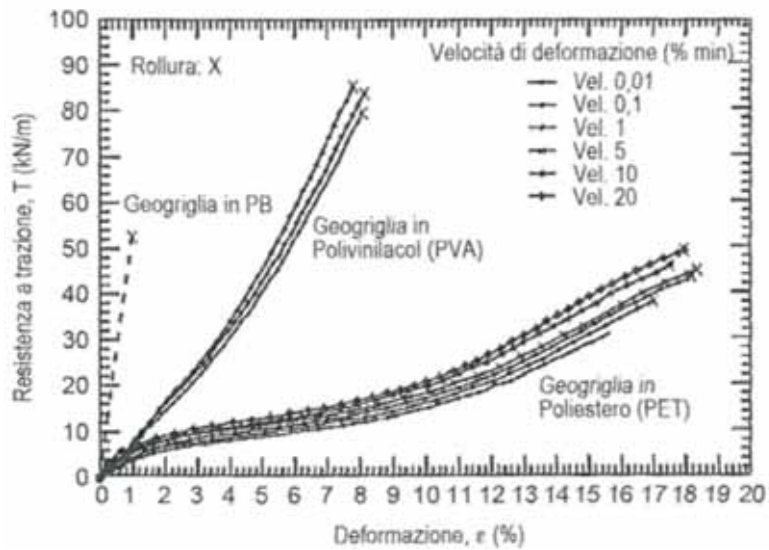


Figura 49 – Curve Sforzi-Deformazioni da prove di trazione monotoniche su geogriglie in HDPE

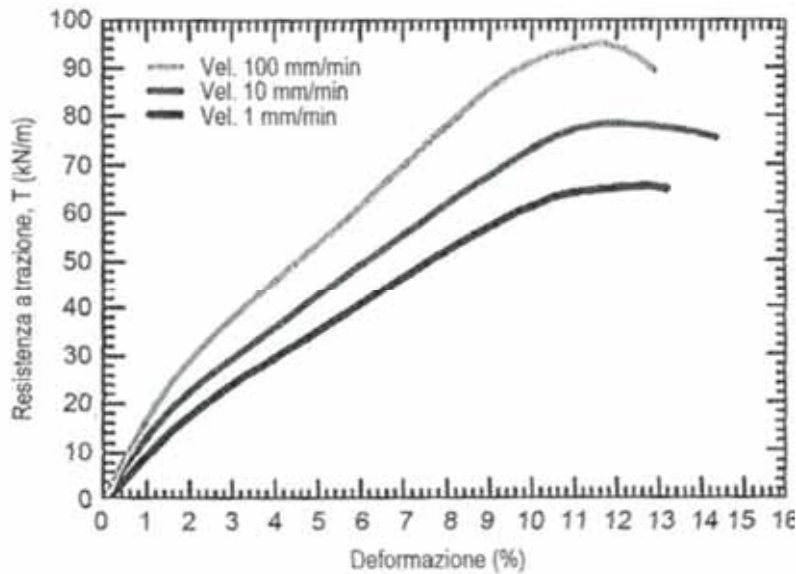


Figura 50 – Curve Sforzi-Deformazioni da prove di trazione monotoniche su geogriglie tessute in PET e PVA

#### 4.5.2 Modelli comportamentali elementari

Adottando metodi di calcolo semplificati quali l'equilibrio limite globale ed i metodi ibridi di tipo cinematico, risulta necessario approfondire la conoscenza delle caratteristiche di resistenza e rigidezza a trazione di lungo termine dei geosintetici impiegati, nonché dei parametri di attrito equivalente rappresentativi del comportamento all'interfaccia terreno-rinforzo. In relazione a quanto affermato è indispensabile introdurre il concetto di durabilità, che può essere definito come la capacità di un geosintetico di mantenere, per tutta la vita di progetto dell'opera, le caratteristiche meccaniche richieste per impedire l'insorgere di criticità nei confronti degli stati limite ultimi e di esercizio.

La resistenza dell'elemento di rinforzo può variare nel tempo per effetto del danneggiamento meccanico indotto durante la costruzione dell'opera; della dipendenza dal tempo del comportamento meccanico del materiale sottoposto all'azione dei carichi statici e dinamici; di elevate temperature; degli agenti atmosferici; di attacco chimico e biologico. Ai fini della progettazione è pertanto necessario conoscere le caratteristiche chimiche dei polimeri che costituiscono il geosintetico e la variabilità delle loro caratteristiche meccaniche in relazione all'ambiente in cui sarà inserito unitamente alle modalità di messa in opera.

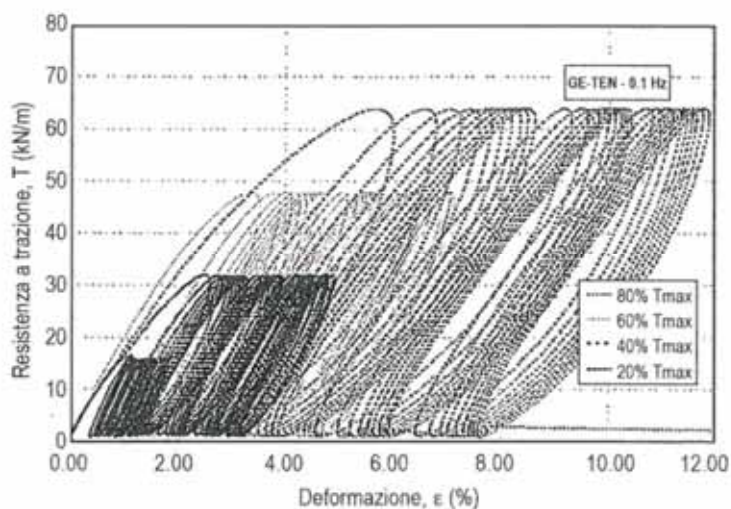


Figura 51 - Risultati di prove di trazione cicliche per una frequenza pari a 0.1Hz per diversi valori di carico ciclico massimo di trazione - (Moraci e Montanelli, 1997)

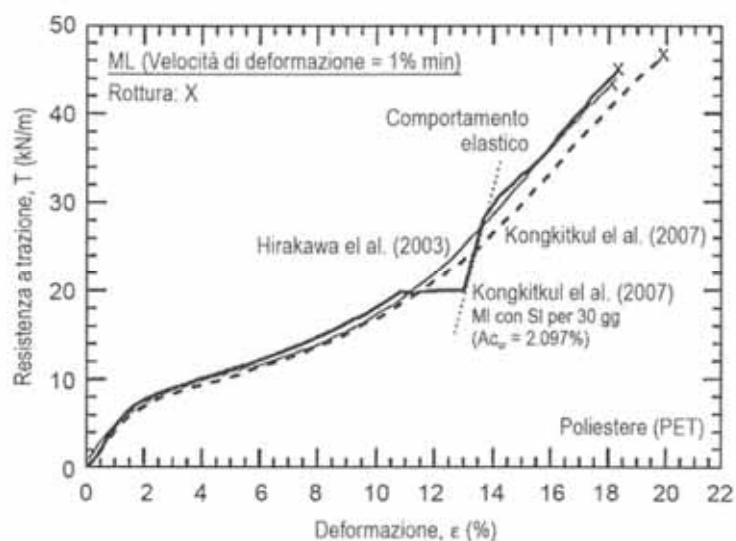


Figura 52 - Confronto tra risultati di prove di trazione monotoniche e multi-stage con fase di creep (Tatsuoka, 2008)

Si definisce resistenza a trazione a lungo termine il carico di trazione che, se applicato per tutta la vita dell'opera, produce la rottura a trazione del rinforzo alla fine della vita stessa dell'opera, generalmente assunta per le strutture in terra rinforzata permanenti pari a 100-120 anni in relazione alla normativa adottata. La deformazione che corrisponde a tale carico è definita *deformazione a lungo termine*.

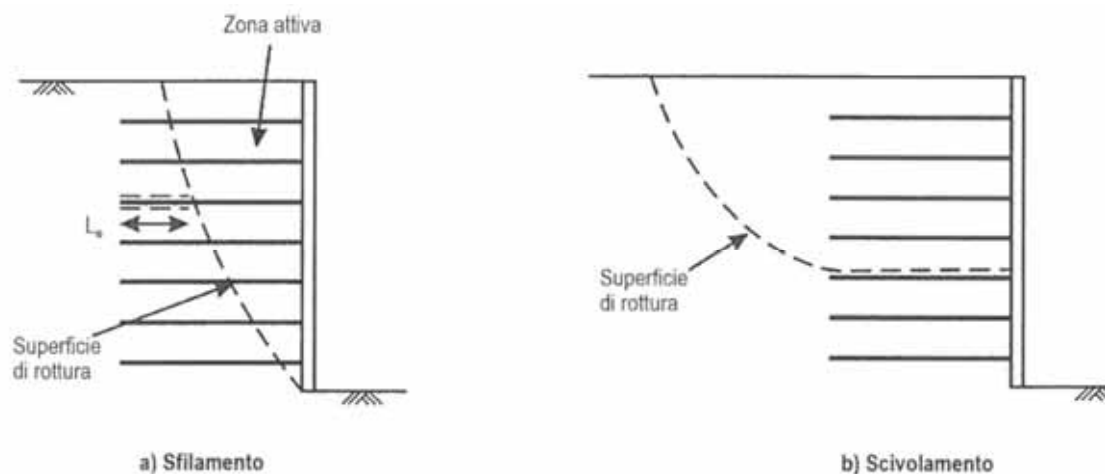


Figura 53 - Meccanismi di rottura per sfilamento dei rinforzi e per scivolamento del terreno su un rinforzo (Comedini & Rimoldi, 2013)

La resistenza a trazione a lungo termine viene determinata riducendo la resistenza a trazione a breve termine ( $T_{ult}$ ), calcolata mediante prove di trazione standard (UNI EN ISO 10319) per mezzo di coefficienti di riduzione che prendono in considerazione gli agenti che possono modificarne la durabilità.

Facendo riferimento, ad esempio, alla raccomandazioni ISO/TR 20432, relative alla determinazione della resistenza di lungo termine dei geosintetici, tali coefficienti sono rappresentativi del *creep* sotto carichi statici di trazione ( $RF_{cr}$ ), del danneggiamento meccanico durante la posa in opera ( $RF_{id}$ ), degli effetti ambientali ( $RF_w$ ) e dei possibili attacchi chimici e biologici ( $RF_{ch}$ ). Infine, secondo le raccomandazioni sopra citate, la resistenza a trazione deve essere ulteriormente ridotta impiegando un coefficiente di sicurezza ( $f_s$ ) che prende in considerazione sia la variabilità di produzione dei materiali sia le procedure utilizzate nella ricerca dei dati sperimentali ottenuti impiegando prove di durabilità a breve termine. Risulta evidente quindi la necessità di una completa caratterizzazione dei materiali impiegati per il rinforzo allo scopo di definire il modello matematico rappresentativo del problema in esame ed applicare alle grandezze in esame tutti i coefficienti di sicurezza prescritti dalla normativa al fine di garantire un corretto dimensionamento dell'opera e disporre di adeguati margini di sicurezza.

#### 4.6 Determinazione della resistenza a trazione e della deformazione di progetto

La resistenza a trazione a lungo termine (*LTDS*) in accordo alle raccomandazioni ISO/TR 20432, viene determinata applicando alla resistenza caratteristica a breve termine ( $T_f$ ) del materiale, un coefficiente complessivo di riduzione ( $R_f$ ) definito come segue:

$$R_f = RF_{CR} \cdot RF_{ID} \cdot RF_w \cdot RF_{CH} \cdot f_s$$

In cui

$RF_{CR}, RF_{ID}, RF_w, RF_{CH}$  sono coefficienti parziali di sicurezza

$f_s$  è il fattore di sicurezza, che in accordo alle ISO/TR 20432, risulta essere pari a:

$$f_s = 1 + \sqrt{(R_1 - 1)^2 + (R_2 - 1)^2}$$

Dove

$R_1$  prende in considerazione le incertezze legate all'estrapolazione dei dati dalle prove di *creep*

$R_2$  tiene conto delle incertezze legate alla estrapolazione di Arrhenius.

Nello specifico  $R_1$  è funzione del rapporto tra la vita di progetto  $t_d$  ed il tempo massimo  $t_{max}$  a rottura ricavato dalle prove di *creep* e vale:

$$R_1 = 1.0 \text{ per } \frac{t_d}{t_{max}} < 10 \quad ; \quad R_1 = 1.20^{-1} \text{ per } 10 < \frac{t_d}{t_{max}} < 100$$

Dove

$$r = \log_{10} \left( \frac{t_d}{t_{max}} \right)$$

Per quanto riguarda  $R_2$  si precisa che tale parametro rappresenta il modo in cui viene definito il fattore  $RF_{ch}$ , rappresentativo del processo di idrolisi del poliestere. La normativa ISO/TR 20432 prescrive che, qualora non siano presenti dati sperimentali specifici, il coefficiente  $R_2$  assuma un valore unitario. Quando il parametro  $RF_{ch}$  viene ricavato attraverso analisi di decadimento accelerato ed estrapolando i dati mediante la legge di Arrhenius, il coefficiente  $R_2$  viene calcolato con riferimento al limite superiore dell'intervallo di confidenza 95% superiore, risultando pertanto:

$$R_2 = \frac{T\%(\text{°C}, t)}{T\%_{sup95\%}}$$

Di seguito si riporta una tabella rappresentativa del quadro normativo nella quale viene rappresentata la formulazione per il calcolo della resistenza a trazione.

Paese	Resistenza a trazione a lungo termine	Normativa
Germania	$R_{B,t} = \frac{R_{B,t0}}{A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4 \cdot A_5 \cdot \gamma_M} \cdot 1$	EBGEO (2009)
Giappone	$T_d = \gamma_e \cdot T_u \quad \gamma_e = \prod \alpha_i (i = 1 + 5)$	RTRI (2007)
USA	$T_d = \frac{T_{db}}{RF_{CR} \cdot RF_D \cdot RF_{ID} \cdot F_s}$	FHWA (2001)
	$T_{allow} = \frac{T_{ult}}{FS \cdot RF_{design}} \quad RF_{design} = RF_{CR} \cdot RF_D \cdot RF_{ID}$	AASHTO (2002)

EBGEO (2009):  $A_1$  = fattore di riduzione dovuto al creep;  $A_2$  = fattore di riduzione dovuto al danneggiamento durante l'installazione;  $A_3$  = fattore di riduzione dovuto a giunzioni e sovrapposizioni;  $A_4$  = fattore di riduzione dovuto alle condizioni ambientali;  $A_5$  = fattore di riduzione dovuto all'influenza di carichi dinamici;  $\gamma_M$  = fattore di riduzione dovuto alla tipologia di carico.

RTRI (2007):  $T_d$  = resistenza caratteristica a trazione a lungo termine;  $\alpha_1$  = fattore di riduzione per degradazione chimica;  $\alpha_2$  = fattore di riduzione per danneggiamento durante la costruzione;  $\alpha_3$  = fattore di riduzione per creep;  $\alpha_4$  = fattore di riduzione per carichi da urto;  $\alpha_5$  = fattore di riduzione per carichi ciclici.

FHWA (2001):  $T_{db}$  = resistenza caratteristica a trazione a breve termine;  $RF_{CR}$  = fattore di riduzione dovuto al creep;  $RF_D$  = fattore di riduzione per la durabilità;  $RF_{ID}$  = fattore di riduzione dovuto al danneggiamento da installazione;  $F_s$  = fattore di sicurezza globale.

AASHTO (2002):  $T_{ult}$  = resistenza caratteristica a trazione a breve termine;  $FS$  = fattore di sicurezza globale;  $RF_D$  = fattore di riduzione per degradazione ambientale;  $RF_{CR}$  = fattore di riduzione dovuto al creep;  $RF_{ID}$  = fattore di riduzione dovuto al danneggiamento durante l'installazione.

#### 4.7 *Il terreno di riempimento*

I terreni usati principalmente nella costruzione delle opere in terra rinforzata sono di tipo granulare, compresi nelle famiglie dei limi, delle sabbie o delle ghiaie. Questi tipi di terreni presentano migliori caratteristiche di interazione con i rinforzi e possono essere compattati più facilmente senza dare luogo a deformazioni differite nel tempo e non sono soggetti a rigonfiamenti dovuti alla presenza di acqua. A parità di geometria, dimensioni dell'opera e carichi esterni è proprio dalla resistenza al taglio del terreno che dipenderanno la quantità e la resistenza dei rinforzi necessari a garantire la stabilità, poiché più elevata risulta la resistenza al taglio del terreno, minore sarà la necessità di ricorrere alla resistenza fornita dai rinforzi stessi.

Per quanto affermato il terreno di riempimento di una terra rinforzata dovrà avere caratteristiche che dipendono dal tipo di opera da realizzare e dai requisiti che deve avere la struttura in relazione al suo impiego:

- Deformazioni ammissibili;
- Capacità portante;
- Tipo ed intensità delle azioni indotte dai carichi;
- Capacità drenante;
- Suscettibilità al gelo.

La scelta del tipo di terreno potrà inoltre dipendere dal sistema costruttivo adottato e dalle caratteristiche dei rinforzi che si intende impiegare. Una particolare caratteristica non trascurabile è costituita dal fatto che un terreno ideale per la costruzione di opere in terra rinforzata abbia un buon assortimento granulometrico poiché i terreni poco assortiti o caratterizzati da salti granulometrici possono avere un comportamento simile a quello dei terreni fini, mentre quelli con granulometria troppo uniforme potrebbe rendere difficoltosa la costipazione ed avere una scarsa interazione con i rinforzi. Nella tabella riportata di seguito vengono evidenziate le caratteristiche granulometriche e di plasticità sia per la costruzione di muri (Tipo 1), sia per la costruzione di pendii in terra rinforzata (Tipo 2), secondo la normativa statunitense FWHA.

<b>Requisiti</b>	<b>Tipo 1</b>	<b>Tipo 2</b>
Diametro massimo dei granuli (mm)	100	100
% con diametro $\leq 20$ mm	-	100
% passante al vaglio n.4 ( $\leq 4,76$ mm)	-	100-20
% passante al vaglio n.40 ( $\leq 0,42$ mm)	0-60	0-60
% passante al vaglio n.200 ( $\leq 0,074$ mm)	0-15	0-50
Coefficiente di uniformità	$\geq 4$	$\geq 4$
Indice di plasticità (%)	$\leq 6$	$\leq 20$

Analizzando la tabella sopra riportata è evidente osservare che i terreni del tipo 2 siano meno selezionati rispetto a quelli del tipo 1 in relazione al fatto che i pendii rinforzati abbiano esigenze meno restrittive rispetto ai muri, in quanto il paramento normalmente è più flessibile e può supportare delle distorsioni durante la costruzione. In ogni caso sono da escludere elementi di diametro superiore o uguale a 250 mm ed i materiali che, da prove opportune, presentino angoli di attrito minori di quelli previsti in progetto. Al fine di raggiungere le prestazioni migliori dal terreno impiegato per l'opera è necessario che venga messo in opera con umidità pari o uguale a quella ottima secondo Proctor ( $\pm 2\%$ ) e che venga costipato fino al raggiungimento del 95% della densità massima secondo Proctor. Per la caratterizzazione del terreno, oltre alle analisi con relativa classificazione CNR-UNI 10006 ed alla determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità (AASHTO T 90) sull'eventuale porzione di passante al setaccio 0.4 UNI 2332, sono necessarie le prove riportate nella tabella seguente.

<b>Parametro</b>	<b>Standard di Prova</b>
Contenuto d'acqua naturale	UNI CEN ISO/TS 17892-1
Peso di volume secco massimo	UNI EN 13286-2 (AASHTO mod. T180)
Contenuto d'acqua ottimo secondo Proctor	UNI EN 13286-2 (AASHTO mod. T180)
Densità relativa ottimale secondo Prova Proctor Modificata	UNI EN 13286-2 (AASHTO mod. T180)

#### 4.7.1 Angolo di resistenza al taglio

L'angolo di resistenza al taglio è il parametro fondamentale per descrivere la resistenza a rottura del terreno nell'ambito dei metodi utilizzati più diffusamente per il dimensionamento delle strutture in terra rinforzata, ossia i metodi dell'equilibrio limite. E' importante inoltre sottolineare che l'angolo di resistenza al taglio di un terreno dipende dalle condizioni di deformazione e che queste, in una terra rinforzata, siano di norma di tipo piano, mentre le condizioni che caratterizzano le prove con cui generalmente si misura l'angolo  $\varphi$  siano caratterizzate da deformazioni diverse da quelle piane.

- Prove di taglio diretto ( $\varphi_{ds}$ , UNI CEN ISO/TS 17892-10)
- Prove triassiali ( $\varphi_{tx}$  UNI CEN ISO/TS 17892-9)

Le equazioni riportate in seguito consentono di correlare l'angolo di resistenza al taglio di picco in condizioni di deformazione piana,  $\varphi_{ps}$ , con quelli ricavati dalle prove sopra menzionate:

$$\varphi_{ps} = 1.50 \cdot \varphi_{tx} - 17 \quad (\text{Lade e Lee, 1976})$$

$$\varphi_{ps} = \frac{1}{\text{tg}(1.20 \cdot \text{tg}\varphi_{ds})} \quad (\text{Bolton, Jewell e Wroth, 1987})$$

Normalmente, a favore di sicurezza, per il parametro di progetto legato all'angolo di resistenza al taglio del terreno  $\varphi_d$ , si impiega direttamente il valore dell'angolo misurato durante la fase di prova.

Per quanto riguarda la scelta di  $\varphi_d$  tra il valore dell'angolo di resistenza al taglio allo stato critico ed angolo di resistenza al taglio di picco sia nelle normative esistenti sia tra gli autori che hanno affrontato il problema non vi è una posizione univoca. Secondo alcuni autori l'impiego dell'angolo di resistenza allo stato critico risulterebbe troppo conservativo, in quanto le prove su modelli in scala reale portati a rottura e le prove con la centrifuga (*Zornberg et al., 1995*) mostrano che generalmente viene mobilizzato l'angolo di resistenza di picco. Secondo altri autori invece l'incertezza legata a tutti i fattori che condizionano l'effettivo valore dell'angolo di resistenza al taglio



mobilitizzato, suggerisce di impiegare il valore dell'angolo di resistenza al taglio allo stato critico, che rappresenta il limite inferiore di resistenza in tutte le condizioni. Nella tabella sotto riportata sono evidenziati gli approcci suggeriti dai diversi autori e impiegati dalle diverse normative reperibili in letteratura.

Metodo	Parametro	Riferimenti
Metodo di Jewell	$\varphi$ allo stato critico	Jewell (1991)
Metodo di Leshchinsky e Boedecker		Leshchinsky e Boedecker (1989)
Queensland DOT, Australia		RTA (1997)
New South Wells, Australia		QMRD (1997)
Bureau National Sols-Routes (draft French Standards)		Goure et al. (2001)
Federal Highway Administration (FHWA), AASHTO	$\varphi$ di picco	Elias et al. (2001), AASHTO 1996
National Concrete Masonry Association		NCMA (1997, 1998)
GeoRio, Brazil		GeoRio (1989)
Canadian Geotechnical Society		Canadian Geotechnical Society (1992)
German Society of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering		EBGEO (1997)
Geotechnical Engineering Office, Hong Kong		GCO (1989), GEO (1993)
Public Work Research Center, Japan		Public Work Research Center (2000)
British Standards, United Kingdom		British Standard Institution (1995)
Metodo ibrido di Leshchinsky	Ibrido	Leshchinsky (2001)

Si deve infine osservare che spesso nei metodi di calcolo che prevedono l'impiego dell'angolo di resistenza al taglio di picco, vengono utilizzati diversi fattori di sicurezza parziali al fine di perseguire un adeguato margine di sicurezza nei confronti del problema geotecnico. Per il terreno tipo 1, generalmente e se costipato correttamente, il limite inferiore dell'angolo di resistenza al taglio è nell'intorno dei  $34^\circ$ , anche se per sabbie particolarmente uniformi si registrano valori intorno ai  $31^\circ$ - $32^\circ$ . Per il terreno tipo 2, che può contenere una frazione di fine più abbondante, il limite inferiore può essere posto intorno ai  $28^\circ$ - $30^\circ$ . Valori più elevati di quelli indicati, per i terreni di riferimento, devono essere giustificati attraverso prove di laboratorio eseguite con riferimento alla tensione verticale massima prevista nella struttura. In ogni caso l'utilizzo di angoli di resistenza al taglio di picco di progetto superiori a  $40^\circ$  richiede una certa cautela in quanto deve essere garantita anche la compatibilità in termini di deformazione tra terreno e rinforzi.

#### 4.7.2 Caratteristiche elettrochimiche dei terreni

La scelta del terreno da impiegare nelle opere in terra rinforzata è condizionata anche dagli effetti prodotti sui rinforzi da parte dell'ambiente chimico che si viene a creare nel terreno stesso, poiché gli elementi inseriti nel terreno possono subire importanti modifiche delle proprietà di resistenza meccanica a causa dell'interazione chimica ed elettrochimica che avviene nell'ambiente costituito dal terreno e dai fluidi che ne occupano i pori.

Ad esempio è provato che il poliestere (PET) risente dei regimi fortemente acidi o alcalini, mentre le poliolefine possono subire danni in ambienti fortemente acidi o in presenza di alte concentrazioni di ioni metallici.

La tabella seguente illustra la normativa che regola le analisi da effettuare sui campioni di terreno al fine di determinarne l'aggressività in relazione al tipo di rinforzo che si prevede di impiegare.

Parametro	Standard di Prova
Resistività	BS 1377, Parte 3: 1990, test 10.4, AASHTO T-288-91
Contenuto di materia organica	BS 1377, Parte 3: 1990, test 3, ASTM D 2974
Potenziale redox	BS 1377, Parte 3: 1990, test 11, ASTM G200-09
Indice di attività microbiologica	BS 8006: 1995, Annex B
Contenuto di solfuri totale	APHA 18 <sup>a</sup> edizione, 1992, parte 4500 B-F
pH	AASHTO T-289-91
Cloruri	AASHTO T-291-91
Solfati	AASHTO T-290-91

Per quanto riguarda i geosintetici la caratteristica del terreno che può influire maggiormente sulla durabilità dei rinforzi è principalmente il pH, i cui valori in relazione al tipo di polimero devono rientrare nei limiti indicati in tabella.

Polimero	pH Terreno	Standard di prova
Poliestere (PET)	$3 \leq \text{pH} \leq 9$	AASHTO T-289-91
Poliolefine (PP, HDPE)	$> 3$	AASHTO T-289-91

#### 4.8 Interazione terreno-rinforzo

La conoscenza dei parametri di interazione terreno-rinforzo e della loro evoluzione nel tempo connessa anche alla variazione dei carichi applicati, riveste particolare importanza nella progettazione delle opere in terra rinforzata, in quanto da essi dipende la dimensione del blocco rinforzato. Lo studio dell'interazione che si sviluppa nel sistema rinforzo e terreno si può ricondurre a tre differenti meccanismi elementari che si mobilitano all'interfaccia, così come analizzato da *Jewell et al.* nel 1984.

- Attrito che si genera tra il terreno e la superficie piena del rinforzo;
- Resistenza di tipo passivo che si mobilita in corrispondenza degli elementi pieni posti trasversalmente rispetto alla direzione di spostamento relativo terreno-rinforzo;
- Attrito di scorrimento tra il terreno imprigionato all'interno delle aperture del rinforzo e quello circostante.

In relazione al cinematismo di rottura considerato ed alla struttura geometrica dell'elemento di rinforzo (continua o a maglie) possono essere mobilitati uno o più dei sopra citati meccanismi resistenti.

Il complesso comportamento all'interfaccia è generalmente approssimato, introducendo una tensione tangenziale d'attrito equivalente che permette di valutare una resistenza complessiva ( $P_r$ ) riferita all'intera superficie del rinforzo, espressa dalla relazione:

$$P_r = 2 \cdot f_b \cdot A_r \cdot \sigma_n \cdot \operatorname{tg} \varphi'$$

$$P_r = 2 \cdot f_{ds} \cdot A_r \cdot \sigma_n \cdot \operatorname{tg} \varphi'$$

in cui

$f_b$  = coefficiente d'interazione in condizioni di sfilamento;

$f_{ds}$  = coefficiente d'interazione in condizioni di taglio diretto

$A$  = superficie del rinforzo;

$\sigma_n$  = tensione efficace ortogonale all'interfaccia;

$\varphi'$  = angolo di resistenza a taglio del terreno.

In relazione a quanto affermato risulta evidente che la differenza di struttura esistente tra geogriglie e geotessili permette alle prime di interagire con il terreno sia per attrito sulla superficie dei fili sia per incastro delle particelle nelle aperture, mentre i geotessili possono interagire con il terreno solo per attrito. Quanto descritto si traduce, per la stessa struttura di sostegno, in una minore lunghezza dei teli di geogriglie rispetto ai teli di geotessile. Di seguito si riportano i valori dei coefficienti di resistenza allo scivolamento ed allo sfilamento (pull-out).

Terreno	$f_{ds}$ minimo		$f_{ds}$ massimo	
	GG	GT	GG	GT
Ghiaia	0,90	0,80	1,00	0,90
Sabbia	0,85	0,70	1,00	0,85
Limo	0,75	0,50	0,85	0,70
Argilla	0,70	0,40	0,80	0,50

Figura 54 - Valori tipici del coefficiente di resistenza allo scivolamento per geogriglie (GG) e geotessuti (GT) - (Rimoldi, 2000)

Terreno	$f_{po}$ minimo		$f_{po}$ massimo	
	GG	GT	GG	GT
Ghiaia	0,90	0,80	1,50	1,00
Sabbia	0,85	0,75	1,20	0,90
Limo	0,75	0,50	1,00	0,75
Argilla	0,70	0,40	0,90	0,60

Figura 55 - Valori tipici del coefficiente di resistenza allo sfilamento per geogriglie (GG) e geotessuti (GT) - (Rimoldi, 2000)

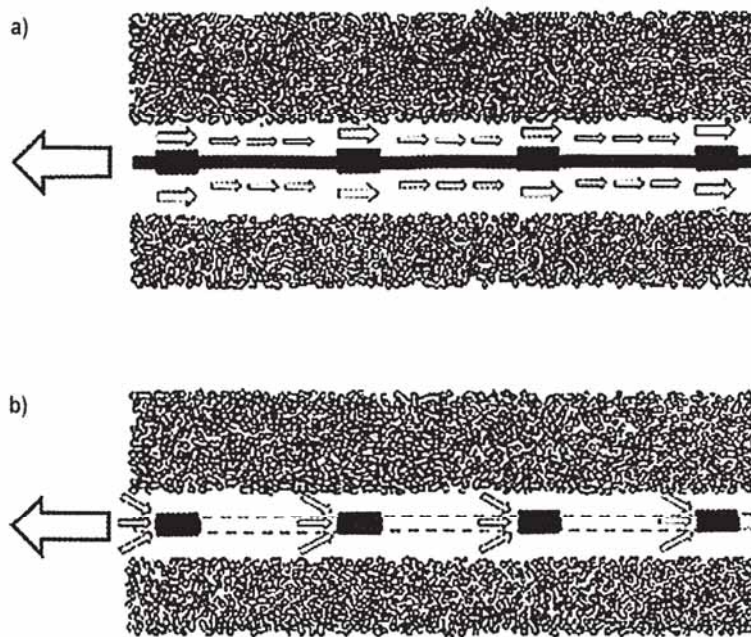


Figura 56 - Rappresentazione schematica dei meccanismi di d'interazione terreno-rinforzo (Comedini & Rimoldi, 2013)

Nel successivo capitolo verrà sviluppata l'analisi dell'interazione terreno-rinforzo in condizioni di sfilamento, che più condiziona il dimensionamento dell'opera strutturale, la scelta del tipo di rinforzo da impiegare e la loro lunghezza.

#### 4.8.1 Interazione in condizioni di sfilamento

Facendo riferimento agli studi teorici condotti da Jewell nel 1984, il coefficiente di interazione  $f_b$  può essere ricavato in funzione dei parametri geometrici propri del rinforzo, dell'angolo di resistenza al taglio del terreno  $\varphi'$ , dell'attrito terreno-geosintetico  $\delta$  e dello stato tensionale agente all'interfaccia ( $\sigma'_n$  e  $\sigma'_h$ ), come segue:

$$f_b = \alpha_s \cdot \left( \frac{\text{tg}\delta}{\text{tg}\varphi'} \right) + \left( \frac{\alpha_b \cdot B}{S} \right) \cdot \left( \frac{\sigma'_h}{\sigma'_n} \right) \cdot \frac{1}{2 \cdot \text{tg}\varphi'}$$

In cui i simboli B ed S sono rappresentati nella figura sotto riportata,  $\alpha_s$  rappresenta la frazione piena della superficie della geogriglia e  $\alpha_b$  la frazione della larghezza della geogriglia in grado di mobilitare la resistenza passiva.

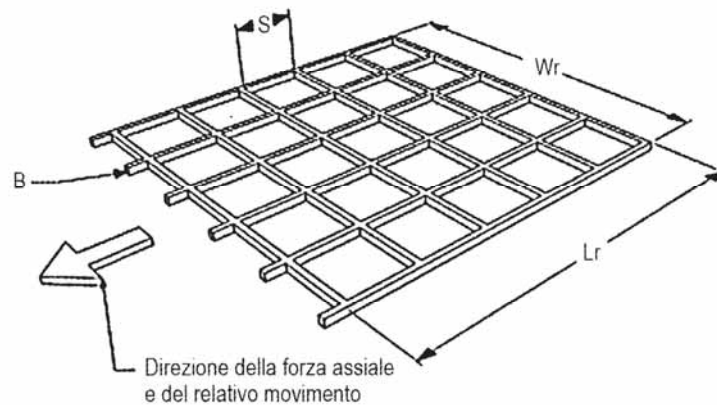


Figura 57 - Rappresentazione schematica della geometria di un rinforzo con struttura a griglia (Jewell et al., 1984)

Recenti studi sperimentali relativi a prove di sfilamento su geogriglie estruse (Moraci e Montanelli, 2000) hanno messo in evidenza come i valori del coefficiente di interazione determinati attraverso la precedente equazione siano fortemente influenzati dalla scelta del valore dell'angolo di resistenza al taglio utilizzato per il calcolo. Per ovviare a tale limitazione i risultati delle prove di sfilamento possono essere interpretati in termini di attrito apparente mobilitato all'interfaccia, introducendo uno specifico coefficiente, espresso mediante l'equazione:

$$\mu_{S/GS\gamma} = f_b \cdot \operatorname{tg} \varphi' = \frac{P_r}{2 \cdot L_e \cdot \sigma_v'}$$

Adottando tale metodologia non deve essere fatta alcuna assunzione sul valore dell'angolo di resistenza al taglio del terreno mobilitato all'interfaccia, ma il coefficiente sopra riportato può essere desunto direttamente dalle misure eseguite nel corso delle prove di sfilamento.

I risultati di ricerche effettuate da diversi autori (Juran et al., 1988; Johnston e Romstad, 1989; Palmera e Milligan, 1989; Yasuda, 1992; Farrag et al., 1993; Moraci e Montanelli, 2000; Sugimoto, 2001; Ziegled e Timmers, 2003) hanno permesso di individuare l'influenza sui risultati della prova dei seguenti fattori:

- Le condizioni al contorno imposte sulla superficie dello strato superiore del terreno;

- Le condizioni al contorno in prossimità della parete anteriore del dispositivo di sfilamento;
- L'attrito che si mobilita tra le superfici delle pareti laterali interne della scatola di prova ed il terreno in esse contenuto;
- Le dimensioni della scatola stessa;
- Il sistema adottato per l'aggancio del provino di rinforzo;
- Il metodo di ricostruzione del provino di terreno e le modalità di applicazione del carico di sfilamento.

Attualmente nelle analisi di stabilità i parametri d'interazione, determinati sperimentalmente in relazione a prove di sfilamento e taglio diretto per alte tensioni di confinamento, sono assunti costanti nell'intero ammasso rinforzato determinando, così, un generale sovradimensionamento delle opere in terra rinforzata.

Si è inoltre dimostrato, in accordo alle esperienze effettuate da Moraci e Recalcati nel 2003, che per una determinata interfaccia i parametri d'interazione in condizioni di sfilamento, e quindi la resistenza stessa allo sfilamento, dipendano dalla lunghezza del rinforzo e dalla tensione di confinamento agente all'interfaccia, così come riscontrabile dalle seguenti immagini.

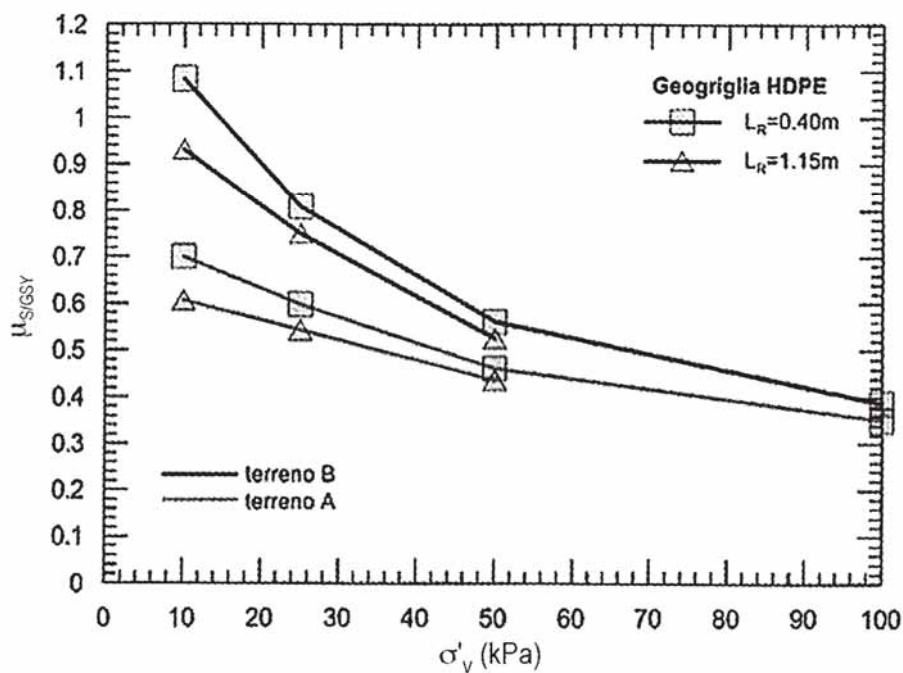


Figura 58 - Variazione del coefficiente di attrito apparente mobilitato all'interfaccia in condizioni di sfilamento al variare della tensione di confinamento e della lunghezza del rinforzo (Moraci, 2003)

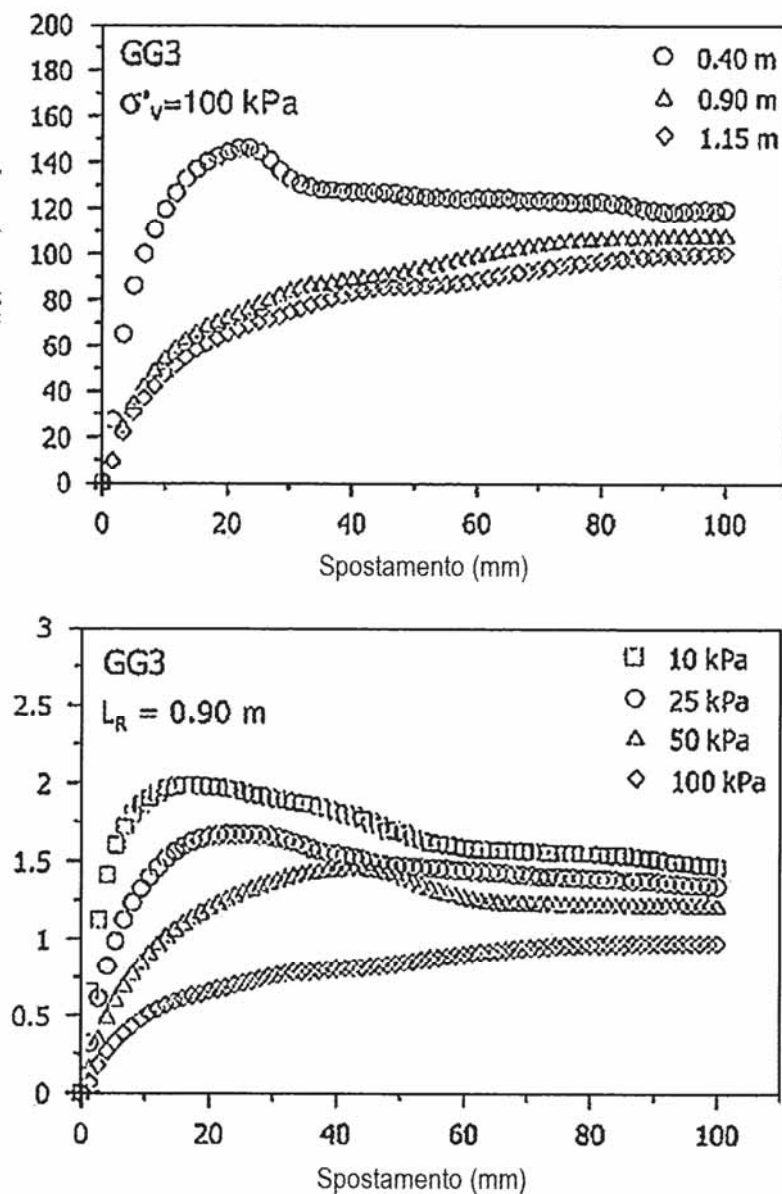


Figura 59 - Normalizzazione dei risultati delle prove di sfilamento: a) effetto dell'estensibilità del rinforzo; b) effetto della dilatanza (Moraci e Recalcati, 2006)

In particolare si evidenzia una diminuzione del valore dell'attrito apparente mobilitato all'interfaccia in condizioni di sfilamento passando dalle basse alle alte tensioni verticali efficaci di confinamento. Tale circostanza, dovuta essenzialmente agli effetti della dilatanza all'interfaccia e in parte minore all'estensibilità del rinforzo, implica la necessità di implementare nel calcolo valori di attrito apparente variabili in relazione alla tensione di confinamento agente ed alla lunghezza del rinforzo nella zona di ancoraggio.



Ricerche successive hanno consentito di valutare l'effetto di carichi ciclici di sfilamento, osservando in relazione all'ampiezza del carico ciclico applicato e alla tensione di confinamento, una diminuzione della resistenza allo sfilamento di picco post-ciclica e quindi anche del coefficiente di attrito apparente post-ciclico all'interfaccia  $\mu_{s/g\gamma}$ , rispetto ai valori ottenuti con prove di sfilamento monotone.

Di seguito si riporta la rappresentazione grafica tipologica per una prova di sfilamento tipo multi-stage, unitamente ai risultati ottenuti da diversi autori sulle risultanze delle analisi condotte nei confronti di carichi ciclici ed alle tipologie di interazione che possono svilupparsi all'interfaccia terreno-rinforzo.

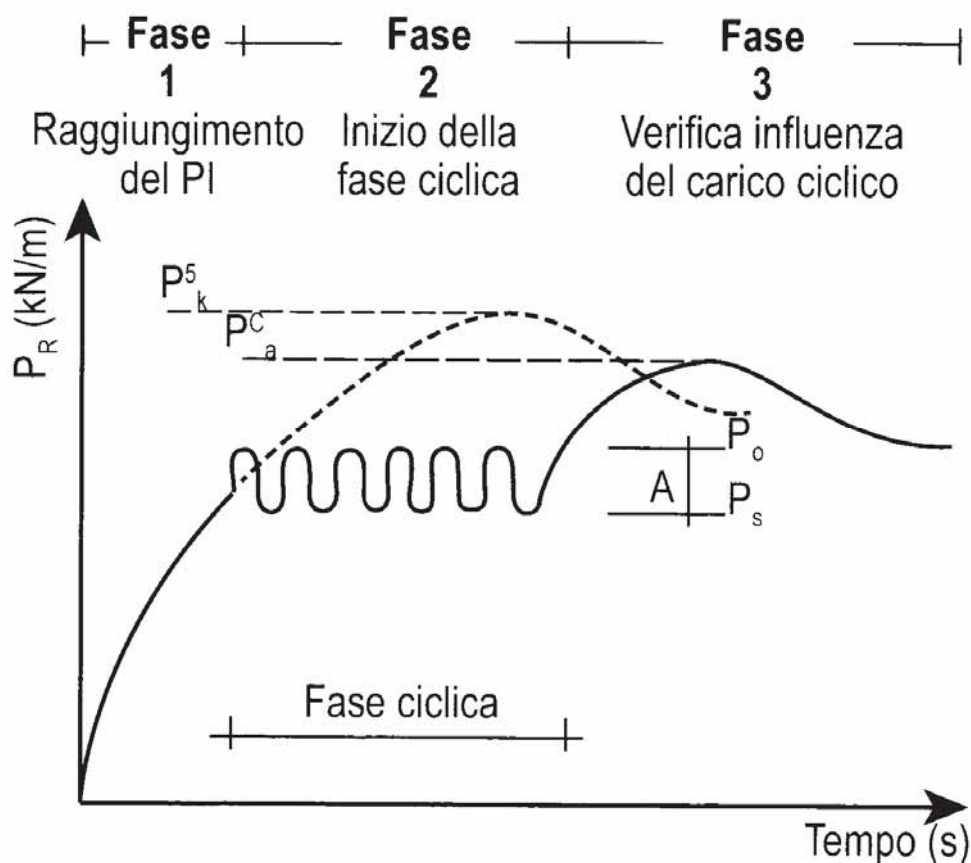


Figura 60 - Schema della modalità di prova di sfilamento multistage (Moraci e Cardile, 2009)

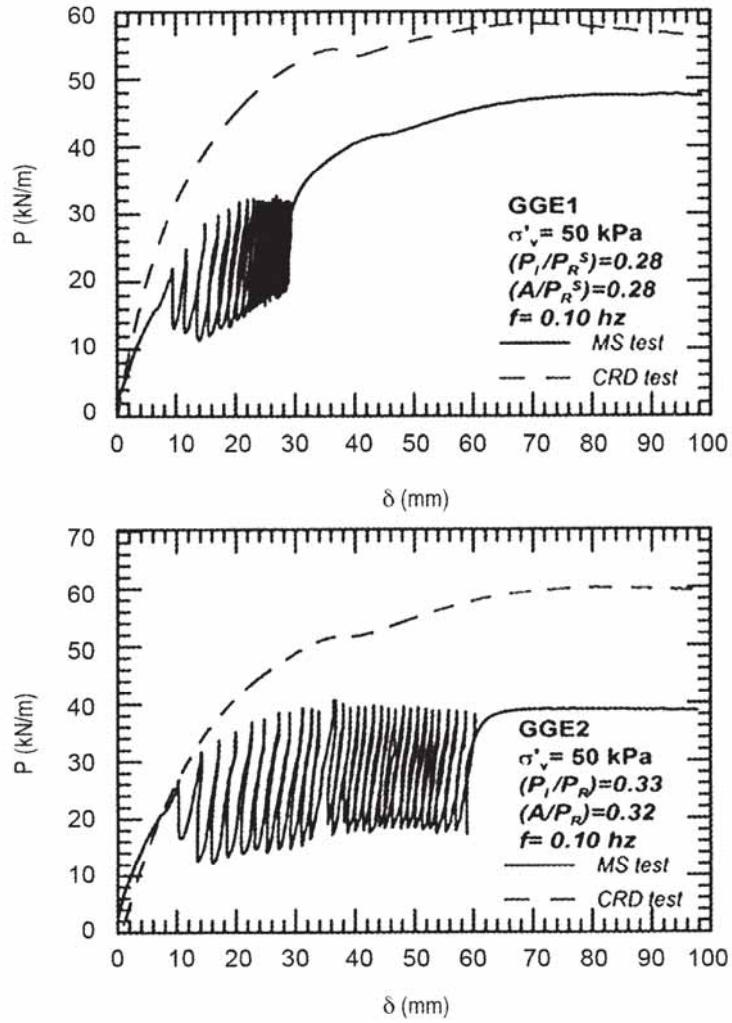


Figura 61 - Influenza dei carichi ciclici sulla resistenza allo sfilamento post-ciclica (Morandi & Cardile, 2009)

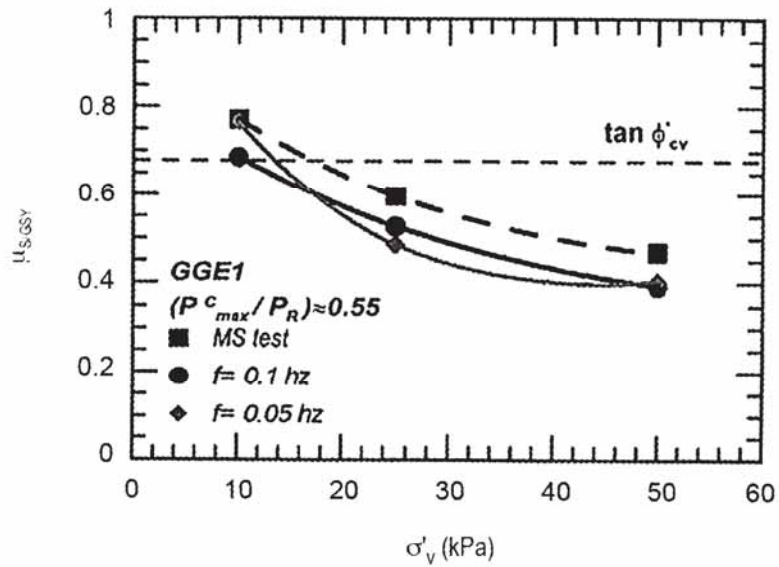


Figura 62 - Influenza dei carichi sull'attrito equivalente mobilitato all'interfaccia (Moraci & Cardile, 2009)

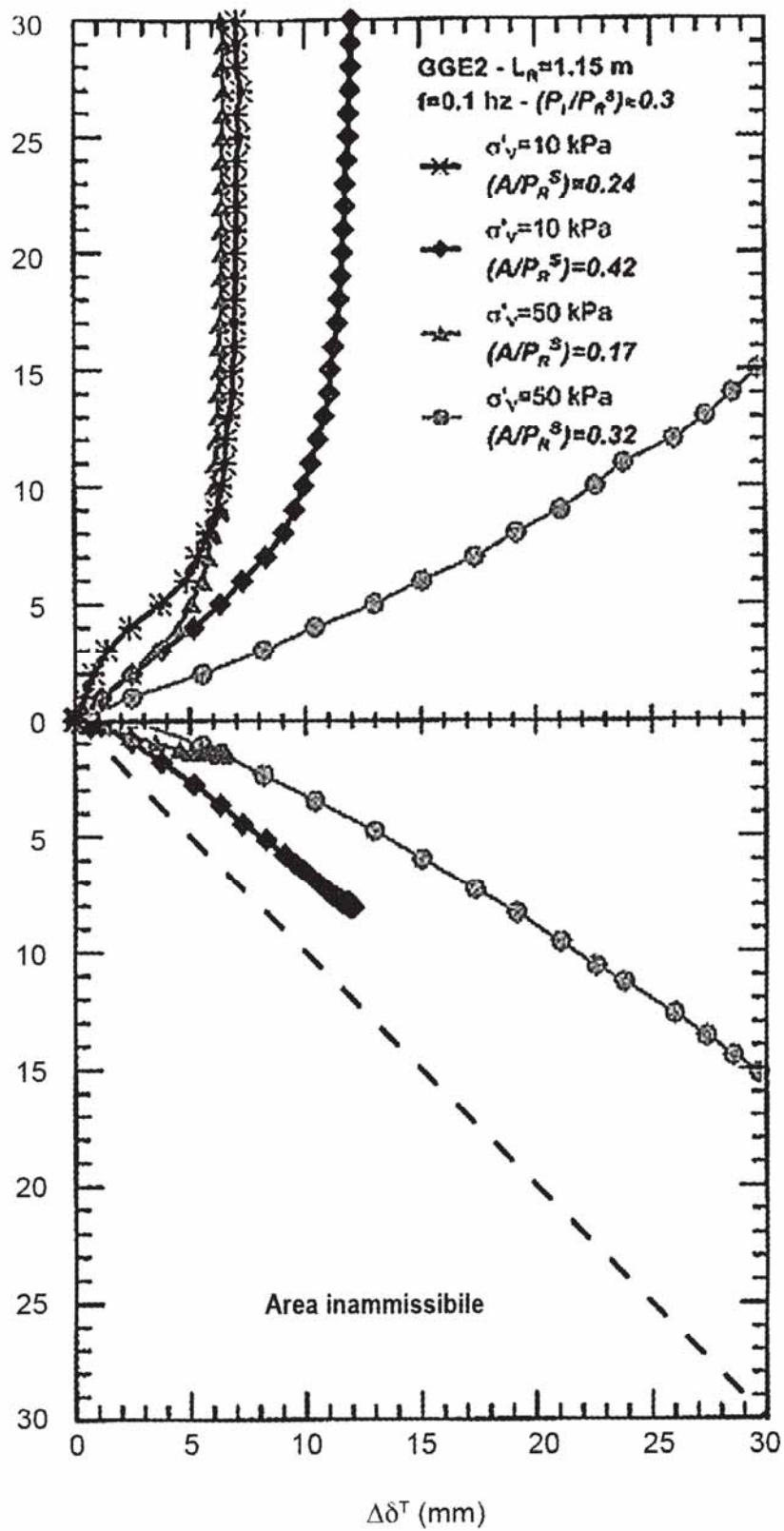
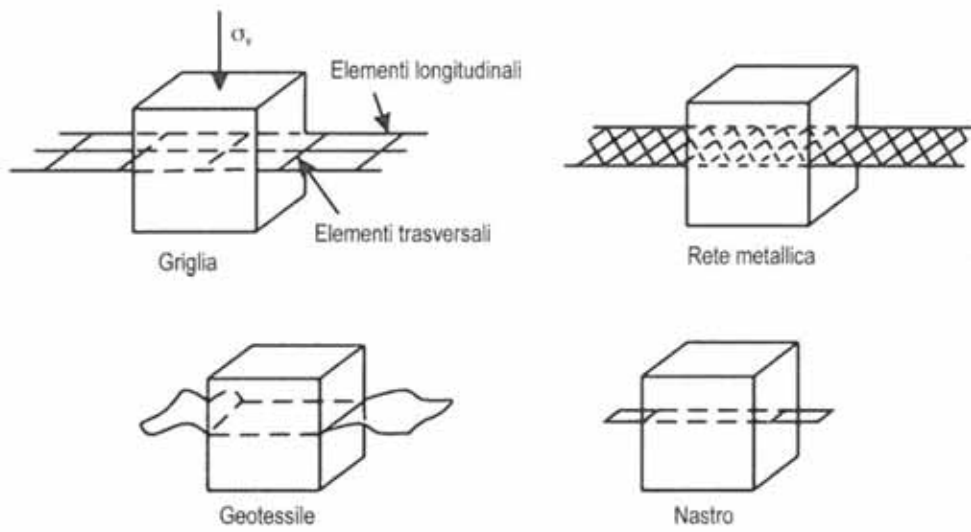


Figura 63 - Rappresentazione del comportamento delle interfacce durante la fase ciclica (Moraci & Cardile, 2011)



a) Tipologie di rinforzi

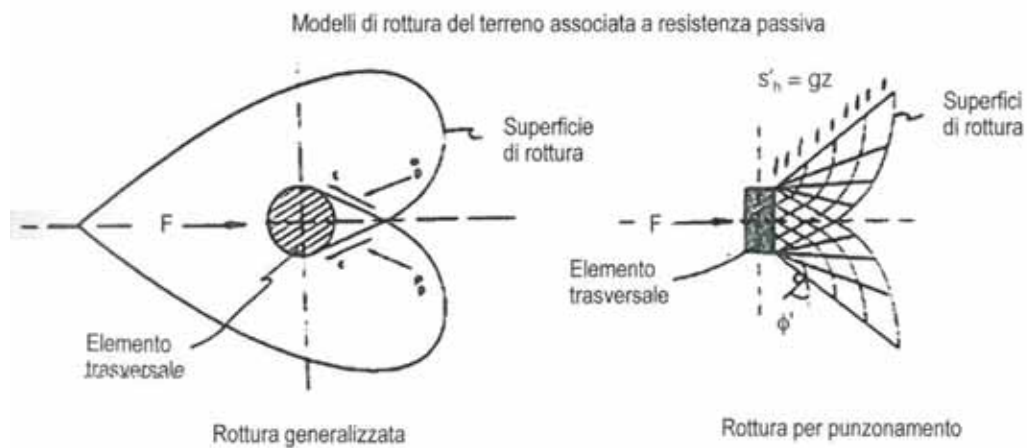
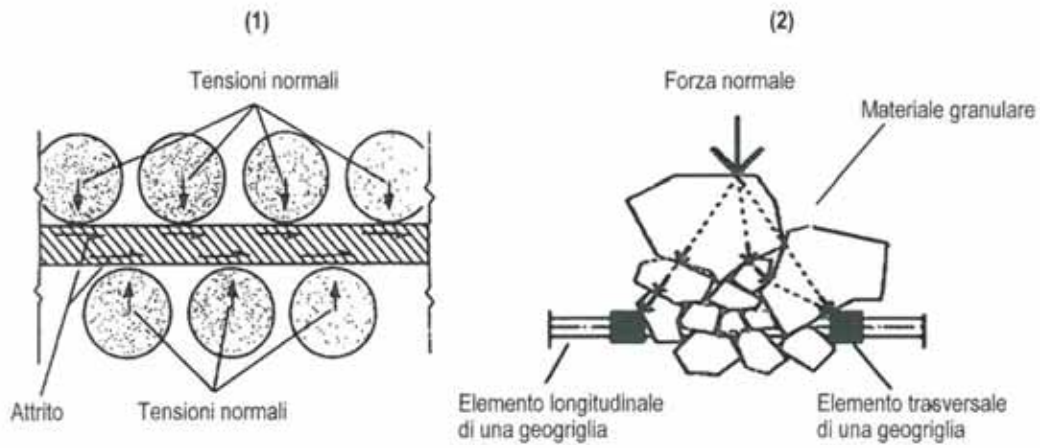


Figura 64 - Tipologie di rinforzi, tipologie di interazione terreno-rinforzo e modelli di rottura del terreno associati alla resistenza passiva (Comedini & Rimoldi, 2013)

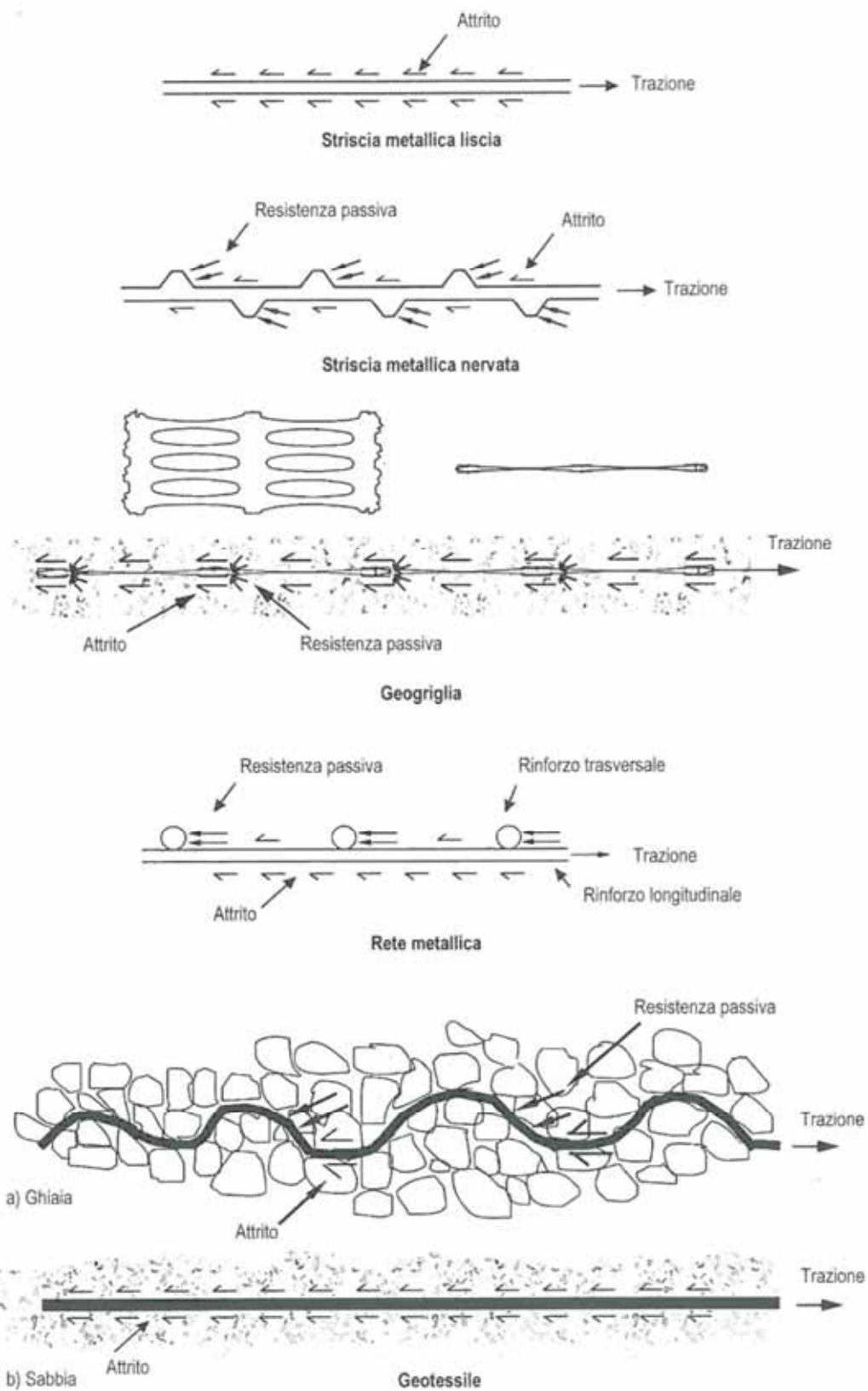


Figura 65 - Rappresentazione dei meccanismi di interazione terreno-rinforzo in relazione alla tipologia dei rinforzi ed alla granulometria dei terreni (Comedini & Rimoldi, 2013)

## 5 Dimensionamento dei pendii in terra rinforzata

### 5.1 Cenni teorici

Si consideri l'elemento infinitesimo riportato in figura come parte di un volume indefinito di terreno. L'applicazione di uno sforzo verticale  $\sigma_v$  provoca una deformazione nell'elemento e il conseguente sforzo orizzontale  $\sigma_h$  indotto dalla compressione laterale del terreno adiacente.

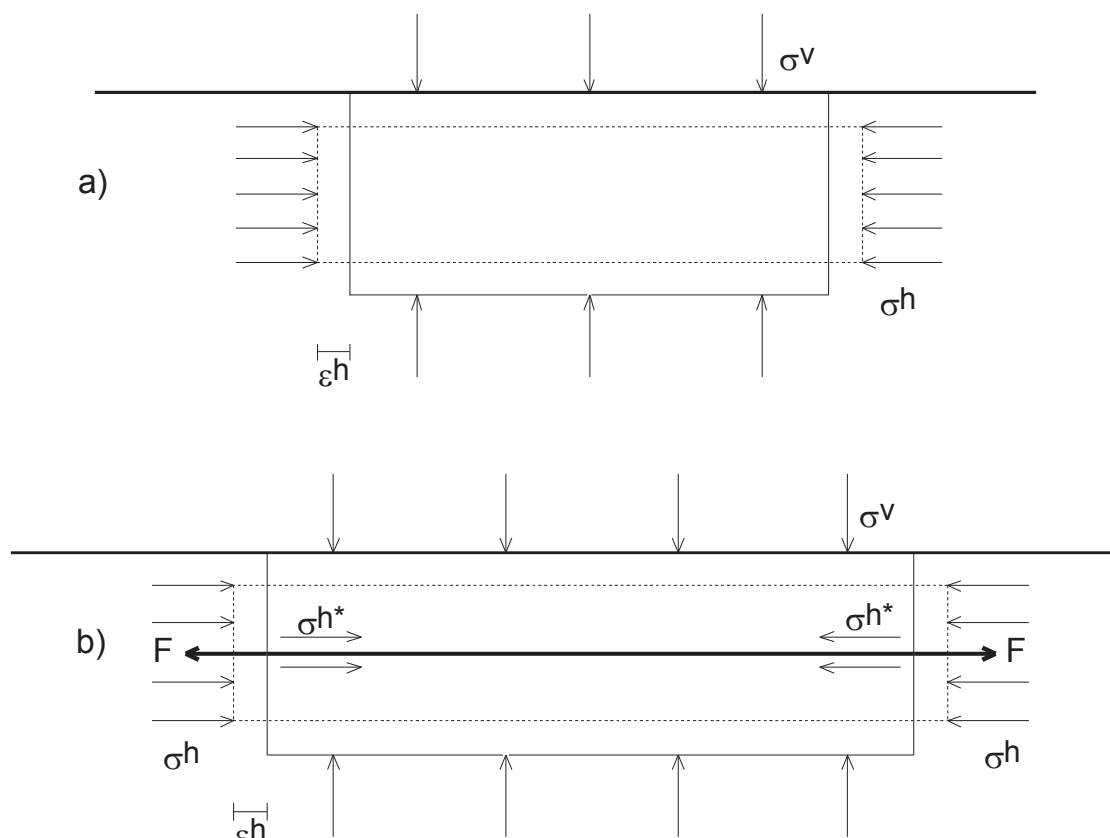


Figura 66 - Distribuzione degli sforzi verticali ed orizzontali in un elemento di terreno senza e con rinforzo

Si verifica quindi un incremento dello sforzo deviatorico, con lo sviluppo di una deformazione orizzontale  $\epsilon$ . Quando un elemento di rinforzo viene incluso nel terreno, l'applicazione di uno sforzo verticale è seguito dalla deformazione dell'elemento di terreno e dall'allungamento dell'elemento di rinforzo. Questo allungamento genera poi una resistenza a trazione  $T$  nel rinforzo, che induce uno sforzo orizzontale  $\sigma_h$ . Questo sforzo, che fornisce anche l'azione di confinamento sui granuli di terreno, contribuisce a resistere alle forze orizzontali e a ridurre le deformazioni e gli sforzi applicati. Perciò l'inclusione di una geogriglia nella massa di terreno riduce le deformazioni e gli sforzi

applicati al terreno, a tal punto che gli sforzi verticali  $\sigma_v$  possono perciò essere incrementati.

Riguardo alla resistenza agli sforzi di taglio per un terreno di tipo incoerente si ottiene:

$$\tau_{yx, \max} = \sigma_v \cdot \operatorname{tg} \varphi_{\max}$$

dove

$\varphi_{\max}$  è il massimo angolo di resistenza al taglio del terreno;

$\tau_{yx, \max}$  è il valore massimo della resistenza a taglio fornita dal terreno.

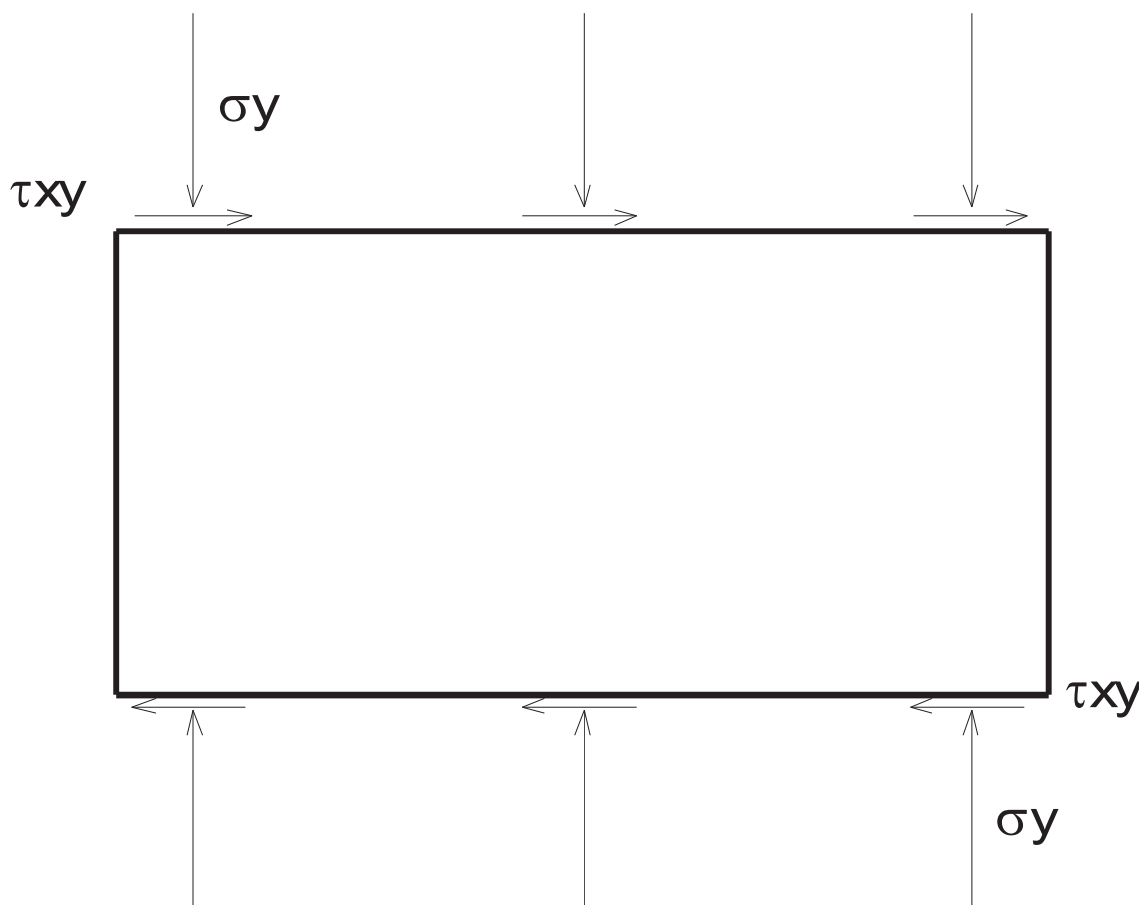


Figura 67 - Rappresentazione della distribuzione degli sforzi di taglio in un elemento di terreno

Quando l'elemento di terreno è attraversato da un elemento di rinforzo inclinato di un angolo  $\theta$  rispetto alla verticale, lo stato tensionale viene modificato in relazione al fatto che lo sforzo  $T$  genera uno sforzo di taglio prodotto dalla componente tangenziale  $T \cdot \operatorname{sen} \theta$ , mentre la componente normale  $T \cdot \operatorname{cos} \theta$  genera un'altra  $\tau_{yx}$  dovuta all'angolo di attrito del terreno, così come riportato nella seguente figura.

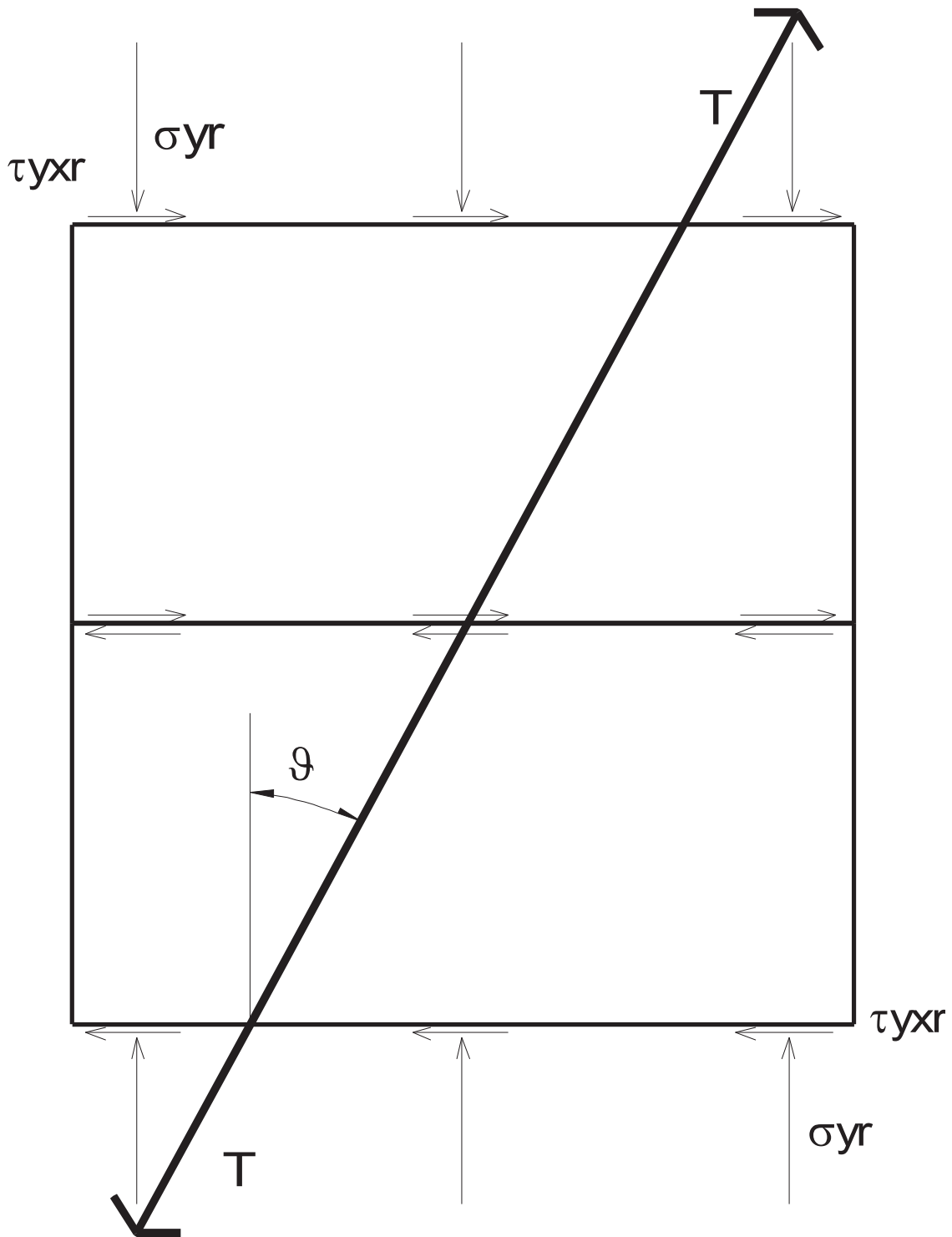


Figura 68 - Distribuzione degli sforzi di taglio dopo l'inserimento di una geogriglia di rinforzo

In virtù del meccanismo descritto precedentemente, il massimo valore di resistenza a taglio del terreno rinforzato  $\tau_{yxr, \max}$  è calcolato sulla base dei contributi dovuti alle tre componenti e, precisamente, come segue:



$$\tau_{yvr, \max} = \sigma_{vr} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{\max} + \frac{T}{A_s} \cdot \cos \theta \cdot \operatorname{tg} \varphi_{\max} + \frac{T}{A_s} \cdot \operatorname{sen} \theta$$

in cui

$A_s$  è l'area dell'elemento di rinforzo;

$\tau_{yvr, \max}$  è il massimo valore della resistenza a taglio del terreno rinforzato.

In tal modo lo sforzo normale sull'elemento di terreno viene incrementato di:

$$\sigma'_v = \frac{T}{A} \cdot \cos \theta$$

I fattori che influenzano la resistenza a taglio del terreno rinforzato sono riconducibili a:

- Resistenza e rigidità del rinforzo relativamente al terreno circostante;
- Posizione del rinforzo;
- Forma del rinforzo, che deve essere adeguato a produrre un elevato angolo di attrito apparente all'interfaccia con il terreno;
- Caratteristiche di *creep* (allungamento sotto carico di trazione costante) del rinforzo durante la vita di progetto;
- Durabilità del rinforzo.

In particolare la forma del rinforzo deve garantire un attrito elevato tale che il rinforzo non possa innescare meccanismi di scivolamento o essere estratto dal terreno per azione della forza di trazione T. E' necessario sottolineare inoltre, che un rinforzo troppo rigido potrebbe rompersi per piccoli valori di deformazione senza mobilitare i valori di resistenza necessari alla stabilità del pendio; mentre un materiale dotato di ottime caratteristiche di estensibilità garantire un rinforzo sufficiente prima che si verifichino grandi deformazioni, che però potrebbero portare prima alla rottura del terreno.

## 5.2 Metodi di calcolo

I metodi di calcolo usualmente impiegati considerano anzitutto la stabilità dell'opera, ossia la stabilità nei confronti dei meccanismi di scivolamento orizzontale lungo uno dei rinforzi, di rottura a trazione dei rinforzi, di sfilamento dei rinforzi dalla massa di terreno a tergo della superficie di rottura. Viene poi verificata la stabilità esterna

dell'opera nella sua interezza, consentendo di valutare se la geometria del blocco rinforzato consenta di resistere alle forze che ne possono provocare lo scivolamento lungo la base, la rottura lungo una superficie di rottura o il cedimento del terreno di fondazione.

### 5.3 Definizione ed impostazione del problema

Per un terreno di riempimento è possibile definire un angolo di inclinazione limite del pendio  $\beta_{lim}$  che rappresenta il massimo valore a cui può essere realizzato un pendio non rinforzato. Per un materiale incoerente e secco tale angolo corrisponde all'angolo di resistenza al taglio del terreno:

$$\beta_{lim} = \varphi$$

Al fine di realizzare pendii che abbiano un'inclinazione maggiore di quella naturalmente raggiungibile, è necessario disporre, orizzontalmente, alcuni strati di rinforzo nel pendio così che, come precedentemente evidenziato, tali elementi possano resistere alle forze orizzontali, incrementando la resistenza al taglio. Le forze che devono essere applicate al terreno per mantenere l'equilibrio possono essere sommate in una forza globale che agisce nella direzione orizzontale, espressa dalla seguente formulazione:

$$T = \frac{1}{2} \cdot k \cdot \gamma \cdot H^2$$

dove

H = altezza del pendio (m);

$\gamma$  = peso dell'unità di volume del terreno ( $\text{kNm}^{-3}$ );

K = coefficiente di spinta del terreno, funzione dell'inclinazione del pendio, dell'angolo di resistenza al taglio del terreno e del coefficiente di pressione neutra

$$r_u = \frac{u}{\gamma_w \cdot z}$$

Per il caso di facciata verticale, il coefficiente K eguaglia il coefficiente di spinta attiva  $K_a$ ; per valori dell'angolo  $\beta$  compresi tra  $0^\circ$  e  $90^\circ$ , il coefficiente K assume valori compresi tra 0 e  $K_a$ .

#### 5.4 Distribuzione delle forze massime richieste

La forza orizzontale globale richiesta per mantenere l'equilibrio in ogni particolare caso di potenziale meccanismo di scorrimento può essere calcolata applicando le stesse forze esterne al pendio ed imponendo che esso sia in condizioni di equilibrio, assumendo un valore prefissato della resistenza a taglio mobilizzata del terreno. L'analisi dell'intera gamma di meccanismi di potenziali scorrimenti permette di individuare due particolari superfici interne al pendio, che sono definite come la linea di forza richiesta nulla e la linea di forza richiesta massima. La prima linea definisce la zona di terreno in cui sono richiesti gli strati di rinforzo per mantenere l'equilibrio. La linea di massima forza richiesta è quella che connette i punti in cui la forza richiesta risulta maggiore e solitamente interseca il piede del pendio. Di seguito si riporta la rappresentazione schematica relativa la distribuzione delle forze necessarie all'equilibrio.

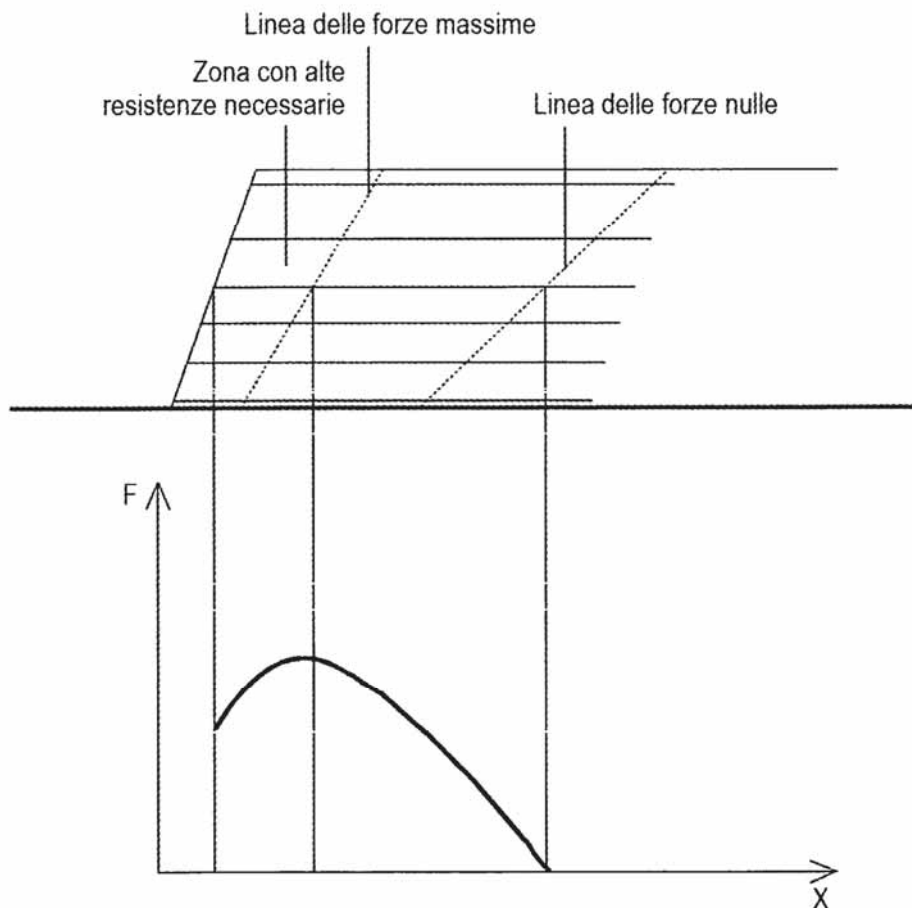


Figura 69 - Distribuzione delle forze necessarie all'equilibrio (Comedini & Rimoldi, 2013)

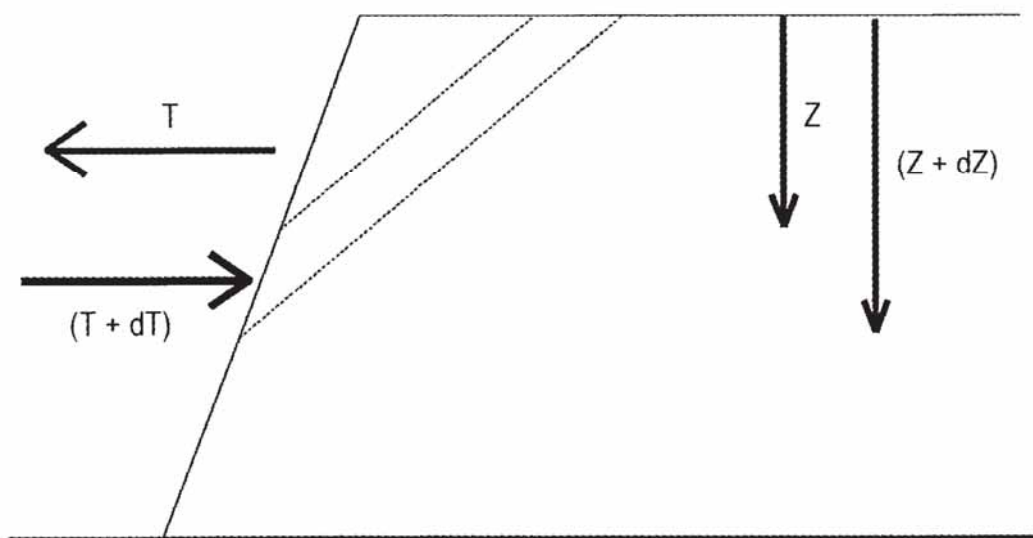


Figura 70 - Variazione incrementale delle forze richieste (Comedini & Rimoldi, 2013)

La posizione delle due linee di massima forza richiesta e di zero forza richiesta sono funzione della resistenza a taglio che il progettista desidera sia mobilitata nel terreno. Per ogni particolare superficie di scorrimento, la forza globale richiesta per soddisfare l'equilibrio è funzione del quadrato della profondità a cui si sviluppa la superficie stessa. Si ha infatti:

$$T = \frac{1}{2} \cdot k \cdot \gamma \cdot Z^2$$

Se si considerano due superfici a distanza infinitesima, si assume come costante la tensione orizzontale agente sull'elemento alto  $dZ$ :

$$\sigma_r = \frac{dT}{dZ}$$

Ma  $\sigma_r$  deve equilibrare la spinta orizzontale del terreno  $\sigma_h$  e perciò deve risultare:

$$\sigma_r = \sigma_h = K \cdot \gamma \cdot Z$$

Gli strati di rinforzo sono usualmente progettati per resistere ciascuno alla stessa forza  $P$ , perciò è ammissibile assumere:

$$dT = \text{costante} = P$$

Per ottenere questa forza uniforme negli elementi di rinforzo è determinante calcolare la spaziatura  $S_v$  degli strati di rinforzo in modo tale da soddisfare l'equazione  $\sigma_r = dT/dZ$ , che diviene:

$$\sigma_r = \frac{P}{S_v}$$

Ed effettuando le dovute sostituzioni si ottiene il valore di spaziatura  $S_v$ , variabile con la profondità, necessario affinché  $P$  si mantenga costante.

### 5.5 Forze disponibili ed ammissibili

Il valore della forza disponibile in un punto lungo un elemento di rinforzo dipende dalle proprietà del rinforzo stesso e dagli sforzi di taglio mobilitati all'interfaccia di contatto rinforzo-terreno. L'entità degli sforzi di taglio mobilitati è fondamentale per evitare due possibili meccanismi di rottura: lo scorrimento lungo il rinforzo e lo sfilamento del rinforzo stesso, entrambi causati dalla spinta del terreno a tergo del blocco rinforzato, come mostrato nelle successive figure.

La resistenza allo scorrimento lungo un elemento di rinforzo è una combinazione delle resistenze a taglio all'interfaccia tra il terreno e la componente solida del rinforzo e della resistenza a taglio all'interfaccia terreno-terreno attraverso le eventuali aperture del rinforzo. In definitiva risulta:

$$\tau_{ds} = \sigma_n' \cdot f_{ds} \cdot \operatorname{tg}\varphi'$$

$$f_{ds} = 1 - \alpha \cdot \left( 1 - \frac{\operatorname{tg}\delta'}{\operatorname{tg}\varphi'} \right)$$

In cui

$\tau_{ds}$  è il valore del taglio resistente allo scorrimento;

$\sigma_n'$  è il valore della tensione normale effettiva sul rinforzo;

$f_{ds}$  è il coefficiente di resistenza allo scorrimento;

$\alpha$  è rappresentativo della frazione solida della superficie del rinforzo;

$\delta'$  è il valore dell'angolo di attrito terreno-rinforzo;

$\varphi'$  è il valore dell'angolo di attrito terreno-terreno

La forza resistente del rinforzo sarà:

$$T_{ds} = L \cdot B \cdot \tau_{ds}$$

Con L,B rispettivamente lunghezza e larghezza del rinforzo.

Il coefficiente di scivolamento varia a seconda della natura del terreno e della struttura del rinforzo: i rinforzi a superficie piena, come i geotessili, presentano una minore resistenza a taglio rispetto ai rinforzi con aperture che permettono l'incastro dei granuli di terreno, come le geogriglie.

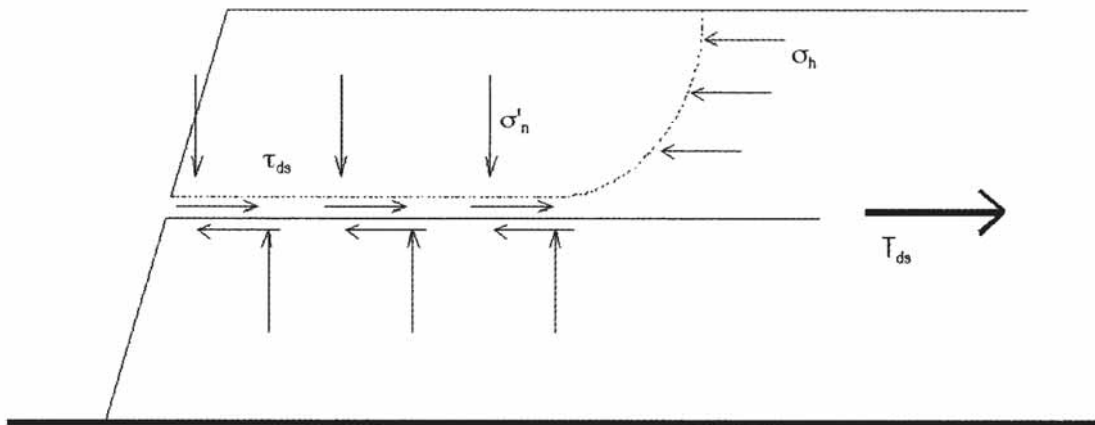


Figura 71 - Meccanismo di scivolamento lungo uno strato del rinforzo (Comedini & Rimoldi, 2013)

Lo sforzo di taglio resistente allo sfilamento vale:

$$\tau_b = \sigma'_n \cdot f_{po} \cdot \text{tg}\varphi'$$

Con  $f_{po}$  coefficiente di resistenza allo sfilamento.

La massima forza resistente allo sfilamento  $T_b$  di un singolo elemento di rinforzo darà:

$$T_b = 2 \cdot L_b \cdot B \cdot \tau_b$$

In cui  $L_b$  rappresenta il valore della lunghezza di ancoraggio oltre la superficie di rottura potenziale.

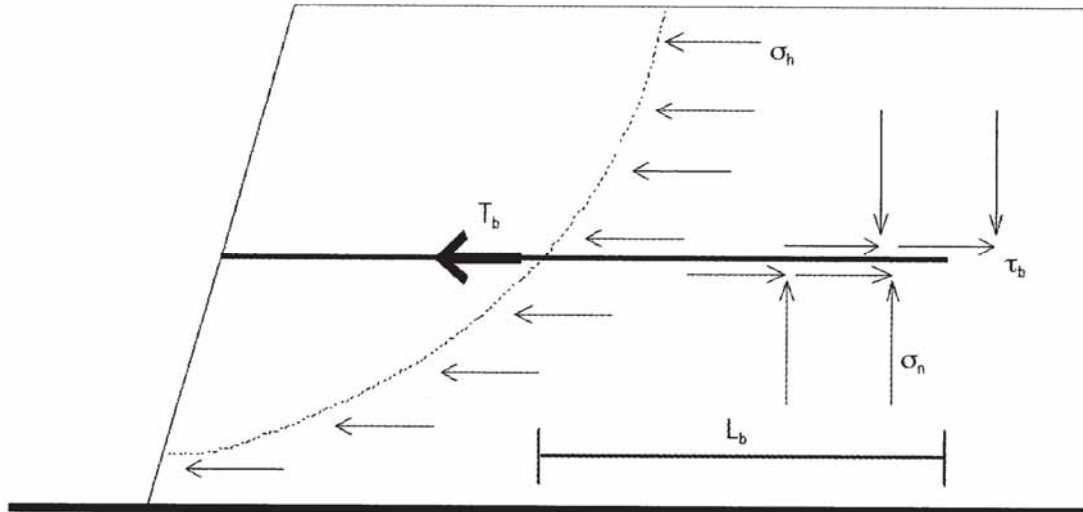


Figura 72 - Rappresentazione del meccanismo di sfilamento del rinforzo (Comedini & Rimoldi, 2013)

### 5.6 Determinazione dei parametri di progetto

La resistenza a trazione di progetto di un geosintetico di rinforzo può essere determinata a partire dalla resistenza di picco dello stesso, mediante l'applicazione di una serie di fattori di sicurezza parziali. L'equazione che viene impiegata per la determinazione della resistenza di progetto a lungo termine può essere espressa generalmente nella formula:

$$P = \frac{R_{ult}}{(RF)} = \frac{R_{ult}}{RF_{cr} \cdot RF_{id} \cdot RF_{we} \cdot RF_{ch} \cdot f_s}$$

In cui

$RF_{cr}$  è il fattore di sicurezza relativo al fenomeno del *creep*;

$RF_{id}$  è il fattore di sicurezza relativo al danneggiamento in fase di installazione;

$RF_{we}$  è il fattore di sicurezza relativo alla degradazione atmosferica;

$RF_{ch}$  è il fattore di sicurezza relativo al processo di idrolisi del poliestere.

Il fattore di sicurezza  $f_s$  si applica alla resistenza a trazione del geosintetico di rinforzo e viene in genere assunto pari a 1.30, ma comunque non inferiore a 1.20.

### 5.7 Criteri di progetto

Il progetto di un pendio rinforzato con geosintetici consiste sostanzialmente nel definire la resistenza del rinforzo, la spaziatura e la lunghezza di ancoraggio necessari per assicurare all'opera un adeguato margine di sicurezza nei confronti della stabilità interna.

1. Ogni strato di rinforzo deve garantire una forza di trazione sufficiente per resistere agli sforzi orizzontali, nella zona di propria competenza, causati dalla spinta del terreno non rinforzato alle spalle. Deve, quindi, essere rispettata la seguente condizione:

$$P \geq S_v \cdot \sigma_h \quad \text{con} \quad \sigma_h = K \cdot \sigma_v$$

2. La lunghezza dei rinforzi in sommità deve essere adeguata per prevenire lo sfilamento dei rinforzi alla base, poiché se i rinforzi superiori non avessero lunghezza sufficiente quelli alla base dovrebbero sopportare una tensione maggiore che potrebbe provocarne la rottura
3. La lunghezza di ciascun elemento di rinforzo deve essere tale da prevenire lo scivolamento del terreno sopra di esso. In particolare qualora la lunghezza dei rinforzi posizionati alla base non fosse adeguata, potrebbe verificarsi lo scivolamento dell'intero blocco rinforzato.
4. Il blocco rinforzato, considerato come blocco rigido, deve avere dimensioni tali da sopportare la spinta verso l'esterno del terreno a tergo, senza che si manifestino sforzi di trazione alla base.
5. La distribuzione delle tensioni nei rinforzi deve soddisfare l'equilibrio per ogni possibile meccanismo di rottura.



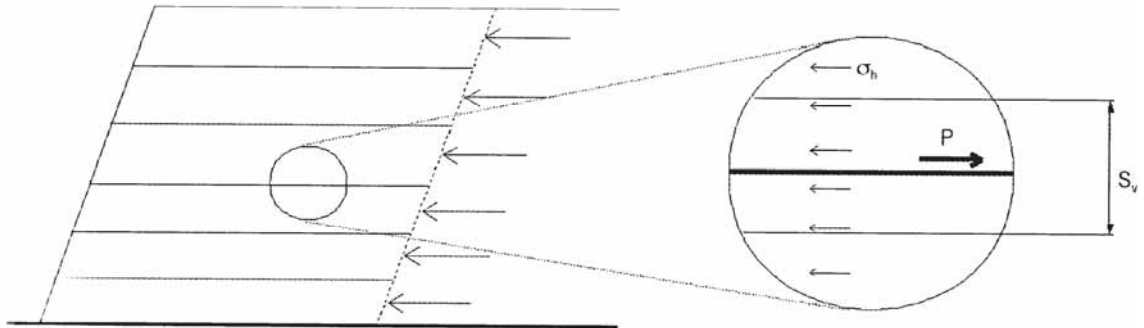


Figura 73 - Rappresentazione dell'equilibrio locale di ciascun strato di rinforzo (Comedini & Rimoldi, 2013)

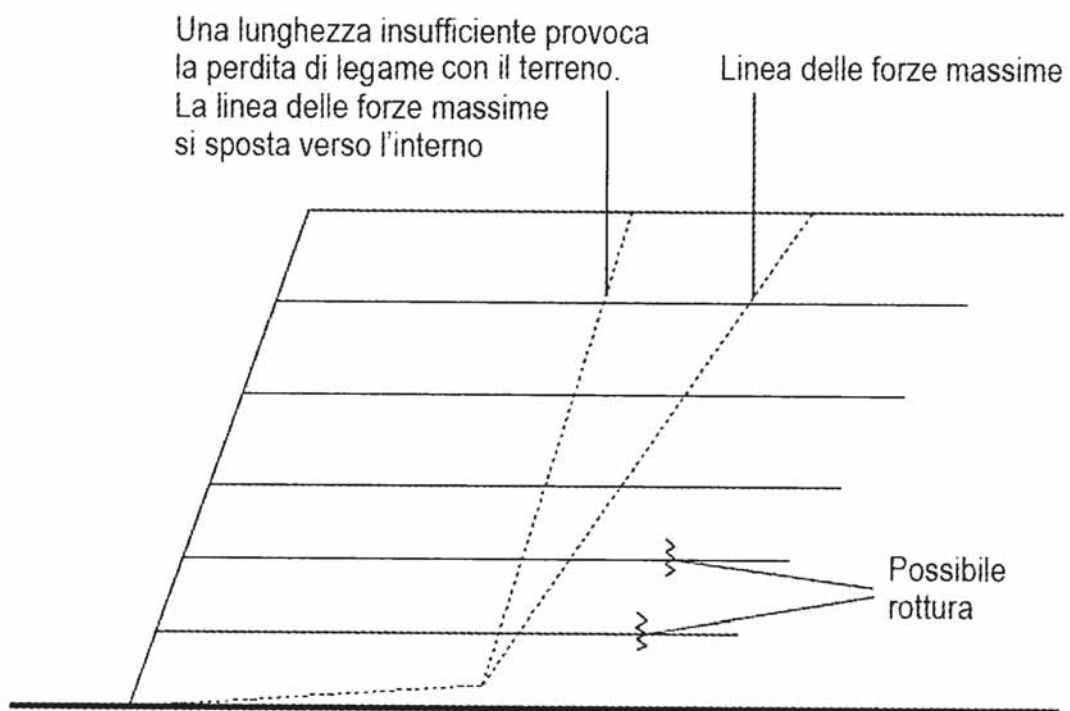


Figura 74 - Rappresentazione del meccanismo di rottura dei rinforzi per ancoraggio insufficiente in testa (Comedini & Rimoldi, 2013)

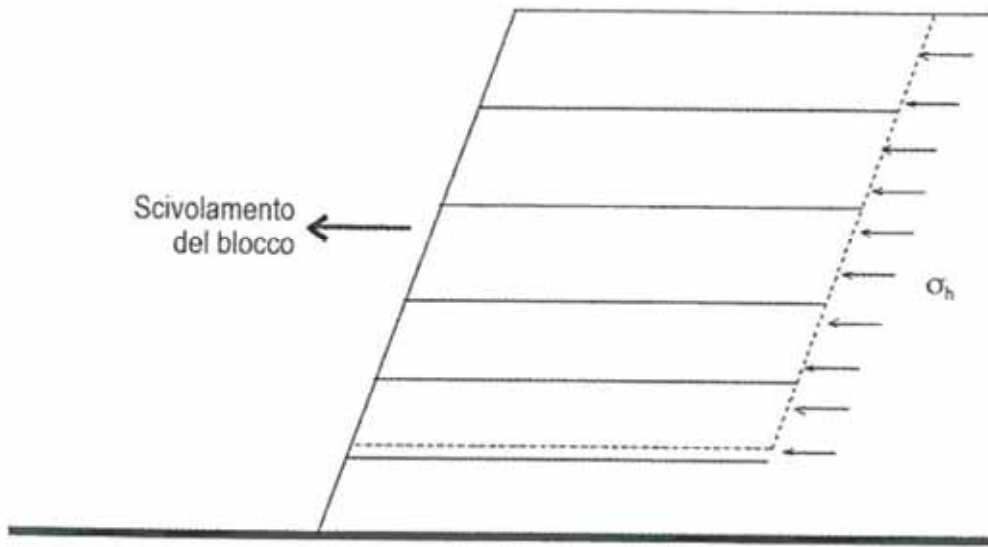


Figura 75 - Rappresentazione del meccanismo di scivolamento all'interfaccia terreno-rinforzo (Comedini & Rimoldi, 2013)

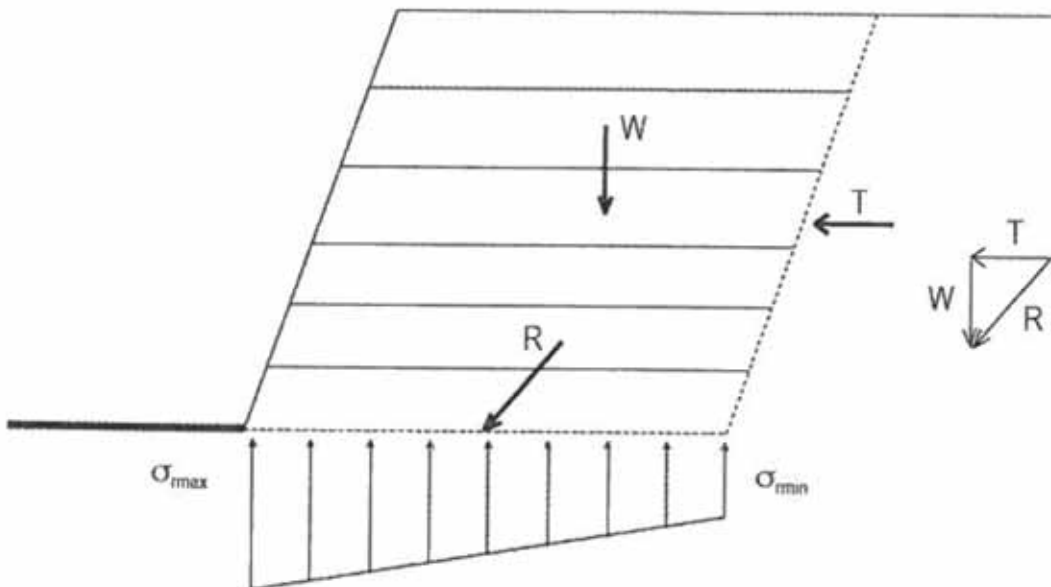


Figura 76 - Equilibrio del blocco rinforzato, considerato come rigido, e distribuzione degli sforzi generati lungo la base (Comedini & Rimoldi, 2013)

### 5.8 Forze necessarie

Le forze addizionali richieste affinché siano soddisfatte le condizioni di equilibrio con margini di sicurezza adeguati, rispetto ad ogni potenziale meccanismo di rottura, possono essere determinate attraverso l'analisi dell'equilibrio limite. Tale metodologia consiste nel valutare le possibili superfici di rottura e valutare il fattore di sicurezza, rappresentato dal rapporto tra la massima forza di taglio resistente fornita dal terreno prima della rottura e la forza attiva di taglio sviluppata relativa alla superficie in esame. L'analisi di stabilità interna viene eseguita, con calcoli manuali, approssimando la superficie di rottura ad una curva bilineare che soddisfa le esigenze di accuratezza e velocità di calcolo. Con riferimento alla figura riportata di seguito si procede:

- Fissando il nodo "i" tra i due blocchi;
- Variando l'angolo  $\theta_2$  ed imponendo l'equilibrio delle forze in modo tale da determinare la forza T, massima per ciascun nodo;
- Si procede iterativamente fino al raggiungimento della forza massima e la relativa superficie di rottura.

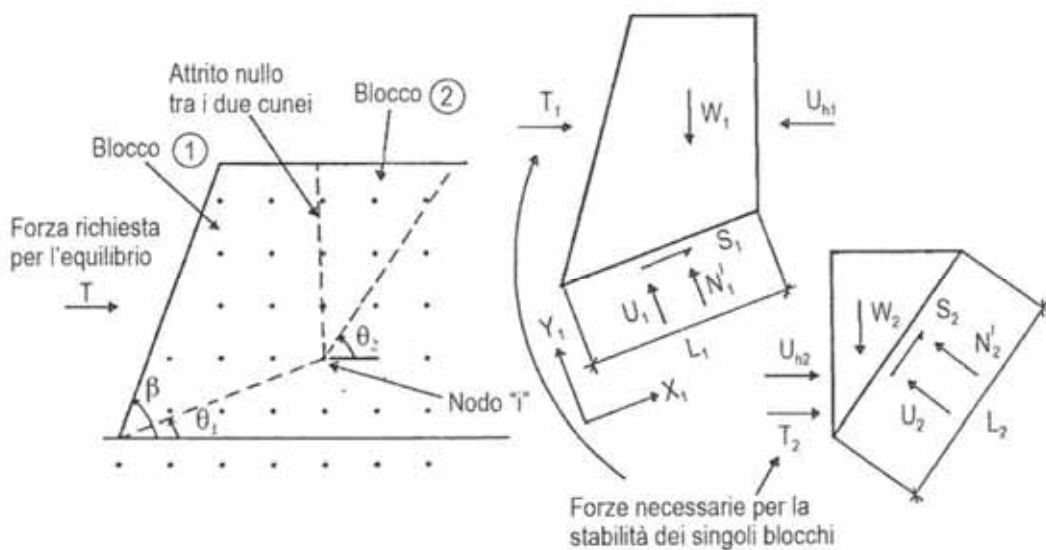


Figura 77 – Calcolo della forza massima richiesta per una sup. di rottura bilineare (da Comedini & Rimoldi, 2013)

Risulta pertanto:

$$U_{h1} = -U_{h2}$$

$$T_1 = \frac{W_1 \cdot (tg\theta_1 - tg\varphi') - \left( c' - \frac{l_1}{\cos\theta_1} \right) + U_1 \cdot \frac{tg\varphi'}{\cos\theta_1}}{1 + tg\varphi' \cdot tg\theta_1} + U_{h1}$$

$$T_2 = \frac{W_2 \cdot (tg\theta_2 - tg\varphi') - \left( c' - \frac{l_2}{\cos\theta_2} \right) + U_2 \cdot \frac{tg\varphi'}{\cos\theta_2}}{1 + tg\varphi' \cdot tg\theta_2} + U_{h2}$$

$$T = T_1 + T_2$$

con  $c'$ ,  $\varphi'$  = coesione ed angolo di resistenza al taglio efficaci riferiti al terreno di riempimento

Le equazioni introdotte possono essere espresse tramite la relazione:

$$T = W \cdot f_1(\varphi', \theta_1, \theta_2) - c' \cdot f_2(\varphi', \theta_1, \theta_2, l_1, l_2) + u \cdot f_3(\varphi', \theta_1, \theta_2)$$

La forza globale T può essere espressa in funzione di un coefficiente di spinta K con una espressione del tipo:

$$T = \frac{1}{2} \cdot K \cdot \gamma \cdot H^2$$

dove

H = altezza del pendio;

$\gamma$  = peso dell'unità di volume;

K = coefficiente di spinta, funzione dell'angolo del pendio  $\beta$  e dell'angolo di resistenza al taglio  $\varphi$ .

Raccogliendo rispetto a  $\gamma$  si ottiene:

$$\frac{T}{\gamma} = \frac{W}{\gamma} \cdot f_1(\varphi', \theta_1, \theta_2) - \frac{c'}{\gamma} \cdot f_2(\varphi', \theta_1, \theta_2, l_1, l_2) + \frac{u}{\gamma} \cdot f_3(\varphi', \theta_1, \theta_2)$$

$$\frac{W}{\gamma} = V = A_{sez} \cdot 1.0m$$

In cui

$V$  = Volume del doppio cuneo;

$A_{sez}$  = Area della sezione verticale del doppio cuneo.

Imponendo poi che il coefficiente relativo alla pressione dei pori  $r_u = \frac{u}{\gamma \cdot H}$ ,  $c'=0$  ed

$H=1.0$ , si perviene ad ottenere il valore del coefficiente di spinta  $K$  e del rapporto  $\frac{T}{\gamma}$ .

$$\frac{T}{\gamma} = A \cdot f_1(\varphi', \theta_1, \theta_2) + r_u \cdot f_3(\varphi', \theta_1, \theta_2)$$

$$K = \frac{2 \cdot T}{\gamma}$$

È possibile dunque ottenere un diagramma del coefficiente  $K$  in funzione dell'inclinazione del pendio  $\beta$  e dell'angolo di resistenza al taglio efficace  $\varphi'$ , realizzando il calcolo per ciascun valore di  $r_u$ .

### 5.9 Determinazione della spaziatura tra i rinforzi

Un parametro di fondamentale importanza sia per la corretta progettazione dell'opera in terra rinforzata sia per evitare un inutile dispendio economico è rappresentato dalla spaziatura verticale tra i rinforzi ( $S_v$ ). Tale interasse tra gli elementi di rinforzo dovrebbe essere progettato in modo che ciascun elemento sia soggetto alla medesima sollecitazione di trazione, il cui valore massimo viene assunto pari a:

$$F_r = S_v \cdot K \cdot \gamma \cdot z = n \cdot v \cdot K \cdot \gamma \cdot z$$

In cui

$n$  = numero degli strati di terreno compattati per ciascun strato di rinforzo;

$v$  = spessore di compattazione;

$S_v$  = spaziatura verticale.

Il calcolo della distribuzione delle spaziature viene svolto per mezzo della definizione di un parametro indicato come *costante di spaziatura*  $Q$ , funzione inversamente proporzionale allo spessore di compattazione  $v$ :

$$Q = \frac{P}{K \cdot \gamma \cdot v} \quad ; \quad P = K \cdot \gamma \cdot v \cdot Q \quad ; \quad F_r = P \cdot \frac{S_v}{v} \cdot \frac{z}{Q}$$

In relazione a quanto sopra citato, affinché la resistenza disponibile sia sempre maggiore della forza richiesta, deve risultare soddisfatta la seguente equazione:

$$\frac{v}{S_v} \geq \frac{z}{Q}$$

Attraverso la cui risoluzione è possibile determinare la spaziatura che ottimizza la resistenza delle geogriglie. È pertanto opportuno definire delle zone di equispaziatura del rinforzo con quote  $z$  di separazione scelte come sottomultiplo di  $Q$ .

### 5.10 La tecnica del Wrap-Around

Al fine di prevenire distorsioni o fenomeni di erosione della facciata, è possibile realizzare un risvolto del geosintetico lungo la facciata stessa, così come evidenziato nelle elaborazioni grafiche sotto riportate.



Figura 78 - Dettaglio risvolto in facciata e dettaglio costruttivo



Figura 79 - Posizionamento casseri e geogriglie di rinforzo

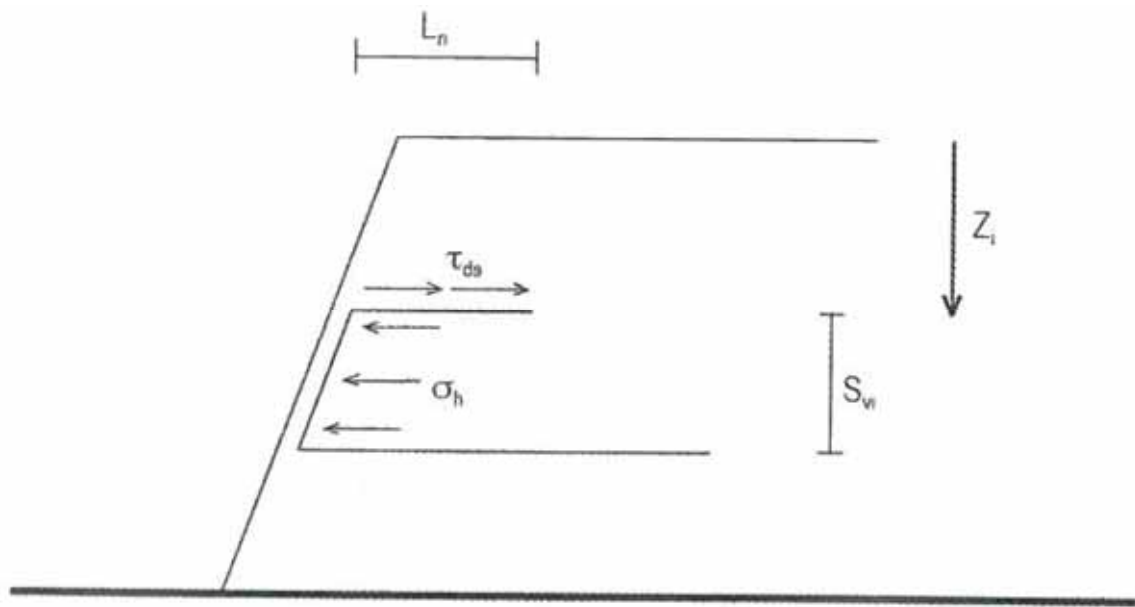


Figura 80 - Schema per il calcolo della lunghezza del risvolto ( $L_r$ ) - (Comedini & Rimoldi, 2013)

Con riferimento alla figura sopra riportata si impone l'equilibrio locale delle forze orizzontali applicando un coefficiente di sicurezza  $FS_{wrap}$  alla lunghezza del risvolto come segue:

$$FS_{wrap} \cdot \sigma_h \cdot S_{vj} = \tau_{ds} \cdot L_{ri}$$

$$\sigma_h = K \cdot \gamma \cdot \left( z_i + \frac{S_{vj}}{2} \right) \quad \tau_{ds} = \gamma \cdot z_i \cdot f_{ds} \cdot tg\varphi'$$

$$FS_{wrap} \cdot K \cdot \gamma \cdot \left( z_i + \frac{S_{vj}}{2} \right) \cdot S_{vj} = \gamma \cdot z_i \cdot f_{ds} \cdot tg\varphi' \cdot L_{ri}$$

$$\frac{FS_{wrap} \cdot K \cdot \left( z_i + \frac{S_{vj}}{2} \right) \cdot S_{vj}}{z_i \cdot f_{ds} \cdot tg\varphi'} = L_{ri}$$

## *PARTE SECONDA*



## 6 *Il contesto dell'area e descrizione generale dell'intervento*

Come evidenziato nell'*incipit* della presente tesi di laurea lo studio relativo al progetto di riqualificazione strutturale delle sponde del canale denominato "Vena Mazzarini", non può prescindere dalla conoscenza del contesto nel quale il canale è stato realizzato e dei luoghi di intervento, dall'importanza che esso svolge nella propria funzione regolatrice dell'afflusso di marea e dal considerare che l'area in oggetto riveste un ruolo importante quale punto di aggregazione.

Il canale, realizzato nel 1853 dall'Ing. Mazzarini, si presenta dal punto di vista urbanistico come collegamento fra il centro storico di Cesenatico e la porzione più recente della città e nacque per affrontare il problema dell'accumularsi di sabbia all'imboccatura del porto, che aveva messo alla prova numerosi studiosi tra cui lo stesso Leonardo da Vinci.

Come è possibile riscontrare dalla documentazione fotografica allegata al presente capitolo, l'area ha subito un rapido tracollo negli anni intercorsi tra il 1970, chiusura dello storico Acquario, ed il 2005 quando iniziarono i lavori di riqualificazione e di rivalutazione dell'intera zona.

Nell'ambito degli interventi complessivi un aspetto progettuale fondamentale riguardò la sistemazione ed il consolidamento delle sponde poiché esse si presentavano in condizioni di parziale o avanzato dissesto, evidenziando numerose microfratture, crepe e lievi smottamenti del terreno dovuti principalmente alla dilavazione artificiale ed all'erosione.

In relazione alle consistenze dei luoghi, il progetto originale dal quale ha preso spunto lo sviluppo della presente tesi di laurea, prevedeva fundamentalmente la risagomatura di entrambe le sponde, sia sommerse che emerse, ed il consolidamento del terreno di imposta al fine di conferire al sistema un profilo più morbido ed adeguati margini di sicurezza nei confronti della stabilità.

Durante la redazione della presente, alla luce della numerosa tipologia di interventi di consolidamento spondale ed in relazione alle precedenti esperienze maturate in questi anni di professione, ho considerato prioritaria l'esigenza di impiegare metodi la cui invasività fosse assai limitata allo scopo di mantenere inalterato l'equilibrio idraulico del canale, pur non prescindendo dai requisiti di sicurezza che la normativa impone. Tenuto conto inoltre delle criticità geotecniche legate alla tipologia dei terreni presenti

nell'area e della necessità di mantenere una geometria che rispecchiasse la naturalità delle sponde, in ragione delle considerazioni precedentemente esposte è stato previsto il consolidamento mediante l'impiego di geosintetici di rinforzo ed in particolare impiegando geogriglie in HDPE e rinverdimento della facciata. Questa particolare tecnica rappresenta una soluzione semplice, veloce ed economica di consolidamento spondale poiché consente il reimpiego di terreni di riporto presenti nel luogo di intervento, la realizzazione di scarpate vegetate e della morfologia voluta migliorando significativamente l'inserimento ambientale dell'opera e, soprattutto, quantità limitate di rinforzi consentono di migliorare il comportamento a lungo termine di pendii con basso fattore di sicurezza. In virtù di quanto esposto e dopo un'approfondita analisi per la determinazione dei parametri geotecnici caratteristici dell'area, si provvederà al dimensionamento dell'opera di consolidamento spondale mediante l'impiego di geosintetici di rinforzo, alla luce del D.M. 14.01.2008, secondo le prescrizioni imposte dalla normativa stessa. Di seguito viene riportata la documentazione storica della Vena Mazzarini, reperita in parte dal Web, in parte dalla documentazione messa a disposizione dal Comune di Cesenatico (FC) ed in parte autoprodotta, attraverso la quale è possibile evidenziare le trasformazioni che il canale ha subito nel corso degli anni dalla costruzione ad oggi.

















































## 6.1 *Analisi geognostica e caratterizzazione meccanica dei terreni*

### 6.1.1 *Inquadramento geologico*

Ai fini dell'inquadramento geologico si riporta lo stralcio della relazione geologica messa a disposizione dall'Ufficio Tecnico del Comune di Cesenatico (FC), nella quale viene caratterizzata evolutivamente l'area oggetto di studio.

*“Il territorio del Comune di Cesenatico si estende nella parte più esterna del bacino Pliocenico Quaternario della Pianura Padana.*

*Questo bacino forma un'ampia depressione sinclinalica, con stile tettonico globalmente compressivo e rappresenta la porzione più esterna della catena appenninica.*

*Tale stile, presente nel sottosuolo della zona studiata e nella porzione dell'Adriatico vicino alla costa, è contraddistinto dalla tipica struttura geologica definita come Pieghe Ferraresi - Adriatiche.*

*Si tratta di una sequenza di archi di pieghe fagliate e tettonicamente attive fino al Pleistocene. Senza descrivere con dettaglio l'evoluzione policiclica appenninica, si ricorda che dopo il Miocene la catena Appenninica ha subito un raccorciamento progressivamente minore da Est verso Ovest. Questo modello evolutivo di deformazione ha generato una serie di accavallamenti con archi strutturali asimmetrici con concavità verso sud e linee tettoniche trasversali a movimento prevalentemente trascorrente (Pieri & Groppi, 1981).*

*Il territorio romagnolo è stato interessato in questo quadro dinamico regionale dall'attività più esterna della catena, con l'accavallamento delle unità geologiche più antiche su termini stratigraficamente più recenti (Pliocene inferiore e medio).*

*Questo andamento ad archi di pieghe del fronte sepolto della catena appenninica, con la messa in posto di unità più recenti sulle parti più esterne della vergenza tettonica, è stato interpretato (Pieri & Groppi, 1981, Farabegoli, 1991, Dondi et al., 1982, Dondi, 1985) come la possibile conseguenza del movimento di rotazione dell'Appennino in senso antiorario che avrebbe provocato una serie di accorciamenti crostali, oltre all'attuale quadro tettonico sismico.*

*In corrispondenza delle Pieghe Adriatiche, la base dei sedimenti, prevalentemente pliocenico quaternari, si approfondisce fino ai 2000 - 3000 metri dal piano campagna, come ampiamente testimoniato dalla bibliografia Agip, 1986.*



*Il sottosuolo del territorio di Cesenatico è costituito essenzialmente da depositi di formazioni fluvio-alluvionali e di spiaggia, di età Quaternaria.*

*L'assetto stratigrafico è relativamente semplice: ad una banca sabbiosa e sabbio-limosa, di spessore variabile tra 5.00 ml e 9.00 ml circa, segue un substrato di argille, di discreta consistenza.*

*In particolare, le successioni Oloceniche che costituiscono la litologia della zona sono state inquadrare stratigraficamente nell'Allomembro di Ravenna, che rappresenta la porzione affiorante di pressoché tutta la piana alluvionale e costiera dell'Emilia-Romagna.*

*All'interno dello schema stratigrafico dei depositi tardo – quaternari del settore padano – adriatico, l'Allomembro di Ravenna rappresenta, infatti, la parte sommitale dell'Allogruppo Emiliano – Romagnolo, ossia la sequenza deposizionale di IV – V ordine, a partire dalla fine del Pleistocene fino a comprendere l'intero Olocene.*

*L'Allomembro di Ravenna è costituito da depositi alluvionali, passanti lateralmente a depositi litorali e marini. L'evoluzione stratigrafica di questa unità è molto complessa in relazione ai diversi ambiti deposizionali.*

*L'attuale configurazione della piana costiera è stata determinata da un tipico trend trasgressivo – regressivo, con unità ciclostratigrafiche di Stazionamento Alto e Basso. Entrambi formano sequenze alternate con cadute, stazionamenti e risalite del livello marino, a partire da una ciclo basale di caduta e stazionamento basso nel Tirreniano.*

*Le successioni sedimentarie della zona si possono quindi inquadrare in un'unica grande sequenza deposizionale, severamente controllata dall'eustatismo e da fluttuazioni climatiche. In particolare, le fluttuazioni eustatiche hanno drammaticamente controllato la sedimentazione della fascia costiera, ampiamente interessata dalla trasgressione post-glaciale prima e da un'importante regressione deposizionale poi.*

*Questa evoluzione ha prodotto un'ampia interdigitazione fra sedimenti marini e continentali. Le successioni di terreni della zona studiata si sono depositi durante l'ultima fluttuazione glacioeustatica dallo stazionamento alto del Tirreniano attraverso il progressivo abbassamento del livello marino, prodotto da un importante accumulo glaciale, fino alla rapida risalita eustatica avvenuta negli ultimi 18.000 anni circa.*

*La registrazione della risalita eustatica postglaciale è stata particolarmente accurata nella zona di Cesenatico, visti i bassissimi gradienti morfologici dell'alto Adriatico e della bassa Pianura Padana, che hanno consentito spostamenti della linea di costa per centinaia di chilometri (Trincardi et al., 1994; Correggiari et al., 1996).*

*L'aumento del livello marino interruppe la deposizione del sistema di stazionamento basso, con la registrazione di superficie trasgressiva, cui corrisponde anche un severo salto di facies, spesso in associazioni di terreni a bassa permeabilità, quali argille organiche e torbe.*

*Successivamente, lo stazionamento alto è stato caratterizzato dalla ripida progradazione della linea di costa, legata ai massicci apporti dei fiumi appenninici e del fiume Po. Le capacità erosive dei fiumi sono documentate da complesse superfici stratigrafiche come ricostruito anche nel sottosuolo di Ravenna.*

*La progradazione della linea di costa durante il sistema di stazionamento alto (HST) è stata di oltre 30 km in alcune zone del Ravennate e del Ferrarese (Bondesan et al., 1999) mentre si riduce fortemente tra Ravenna e Rimini.*

*I tassi di sedimentazione erano molto elevati, basti esaminare il solo Olocene, che mostra spessori variabili da zero a oltre 35 metri.*

*Dal punto di vista morfologico il territorio comunale di Cesenatico si estende sulla costa del Mare Adriatico, è totalmente pianeggiante e le quote medie vanno dagli 1.40 ml ai 2.20 ml circa s.l.m.*

*Morfologicamente il territorio studiato è caratterizzato da due distinti ambienti adiacenti: la Pianura e la Costa, seppure le peculiarità morfometriche di quest'ultima siano ormai completamente obliterate dalle intense trasformazioni subite dall'attività antropica. Nella morfologia di pianura vanno considerati i paleoalvei dei diversi bacini idrografici e argini naturali, anche sepolti, le zone interfluviali e la zona palustre di retroduna.*

*La morfologia generale dell'area infatti può essere ricondotta ad una diversificata geometria di aree topograficamente rilevate e aree depresse, con un'evoluzione complessa in cui hanno operato sinergicamente molti fattori. Nella zona in adiacenza tra sistema costiero e pianura alluvionale il territorio esaminato presenta infatti una evoluzione molto severa. Le componenti fisiche del contesto morfologico dell'area in studio comprendono anche i vari elementi del Bacino idrografico del Torrente*

*Rubicone, nonché la porzione orientale, con le sue divagazioni più antiche, di un importante corso d'acqua, l'antico Pisciatello –Rigossa (Veggiani, 1975). La localizzazione e l'andamento nel tempo degli insediamenti antropici, nonché l'intero assetto idraulico di superficie e di sottosuolo, è stato fortemente influenzato dalla distribuzione spaziale dei paleoalvei e più in generale dall'evoluzione dei vari corpi fluviali, oggi anche estinti, e degli argini naturali.*

*La morfologia delle aree ad argini naturali è caratterizzata da topografia più elevata rispetto alla pianura alluvionale, da forma in genere allungata lungo l'asse del canale (sia attuale che antico) e litologie prevalentemente sabbiose e sabbiose – limose, che si depositavano per rotte o tracimazioni di alveo.*

*Le strutture dei paleoalvei sono da considerarsi delle vere direttrici idromorfologiche che, sia per le caratteristiche geotecniche del sottosuolo sia perché topograficamente rilevate, hanno costituito sede preferenziale di insediamento antropico. Rispetto alla morfologia ad argini naturali vanno distinte le aree topograficamente più depresse, ossia le valli interfluviali. Queste sono caratterizzate da litologie prevalentemente argillose e limose, con possibili livelli di torba, e rappresentano aree di scarso o nullo deflusso naturale. Tali depressioni comprendono anche gli antichi e attuali ambienti di retroduna, generalmente costituiti da acquitrini stagionali o paludi, zone umide o lame di acqua, di forma allungata pressoché nella stessa direzione della linea di costa, con formazione di dune eoliche.*

*L'area attualmente a ridosso del Fiume Rubicone corrisponde con buona probabilità alle antiche zone umide di retroduna. Tale interpretazione viene supportata sia dall'ampia mole di dati bibliografici disponibili, sia dall'analisi di stratigrafie di sondaggi. Dalle prove geognostiche si riconosce anche una antica linea di battigia, più meridionale rispetto all'attuale.*

*Il sistema costiero vero e proprio è contraddistinto morfologicamente, procedendo da terra verso mare, da una prima fascia di dune eoliche, disposte in cordoni ad andamento sub-parallelo alla costa. Spesso sede di vegetazione arbustiva, questi rilievi sabbiosi dovevano essere separati da stretti acquitrini, zone umide e canneti paludosi. La morfologia verso mare è contraddistinta da un articolato ambiente formato da piccole dune, canali di scolo, una ampia piattaforma sabbiosa, la zona di battigia, con l'escursione di alta e bassa marea, la spiaggia sommersa e infine il largo, spesso con*

*barre, in corrispondenza dello sbocco dei corsi d'acqua. Questo passaggio di confine terra – acqua rappresenta un delicatissimo equilibrio tra l'apporto e l'asporto di materiale sabbioso. Infatti lungo il litorale e la spiaggia sommersa le correnti marine ed il moto ondoso spostano e ridistribuiscono continuamente i materiali scaricati dai corsi d'acqua in mare. In questo trasporto le componenti più leggere vengono spostate verso il largo, le più pesanti vengono ridistribuite allo sbocco dei fiumi sottocosta e poi sul litorale. Sebbene i corsi d'acqua presenti, Rubicone e Pisciatello, presentino modesti bacini idrografici, essi scorrono e drenano su formazioni geologiche a discreto contenuto sabbioso. Possono quindi costituire un buon apporto di materiale solido per le spiagge.”*

### 6.1.2 Indagine idrogeologica

L'inquadramento idrogeologico del sito in esame viene basato sulla sia sui numerosi studi di carattere geologico reperiti sul web, sia attraverso l'elaborazione dei dati relativi alle quote del freatimetro di Cesenatico (FC) del Servizio Idrografico Italiano per un periodo compreso tra l'anno 1940 e l'anno 1972. L'intervallo di tempo nel quale sono state effettuate le misurazioni risulta sufficientemente ampio da permettere di eseguire alcune valutazioni sulle caratteristiche della falda. È quindi possibile distinguere due acquiferi superficiali dominanti (la falda freatica della fascia costiera e il sistema relativo alle alluvioni delle aree interne), il cui limite viene definito dalle diverse fonti bibliografiche con la superficie di massima espansione marina, che viene fatta coincidere con l'attuale sede stradale della S.S.16. L'area di studio rientra nel sistema costiero interessato dalla trasgressione flandriana, ossia dall'innalzamento del livello medio marino e, come possibile osservare dai dati riportati in seguito, nell'arco di tempo preso in esame il livello freatico varia da 0.44 m.s.l.m. nel 1943 a 1.25 m.s.l.m. nel 1964, a cui corrisponde un valore medio annuale su tutto il periodo pari a 0.90 m.

<i>Anno</i>	<i>Media</i>	<i>Minima</i>	<i>Massima</i>	<i>Escursione</i>
1940	0,77	0,23	1,16	0,93
1941	1,03	0,48	1,46	0,98
1942	0,91	0,31	1,69	1,38
1943	0,44	0,09	0,72	0,63
1944	0,70	0,18	1,32	1,14
1945	0,73	0,22	1,41	1,19
1946	0,65	0,38	0,82	0,44
1947	0,90	0,60	1,46	0,86
1948	0,75	0,39	1,13	0,74
1949	0,67	0,38	1,18	0,80
1950	0,86	0,34	1,44	1,10
1951	1,11	0,57	1,43	0,86
1952	0,71	0,22	1,29	1,07
1953	0,92	0,50	1,37	0,87
1954	0,62	0,28	0,92	0,64
1955	0,78	0,45	1,15	0,70
1956	0,92	0,44	1,28	0,84
1957	0,79	0,46	1,12	0,66
1958	0,63	0,29	1,11	0,82
1959	0,89	0,46	1,17	0,71
1960	1,06	0,62	1,46	0,84
1961	0,92	0,60	1,16	0,56

1962	0,95	0,41	1,34	0,93
1963	1,10	0,70	1,59	0,89
1964	1,25	0,70	1,63	0,93
1965	1,18	0,80	1,54	0,74
1966	1,13	0,77	1,58	0,81
1967	1,03	0,60	1,49	0,89
1968	0,99	0,81	1,42	0,61
1969	1,20	0,80	1,61	0,81
1970	0,91	0,38	1,32	0,94
1971	0,92	0,57	1,24	0,67
1972	1,16	0,84	1,44	0,60

Figura 81 - Quote freaticometriche

L'oscillazione della superficie freatica nel corso dell'anno è stata calcolata sulla base dei dati disponibili le medie mensili sul periodo dal 1940 al 1972 e la superficie della falda stessa risulta a quote più elevate durante il periodo invernale e primaverile ed in particolare tra i mesi di Febbraio ed Aprile, con il livello freatico medio più elevato che di norma si registra nel mese di marzo (1.13 m.s.l.m.). Al contrario le quote più depresse si registrano durante il periodo estivo ed autunnale ed è nel mese di Settembre che in condizioni idrologiche normali la superficie freatica risulta a profondità maggiori (0.33 m.s.l.m.). L'escursione freatica media annua è stimabile in 0,88 m.

<i>Mese</i>	<i>Medie mensili</i>
Gennaio	1,01
Febbraio	1,11
Marzo	1,13
Aprile	1,02
Maggio	0,92
Giugno	0,78
Luglio	0,61
Agosto	0,42
Settembre	0,33
Ottobre	0,48
Novembre	0,73
Dicembre	0,87

Figura 82 - Quote freaticometriche (Medie mensili)

In virtù dei dati esaminati e della massima risalita dei livelli di falda in occasione di eventi eccezionalmente piovosi e di marea, la quota della falda verrà considerata a quota +1.20 m dal livello di medio mare, assunto quest'ultimo come quota di riferimento.

### 6.1.3 Indagini in situ

La modellazione si basa sul risultato delle analisi delle prove effettuate durante la campagna geognostica e sulle analisi di laboratorio, che comprendono nello specifico:

- N.5 sondaggi a carotaggio continuo (S1, S2, S3, S4, S5) e prove penetrometriche in foro tipo S.P.T.;
- N.2 prove penetrometriche statiche a punta meccanica (CPT1 e CPT2)
- N.4 prove penetrometriche statiche a punta elettrica (CPTU1, CPTU2, CPTU3, CPTU4);
- N.3 prove dinamiche pesanti (SCPTA, SCPTB, SCPTC)

Le profondità significative raggiunte dalle prove sopra elencate sono le seguenti:

S1 : 20.50 – S2 : 40.00 – S3 : 30.00 – S4 : 20.00 – S5 : 40.00

CPT1 : 15.00 – CPT2 : 15.00

CPTU1 : 20.06 – CPTU2 : 14.34 – CPTU3 : 24.12 – CPTU4 : 25.06

SCPTA : 11.70 – SCPTB : 6.00 – SCPTC : 6.20

#### 6.1.3.1 Determinazione dei parametri geotecnici da prove S.P.T.

La prova penetrometrica dinamica è stata ideata negli Stati Uniti nel 1927, diffusa a livello internazionale dal Professor Terzaghi nel dopoguerra ed introdotta in Italia negli anni '60. È una delle prove in situ più diffuse per la semplicità di esecuzione, per il costo relativamente basso, per il fatto che sia ampiamente documentata in tutto il mondo e che siano presenti numerose correlazioni tra i dati ricavati ed i parametri geotecnici del terreno. Il campo di applicazione ideale è rappresentato dalle sabbie, ma è valida anche per valutare la consistenza delle argille non tenere e delle rocce tenere.

La prova S.P.T. consiste nell'infiggere a percussione nel terreno un campionario di dimensioni e forma normalizzate, facendolo cadere da un'altezza prestabilita. Si conta il numero di colpi ( $N_1$ ,  $N_2$  e  $N_3$ ) necessario per fare penetrare il maglio lungo tre tratti successivi. Il primo valore  $N_1$  è considerato di avviamento e se è pari a 50 e

L'avanzamento è minore di 15.0 cm indica che bisogna considerare la prova conclusa. In caso contrario si prosegue con l'infissione per un tratto pari a 30.0 cm, contando separatamente il numero per avanzare nei primi 15.0 cm ( $N_2$ ) e nei secondi 15.0 cm ( $N_3$ ), purché insieme non siano superiori a 100. Se la somma dei valori di  $N_2$  ed  $N_3$  è pari a 100 e non si raggiunge l'avanzamento richiesto, l'infissione è sospesa e la prova è considerata conclusa. La somma di  $N_2$  e  $N_3$ , chiamata  $N_{spt}$ , è il parametro che serve per valutare la resistenza del terreno.  $N_1$ , invece, non è considerato perché si riferisce ad un tratto in cui il terreno potrebbe essere rimaneggiato e non più rappresentativo delle reali condizioni del sito. Il ritmo della percussione del maglio sul terreno nel corso della prova è compreso tra 10 e 25 colpi al minuto. Per le caratteristiche dell'attrezzatura standardizzata ci si riferisce alle raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana (*"Raccomandazioni per le indagini geotecniche"*, 1977), le cui esatte misure sono:

- Peso maglio: 63,5 kg;
- Diametro cono: 5,1;
- Penetrazione 30 cm;
- Altezza di caduta: 760 mm;
- Diametro aste di infissione: 50 mm;
- Peso aste di infissione: 7,0 kg;
- Rapporto di energia delle aste: 60%.

Le stesse Raccomandazioni AGI prevedono di avere un diametro del foro compreso tra 60.0 mm e 200.0 mm e di controllare la pulizia del fondo foro, eseguendo misure specifiche con uno scandaglio oppure con la batteria di aste. Nel caso in cui si rilevi la presenza di detriti di spessore maggiore di 70.0 mm occorre eseguire una manovra di pulizia. Esistono diversi dispositivi di battitura che comprendono il maglio, la testa di battuta, la guida del maglio ed il dispositivo di sganciamento. Il dispositivo più diffuso in Italia è quello Nenzi e ha un rendimento prossimo al 60%. La differenza tra il diametro interno del tubo di rivestimento ed il diametro esterno delle aste non deve superare i 60.0 mm, altrimenti si dispongono lungo le aste, ad intervalli costanti di 3.00 m, dei centratori di dimensioni adeguate all'interno del rivestimento.

Il risultato della prova S.P.T. è influenzato dalla tecnica di perforazione, dall'attrezzatura utilizzata e dalla metodologia di esecuzione della prova.



Particolarmente importante è il ruolo dell'operatore poiché le modalità esecutive causano le maggiori differenze nella valutazione della resistenza alla penetrazione. Un altro fattore da valutare è l'influenza del diametro di perforazione.

Skempton ha perciò suggerito dei fattori di perforazione che variano in base al diametro di perforazione per cui il numero di colpi corretto è pari a:

$$N' = N_{spt} \cdot C_d$$

In cui:

$$C_d = 1,00 \text{ se } d = 65 \div 115; \quad C_d = 1,05 \text{ se } d = 150; \quad C_d = 1,15 \text{ se } d = 200$$

### Vantaggi

- È eseguibile nel corso di un normale sondaggio senza spese eccessive;
- È eseguibile su qualsiasi tipo di terreno;
- Consente una relativamente semplice interpretazione del risultato;
- È molto diffusa ed è disponibile ampia bibliografia.

### Svantaggi

- Prova discontinua e puntuale;
- I risultati possono essere correlati solo empiricamente con i parametri geotecnici, poiché non simula il comportamento del terreno nel campo delle sollecitazioni statiche;
- I risultati potrebbero essere influenzati dalle modalità operative e dal tipo di attrezzatura utilizzata

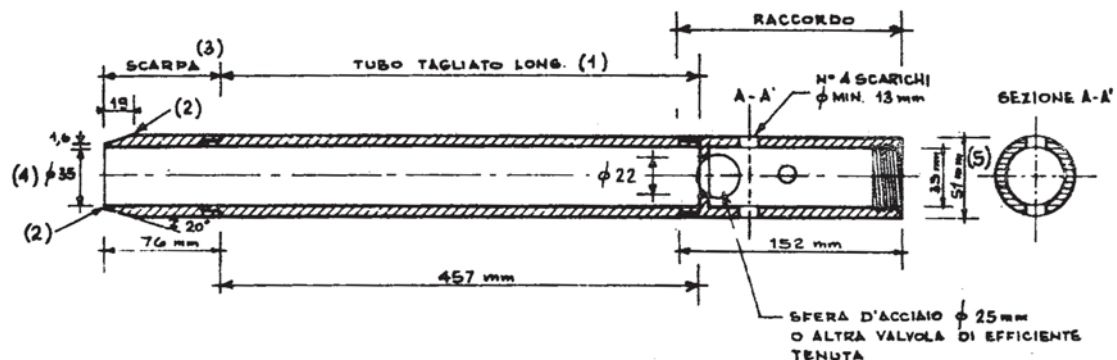


Figura 83 - Campionatore standard per la prova S.P.T. (Norme A.G.I. 1977)

Di seguito vengono elencati gli autori e le formulazioni adottate per l'interpretazione della prova.

### Angolo di resistenza al taglio $\phi$

$$\phi = \sqrt{15 \cdot N_{1(60)}} + 15 \quad (\text{R.B.S.})$$

$$\phi = 0.30 \cdot N_{1(60)} + 27 \quad (\text{J.N.R.})$$

$$\phi = 19 - 0.38 \cdot \sigma'_v + 8.73 \cdot \log(N_{1(60)}) \quad (\text{De Mello})$$

$$\phi = \sqrt{20 \cdot N_{1(60)}} + 15 \quad (\text{Owasaki \& Iwasaki})$$

$$\phi = 28 + 0.28 \cdot N_{1(60)} \quad (\text{Sowers})$$

$$\phi = 27.2 + 0.28 \cdot N_{1(60)} \quad (\text{Peck Hanson \& Thornburn})$$

$$\phi = 47 + 0.46 \cdot N_{1(60)} - 0.004 \cdot N_{1(60)}^2 \quad (\text{Meyerhof})$$

$$\phi = \sqrt{15.4 \cdot N_{1(60)}} + 20 \quad (\text{Hatanaka \& Uchida})$$

$$\phi = 27.1 + 0.3 \cdot N_{1(60)} - 0.00054 \cdot N_{1(60)}^2 \quad (\text{Wolff})$$

$$\phi = 28 + 0.14 \cdot D_r \quad (\text{Schmertmann})$$

### Densità relativa

$$D_r = 1.50 \cdot \left[ \left( \frac{N_{1(60)}}{0.0065 \cdot \sigma_{v0}^2 + 1.68 \cdot \sigma_{v0} + 14} \right)^{0.222} - 0.60 \right] \quad (\text{Gibbs \& Holtz})$$

$$D_r = 21 \cdot \sqrt{\frac{N_{1(60)}}{\sigma_{v0}' + 0.70}} \quad (\text{Meyerhof})$$

$$D_r = e^{(0.478 \cdot \ln(N_{1(60)}) - 0.262 \cdot \ln(\sigma_{v0}') + 2.84)} \quad (\text{Schultze \& Menzebach})$$

$$D_r = \frac{N_{1(60)}}{20 \cdot (3.24 + 1.024 \cdot \sigma_{v0}')} \quad (\text{Bazaraa})$$

### Modulo di taglio $G_0$

$$G = 155.6 \cdot N_{1(60)}^{0.68} \quad (\text{FHWA 2002})$$

### Velocità delle onde $S$

$$V = 60 \cdot N_{1(60)}^{0.25} \cdot (\sigma_v' \cdot 98.065)^{0.14} \quad (\text{Yoshida e Motonori})$$

### Modulo elastico $E$

$$E = 2.40 \cdot G_0 \quad (\text{FHWA 2002})$$

Di seguito si riportano i risultati del calcolo per la determinazione dei parametri caratteristici del terreno, mentre si allegano in calce alla presente i *reports* di prova.

<i>Descrizione</i>	SPT1	SPT2	SPT3	SPT4	SPT5	SPT6	SPT7	SPT8	SPT9	SPT10	SPT11
Quota dal p.c. (m)	4,70	5,00	7,90	38,00	5,50	9,10	5,00	8,00	26,80	28,50	29,80
Falda	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Nspt	14	15	22	24	14	5	14	25	13	54	60

ANGOLO DI RESISTENZA ALTAGLIO (°)											
R.B.S.	31,7	31,1	33,2	28,4	30,3	23,4	30,7	34,3	25,8	36,6	36,2
J.N.R.	32,6	32,2	33,6	30,6	31,7	28,4	31,9	34,5	29,3	36,3	36,0
De Mello	28,8	29,0	30,3	29,5	28,7	24,7	28,7	30,8	27,6	33,0	30,7
Owasaki & Iwasaki	34,3	33,6	36,0	30,4	32,7	24,7	33,1	37,3	27,4	40,0	39,5
Sowers	33,2	32,8	34,2	31,3	32,4	29,3	32,6	35,0	30,2	36,7	36,4
Peck Hanson & Thornburn	32,4	32,0	33,4	30,5	31,6	28,5	31,8	34,2	29,4	35,9	35,6
Hatanaka & Uchida	36,9	36,3	38,4	33,6	35,5	28,5	35,9	39,6	30,9	41,9	41,5
Wolff	32,5	32,1	33,4	30,6	31,7	28,5	31,9	34,2	29,4	35,9	35,6
Schmertmann (DR)	36,1	35,8	36,8	34,4	35,4	32,1	35,6	37,4	35,0	38,5	38,5
<i>Valore Medio</i>	<b>33,2</b>	<b>32,8</b>	<b>34,4</b>	<b>31,0</b>	<b>32,2</b>	<b>27,6</b>	<b>32,5</b>	<b>35,2</b>	<b>29,4</b>	<b>37,2</b>	<b>36,7</b>

DENSITA' RELATIVA (%)											
Gibbs & Holtz	66	67	70	36	64	32	66	74	32	64	48
Meyerhof	70	68	76	47	64	35	66	80	40	80	59
Schultze & Menzobach	70	67	75	54	64	36	66	80	44	86	65
Bazaraa	46	43	51	40	42	24	42	54	32	65	48
Skempton	58	56	63	46	53	29	54	67	37	75	55
<i>Valore Medio</i>	<b>61,9</b>	<b>60,2</b>	<b>66,9</b>	<b>44,8</b>	<b>57,3</b>	<b>31,1</b>	<b>58,7</b>	<b>70,9</b>	<b>37,2</b>	<b>74,1</b>	<b>54,9</b>

VELOCITA' ONDE S (m/sec)											
Ohta & Goto	236	230	250	203	223	148	226	261	175	281	278
Yoshida e Motonori	219	183	214	274	183	151	179	222	223	321	277
<i>Valore Medio</i>	<b>227</b>	<b>207</b>	<b>232</b>	<b>238</b>	<b>203</b>	<b>150</b>	<b>203</b>	<b>241</b>	<b>199</b>	<b>301</b>	<b>277</b>

MODULO DI TAGLIO G (kgcm <sup>-2</sup> )											
FHWA 2002	1133	1082	1273	839	1010	448	1044	1384	624	1612	1572

MODULO ELASTICO E (kgcm <sup>-2</sup> )											
Tatsuoka-Shibuya 1192 - FHWA 2002	2720	2597	3055	2015	2424	1075	2507	3322	1497	3870	3773

### 6.1.3.2 *Determinazione dei parametri geotecnici da prove C.P.T. e C.P.T.U.*

La prova penetrometrica statica consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica di dimensioni normalizzate, misurando in continuo o ad intervalli regolari la resistenza alla penetrazione. Il metodo di spingere una punta nel terreno per poter individuare la quota superiore di uno strato competente è stato introdotto verso il 1917 dalla Ferrovie Svedesi, ma la vera prova C.P.T. con “punta meccanica” è stata sviluppata in Olanda solo a partire dal 1934 da Baretzen. Inizialmente si misurava il carico sulla punta rispetto ad una batteria esterna di tubi facendo avanzare il cono agendo su una batteria di aste interne. Lo sforzo totale era poi misurato infiggendo la batteria di tubi esterni. Verso la metà del secolo scorso venne realizzato un nuovo cono con il manicotto posizionato sopra la punta; questo dispositivo era in grado di misurare la resistenza alla punta e quella per attrito laterale. La “punta elettrica”, ossia la strumentazione in cui sono inseriti dei sensori per misurare la resistenza, è stata sviluppata alla fine degli anni '40, ma diffusa solo a partire dagli anni '60. L'introduzione della “punta piezometrica” con setto poroso e relativo sensore di rilevamento della pressione risale agli anni '70, mentre il “piezocono” è stato creato successivamente da parte di Wissa, Torstensson, Fugro e Janbu. L'utilizzo della prima punta meccanica in Italia risale ai primi anni '60 ed è ancora largamente diffusa per il basso costo, la semplicità d'uso ed il basso costo. Gli strumenti attualmente disponibili sono il penetrometro meccanico, il penetrometro elettrico ed il piezocono, hanno geometria e dimensioni standardizzate secondo le indicazioni internazionali dell'ISSMFE (1989):

- Area cono 10 cm<sup>2</sup>;
- Diametro cono 35,6 mm;
- Altezza cono 30,9 mm;
- Conicità 60°;
- Superficie laterale manicotto 150 cm<sup>2</sup>;
- Altezza manicotto 133,7 mm.

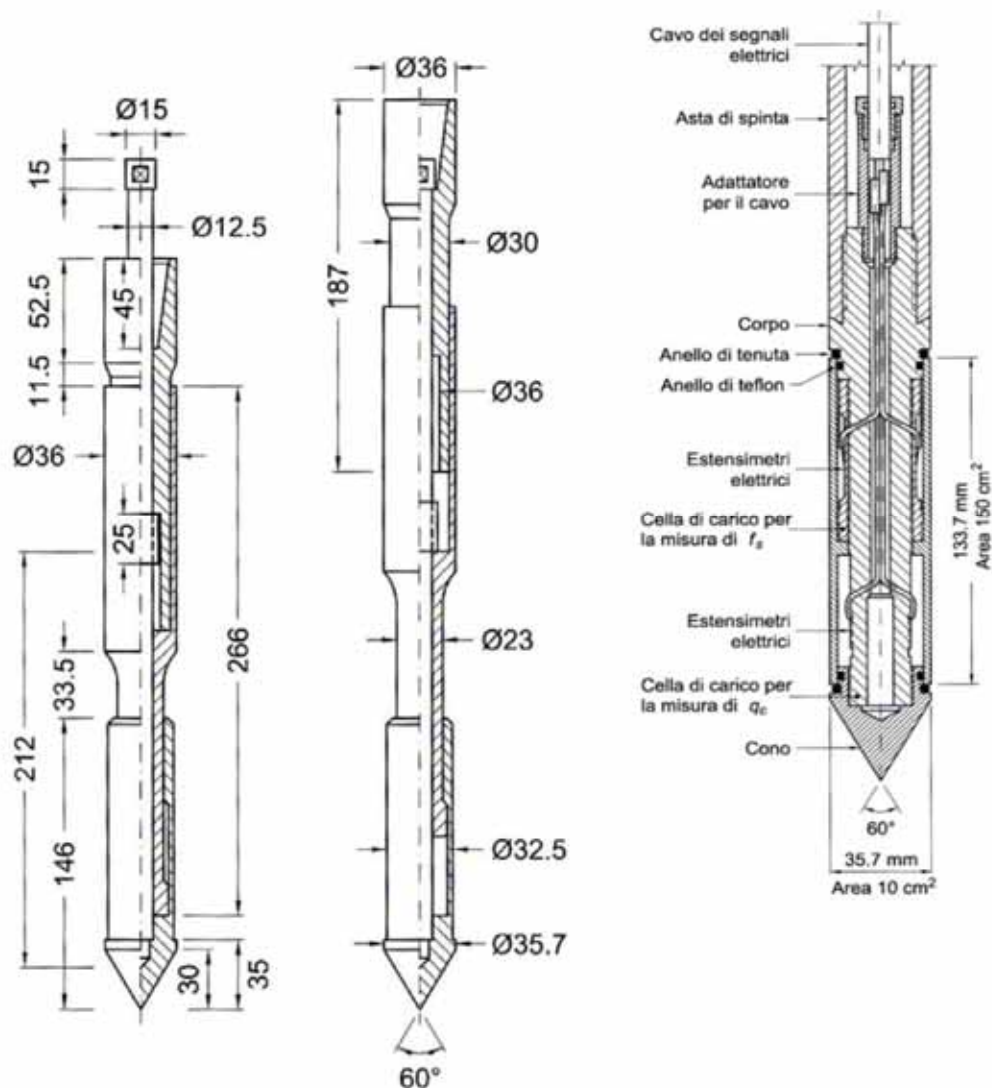


Figura 84 - Rappresentazione della punta strumentata

L'Eurocodice prevede che il dispositivo debba essere in grado di spingere le aste nel terreno con velocità di penetrazione costante e pari a  $20 \pm 5$  mm/s e che debba essere stabile durante la fase di spinta. La forza verticale che agisce sulla batteria di aste deve essere compresa tra 2.0 e 30.0 t. Prima di eseguire la prova bisogna verificare la rettilineità delle aste in modo che la massima deviazione dalla verticale non sia maggiore di 1 mm su 1 m di lunghezza lungo le aste inferiori e di 2mm per le altre aste. La tolleranza sull'accuratezza delle misure non deve superare il 5% del valore misurato e la frequenza con cui si effettuano non deve superare i 100 mm (la tecnologia attuale consente misure ad intervalli di 10-20 mm). Per la corretta esecuzione delle prove

occorre eseguire una taratura di controllo dello strumento ogni 3000 m di prova e, comunque, almeno una volta ogni 6 mesi.

La strumentazione deve essere in grado di misurare la forza assiale agente sul cono  $Q_c$  e la forza di attrito  $F_s$ . Dividendo la  $Q_c$  per l'area della proiezione inferiore del cono  $A_c$ , si ottiene la resistenza alla punta  $q_c$ . Dividendo, invece, la  $F_s$  che agisce sul manicotto per la superficie del manicotto  $A_s$  si ricava la resistenza per attrito laterale  $f_s$ . Nel piezocono deve anche essere rilevata la pressione nei pori dovuta alla penetrazione, tramite degli elementi porosi chiamati filtri, situati in tre o più possibili posizioni:

- Sul vertice della punta conica (misura la pressione interstiziale  $u_1$ );
- Alla base della punta conica (misura la pressione interstiziale  $u_2$ );
- Dietro al manicotto (misura la pressione interstiziale  $u_3$ ).

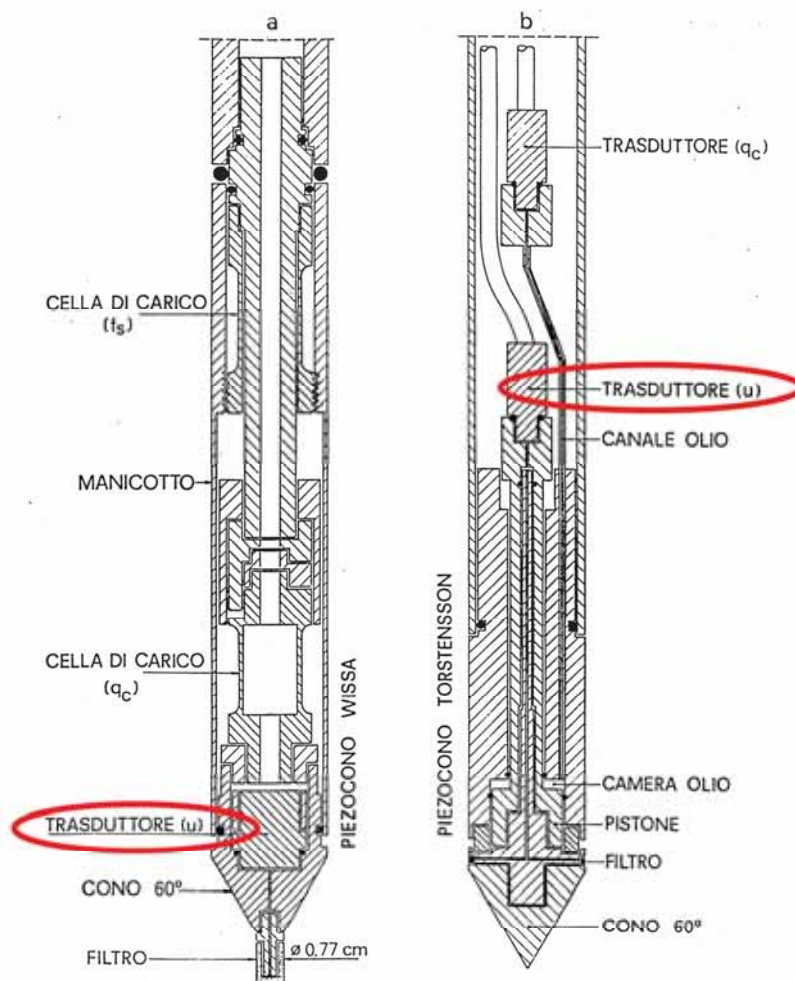


Figura 85 - Rappresentazione penetrometro Wissa (a) e penetrometro Torstensson (b)

La maggiore differenza tra i penetrometri classici (meccanici ed elettrici) ed il piezocono consiste nella necessità di adottare, nel secondo caso, un sistema di misura della pressione nei pori “rigido” e di saturare bene il setto poroso e lo spazio tra il setto poroso ed il sensore di pressione all’interno della punta. Il campo di applicazione è molto vasto e va dalle sabbie dense alle argille tenere ed ai limi; praticamente impossibile è la penetrazione in terreni ghiaiosi, specie se di spessore elevato e granulometria medio – grossa. La prova penetrometrica consente di individuare la stratigrafia del terreno, identificando la tipologia degli strati attraversati e fornendo una stima dei parametri geotecnici. Questa prova è molto efficace per i numerosi ed affidabili risultati che si possono ottenere, per la strumentazione di piccole dimensioni e con caratteristiche di risposta piuttosto rapide e per il costo relativamente basso. La C.P.T. permette, inoltre, di individuare aree critiche su cui può essere necessario eseguire indagini più approfondite. Il piezocono fornisce anche informazioni circa il livello idrostatico della falda nel terreno e circa le caratteristiche di consolidazione e di permeabilità dei terreni coesivi saturi.

## Correlazioni Stratigrafiche

Al fine di definire la litologia della verticale indagata sono state impiegate le correlazioni di Schmertman, che impiegano il rapporto tra le resistenze, definito rapporto di frizione  $F_r$ , e la resistenza alla punta  $R_p$ .

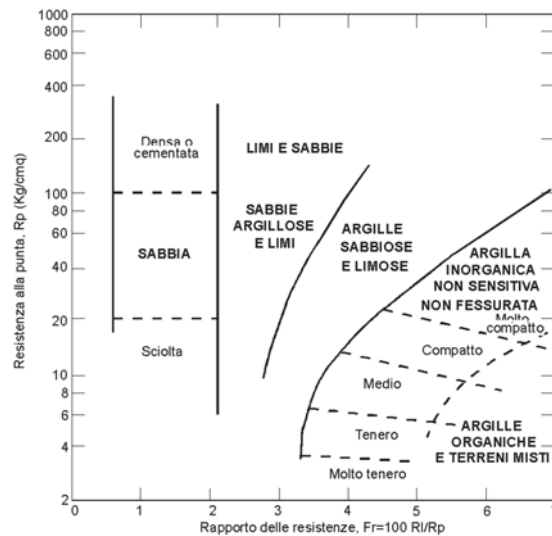


Figura 86 - Abaco di Schmertman, 1969 per l'identificazione del tipo di terreno con punta meccanica

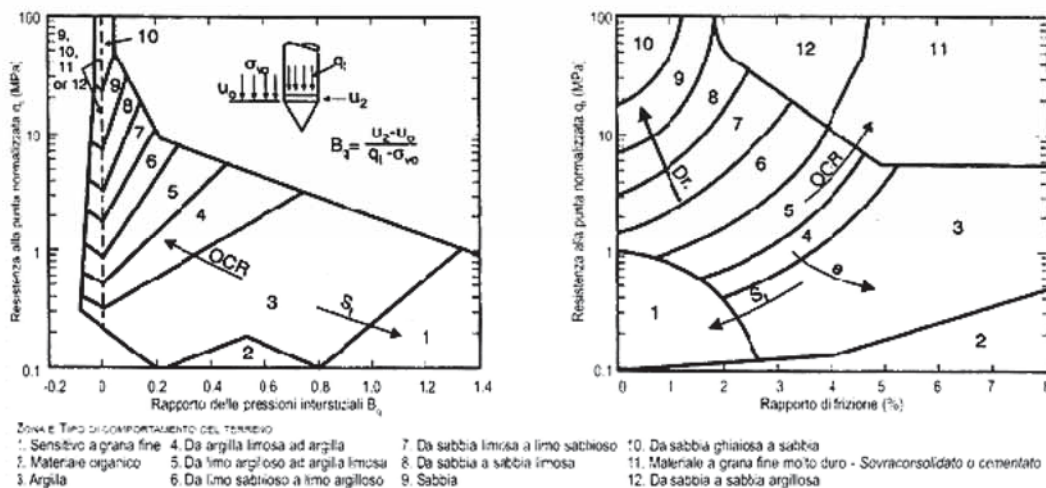


Figura 87 - Abaco di Robertson 1986 per l'identificazione del tipo di terreno mediante prove con piezocono



Per tenere conto delle tensioni geostatiche verticali è stata realizzata da Robertson nel 1990 una carta di classificazione per le prove C.P.T. eseguite con piezocono.

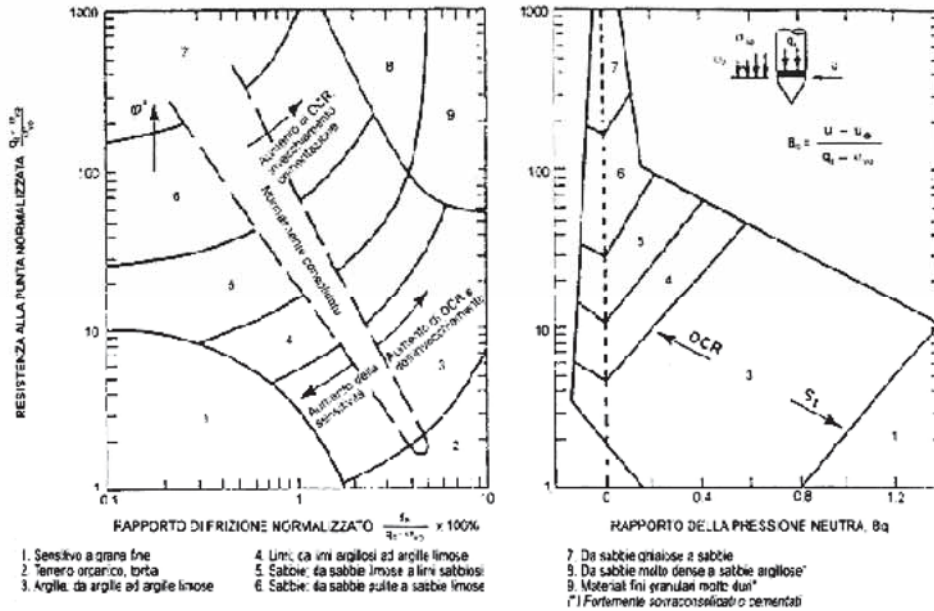


Figura 88 - Abaco di Robertson 1990 per prove tipo C.P.T. con piezocono

Di seguito vengono elencati gli autori delle formulazioni adottate per l'interpretazione della prova.

**Angolo di resistenza al taglio  $\phi$  (Prove C.P.T.)**

$$\phi = 14.4 + 4.8 \cdot \ln(R_p) - 4.5 \cdot \ln \sigma_v' \quad (\text{Durgunouglu-Mitchell})$$

$$\phi = 17.0 + 4.49 \cdot \ln(R_p) \quad (\text{Meyerhof})$$

$$\phi = 9.80 + 4.96 \cdot \ln\left(\frac{R_p}{\sigma_v}\right) \quad (\text{Caquot})$$

$$\phi = 5.80 + 5.21 \cdot \ln\left(\frac{R_p}{\sigma_v}\right) \quad (\text{Koppejan})$$

$$\phi = 5.90 + 4.76 \cdot \ln\left(\frac{R_p}{\sigma_v}\right) \quad (\text{De Beer})$$

**Densità relativa (Prove C.P.T.)**

$$D_r(\%) = 34.36 \cdot \ln\left(\frac{R_p}{12.30 \cdot \sigma_v'^{0.70}}\right) \quad (\text{Harman})$$

$$D_r(\%) = -97.80 + 36.60 \cdot \ln(R_p) - 26.90 \cdot \ln(\sigma_v') \quad (\text{Schmertman})$$

**Coesione non drenata  $C_u$  (Prove C.P.T.)**

$$C_u = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{21} \quad (\text{Ricceri})$$

**Modulo Edometrico (Prove C.P.T.)**

$$E_{\min} = 2.5 \cdot q_c \quad (\text{Ricceri})$$

$$E_{\max} = 8.0 \cdot q_c \quad (\text{Ricceri})$$

**Grado di sovraconsolidazione OCR (Prove C.P.T.)**

$$OCR = \frac{C_u}{\sigma_{vo}' \cdot 0.33} \quad (\text{Schmertman})$$

**Angolo di resistenza al taglio  $\phi$  (Prove C.P.T.U.)**

$$\phi = \arctg\left(0.38 \cdot \log\left(\frac{q_T}{\sigma_{vo}'}\right) + 0.1\right) \quad (\text{Robertson and Campanella})$$

**Densità relativa (Prove C.P.T.U.)**

$$D_r(\%) = f(q_T; \sigma_{vo}') \quad (\text{Lancellotta})$$

**Coesione non drenata  $C_u$  (Prove C.P.T.U.)**

$$C_u = \frac{q_T - \sigma_{vo}}{21} \quad (\text{Ricceri})$$

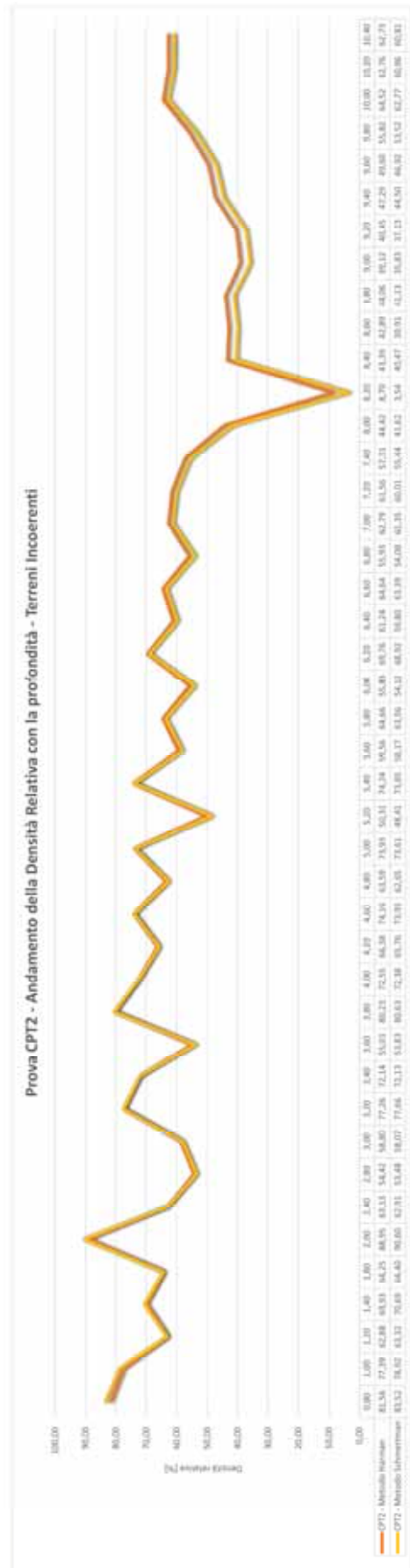
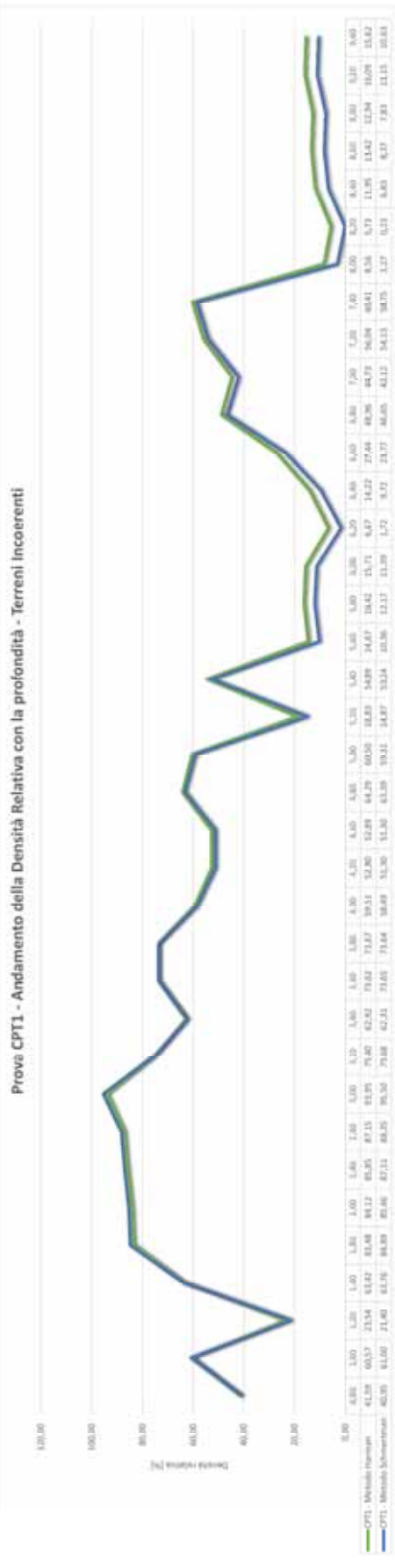
**Grado di sovraconsolidazione OCR (Prove C.P.T.U.)**

$$OCR = \frac{(q_T - \sigma_{vo}') / 3}{\sigma_{vo}'} \quad (\text{NHI 2001})$$

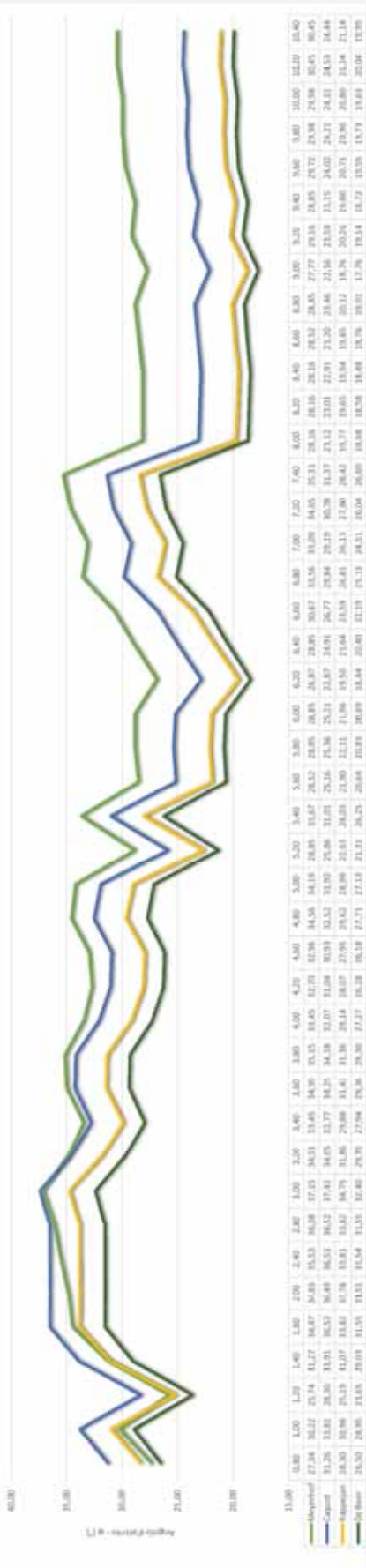
In relazione alle formulazioni dei diversi autori è stato calcolato il valore dei parametri caratteristici dei terreni indagati ed in seguito ne è stato riportato per via grafica l'andamento in funzione della profondità. Di seguito si riportano i risultati del calcolo per la determinazione dei parametri caratteristici del terreno e la rappresentazione grafica di quanto ottenuto, mentre si allegano in calce alla presente i *reports* di prova.



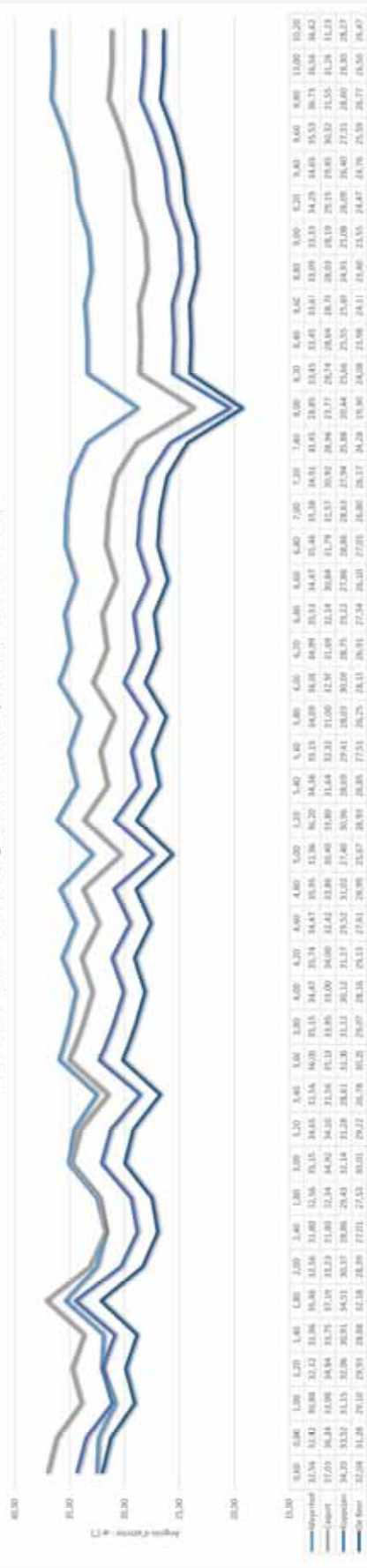




Prova CPT1 - Andamento dell'angolo d'attrito con la profondità - Terreni Incoerenti



Prova CPT2 - Andamento dell'angolo d'attrito con la profondità - Terreni Incoerenti



PROVA TIPO CPTU - CPTU1
Profondità superficie piezometrica: metri
1,00
Profondità qT fs Spessore Granulometria γd γsat γ' σv σv Dr Angolo d'attrito φ - Terr. Incoer. OCR Cu





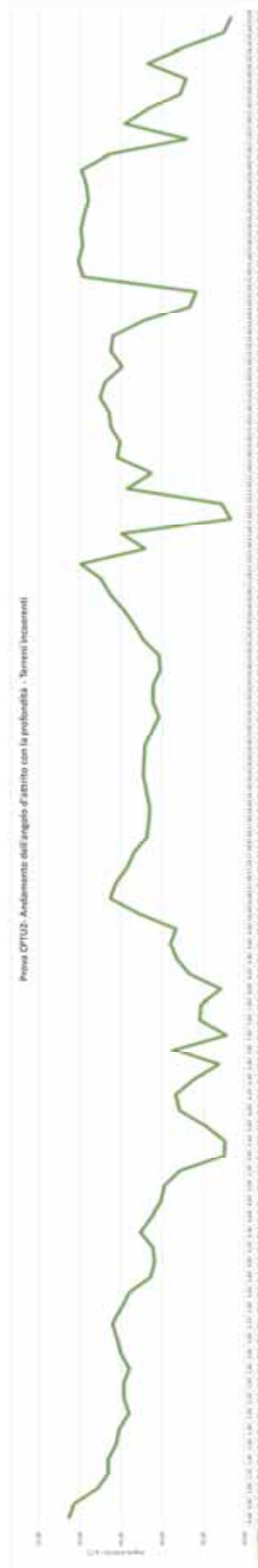
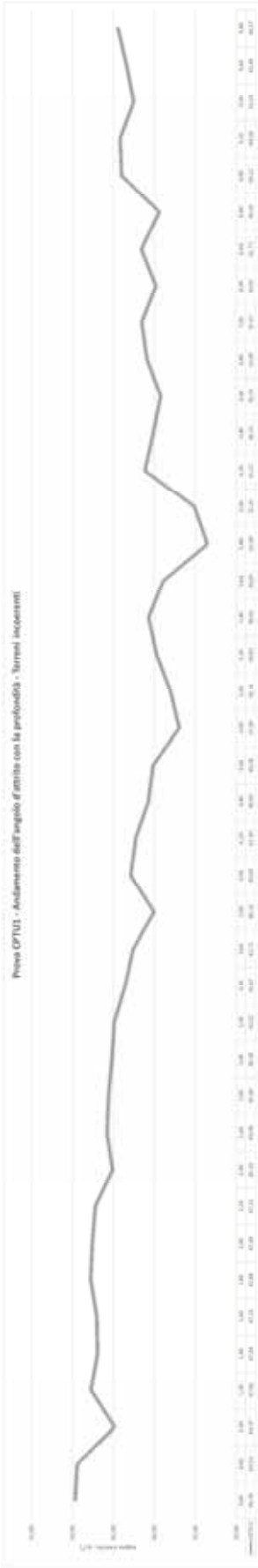


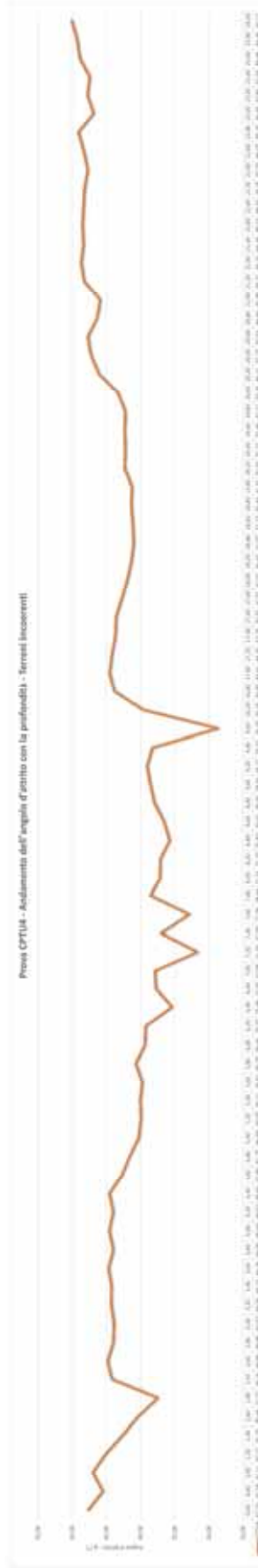
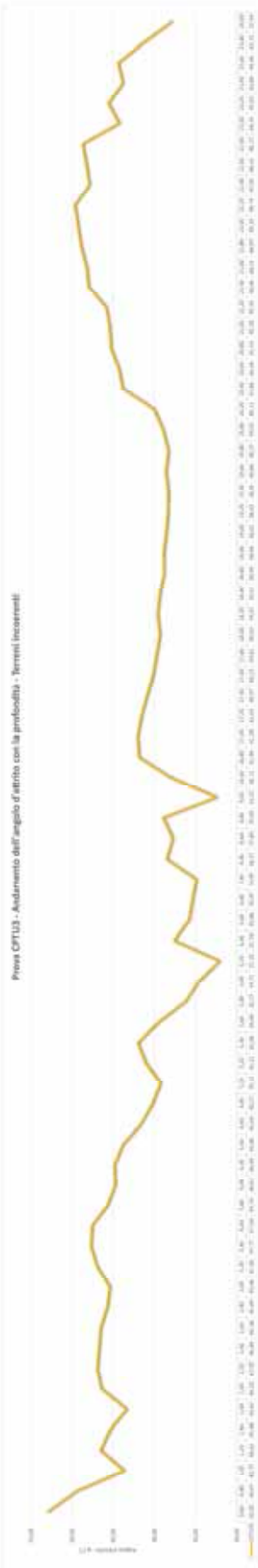






21,60	114,26	0,031	0,20	sabbie	1,90	2,20	1,20	2,26	4,22	95,00	48,43	/	/
21,80	119,27	0,033	0,20	sabbie	1,90	2,20	1,20	2,28	4,26	95,00	48,57	/	/
22,00	116,39	0,036	0,20	sabbie	1,90	2,20	1,20	2,31	4,31	95,00	48,42	/	/
22,20	113,77	0,045	0,20	sabbie	1,90	2,20	1,20	2,33	4,35	95,00	48,28	/	/
22,40	102,30	0,045	0,20	sabbie	1,90	2,20	1,20	2,35	4,39	95,00	47,79	/	/
22,60	118,47	0,027	0,20	sabbie	1,90	2,20	1,20	2,38	4,44	95,00	48,37	/	/
22,80	146,14	0,019	0,20	sabbie	1,90	2,20	1,20	2,40	4,48	95,00	49,19	/	/
23,00	86,82	0,049	0,20	sabbie	1,90	2,20	1,20	2,43	4,53	95,00	46,95	/	/
23,20	108,19	0,072	0,20	sabbie	1,90	2,20	1,20	2,45	4,57	95,00	47,86	/	/
23,40	100,37	0,076	0,20	sabbie	1,90	2,20	1,20	2,47	4,61	95,00	47,50	/	/
23,60	143,06	0,025	0,20	sabbie	1,90	2,20	1,20	2,50	4,66	95,00	48,94	/	/
23,80	160,86	0,031	0,20	sabbie	1,90	2,20	1,20	2,52	4,70	95,00	49,38	/	/
24,00	196,57	0,029	0,20	sabbie	1,90	2,20	1,20	2,55	4,75	95,00	50,13	/	/
24,20	112,83	0,034	0,20	sabbie	1,20	1,80	0,80	2,56	4,78	95,00	47,85	/	/
24,40	161,68	0,030	0,20	sabbie	1,20	1,80	0,80	2,58	4,82	95,00	49,31	/	/
24,60	200,79	0,028	0,20	sabbie	1,20	1,80	0,80	2,59	4,85	95,00	50,14	/	/
24,80	158,46	0,028	0,20	sabbie	1,20	1,80	0,80	2,61	4,89	95,00	49,18	/	/
25,00	23,92	0,095	0,20	sabbie	1,20	1,80	0,80	2,63	4,93	95,00	40,18	/	/





### 6.1.3.3 *Determinazione dei parametri geotecnici da prove S.C.P.T.*

La prova consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard, infissa per battitura nel terreno, per mezzo di un idoneo dispositivo di percussione. Le informazioni che vengono fornite sono di tipo continuo, poiché le misure di resistenza alla penetrazione vengono eseguite durante la durata di tutta la prova oltre a permettere una valutazione qualitativa sul grado di addensamento e di consistenza dei terreni attraversati. Il campo di utilizzazione è molto vasto, potendo venire eseguita in tutti i tipi di terreno, coesivo o granulare. L'attrezzatura impiegata nella realizzazione delle prove consiste in due batterie: la prima di aste (interna), la seconda di tubi metallici (esterna) concentriche, e di un dispositivo di infissione agente a percussione. All'estremità inferiore della batteria di aste interne è collegata una punta conica avente diametro di 50.8 mm ed angolo di apertura pari a 60°. La normativa prevede inoltre che le aste abbiano un peso per metro pari a 4.6 Kgm<sup>-1</sup> con una tolleranza di ±0.50 Kgm<sup>-1</sup>.

All'estremità inferiore della batteria di tubi esterni, il cui diametro è pari a 48 mm, è ancorata una scarpa sagomata a tagliente; l'intercapedine fra diametro interno della scarpa e diametro esterno delle aste interne non deve superare 0.2 – 0.3 mm. Il dispositivo di infissione della punta deve essere costituito da un maglio del peso di 73 Kg fatto cadere liberamente da un'altezza di 75 cm; per l'infissione del rivestimento l'altezza può essere qualsiasi. L'asta, alla cui estremità inferiore è collegata la punta conica, deve essere perfettamente liscia e calibrata negli ultimi 50.0 cm.

La prova consiste nell'infingere la punta conica nel terreno, per tratti consecutivi di 30.0 cm, misurando il numero di colpi ( $N_p$ ) necessari; dopo 30.0 cm di penetrazione della punta deve essere infisso il rivestimento rilevando ancora il numero di colpi ( $N_R$ ). La prova di regola viene interrotta quando  $N_p$  o  $N_R$  superano il valore di 100. L'approfondimento della prova nei casi in cui  $N_p$  o  $N_R$  sono maggiori di 100 richiede l'esecuzione di un perforo rivestito. Le tubazioni di rivestimento devono avere di norma un diametro nominale massimo di 100 mm. Di norma le prove vengono eseguite a partire dalla quota del piano campagna o del fondo di fiumi o laghi; in casi particolari può essere richiesto di iniziare le prove a partire da una profondità data raggiunta mediante fori di sondaggio.



Nel caso di prove eseguite a partire dal fondo di fiumi laghi, etc., è necessaria l'istallazione di una tubazione metallica provvisoria di rivestimento supplementare. La punta conica deve sporgere dalla batteria di tubi esterni (diametro 48 mm) non più di 30.0 cm in qualsiasi fase della prova. Ciò per evitare che attriti laterali sulle aste alterino i dati di resistenza  $N_p$  misurati.

Le due batterie, aste interne collegate alla punta e tubi esterni (diametro 48 mm) devono essere libere per tutta la durata della prova. Nel caso di blocco delle due colonne, a seguito di penetrazione di materiale nell'intercapedine, la prova deve essere sospesa; prima di estrarre le batterie l'esecutore deve mettere in atto tutti gli accorgimenti dettati dall'esperienza atti a sbloccare le due colonne. Fra testa di battuta alla sommità delle batterie ed il piano campagna deve essere installato almeno un centratore con funzioni di guida e di irrigidimento.

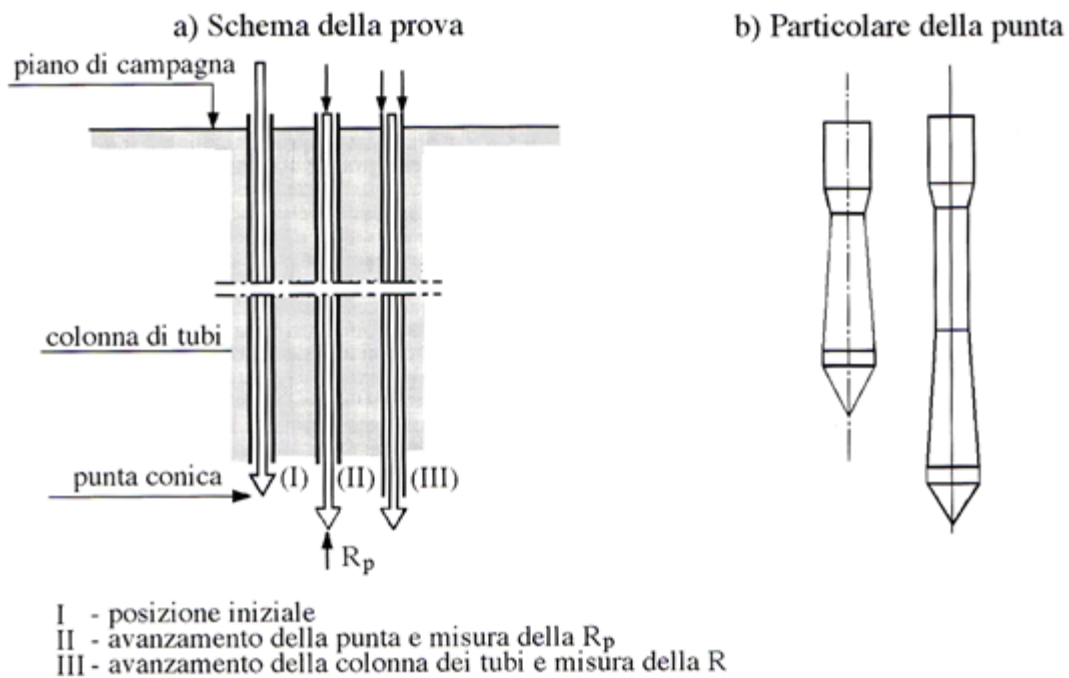
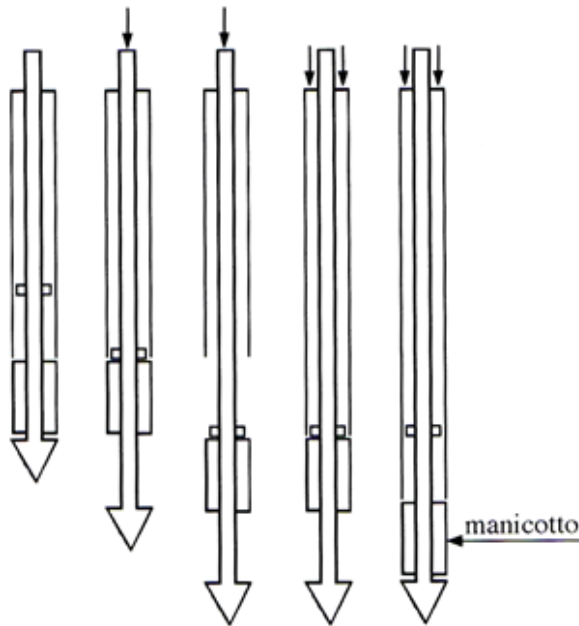


Figura 91 - Schemi tipologici per prova tipo S.C.P.T.

c) Schema della prova con manicotto



d) Particolare della punta con il manicotto

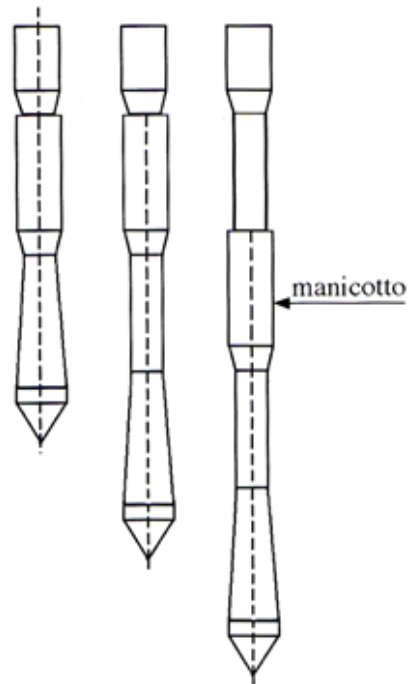


Figura 92 - Schemi tipologici per prova tipo S.C.P.T.

Di seguito vengono elencati gli autori delle formulazioni adottate per l'interpretazione della prova.

**Densità relativa**

$$D_r = \sqrt{\frac{N_{1(60)}}{60}} \quad (\text{Skempton})$$

**Angolo di resistenza al taglio  $\phi$**

$$\phi = (15.4 \cdot N')^{0.50} + 20 \quad (\text{Mayne})$$

Di seguito si riportano i risultati del calcolo per la determinazione dei parametri caratteristici del terreno e la rappresentazione grafica di quanto ottenuto, mentre si allegano in calce alla presente i reports di prova.

### Elaborazione prova SCPTA

Sondaggio	Profondità Prova	Profondità Acqua	Litologia Prevalente	Comportamento meccanico	Carico geostatico	Prova S.P.T.			Valore di riferimento	Correzione	Valore normalizzato	Valore per sabbie pulite	Densità relativa	Angolo d'attrito
					$\sigma_v'$	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm						
n.	m	m			Kgcm <sup>-2</sup>	colpi	colpi	colpi	N60	Cn	N=N60 xCn	N'cs	%	°
SCPTA	0,90	0,3	sabbie limose	Incoerente	0,11	/	/	3	3	1,70	5	5	30	29
SCPTA	1,80	0,3	sabbie limose	Incoerente	0,20	/	/	1	1	1,70	2	2	12	25
SCPTA	2,70	0,3	sabbie limose	Incoerente	0,29	/	/	2	2	1,70	3	3	23	27
SCPTA	3,60	0,3	sabbie limose	Incoerente	0,38	/	/	9	9	1,62	15	15	47	35
SCPTA	4,50	0,3	sabbie limose	Incoerente	0,47	/	/	12	12	1,46	18	18	52	36
SCPTA	5,40	0,3	sabbie limose	Incoerente	0,56	/	/	6	6	1,34	8	8	36	31
SCPTA	6,30	0,3	sabbie limose	Incoerente	0,65	/	/	4	4	1,24	5	5	28	29
SCPTA	7,20	0,3	sabbie limose	Incoerente	0,74	/	/	5	5	1,16	6	6	31	29
SCPTA	8,10	0,3	sabbie limose	Incoerente	0,83	/	/	7	7	1,10	8	8	36	31
SCPTA	9,00	0,3	sabbie limose	Incoerente	0,92	/	/	7	7	1,04	7	7	35	31
SCPTA	9,90	0,3	sabbie limose	Incoerente	1,01	/	/	7	7	1,00	7	7	34	30
SCPTA	10,80	0,3	sabbie limose	Incoerente	1,10	/	/	14	14	0,95	13	13	47	34

### Elaborazione prova SCPTB

Sondaggio	Profondità Prova	Profondità Acqua	Litologia Prevalente	Comportamento meccanico	Carico geostatico	Prova S.P.T.			Valore di riferimento	Correzione	Valore normalizzato	Valore per sabbie pulite	Densità relativa	Angolo d'attrito
					$\sigma_v'$	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm						
n.	m	m			Kgcm <sup>-2</sup>	colpi	colpi	colpi	N60	Cn	N=N60 xCn	N'cs	%	°
SCPTB	0,90	0,30	sabbie limose	Incoerente	0,11	/	/	3	3	1,70	5	5	30	29
SCPTB	1,80	0,30	sabbie limose	Incoerente	0,20	/	/	6	6	1,70	10	10	41	33
SCPTB	2,70	0,30	sabbie limose	Incoerente	0,29	/	/	11	11	1,70	19	19	53	37
SCPTB	3,60	0,30	sabbie limose	Incoerente	0,38	/	/	5	5	1,62	8	8	35	31
SCPTB	4,50	0,30	sabbie limose	Incoerente	0,47	/	/	5	5	1,46	7	7	34	31
SCPTB	5,40	0,30	sabbie limose	Incoerente	0,56	/	/	5	5	1,34	7	7	33	30
SCPTB	6,30	0,30	sabbie limose	Incoerente	0,65	/	/	3	3	1,24	4	4	25	28
SCPTB	7,20	0,30	sabbie limose	Incoerente	0,74	/	/	7	7	1,16	8	8	37	31
SCPTB	8,10	0,30	sabbie limose	Incoerente	0,83	/	/	5	5	1,10	5	5	30	29
SCPTB	9,00	0,30	sabbie limose	Incoerente	0,92	/	/	7	7	1,04	7	7	35	31
SCPTB	9,90	0,30	sabbie limose	Incoerente	1,01	/	/	16	16	1,00	16	16	31	36

### Elaborazione prova SCPTC

Sondaggio	Profondità Prova	Profondità Acqua	Litologia Prevalente	Comportamento meccanico	carico geostatico	Prova S.P.T.			Valore di riferimento	correzione	Valore normalizzato	Valore per sabbie pulite	Densità relativa	Angolo d'attrito
					$\sigma_v'$	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm						
n.	m	m			Kgcm <sup>-2</sup>	colpi	colpi	colpi	N60	Cn	N=N60 xCn	N'es	%	°
SCPTC	0,90	0,30	sabbie limose	Incoerente	0,11	/	/	2	2	1,70	3	3	24	27
SCPTC	1,80	0,30	sabbie limose	Incoerente	0,20	/	/	1	1	1,70	2	2	12	25
SCPTC	2,70	0,30	sabbie limose	Incoerente	0,29	/	/	3	3	1,70	5	5	28	29
SCPTC	3,60	0,30	sabbie limose	Incoerente	0,38	/	/	7	7	1,62	11	11	41	33
SCPTC	4,50	0,30	sabbie limose	Incoerente	0,47	/	/	6	6	1,46	9	9	37	32
SCPTC	5,40	0,30	sabbie limose	Incoerente	0,56	/	/	7	7	1,34	9	9	39	32
SCPTC	6,30	0,30	sabbie limose	Incoerente	0,65	/	/	4	4	1,24	5	5	28	29
SCPTC	7,20	0,30	sabbie limose	Incoerente	0,74	/	/	4	4	1,16	5	5	28	28
SCPTC	8,10	0,30	sabbie limose	Incoerente	0,83	/	/	9	9	1,10	10	10	40	32
SCPTC	9,00	0,30	sabbie limose	Incoerente	0,92	/	/	6	6	1,04	6	6	32	30
SCPTC	9,90	0,30	sabbie limose	Incoerente	1,01	/	/	8	8	1,00	8	8	36	31

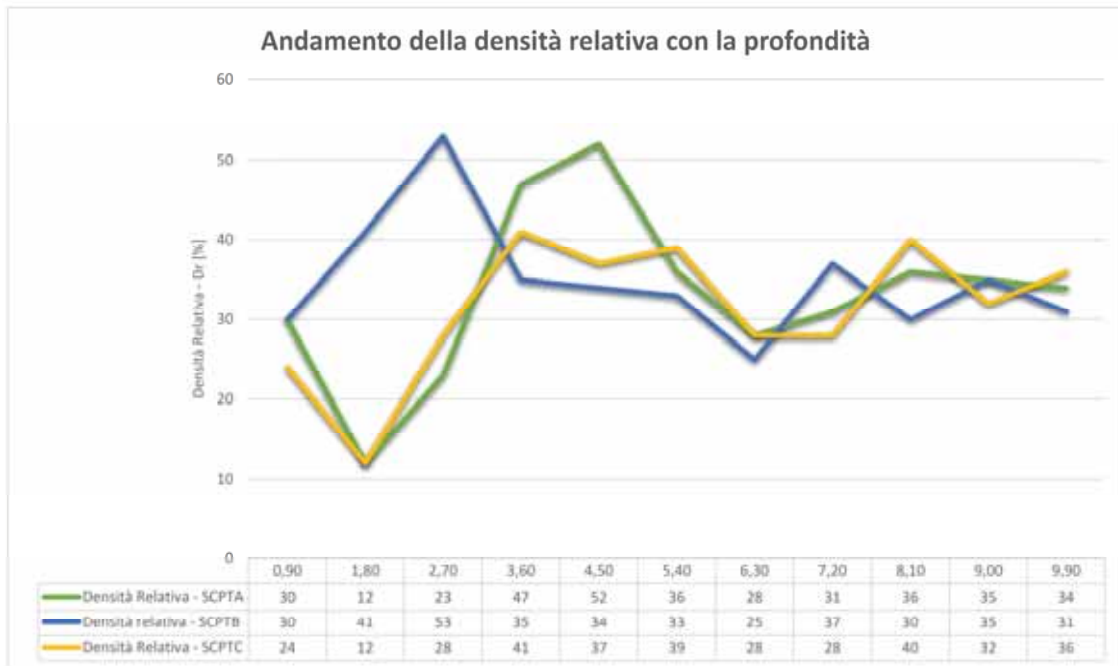


Figura 93 - Rappresentazione grafica dell'andamento della densità relativa con la profondità

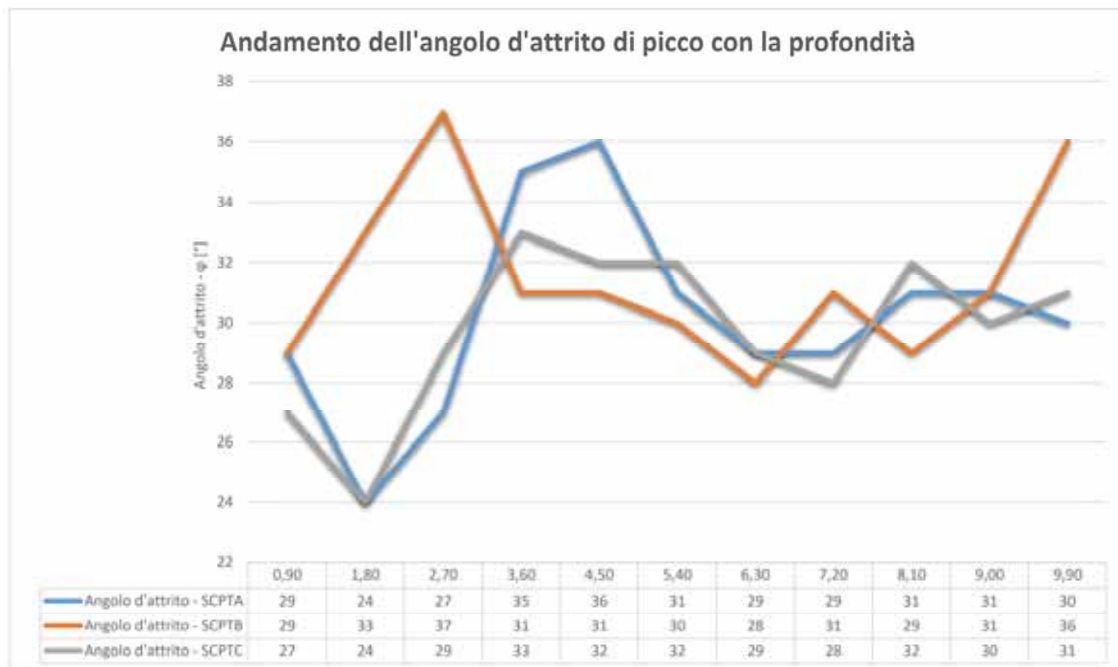


Figura 94 - Rappresentazione grafica dei valori di angolo di attrito di picco in relazione alla profondità

#### 6.1.4 Indagini di laboratorio – Caratterizzazione terreni coesivi

Dall'elaborazione delle analisi allegate in calce ed effettuate sui campioni prelevati *in situ* sarà ottenuta la caratterizzazione dei terreni coesivi da considerare nella definizione del modello geotecnico di riferimento. In particolare per i campioni di terre coerenti sono state determinate le caratteristiche fisiche generali, limiti di consistenza (Atterberg), granulometria, resistenza con prova di compressione semplice per espansione laterale libera e prova di taglio in condizioni consolidate e drenate. Il report dei test, ai fini di una migliore comprensione, è stato suddiviso per sondaggio effettuato e successivamente per campione prelevato.

#### 6.1.5 Suscettibilità alla liquefazione per i terreni incoerenti saturi

Negli ultimi anni, in Italia, anche in seguito alle più recenti disposizioni normative in materia antisismica, autorità governative sia locali che nazionali hanno mostrato interesse ed una sensibilità crescente verso gli effetti indotti dalla liquefazione sismica sull'ambiente costruito ed hanno promosso una raccolta sistematica di dati geologici, sismici e geotecnici su vasta scala finalizzata alla definizione di mappe di pericolosità nei confronti della liquefazione da utilizzare nella pianificazione e nelle operazioni di mitigazione del rischio sismico.

La valutazione del potenziale di liquefazione, ovvero del rischio di attivazione del fenomeno della liquefazione una volta che si sia verificato l'evento sismico atteso, costituisce uno tra i temi più dibattuti dell'ingegneria geotecnica sismica. L'approccio prevalente nella comune pratica ingegneristica, specie per analisi di zonazione eseguite su vasta scala come quelle finalizzate alla pianificazione territoriale, è quello basato su metodi cosiddetti "semplificati". Tali metodologie consistono nell'applicazione di correlazioni empiriche tra osservazioni di casi reali di liquefazione (e non liquefazione) effettuate in seguito al verificarsi di eventi sismici di forte intensità e recenti ed i corrispondenti parametri del terreno misurati con le usuali prove geotecniche *in situ* (quali il numero di colpi  $N_{spt}$ , la resistenza alla punta  $q_c$ , l'attrito laterale  $f_s$ , o la velocità delle onde S,  $V_s$ ), che sono rappresentativi della resistenza del terreno alla liquefazione sismica. Il termine "semplificato" utilizzato per classificare tale categoria di metodi non è tanto riferito alla natura della procedura di calcolo che essi comportano o

all'affidabilità dei risultati ottenuti, in quanto le correlazioni utilizzate, sebbene di natura empirica, sono sempre più complesse e ricavate con criteri statistici sempre più raffinati, così come complessa può essere la procedura di normalizzazione dei parametri utilizzati o il criterio di classificazione preliminare che tali metodi prevedono. Piuttosto i metodi in questione introducono una semplificazione sia nelle condizioni al contorno (analisi monodimensionale, piano di campagna orizzontale ed assenza di sovraccarichi o edifici nelle aree circostanti), che ne limita l'uso a condizioni di "campo libero", sia nell'espressione del moto sismico [Silvestri e Simonelli, 2005]. Tali semplificazioni si possono ritenere comunque accettabili per analisi eseguite su vasta scala allo scopo di classificare il territorio, e forniscono stime della pericolosità di liquefazione in genere cautelative.

I metodi semplificati possono essere applicati seguendo due differenti tipologie di approccio:

- Approccio Deterministico
- Approccio Probabilistico

#### *6.1.5.1 Approccio Deterministico (Deterministic Approach)*

Nell'approccio deterministico, in primo luogo, la curva di resistenza alla liquefazione (o curva di stato limite) che esprime la resistenza del terreno, in termini di rapporto di tensione ciclica (C.R.R.) in funzione del parametro misurato (con le opportune correzioni e normalizzazioni), viene determinata tracciando una curva che discrimina i casi di liquefazione osservati da quelli di non liquefazione, utilizzando, almeno nei primi metodi, un criterio "visuale" o procedendo, nei metodi più recenti, ad una regressione statistica dei dati, senza alcun trattamento probabilistico delle variabili che concorrono a determinare la resistenza alla liquefazione. In secondo luogo il verificarsi o meno della liquefazione viene predetto calcolando il fattore di sicurezza FS, inteso come rapporto tra la resistenza alla liquefazione del terreno, C.R.R., e la domanda sismica corrispondente al sisma atteso di progetto, anch'essa espressa come rapporto di tensione ciclica (C.S.R.) e valutando se esso sia minore o maggiore del valore limite imposto dalla normativa.

#### *6.1.5.2 Approccio Probabilistico (Probabilistic Approach)*

Nell'approccio probabilistico si considera simultaneamente l'influenza di più variabili (ciascuna trattata come grandezza aleatoria, in grado di contribuire alla liquefazione e, tramite modelli probabilistici più o meno complessi, vengono ottenute infinite curve di resistenza alla liquefazione, ciascuna corrispondente a una differente probabilità di innesco del fenomeno. In tal caso il potenziale di liquefazione di un terreno, sempre in relazione ad un evento sismico prefissato, può essere descritto in termini di probabilità di liquefazione incipiente,  $P_L$ .

A fronte della maggiore semplicità di calcolo e facilità di applicazione delle formule proposte dai metodi deterministici e dell'ampio consenso raccolto nell'ambito della comunità scientifica, i metodi probabilistici, sebbene storicamente meno consolidati, hanno ricevuto negli ultimi anni un forte impulso [*Liao et al., 1988; Toprak et al., 1999; Juang et al., 2006; Moss, 2003*]. Tali metodi, infatti, risultano sicuramente più adeguati nel trattare questo tipo di problematica, in quanto da un lato considerano simultaneamente l'influenza di più variabili in grado di contribuire alla liquefazione e dall'altro trattano tali parametri, coerentemente con la loro natura, come grandezze aleatorie ed applicano per la previsione del fenomeno modelli matematici a complessità variabile. Risulta quindi necessario ai fini dell'adozione di tale metodologia, quantificare le incertezze legate alla misura dei parametri di ingresso e, in alcuni casi, le incertezze inerenti il modello utilizzato. Inoltre i modelli probabilistici, fornendo il risultato in termini di probabilità di inizio del fenomeno della liquefazione, consentono di esprimere il potenziale in un dato sito ed a una certa profondità con una quantità probabilistica, legata ad un livello di incertezza e di assumere decisioni basate su un prefissato livello di salvaguardia ritenuto accettabile.

#### *6.1.5.3 Applicazione del metodo deterministico al caso di studio*

Ai fini di una più approfondita caratterizzazione dei terreni interessati dall'intervento in progetto ed in relazione a quanto prescritto dal D.M. 14.01.2008 si è proceduto alla valutazione del potenziale di liquefazione dei terreni incoerenti saturi presenti nell'area di intervento utilizzando un approccio di tipo deterministico con particolare riferimento

al metodo semplificato introdotto da *Iwasaki et. al.* per il calcolo basato sulle risultanze delle prove tipo S.P.T. e si è adottato il metodo proposto da *Robertson e Wride* per la valutazione in relazione alle prove di tipo C.P.T. Come suggerito da *Facciorusso e Vannucchi (R.I.G., 2/2009)*, il valore della magnitudo momento  $M_w$ , necessario per la determinazione del coefficiente di sicurezza con la metodologia proposta da *Robertson e Wride* e basata sulle prove tipo C.P.T, è stato assunto pari a 5.94, cui corrisponde l'evento sismico del 30.10.1930 con epicentro presso Senigallia ovvero l'evento di massima intensità verificatosi in un intervallo temporale pari al periodo di ritorno  $T_r = 475$  anni entro la zona sismogenetica 917 (Rif. classificazione ZS9 del 2004 redatta dal "Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica") nella quale il sito ricade.

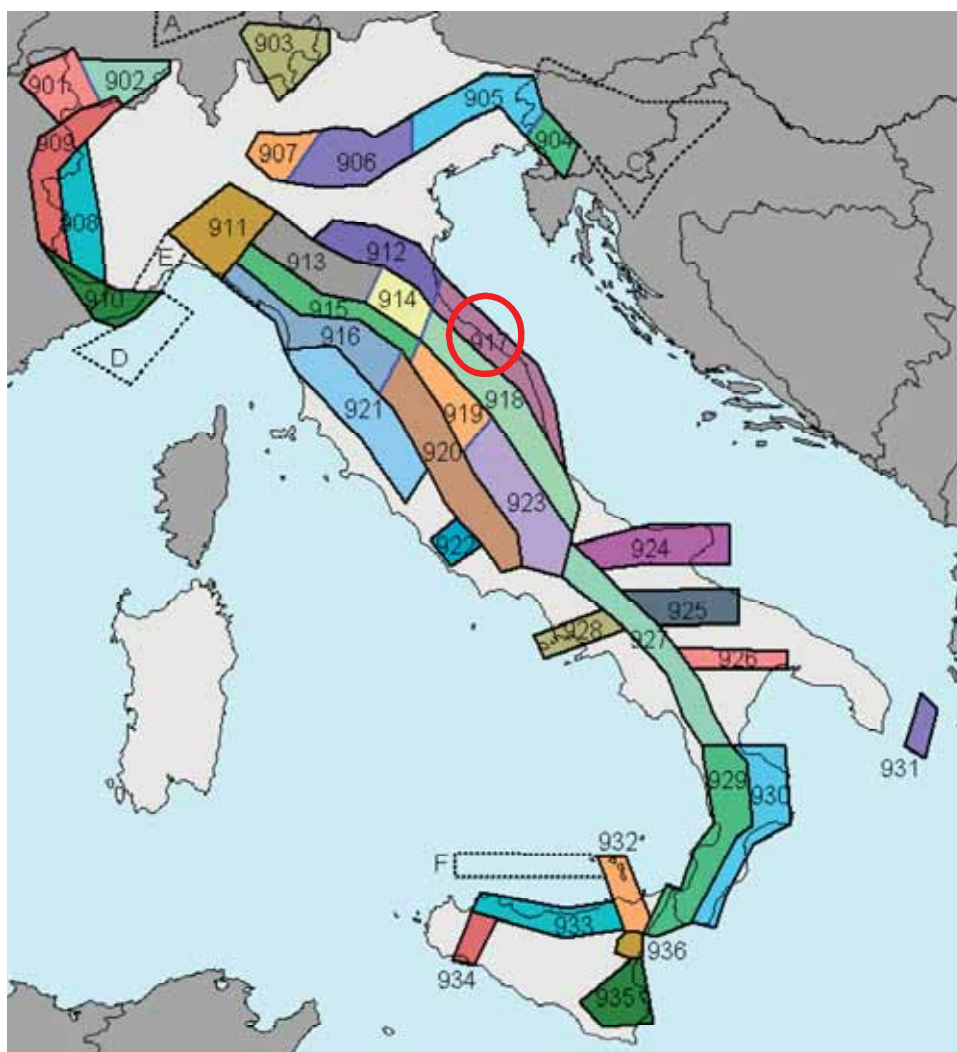


Figura 95 - Classificazione sismogenetica ZS9



Di seguito si riportano le risultanze del calcolo elaborato su prove tipo S.P.T:

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE				
Metodo semplificato - Basato su prove tipo S.P.T <i>in situ</i>				
Metodo di Iwasaki et al. (1978 1984) secondo D.M. 14/01/2008 e Circolare 617 del 02/02/2009				
<b>PARAMETRI:</b>				
Diametro Perforazione	=	101,00	mm	
$\gamma$	=	1,80	g/cm <sup>3</sup>	
$\sigma_{vo}$	=	0,85	kg/cm <sup>2</sup>	
$\sigma_{vo}'$	=	0,56	kg/cm <sup>2</sup>	
profondità della prova	=	470,00	cm	
profondità falda	=	180,00	cm	
$\gamma_{H_2O}$	=	1,00	g/cm <sup>3</sup>	
Pressione neutra	=	0,29	kg/cm <sup>2</sup>	
z	=	4,70	m	
$N_{SPT}$		14		
$C_N$ [Liao e Whitmann, 1968a]		1,35	Verificato	
Percentuale di Fine (FC)	=	17,00	%	
d	=	0,25		
$M_w$	=	5,94		
MSF	=	1,32	M < 7.5	
<b>FORMULE:</b>			<b>RISULTATI:</b>	
<b>CRR</b>		se 0,04 < d < 0,6	=	<b>0,37</b>
<b>CRR</b>		se 0,6 < d < 1,5	=	<b>0,29</b>
<b>CSR</b>		M < 7.5	=	<b>0,18</b>
$a_{rms}/g$		=		0,256
$r_d$		=		0,964
<b>Fs=CRR/CSR</b>	>	1,25	M < 7.5	se 0,04 < d < 0,6 se 0,6 < d < 1,5
				<b>2,01</b>
				<b>1,56</b>
				Verificato Fs
				Verificato Fs

Figura 96 - Calcolo del coefficiente di sicurezza rispetto alla liquefazione (Quota -4.70 ml)

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE				
Metodo semplificato - Basato su prove tipo S.P.T <i>in situ</i>				
Metodo di Iwasaki et al. (1978 1984) secondo D.M. 14/01/2008 e Circolare 617 del 02/02/2009				
<b>PARAMETRI:</b>				
Diametro Perforazione	=	101,00	mm	
$\gamma$	=	1,80	g/cm <sup>3</sup>	
$\sigma_{vo}$	=	1,42	kg/cm <sup>2</sup>	
$\sigma_{vo}'$	=	0,81	kg/cm <sup>2</sup>	
profondità della prova	=	790,00	cm	
profondità falda	=	180,00	cm	
$\gamma_{H_2O}$	=	1,00	g/cm <sup>3</sup>	
Pressione neutra	=	0,61	kg/cm <sup>2</sup>	
z	=	7,90	m	
$N_{SPT}$		22		
$C_N$ [Liao e Whitmann, 1968a]		1,12	Verificato	
Percentuale di Fine (FC)	=	17,00	%	
d	=	0,25		
$M_w$	=	5,94		
MSF	=	1,32	M < 7.5	
<b>FORMULE:</b>			<b>RISULTATI:</b>	
<b>CRR</b>		se 0,04 < d < 0,6	=	<b>0,40</b>
<b>CRR</b>		se 0,6 < d < 1,5	=	<b>0,31</b>
<b>CSR</b>		M < 7.5	=	<b>0,21</b>
$a_{rms}/g$		=		0,256
$r_d$		=		0,940
<b>Fs=CRR/CSR</b>	>	1,25	M < 7.5	se 0,04 < d < 0,6 se 0,6 < d < 1,5
				<b>1,91</b>
				<b>1,51</b>
				Verificato Fs
				Verificato Fs

Figura 97 - Calcolo del coefficiente di sicurezza alla liquefazione (Quota -7.90 ml)

Di seguito si riportano le risultanze del calcolo elaborato su prove tipo C.P.T:

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE																				
Metodo semplificato - Basato su prove tipo C.P.T <i>in situ</i>																				
Metodo di Robertson e Wride secondo D.M. 14/01/2008 e Circolare 617 del 02/02/2009																				
PARAMETRI A QUOTA -1,00 ml dal P.C.			PARAMETRI A QUOTA -2,00 ml dal P.C.			PARAMETRI A QUOTA -4,00 ml dal P.C.														
$\gamma$	1,80	g/cm <sup>3</sup>	$\gamma$	1,80	g/cm <sup>3</sup>	$\gamma$	1,80	g/cm <sup>3</sup>												
$\sigma_{vo}$	0,18	kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{vo}$	0,36	kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{vo}$	0,72	kg/cm <sup>2</sup>												
$\sigma_{vo}'$	0,18	kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{vo}'$	0,34	kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{vo}'$	0,50	kg/cm <sup>2</sup>												
profondità della prova	100,00	cm	profondità della prova	200,00	cm	profondità della prova	400,00	cm												
profondità falda	180,00	cm	profondità falda	180,00	cm	profondità falda	180,00	cm												
$\gamma_{H2O}$	1,00	g/cm <sup>3</sup>	$\gamma_{H2O}$	1,00	g/cm <sup>3</sup>	$\gamma_{H2O}$	1,00	g/cm <sup>3</sup>												
Pressione neutra	0,00	kg/cm <sup>2</sup>	Pressione neutra	0,02	kg/cm <sup>2</sup>	Pressione neutra	0,22	kg/cm <sup>2</sup>												
z	1,00	m	z	2,00	m	z	4,00	m												
$M_w$	5,94		$M_w$	5,94		$M_w$	5,94													
MSF	1,32		MSF	1,32		MSF	1,32													
RISULTATI DEL CALCOLO																				
CRR	0,14		CRR	0,26		CRR	0,18													
CSR	0,10		CSR	0,13		CSR	0,14													
<table border="1"> <tr><td>a<sub>g</sub>/g</td><td>0,179</td></tr> <tr><td>r<sub>d</sub></td><td>0,992</td></tr> </table>			a <sub>g</sub> /g	0,179	r <sub>d</sub>	0,992	<table border="1"> <tr><td>a<sub>g</sub>/g</td><td>0,179</td></tr> <tr><td>r<sub>d</sub></td><td>0,985</td></tr> </table>			a <sub>g</sub> /g	0,179	r <sub>d</sub>	0,985	<table border="1"> <tr><td>a<sub>g</sub>/g</td><td>0,179</td></tr> <tr><td>r<sub>d</sub></td><td>0,969</td></tr> </table>			a <sub>g</sub> /g	0,179	r <sub>d</sub>	0,969
a <sub>g</sub> /g	0,179																			
r <sub>d</sub>	0,992																			
a <sub>g</sub> /g	0,179																			
r <sub>d</sub>	0,985																			
a <sub>g</sub> /g	0,179																			
r <sub>d</sub>	0,969																			
CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI SICUREZZA																				
FS > 1,25			FS > 1,25			FS > 1,25														
1,34			2,04			1,30														

Figura 98 - Calcolo del coefficiente di sicurezza rispetto alla liquefazione (Prova C.P.T.1)

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE																				
Metodo semplificato - Basato su prove tipo C.P.T <i>in situ</i>																				
Metodo di Robertson e Wride secondo D.M. 14/01/2008 e Circolare 617 del 02/02/2009																				
PARAMETRI A QUOTA -1,00 ml dal P.C.			PARAMETRI A QUOTA -2,00 ml dal P.C.			PARAMETRI A QUOTA -4,00 ml dal P.C.														
$\gamma$	1,80	g/cm <sup>3</sup>	$\gamma$	1,80	g/cm <sup>3</sup>	$\gamma$	1,80	g/cm <sup>3</sup>												
$\sigma_{vo}$	0,18	kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{vo}$	0,36	kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{vo}$	0,72	kg/cm <sup>2</sup>												
$\sigma_{vo}'$	0,18	kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{vo}'$	0,34	kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{vo}'$	0,50	kg/cm <sup>2</sup>												
profondità della prova	100,00	cm	profondità della prova	200,00	cm	profondità della prova	400,00	cm												
profondità falda	180,00	cm	profondità falda	180,00	cm	profondità falda	180,00	cm												
$\gamma_{H2O}$	1,00	g/cm <sup>3</sup>	$\gamma_{H2O}$	1,00	g/cm <sup>3</sup>	$\gamma_{H2O}$	1,00	g/cm <sup>3</sup>												
Pressione neutra	0,00	kg/cm <sup>2</sup>	Pressione neutra	0,02	kg/cm <sup>2</sup>	Pressione neutra	0,22	kg/cm <sup>2</sup>												
z	1,00	m	z	2,00	m	z	4,00	m												
$M_w$	5,94		$M_w$	5,94		$M_w$	5,94													
MSF	1,32		MSF	1,32		MSF	1,32													
RISULTATI DEL CALCOLO																				
CRR	0,14		CRR	0,30		CRR	0,19													
CSR	0,09		CSR	0,13		CSR	0,14													
<table border="1"> <tr><td>a<sub>g</sub>/g</td><td>0,179</td></tr> <tr><td>r<sub>d</sub></td><td>0,992</td></tr> </table>			a <sub>g</sub> /g	0,179	r <sub>d</sub>	0,992	<table border="1"> <tr><td>a<sub>g</sub>/g</td><td>0,179</td></tr> <tr><td>r<sub>d</sub></td><td>0,985</td></tr> </table>			a <sub>g</sub> /g	0,179	r <sub>d</sub>	0,985	<table border="1"> <tr><td>a<sub>g</sub>/g</td><td>0,179</td></tr> <tr><td>r<sub>d</sub></td><td>0,969</td></tr> </table>			a <sub>g</sub> /g	0,179	r <sub>d</sub>	0,969
a <sub>g</sub> /g	0,179																			
r <sub>d</sub>	0,992																			
a <sub>g</sub> /g	0,179																			
r <sub>d</sub>	0,985																			
a <sub>g</sub> /g	0,179																			
r <sub>d</sub>	0,969																			
CALCOLO DEL COEFFICIENTE DI SICUREZZA																				
FS > 1,25			FS > 1,25			FS > 1,25														
1,41			2,41			1,35														

Figura 99 - Calcolo del coefficiente di sicurezza rispetto alla liquefazione (Prova C.P.T.2)

Come evidenziato nella precedente elaborazione il coefficiente di sicurezza nei riguardi della verifica del potenziale di liquefazione per le quote considerate, risulta leggermente superiore ai valori prescritti dalla normativa vigente. Si ritiene tuttavia, in accordo agli studi pubblicati da *Johann Facciorusso* e *Giovanni Vannucchi* sulla *Rivista Italiana di Geotecnica* nel 2009, “Esempio di valutazione del potenziale di liquefazione su scala regionale secondo l’approccio deterministico e probabilistico” ed applicati al caso della costa romagnola da Milano Marittima (RA) a Misano Adriatico (RN), che il fenomeno della liquefazione non sia trascurabile, in quanto diversi autori, tra cui *Crespellani et al. nel 1997*, *Marcellini et al. nel 1998*, *Cipriani et al. nel 2000* e *Crespellani et al. nel 2003*, hanno dimostrato come nell’area esistano le condizioni sismiche e le condizioni geotecniche affinché possa verificarsi il fenomeno, così come raccontano ad esempio le cronache del sisma del 17 Marzo 1875 di Magnitudo  $M_w = 5.75$ .

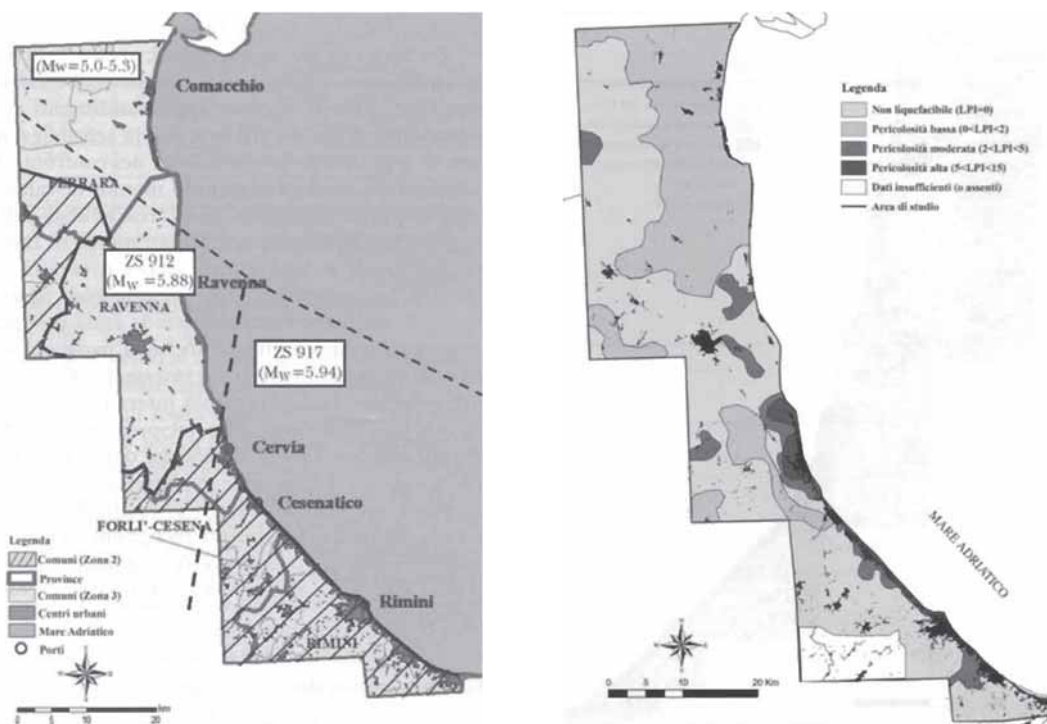


Figura 100 - Rappresentazione della Magnitudo momento e dell’indice di liquefazione per le aree di studio (Rig.2009)

Relativamente alle immagini sopra riportate si può affermare che siano ben identificabili le seguenti aree:

- Un'area, grossomodo identificabile con il Comune di Comacchio, caratterizzata da una pericolosità alla liquefazione bassa;
- Una zona centrale piuttosto estesa, corrispondente alla parte più interna del Comune di Comacchio ed al Comune di Alfonsine, caratterizzata da pericolosità nulla che si estende anche alla parte centrale del Comune di Ravenna, comprendendo l'intero centro abitato ed alcune zone interne; mentre localmente, specie in prossimità dell'area portuale sono presenti aree di pericolosità limitata;
- Una zona centro-meridionale, comprendente la parte meridionale del Comune di Ravenna e la parte interna dei Comuni di Cesenatico e Rimini, caratterizzata prevalentemente da pericolosità nulla;
- Una ristretta fascia costiera, di larghezza non superiore ad 1.0 Km, che include gran parte dei centri abitati tra Lido di Classe e Misano Adriatico, caratterizzata da pericolosità moderata che diventa alta in corrispondenza dei centri abitati di Cervia e Milano Marittima e, limitatamente alla zona portuale, nel centro abitato di Rimini.

In virtù di quanto esposto e considerando l'ubicazione dell'area di intervento, che si trova a circa 600.0 ml dalla linea di costa, si sottolinea che nella fase di progetto e verifica è stata realizzata un'apposita combinazione in condizioni straordinarie che tenga conto del fenomeno in esame attraverso l'incremento delle pressioni neutre durante l'evento sismico di progetto e la conseguente diminuzione del valore dei parametri caratteristici del terreno; si assumerà per gli strati sabbiosi saturi superficiali un valore di angolo di attrito interno  $\phi$  pari a  $30^\circ$ , assimilabile al valore di angolo di attrito critico  $\phi_c$  *post* sisma ricavato durante la fase di indagine geotecnica e documentabile nell'ampia bibliografia sull'argomento per l'area interessata.

### 6.1.6 Considerazioni sulla stratigrafia dell'area

In accordo all'elaborazione delle prove *in situ* e alle analisi effettuate in laboratorio risulta evidente l'alternanza di litotipi sabbiosi, limo-sabbiosi e terreni limoso argillosi, di potenza variabile sia lungo la sezione longitudinale che trasversale, così come meglio evidenziato nelle rappresentazioni allegate al successivo capitolo.

La successione stratigrafica illustrata è ricoperta da un primo strato di riporto superficiale, di matrice eterogenea e costituita da terre di riporto, impalcati stradali e materiali di banchina esistenti. Tale strato mostra spessori variabili da circa 1.00 ml a circa 2.30 metri nelle immediate vicinanze del sondaggio S2.

Considerando inoltre l'estensione del bacino in esame e l'interesse tra le varie prove eseguite *in situ*, si può affermare che l'area oggetto di analisi mostri una stratigrafia verticale discretamente omogenea, con un'architettura che si mantiene pressoché costante nella successione dei litotipi. Si è osservata anche la presenza nelle stratificazioni più profonde di spessori variabili di limo o limo sabbioso, da interpretare come strutture lenticolari puntuali in relazione al fatto che le prove effettuate nelle immediate vicinanze, a pari quota, non ne mostrino la presenza. In conclusione si può affermare che le risultanze delle elaborazioni svolte concordino con quanto evidenziato nella documentazione bibliografica e cartografica del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna reperite attraverso il progetto CARG e di seguito riportate, con particolare riferimento alle sezioni n.20, n.59 e n.137.

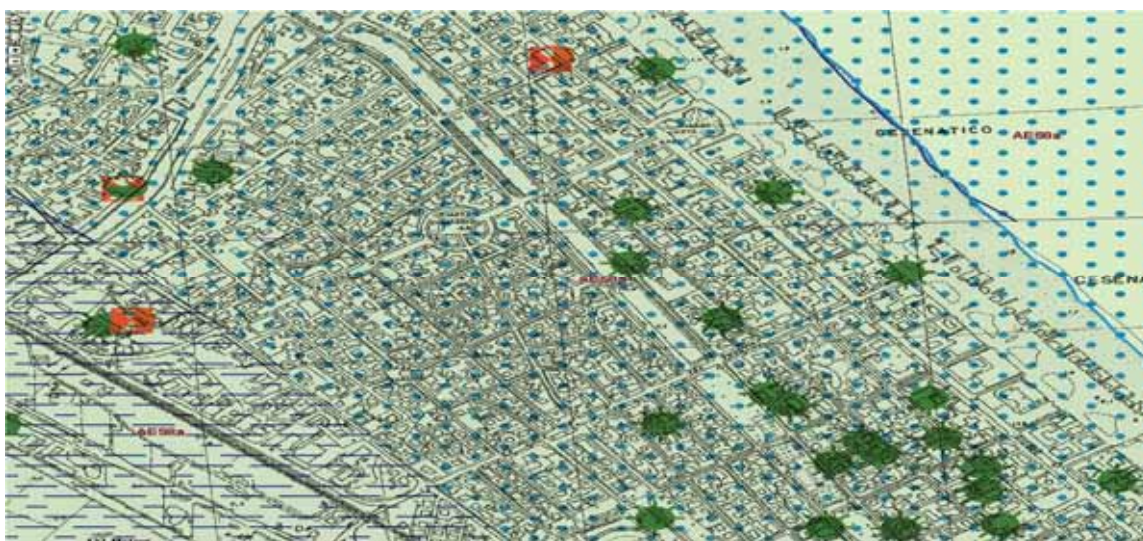


Figura 101 - Stralcio della cartografia geologica (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli Reg. Em.-Rom.)

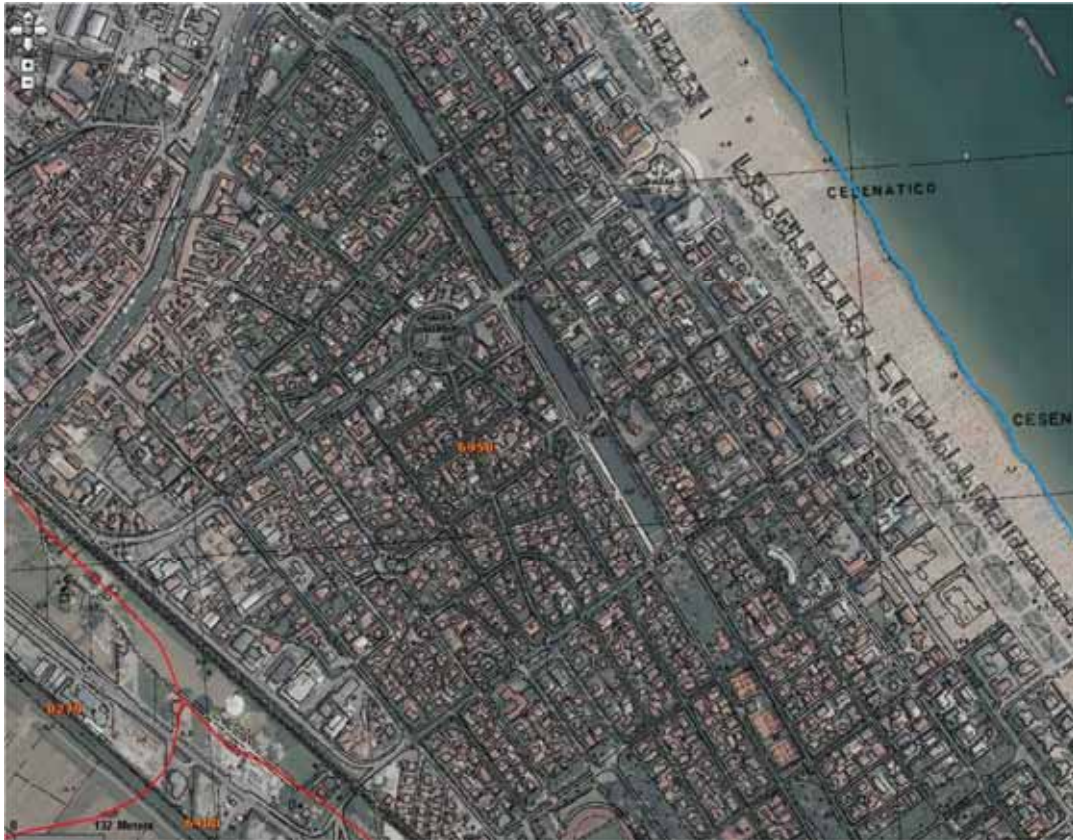


Figura 102 - Carta dei suoli (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli Reg. Em.-Rom.)



Figura 103 - Individuazione delle sezioni di riferimento (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli Reg. Em.-Rom.)

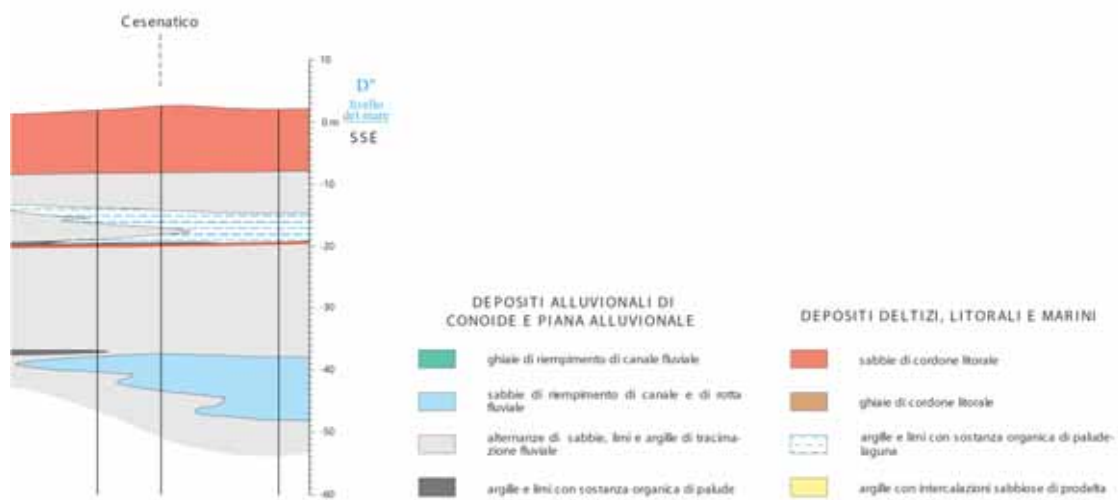


Figura 104 – Stralcio sezione n.20

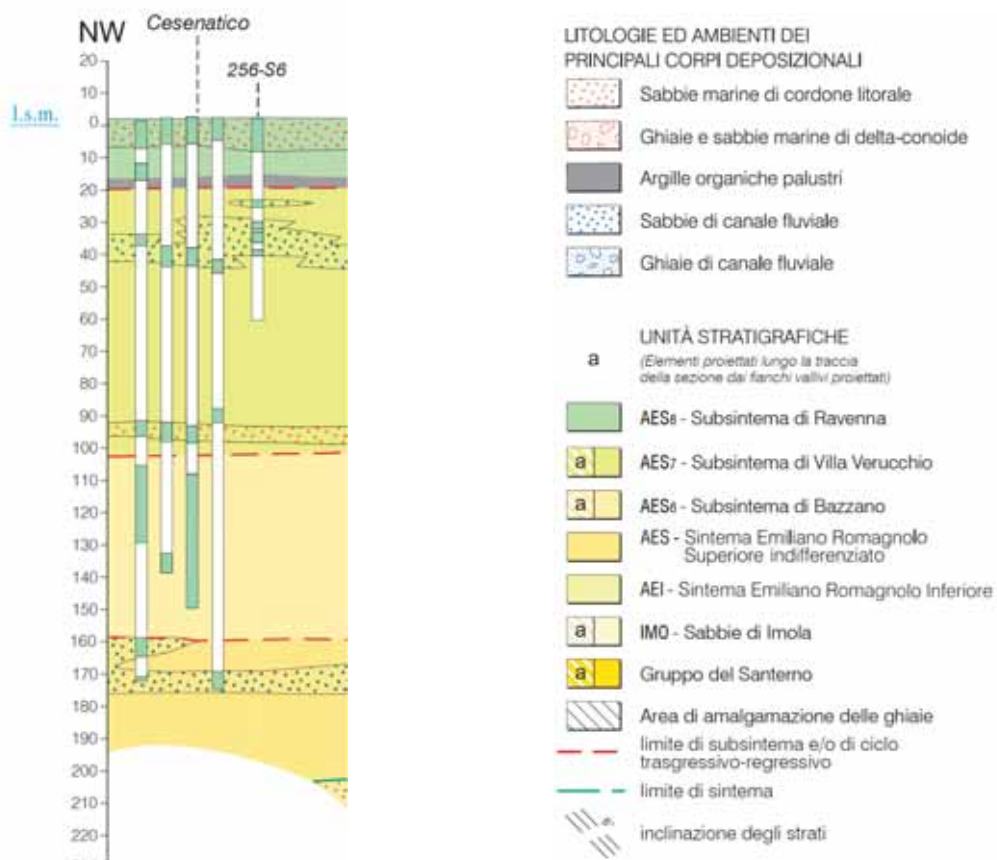


Figura 105 – Stralcio sezione n.59

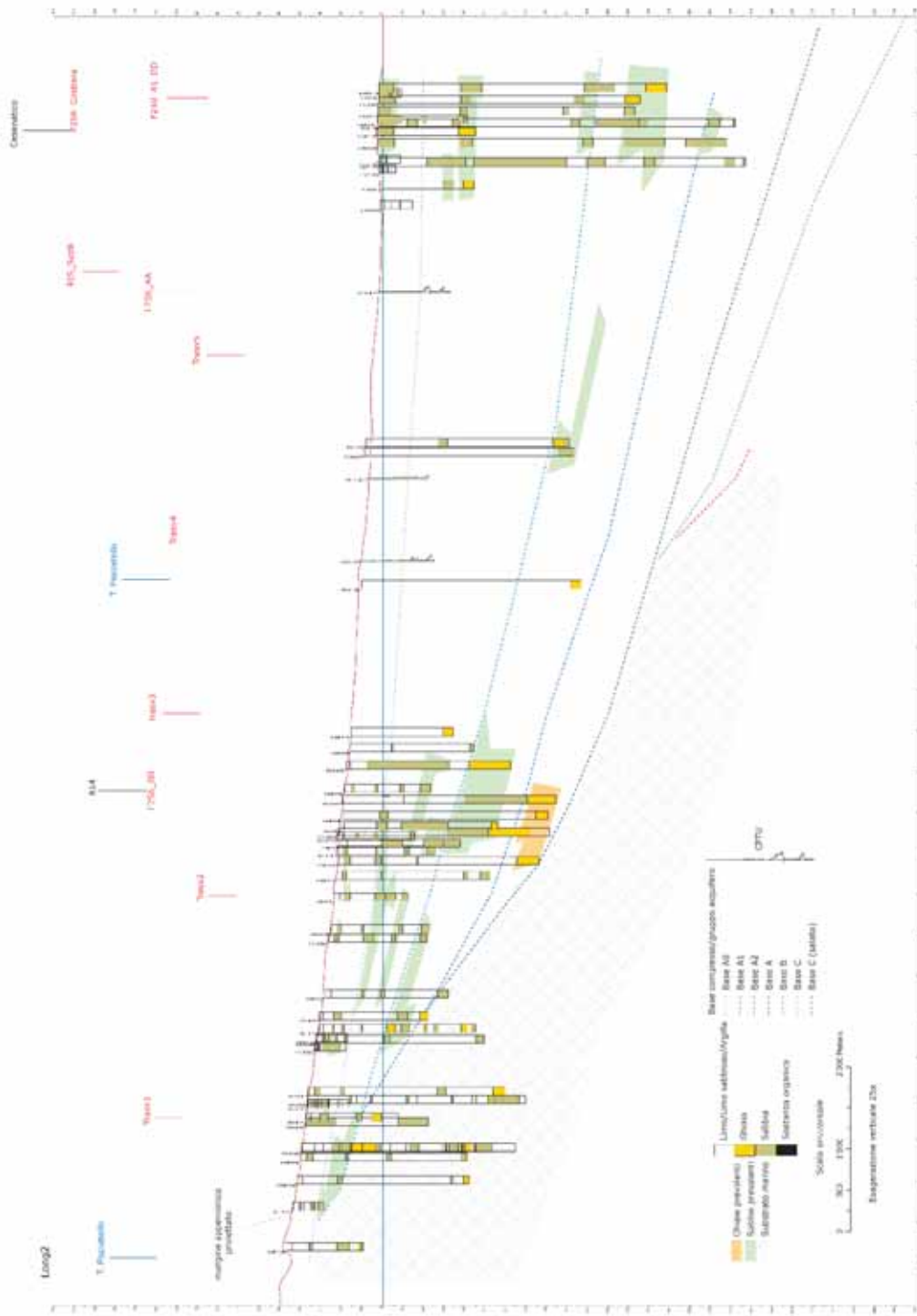


Figura 106 - Sezione n.137



### 6.1.7 Definizione del modello geotecnico

In relazione a quanto richiesto al capitolo 6.2.1 del D.M. 14.01.2008, di cui se ne riporta lo stralcio di riferimento, si è proceduto alla definizione del modello geotecnico di riferimento per le successive analisi.

#### 6.2.1 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito consiste nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio.

In funzione del tipo di opera o di intervento e della complessità del contesto geologico, specifiche indagini saranno finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico.

Esso deve essere sviluppato in modo da costituire utile elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche.

Metodi e risultati delle indagini devono essere esaurientemente esposti e commentati in una relazione geologica.

*Figura 107 - Stralcio normativo (Cap. 6.2.1 D.M. 14.01.2008)*

#### 6.2.2 INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

Le indagini geotecniche devono essere programmate in funzione del tipo di opera e/o di intervento e devono riguardare il volume significativo di cui al § 3.2.2, e devono permettere la definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo necessari alla progettazione.

I valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni devono essere ottenuti mediante specifiche prove di laboratorio su campioni indisturbati di terreno e attraverso l'interpretazione dei risultati di prove e misure in sito.

Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato.

Per modello geotecnico si intende uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali e della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo, finalizzato all'analisi quantitativa di uno specifico problema geotecnico.

È responsabilità del progettista la definizione del piano delle indagini, la caratterizzazione e la modellazione geotecnica.

Le indagini e le prove devono essere eseguite e certificate dai laboratori di cui all'art.59 del DPR 6.6.2001, n.380. I laboratori su indicati fanno parte dell'elenco depositato presso il Servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture.

Nel caso di costruzioni o di interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione può essere basata sull'esperienza e sulle conoscenze disponibili, ferma restando la piena responsabilità del progettista su ipotesi e scelte progettuali.

*Figura 108 - Stralcio normativo (Cap. 6.2.2 del D.M. 14.01.2008)*

In relazione alle prove effettuate *in situ*, in laboratorio ed alle valutazioni numeriche sopra riportate, congiuntamente a quanto evidenziato nella relazione geologica, è possibile definire la stratigrafia dell'area di intervento ed il conseguente modello geotecnico che ne deriva.

- Litotipo A: **Terreno di riporto**. Variamente composto da materiale di banchina, blocchi di massicciata stradale, ghiaia e detrito. Profondità da 0.40 a 2.30 ml.
- Litotipo B: **Sabbia medio fine**. Da nocciola a nocciola grigio, talora laminata con veli di limo sabbioso, con frequente materiale organico e/o frammenti conchigliari. La sabbia si presenta da debolmente limosa a limosa, talora da fine a finissima. Da molle a mediamente addensata. La profondità dal piano campagna è compresa tra 7.40 e 10.0 ml, per uno spessore medio di circa 7.0 ml.
- Litotipo C: **Limo argilloso e Argille limose**. Colore grigio, con rare intercalazioni nocciola. Mediamente consistente con frequente materiale organico e livelli millimetrici torbosi e passate ocracee di ossidazione. Presenta, generalmente alla base degli strati, livelli decimetrici di limo sabbioso e sabbia limosa, con conseguente diminuzione dei valori dei parametri geotecnici. La profondità dal piano campagna è compresa tra i 18.0 ed i 20.0 ml.
- Litotipo D: **Sabbia da fine a grossolana**. Da nocciola a grigia con veli nocciola, frequente materiale organico e intercalazioni di livelli di limo sabbioso. Analogo al litotipo B se non per i parametri geomeccanici. Lo spessore medio è di circa 3.0 – 4.0 ml ad una profondità compresa tra i 19.40 ed i 29.80 ml.
- Litotipo E: **Limo argilloso**. Colore da grigio scuro a nocciola. Frequenti intercalazioni di limi sabbiosi e limoso argillosi, da mediamente consistente a consistente. Frequenti anche calcinelli e materiale organico nerastro. Le profondità dal piano campagna sono comprese tra i 20 ed i 26 ml. Analogo al litotipo C eccezion fatta per una minore componente argillosa e per un miglioramento dei valori di coesione non drenata.

Lit.	Prova	Litologia	$\gamma$ sat (tm <sup>-3</sup> )	$\phi$ (°)	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	C' (kg/cm <sup>2</sup> )	Dr (%)
B	S1,S2,S3,S4, S5/CPT1,2/ CPTU1,2,3,4/ SCPT 1,2, 3	Sabbia medio fine, grigio e grigio nocciola, da molle a med.addensata, con materiale organico.	1.5-1.9	27 - 46	/	/	43 - 84
C	S1,S2,S3,S4, S5/CPT1,2/ CPTU1,2,3,4 SCPT 1,2, 3 laboratorio	Limo argilloso e argilla limosa, con rare passate nocciola.Da mediamente consistente a consistente (molle in corrispondenza di alternanze di limi sabbiosi).	1.91-1.99	/	0.1-0.8	0.18-0.33	/
B	S1,S2,S3,S4, S5, CPTU1,2,3,4	Sabbia e sabbia limosa da fine a grossolana, nocciola con mat. organico, med. consistente.	2.0-2.1	28-31	/	/	36-76
C	S1,S2,S3,S4, S5, CPTU1,2,3,4 Il valore di $\phi'$ si riferisce a limo sabbioso	Limo argilloso da grigio a nocciola, con frequenti livelletti organici e intercalazioni sabbiose. Da mediamente consistente a consistente.	1.8 - 2.2	/	0.2-1.7	0.12-0.25	/

Figura 109 - Prospetto riassuntivo delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni (Relazione geologica)

Litotipo	Prova Rappresentativa	Litologia	$\gamma_{min}$	$\gamma_{max}$	Angolo d'attrito $\phi_{min}$	Angolo d'attrito $\phi_{max}$	$Dr_{min}$	$Dr_{max}$	$Cu_{min}$	$Cu_{max}$	$C'_{min}$	$C'_{max}$
			tm <sup>-3</sup>	tm <sup>-3</sup>	°	°	%	%	kgcm <sup>-2</sup>	kgcm <sup>-2</sup>	kgcm <sup>-2</sup>	kgcm <sup>-2</sup>
B	S1,S2,S3,S4,S5, CPT1, CPT2, CPTU1, CPTU2,CPTU3, CPTU4, SCPT1, SCPT2,SCPT3	Sabbia medio fine, grigio e grigio nocciola, da molle a med.addensata, con materiale organico.	1,50	1,90	26,00	44,00	31,00	90,00	/	/	/	/
C	S1,S2,S3,S4,S5, CPT1, CPT2, CPTU1, CPTU2,CPTU3, CPTU4, SCPT1, SCPT2,SCPT3 E LABORATORIO	Limo argilloso e argilla limosa, con rare passate nocciola.Da mediamente consistente a	1,90	2,00	16,00	18,70	/	/	0,40	1,00	0,22	0,33
D	S1,S2,S3,S4,S5, CPTU1, CPTU2,CPTU3, CPTU4	Sabbia e sabbia limosa da fine a grossolana, nocciola con mat. organico, med. consistente.	2,00	2,20	40,00	49,00	63,00	90,00	/	/	/	/
E	S1,S2,S3,S4,S5, CPTU1, CPTU2,CPTU3, CPTU4	Limo argilloso da grigio a nocciola, con frequenti livelletti organici e intercalazioni sabbiose. Da mediamente consistente a consistente.	1,80	2,00	21,20	29,30	/	/	0,35	1,5	0,12	0,25

Figura 110 - Prospetto riassuntivo delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni (Analisi numerica)

Come possibile notare dal confronto tra i parametri geotecnici ricavati in sede di elaborazione originale e quelli ottenuti durante l'attuale fase di analisi, non si notano differenze di rilievo, se non per il litotipo D e per le considerazioni relative alla prova C.P.T.1, trattata quest'ultima nel seguito del presente elaborato. Tale discordanza è da ricondursi al fatto che nella relazione geologica sono state considerate, cautelativamente, solamente le risultanze dei sondaggi e delle prove S.P.T. ed infatti riportando i risultati della relativa analisi si ottiene:

$$\phi = 29.40^\circ \div 36.70^\circ$$

$$D_r = 37.2\% \div 74.0\%$$

e considerando il rapporto tra i valori minimi dei parametri caratteristici risulta:

$$\frac{D_{r1}}{D_{r2}} = \frac{36}{37.2} = 0.97 \qquad \frac{tg\phi_1}{tg\phi_2} = \frac{tg(28)}{tg(29.4)} = 0.95$$

Si è eseguito, inoltre, il confronto relativo alla prova penetrometrica statica C.P.T.1 in quanto risultano evidenti discordanze tra quanto riportato nell'elaborazione presente nella relazione geologica di riferimento e l'analisi eseguita durante il corso della redazione della presente tesi di laurea. Dapprima saranno evidenziati i report della prova indicata e successivamente il confronto, sia graficamente che numericamente, tra i risultati ottenuti.

prof. m	A	B	Rp Kg/cmq	Rf Kg/cmq	Rp/Rf	Rf/Rp
0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.40	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00
0.60	8.00	10.00	9.00	0.26	34.09	2.93
0.80	9.00	13.00	10.00	0.20	50.51	1.98
1.00	18.00	21.00	19.00	0.40	47.98	2.08
1.20	6.00	12.00	7.00	0.86	8.16	12.26
1.40	23.00	36.00	24.00	0.46	51.95	1.93
1.60	43.00	50.00	44.00	1.12	39.22	2.55
1.80	48.00	65.00	49.00	0.59	82.49	1.21
2.00	52.00	61.00	53.00	0.92	57.36	1.74
2.20	46.00	60.00	47.00	1.25	37.48	2.67
2.40	61.00	80.00	62.00	0.53	117.42	0.85
2.60	69.00	77.00	70.00	0.99	70.71	1.41
2.80	69.00	84.00	70.00	0.73	96.42	1.04
3.00	88.00	99.00	89.00	0.99	89.90	1.11
3.20	53.00	68.00	54.00	1.06	51.14	1.96
3.40	38.00	54.00	39.00	0.66	59.09	1.69
3.60	54.00	64.00	55.00	1.06	52.08	1.92
3.80	56.00	72.00	57.00	0.66	86.36	1.16
4.00	38.00	48.00	39.00	1.06	36.93	2.71
4.20	32.00	48.00	33.00	0.20	166.67	0.60
4.40	57.00	60.00	58.00	0.99	58.59	1.71
4.60	34.00	49.00	35.00	0.40	88.38	1.13
4.80	49.00	55.00	50.00	0.20	252.53	0.40
5.00	45.00	48.00	46.00	0.53	87.12	1.15
5.20	13.00	21.00	14.00	0.26	53.03	1.89
5.40	40.00	44.00	41.00	0.20	207.07	0.48
5.60	12.00	15.00	13.00	0.92	14.07	7.11
5.80	13.00	27.00	14.00	0.33	42.42	2.36
6.00	13.00	18.00	14.00	0.79	17.68	5.66
6.20	8.00	20.00	9.00	0.13	68.18	1.47
6.40	13.00	15.00	14.00	0.20	70.71	1.41
6.60	20.00	23.00	21.00	0.33	63.64	1.57
6.80	39.00	44.00	40.00	0.40	101.01	0.99
7.00	35.00	41.00	36.00	0.73	49.59	2.02
7.20	50.00	61.00	51.00	0.13	386.36	0.26
7.40	58.00	60.00	59.00	1.25	47.05	2.13
7.60	41.00	60.00	42.00	0.79	53.03	1.89
7.80	16.00	28.00	17.00	1.25	13.56	7.38
8.00	11.00	30.00	12.00	0.73	16.53	6.05
8.20	11.00	22.00	12.00	0.53	22.73	4.40
8.40	11.00	19.00	12.00	0.59	20.20	4.95
8.60	12.00	21.00	13.00	0.59	21.89	4.57
8.80	13.00	22.00	14.00	0.66	21.21	4.71
9.00	10.00	20.00	11.00	0.46	23.81	4.20
9.20	14.00	21.00	15.00	0.59	25.25	3.96
9.40	13.00	22.00	14.00	0.53	26.52	3.77
9.60	16.00	24.00	17.00	0.46	36.80	2.72
9.80	17.00	24.00	18.00	0.40	45.45	2.20
10.00	17.00	23.00	18.00	0.53	34.09	2.93

Figura 111 - Report Prova Penetrometrica Statica CPT1 – Parte 1







Figura 115 - Confronto in termini di Densità Relativa per i terreni incoerenti

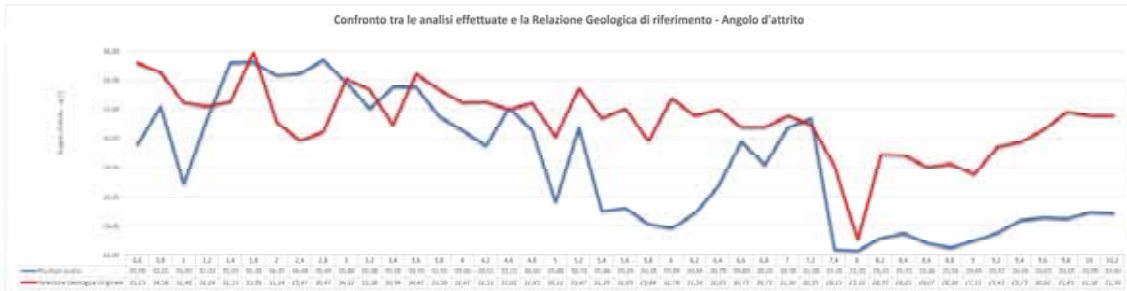


Figura 116 - Confronto in termini di angolo di attrito per i terreni incoerenti

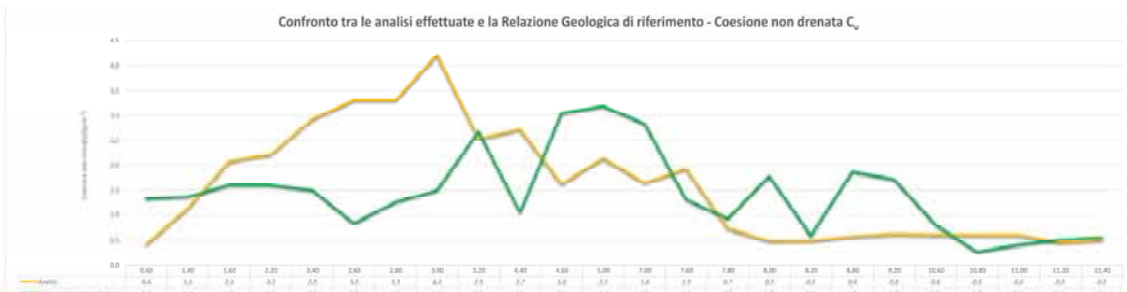


Figura 117 - Confronto in termini di Coesione non drenata per i terreni coesivi

<b>RAPPORTO TRA I PARAMETRI CARATTERISTICI (Rel.Geo./Analisi)</b>										
Profondità	Densità relativa Dr	Angolo d'attrito					cu	E' max	E' Min	OCR
m	Harman	Durgunouglu & Mitchell	Meyerhof	Caquot	Koppejan	De Beer	kgcm <sup>-2</sup>	kgcm <sup>-2</sup>	kgcm <sup>-2</sup>	-
0,20	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
0,40	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
0,60	/	/	/	/	/	/	3,14	3,11	3,11	3,14
0,80	1,96	1,16	1,19	1,18	1,21	1,21	/	/	/	/
1,00	1,28	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	/	/	/	/
1,20	2,67	1,17	1,20	1,20	1,24	1,23	/	/	/	/
1,40	1,10	/	1,03	1,03	1,03	1,03	1,21	1,21	1,21	1,21
1,60	/	/	/	/	/	/	0,77	0,77	0,77	0,77
1,80	0,77	0,93	0,93	0,92	0,91	0,92	/	/	/	/
2,00	1,06	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	/	/	/	/
2,20	/	/	/	/	/	/	0,72	0,72	0,72	0,72
2,40	0,74	/	0,92	0,91	0,90	0,90	0,51	0,52	0,52	0,51
2,60	/	/	/	/	/	/	0,25	0,26	0,26	0,25
2,80	0,62	/	0,88	0,87	0,85	0,86	0,38	0,39	0,39	0,38
3,00	0,63	/	0,88	0,86	0,85	0,85	0,36	0,36	0,36	0,36
3,20	1,02	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,06	1,06	1,06	1,06
3,40	1,15	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	/	/	/	/
3,60	0,75	0,93	0,93	0,92	0,91	0,91	/	/	/	/
3,80	1,09	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03	/	/	/	/
4,00	1,22	1,05	1,05	1,06	1,07	1,07	/	/	/	/
4,20	1,26	1,05	1,05	1,06	1,07	1,07	/	/	/	/
4,40	/	/	/	/	/	/	0,39	0,40	0,40	0,39
4,60	1,40	/	1,08	1,10	1,12	1,11	1,88	1,86	1,86	1,88
4,80	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	/	/	/	/
5,00	1,22	/	1,05	1,06	1,07	1,07	1,49	1,48	1,48	1,49
5,20	2,67	1,15	1,14	1,18	1,21	1,20	/	/	/	/
5,40	1,35	1,08	1,08	1,09	1,10	1,10	/	/	/	/
5,60	4,06	1,22	1,21	1,26	1,31	1,30	/	/	/	/
5,80	3,94	1,23	1,22	1,27	1,33	1,32	/	/	/	/
6,00	3,55	/	1,18	1,23	1,28	1,27	/	/	/	/
6,20	10,46	1,32	1,30	1,38	1,46	1,45	/	/	/	/
6,40	4,31	1,23	1,21	1,27	1,33	1,32	/	/	/	/
6,60	2,36	1,17	1,16	1,20	1,24	1,23	/	/	/	/
6,80	1,14	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	/	/	/	/
7,00	1,41	/	1,07	1,09	1,10	1,10	1,72	1,69	1,69	1,72
7,20	1,10	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03	/	/	/	/
7,40	0,95	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	/	/	/	/
7,60	/	/	/	/	/	/	0,68	0,69	0,69	0,68
7,80	/	/	/	/	/	/	1,26	1,24	1,24	1,26
8,00	/	/	1,19	1,25	1,31	1,30	3,59	3,25	3,25	3,59
8,20	/	/	1,02	1,03	1,04	1,04	1,19	1,17	1,17	1,19
8,40	/	1,21	1,19	1,26	1,31	1,30	/	/	/	/
8,60	/	1,19	1,17	1,23	1,29	1,28	/	/	/	/
8,80	/	/	1,17	1,23	1,28	1,27	3,20	2,93	2,93	3,20
9,00	/	1,22	1,19	1,27	1,33	1,32	/	/	/	/
9,20	4,73	/	1,14	1,20	1,24	1,23	2,74	2,53	2,53	2,74
9,40	8,26	1,21	1,19	1,26	1,32	1,31	/	/	/	/
9,60	4,16	1,19	1,17	1,23	1,28	1,27	/	/	/	/
9,80	4,17	1,21	1,19	1,25	1,31	1,30	/	/	/	/
10,00	4,99	1,26	1,23	1,31	1,38	1,36	/	/	/	/
10,20	3,91	1,23	1,20	1,28	1,33	1,32	/	/	/	/
10,40	4,02	1,23	1,20	1,28	1,34	1,33	/	/	/	/
10,60	/	/	/	/	/	/	1,31	1,27	1,27	1,31
10,80	/	/	/	/	/	/	0,46	0,53	0,53	0,46
11,00	/	/	/	/	/	/	0,69	0,73	0,73	0,69
11,20	/	/	/	/	/	/	1,10	1,08	1,08	1,10
11,40	/	/	/	/	/	/	1,09	1,08	1,08	1,09

Figura 118 - Rapporto tra i valori presentati nella Relazione Geologica Originale ed i valori della presente analisi



Come si osserva dalle rappresentazioni grafiche e dalla tabella sopra riportate si evidenzia una generale sovrastima dei parametri caratteristici avvenuta durante l'elaborazione della Relazione Geologica Originale quantificabile mediamente attorno al 10% - 15% per il valore dell'angolo di attrito  $\phi$  inerenti ai terreni incoerenti e mediamente intorno al 25% - 30% nelle valutazioni relative ai parametri dei terreni coesivi. Si sottolinea che nel prosieguo e durante la fase di progetto saranno tenute in considerazione solamente le risultanze dell'analisi effettuata nel corso della redazione della presente tesi di laurea.

Pertanto, in ragione di quanto si evince dal calcolo e dalle considerazioni fatte, ai fini dei dimensionamenti delle opere, ossia del progetto di riqualificazione delle arginature mediante l'impiego di terre rinforzate con geosintetici, saranno considerati, a favore di sicurezza, i valori caratteristici dei parametri fondamentali riportati di seguito:

**Litotipo sabbioso B**

$$\begin{aligned}\gamma &= 1.80 \text{ tm}^{-3} & \gamma' &= 1.00 \text{ tm}^{-3} \\ \phi &= 35^\circ\end{aligned}$$

**Litotipo limo-argilloso C**

$$\begin{aligned}\gamma &= 1.90 \text{ tm}^{-3} & \gamma' &= 1.00 \text{ tm}^{-3} \\ \phi' &= 17^\circ \\ C_u &= 0.90 \text{ kgcm}^{-2} \\ C' &= 0.25 \text{ kgcm}^{-2}\end{aligned}$$

**Litotipo sabbioso D**

$$\begin{aligned}\gamma &= 2.10 \text{ tm}^{-3} & \gamma' &= 1.10 \text{ tm}^{-3} \\ \phi &= 40^\circ\end{aligned}$$

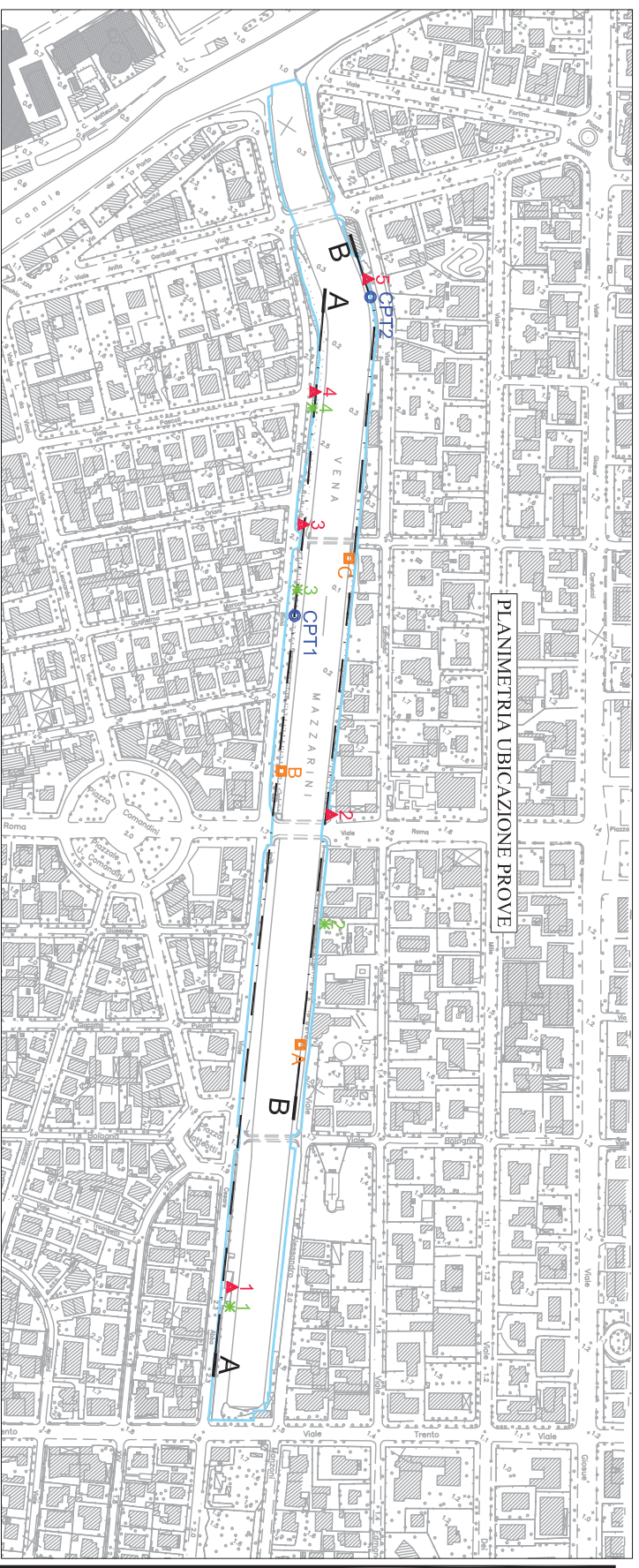
**Litotipo limo-argilloso E**

$$\begin{aligned}\gamma &= 1.90 \text{ tm}^{-3} & \gamma' &= 1.00 \text{ tm}^{-3} \\ \phi' &= 26^\circ \\ C_u &= 0.80 \text{ kgcm}^{-2} \\ C' &= 0.18 \text{ tm}^{-2}\end{aligned}$$

Si aggiunge inoltre che le valutazioni rispetto all'incidenza del livello di falda sulla progettazione verranno effettuate considerando dapprima una situazione *standard* con falda a quota di medio mare e successivamente considerando che la falda possa raggiungere, in occasioni eccezionali la quota di +1.20 ml dal livello di medio mare, così come precedentemente esposto. Di seguito si riporta la rappresentazione grafica relativa all'ubicazione delle prove *in situ*, unitamente alla sezione geologica longitudinale dell'area in esame e ad alcune sezioni trasversali significative ai fini del dimensionamento dell'intervento.

# UBICAZIONE INDAGINI IN SITU

- Scala 1:5000 -

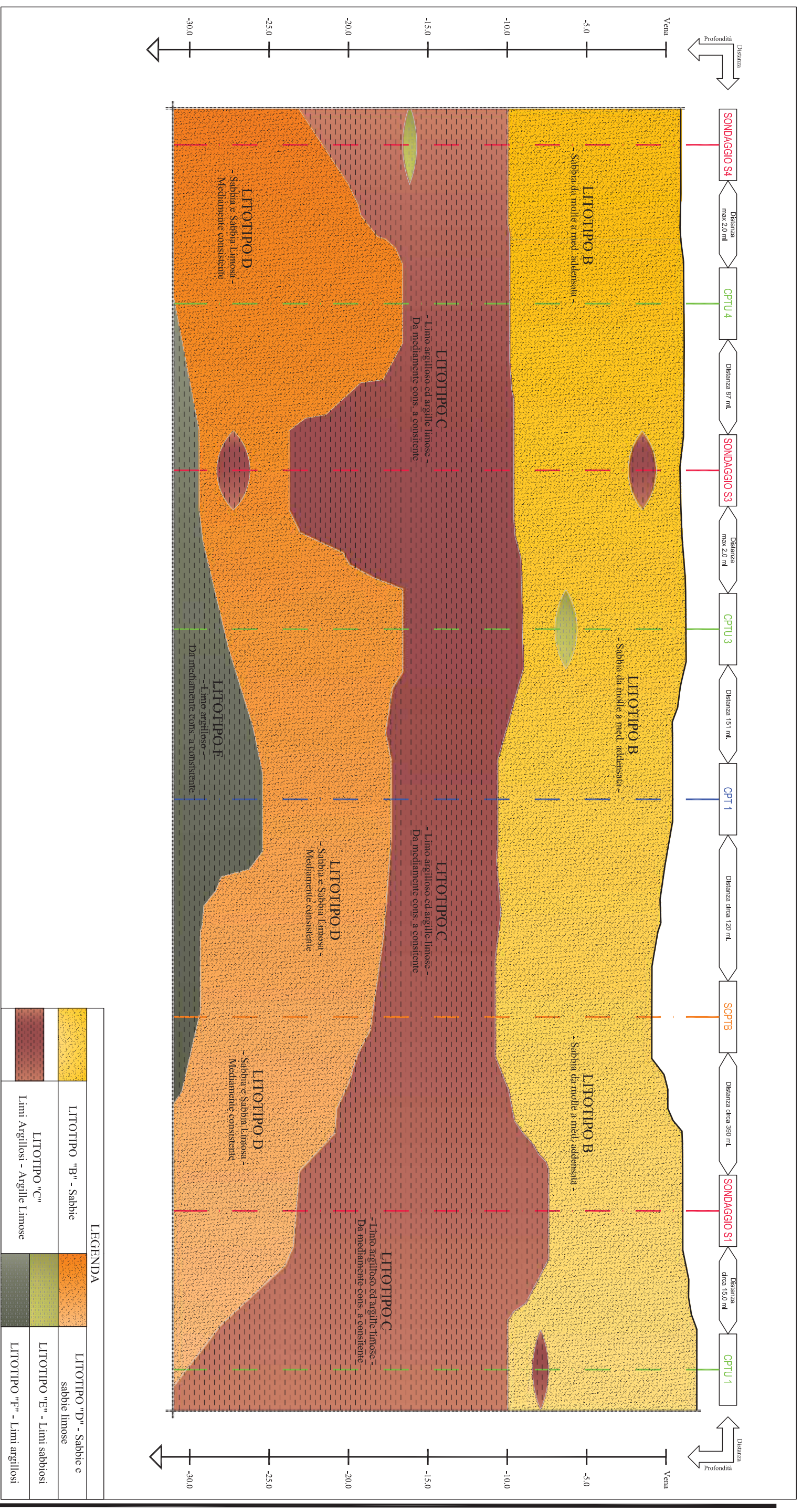


## LEGENDA

- PROVE STATICHE CPT
- SONDAGGIO CON PRELIEVO CAMPIONI
- PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
- PROVA STATICA ELETTRICA CPTU

# SEZIONE LONGITUDINALE A-A

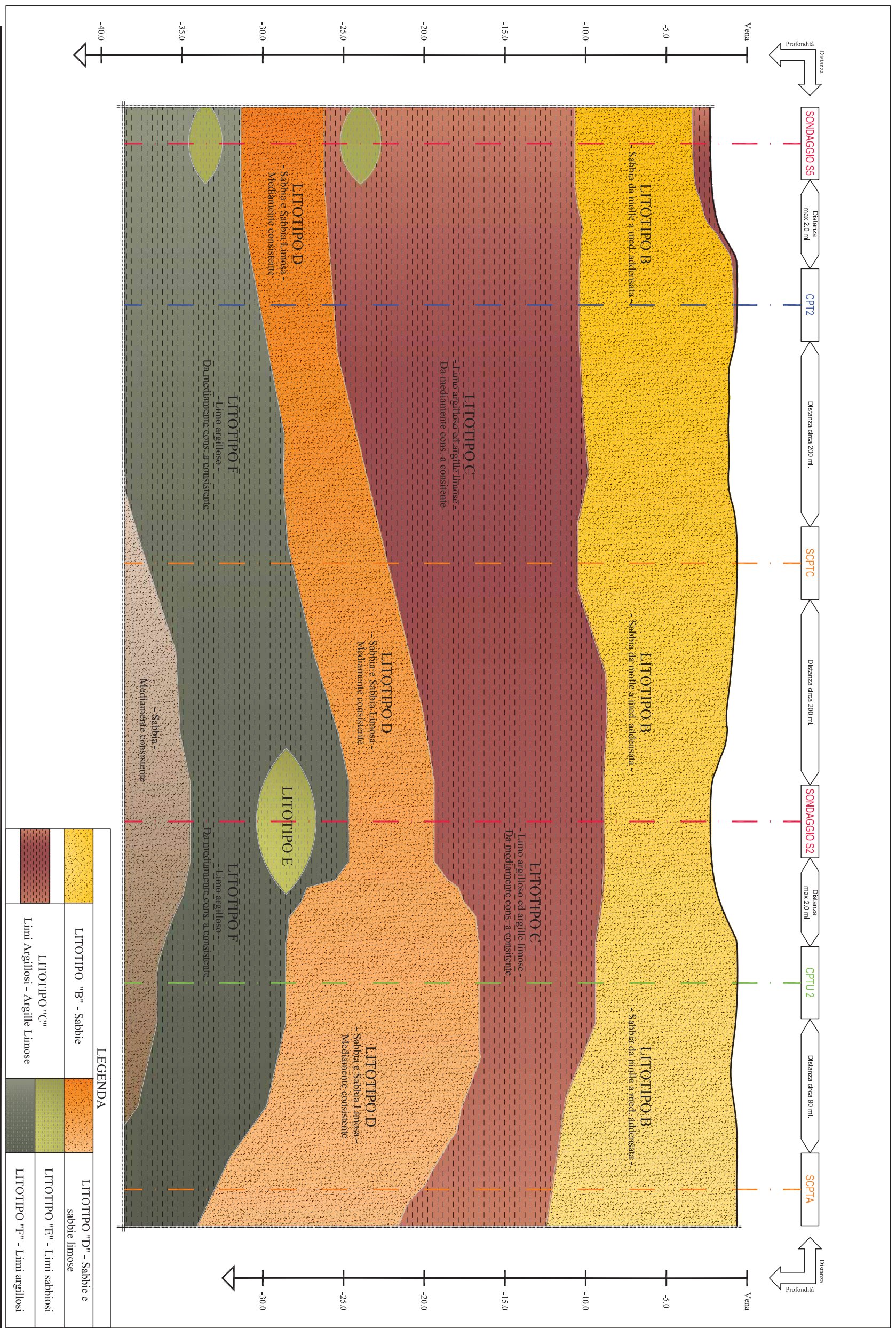
- Scala 1:250 -



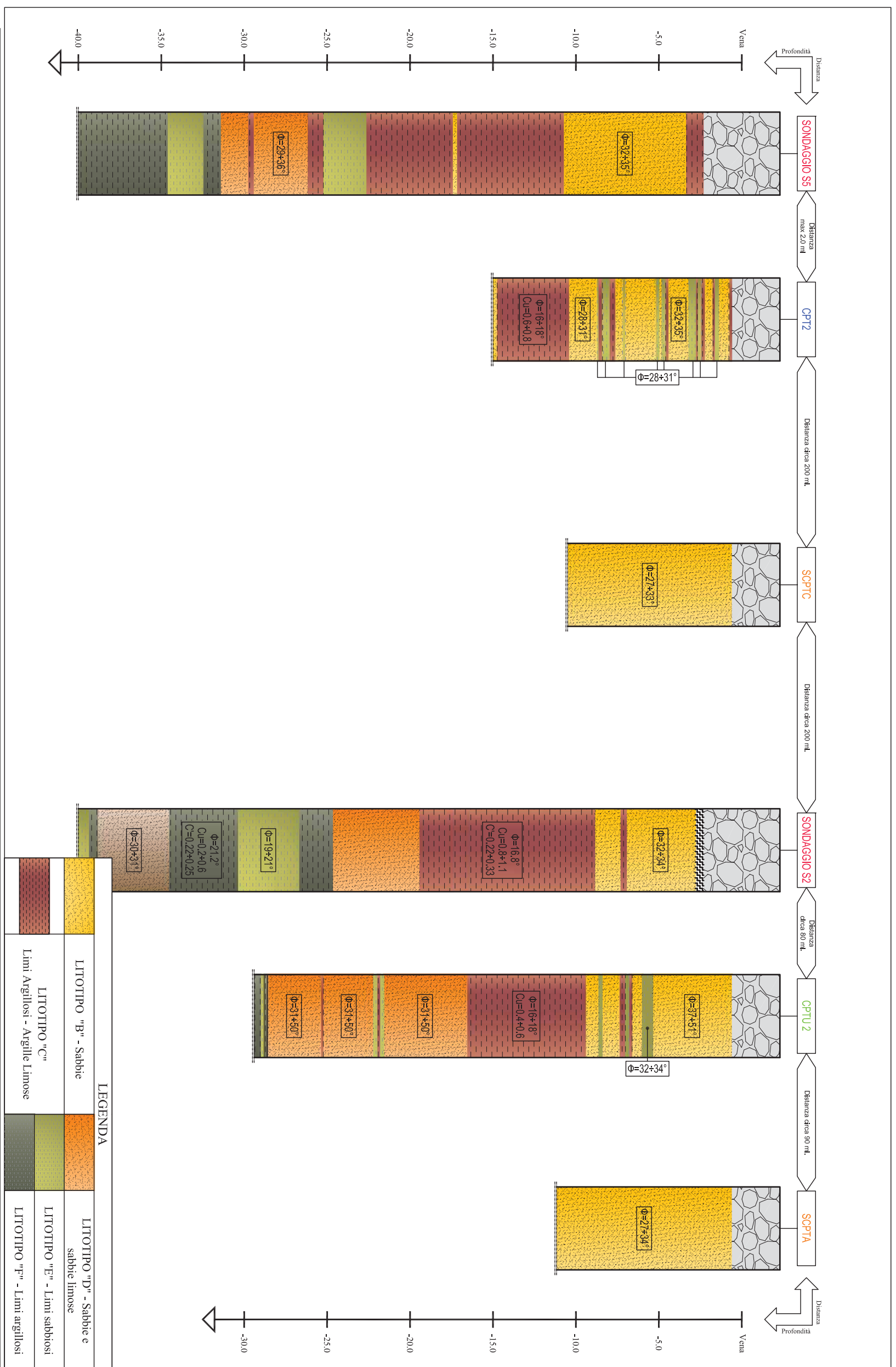
LEGENDA			
	LITOTIPO "B" - Sabbie		LITOTIPO "D" - Sabbie e sabbie limose
	LITOTIPO "C"		LITOTIPO "E" - Limi sabbiosi
	Limi Argillosi - Argille Limose		LITOTIPO "F" - Limi argillosi

# SEZIONE LONGITUDINALE B-B

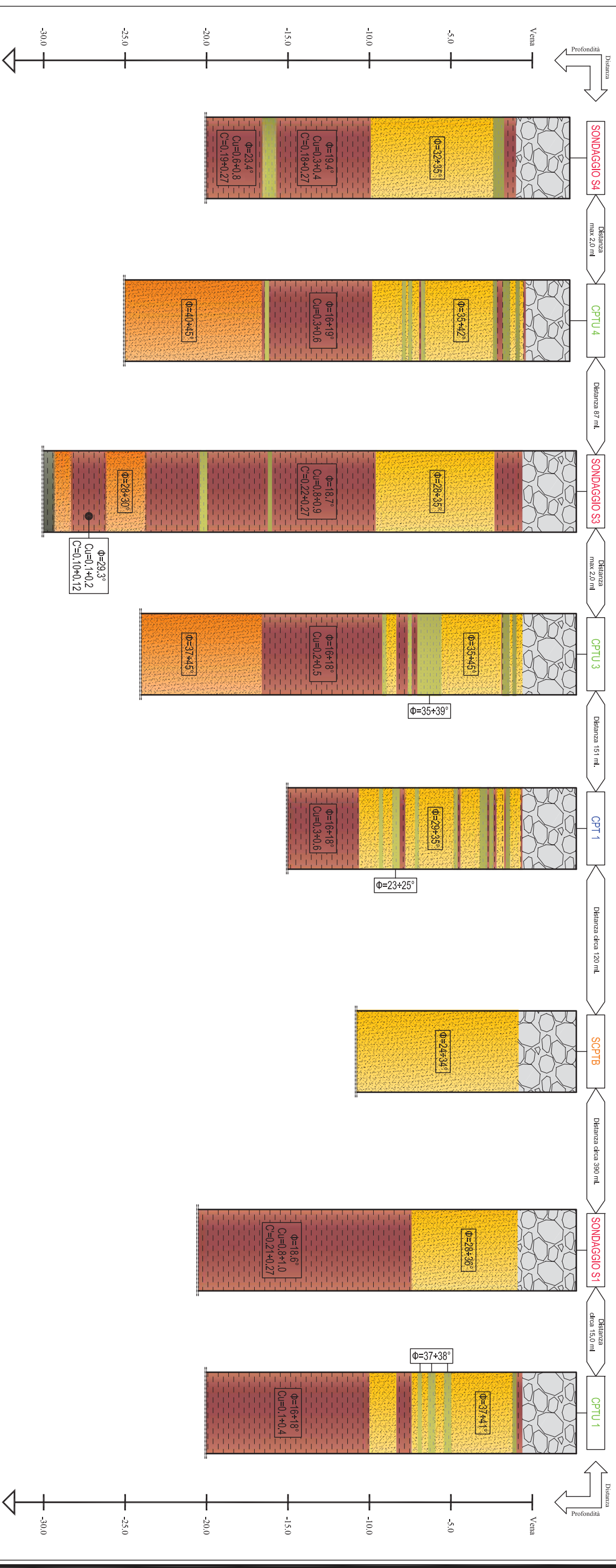
- Scala 1:250 -



# SEZIONI VERTICALI SPONDA IN DESTRA IDRAULICA - Scala 1:250



# SEZIONI VERTICALI SPONDA IN SINISTRA IDRAULICA - Scala 1:250

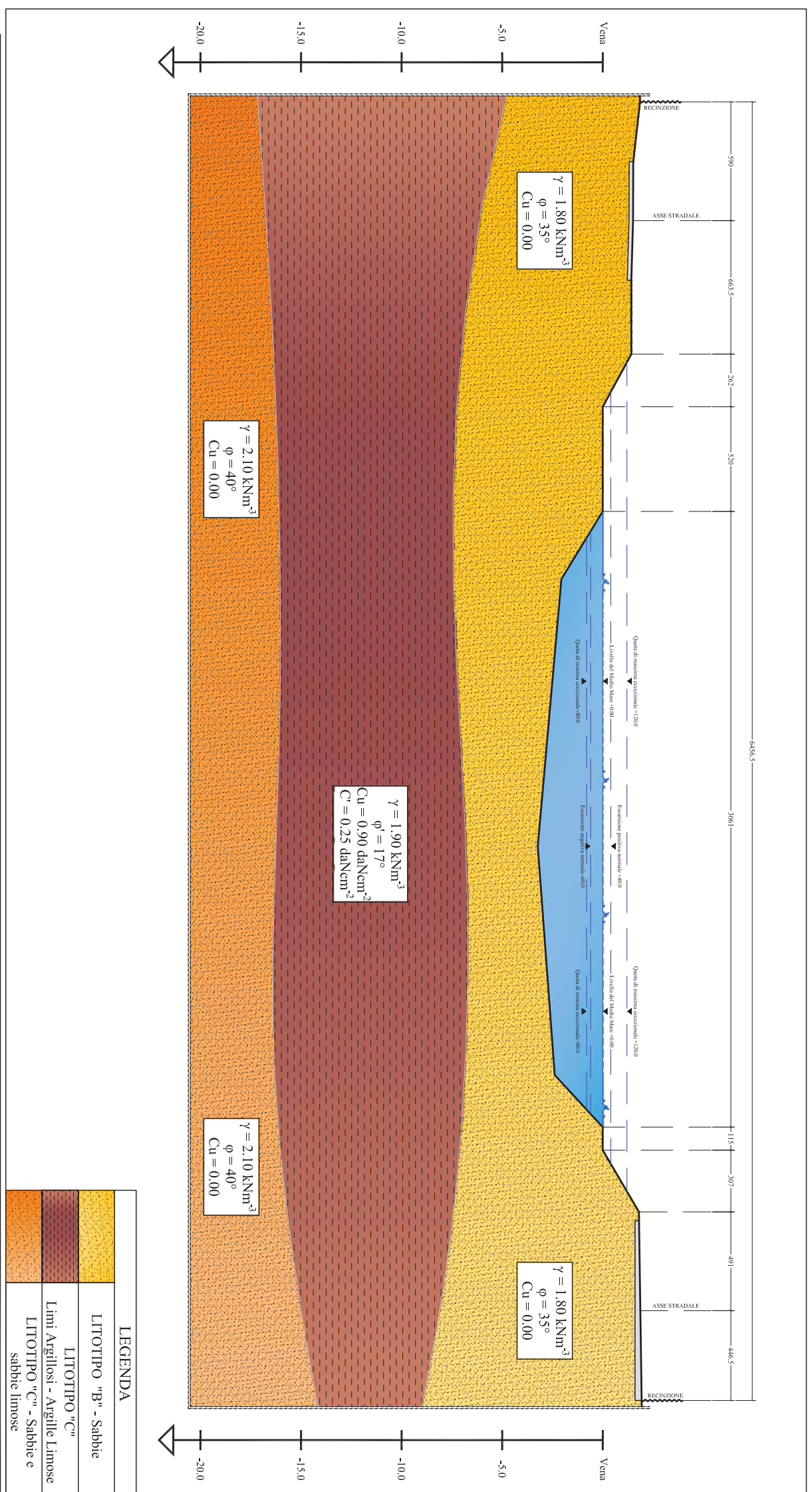


**LEGENDA**

	LITOTIPO "B" - Sabbie		LITOTIPO "D" - Sabbie e sabbie limose
	LITOTIPO "C" - Limi Argillosi - Argille Limose		LITOTIPO "E" - Limi sabbiosi
			LITOTIPO "F" - Limi argillosi

# SEZIONE GEOTECNICA DI RIFERIMENTO

## - Scala 1:250 -





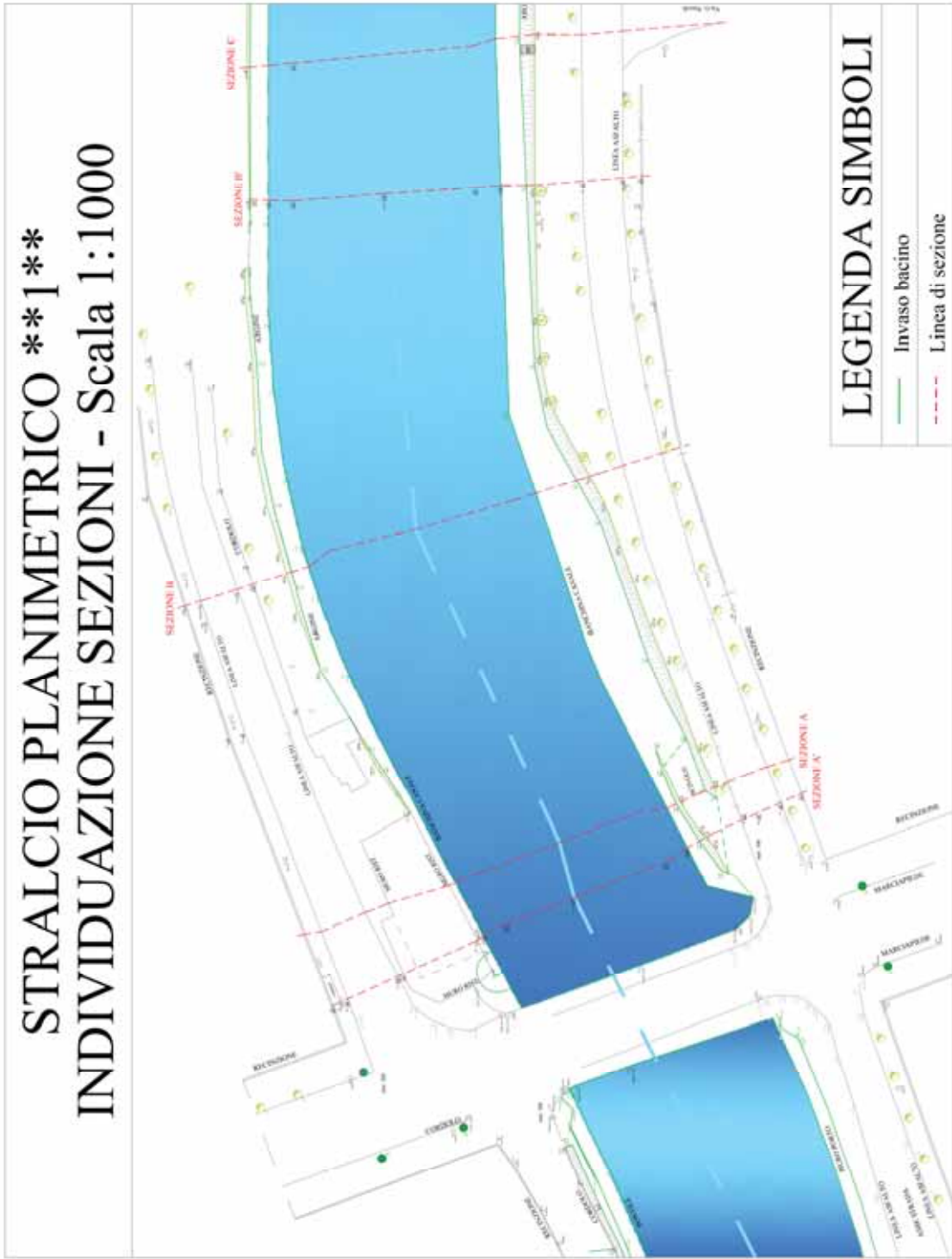


Figura 119 - Planimetria con individuazione sezioni (N.1)

# STRALCIO PLANIMETRICO \*\*2\*\* INDIVIDUAZIONE SEZIONI - Scala 1:1000

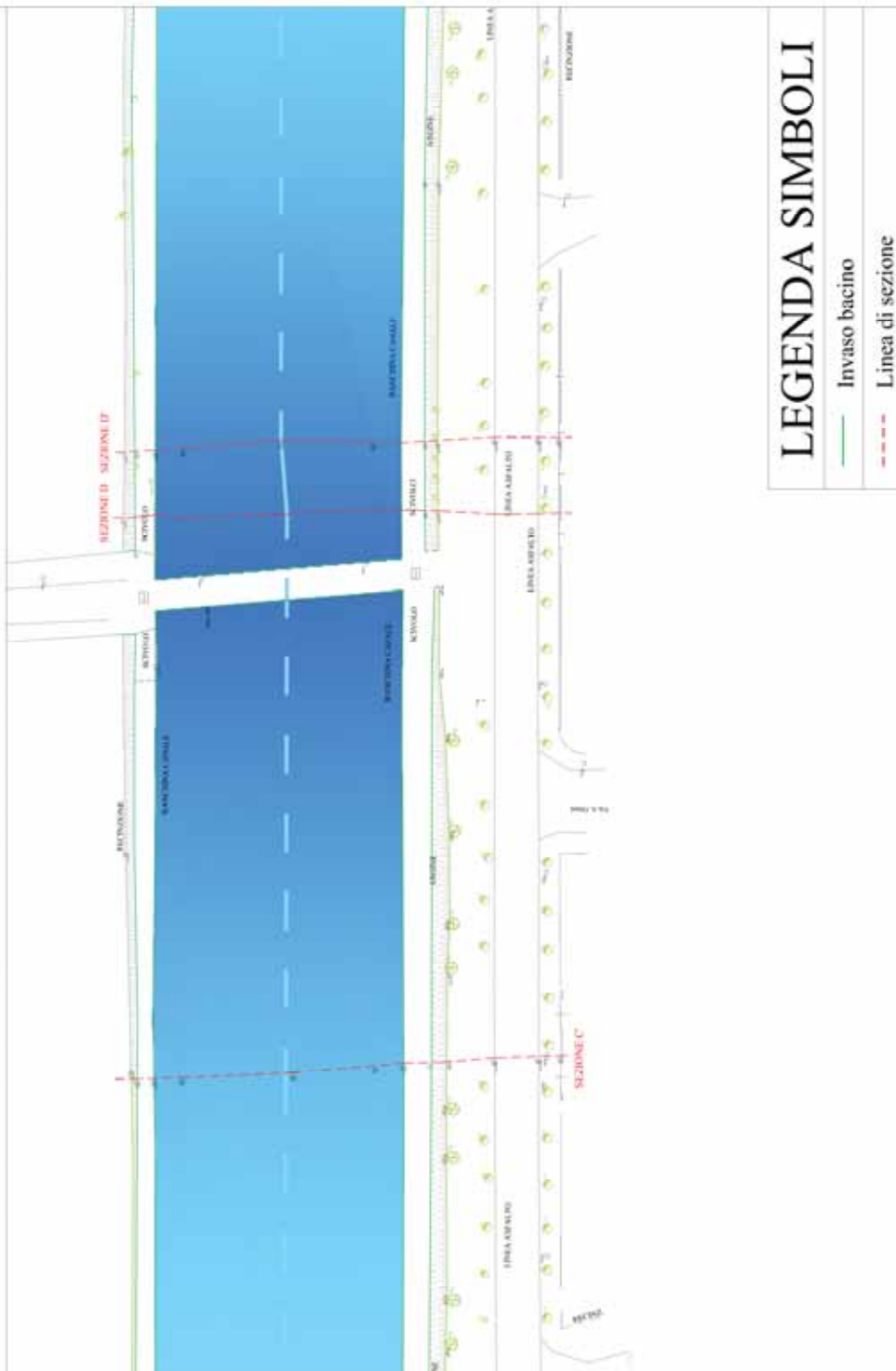


Figura 120 - Planimetria con individuazione sezioni (N.2)

**STRALCIO PLANIMETRICO \*\*3\*\*  
INDIVIDUAZIONE SEZIONI - Scala 1:1000**

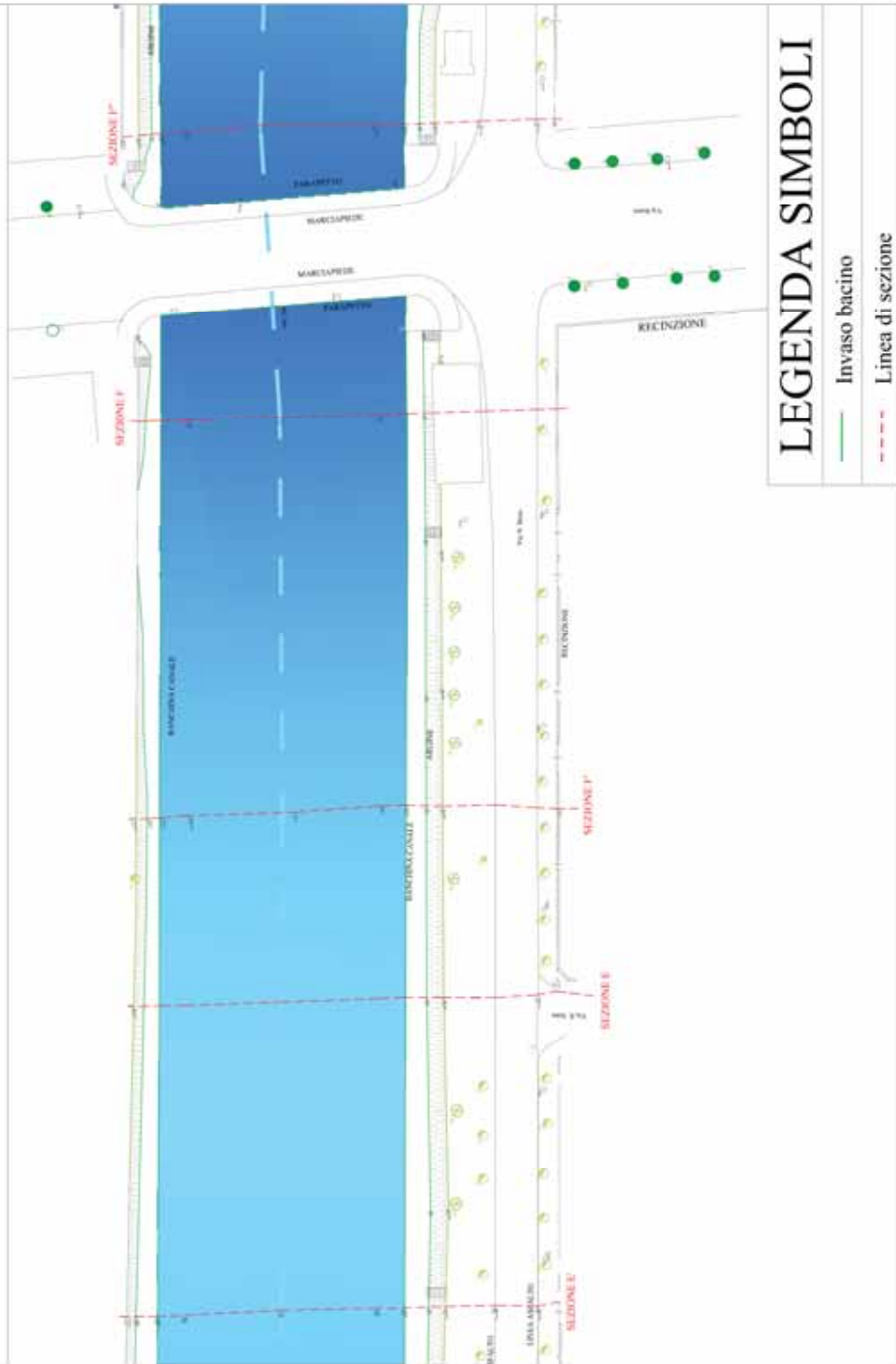


Figura 121 - Planimetria con individuazione sezioni (N.3)

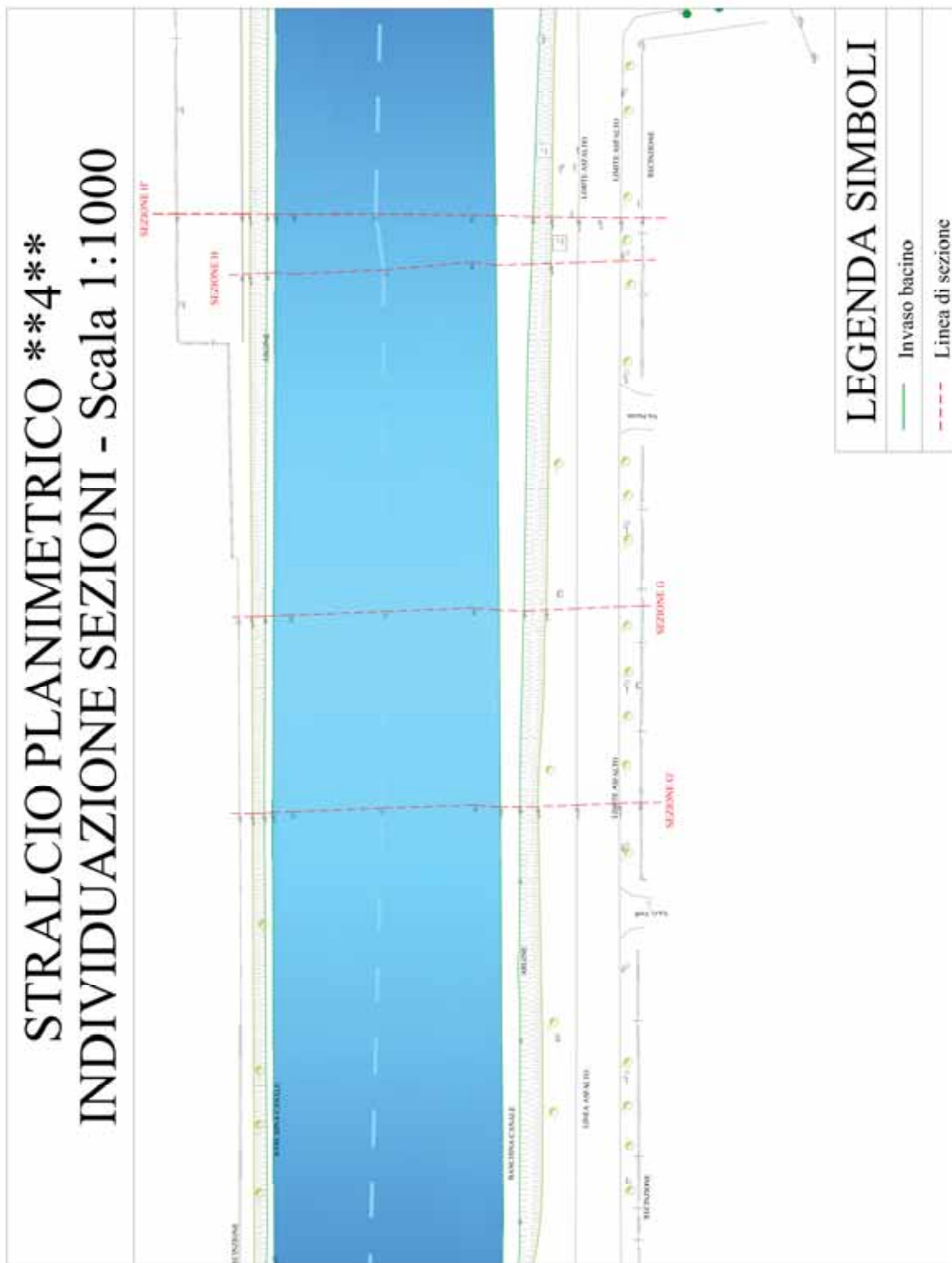


Figura 122 - Planimetria con individuazione sezioni (N.4)

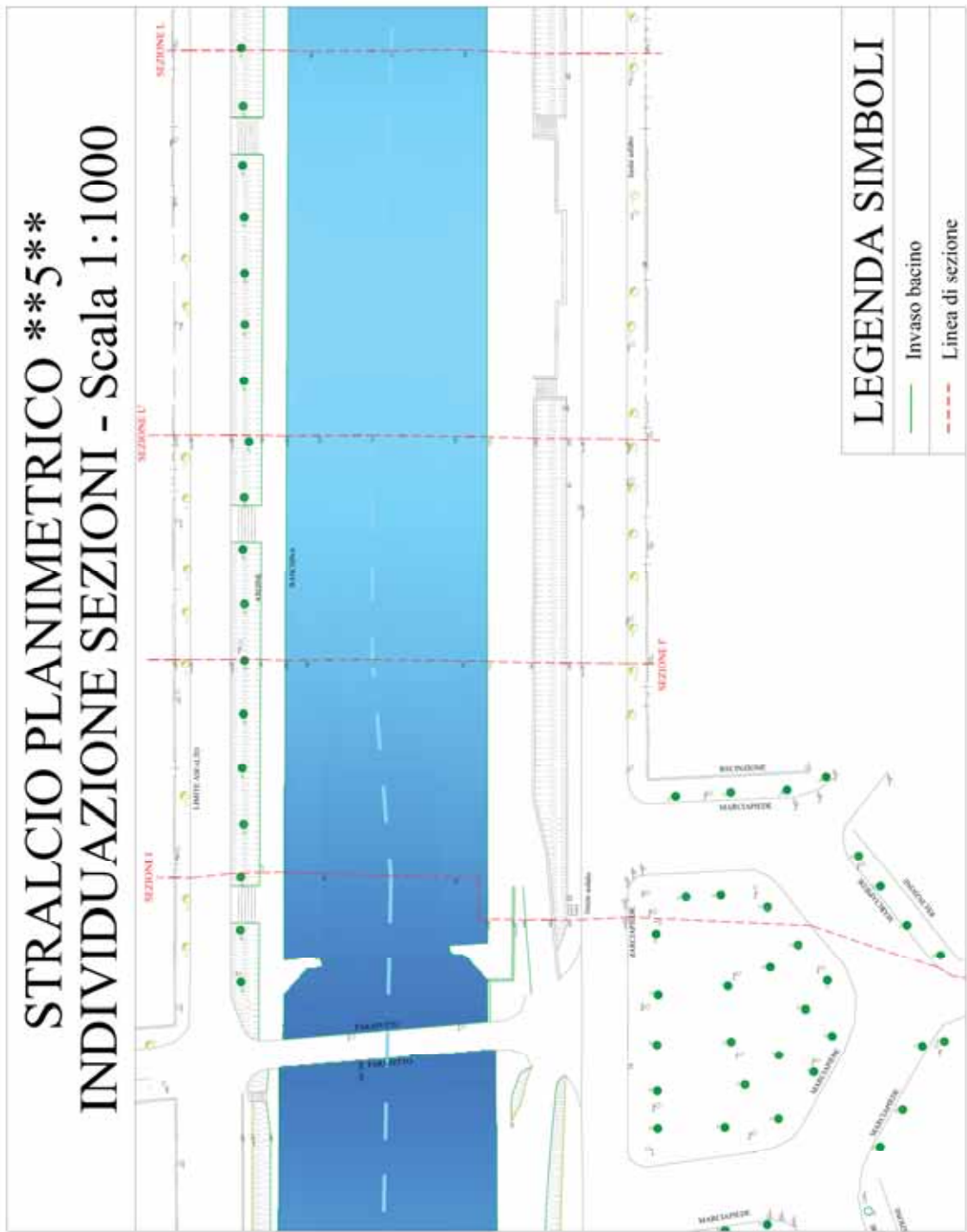
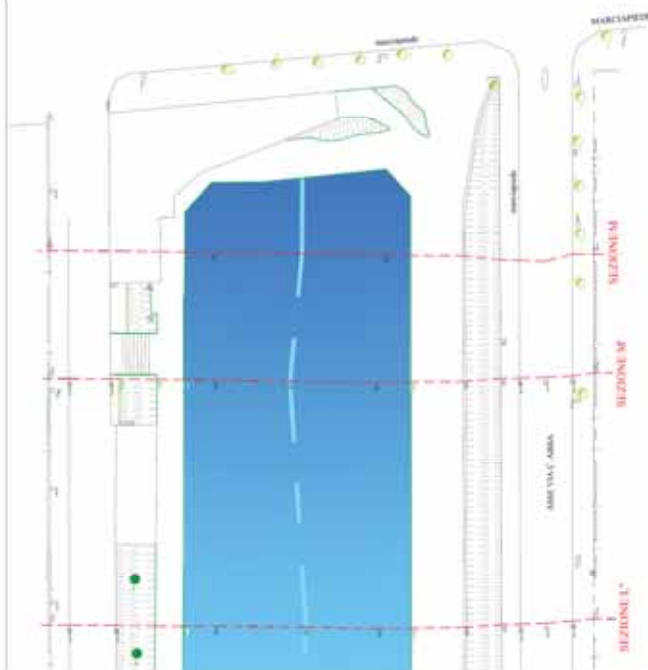


Figura 123 - Planimetria con individuazione sezioni (N.5)

**STRALCIO PLANIMETRICO \*\*6\*\*  
INDIVIDUAZIONE SEZIONI - Scala 1:1000**



**LEGENDA SIMBOLI**

- Invaso bacino
- - - Linea di sezione

Figura 124 - Planimetria con individuazione sezioni (N.6)

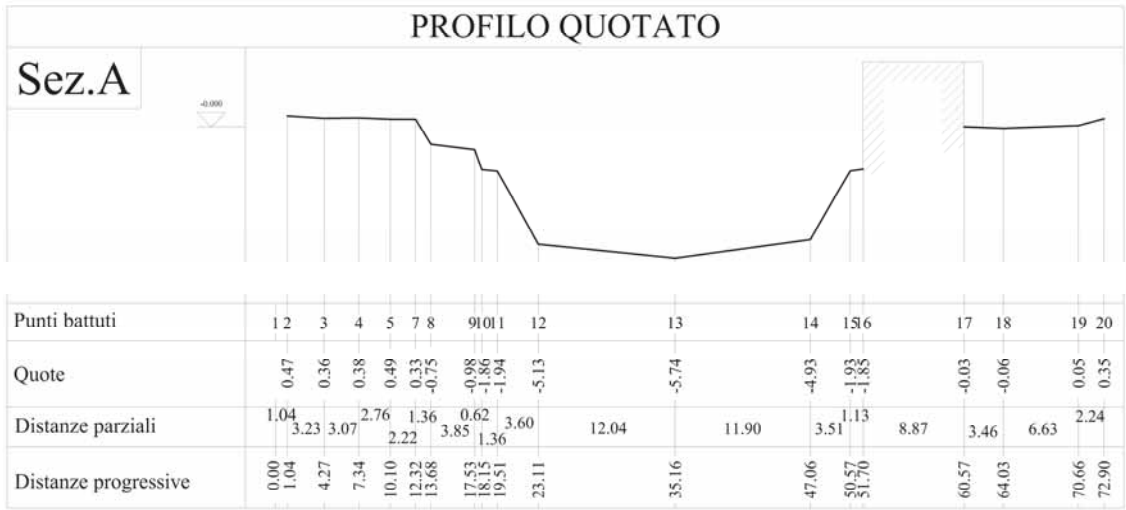


Figura 125 - Sezione A

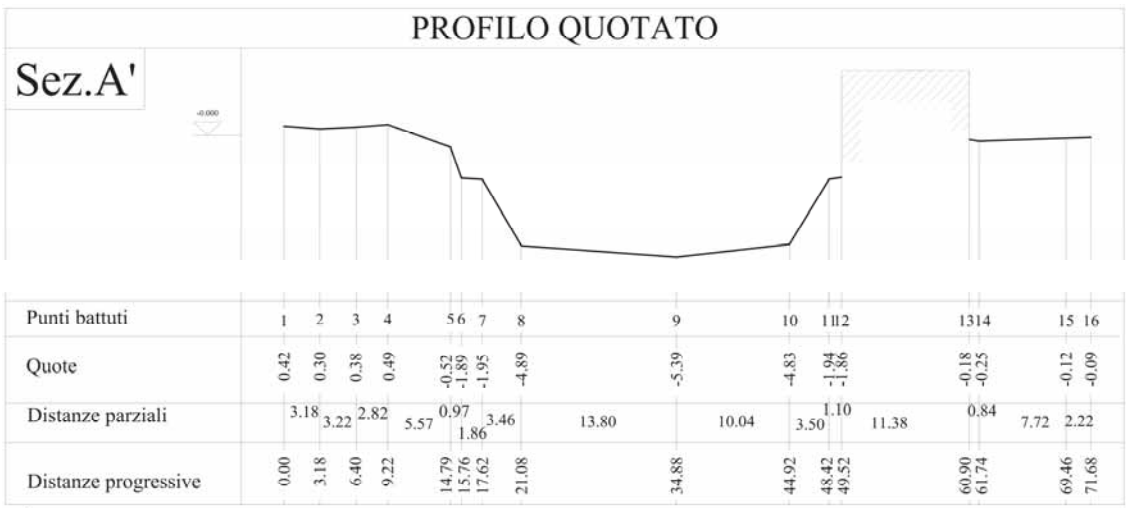


Figura 126 - Sezione A'

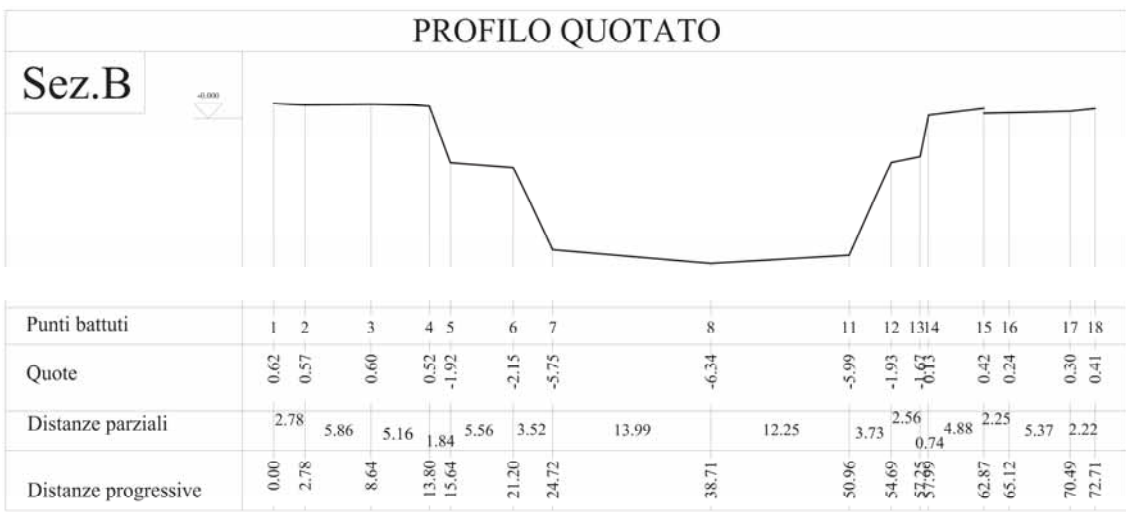


Figura 127 - Sezione B

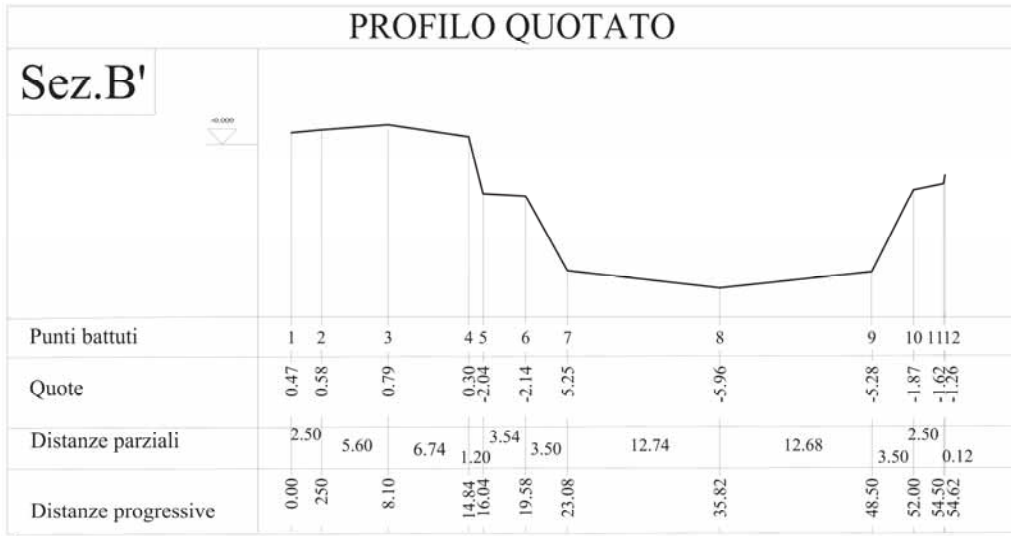


Figura 128 - Sezione B'

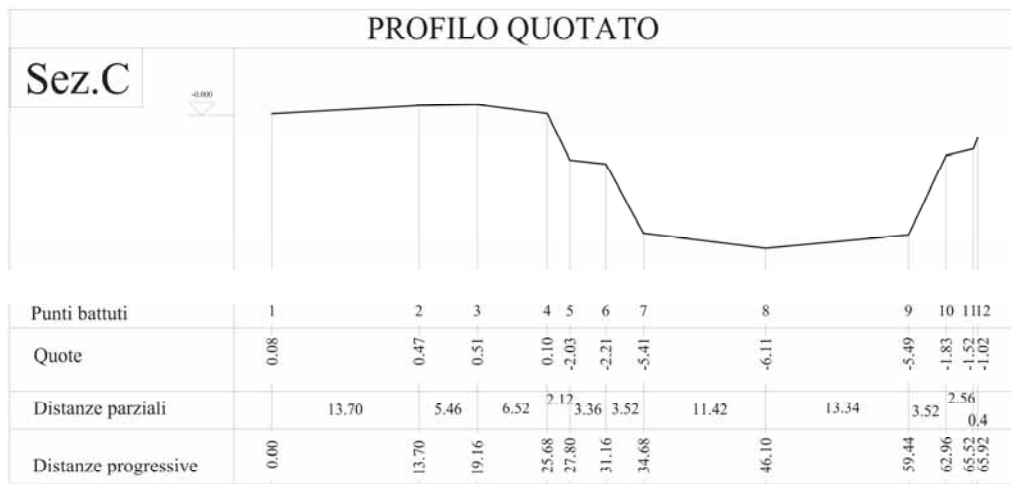


Figura 129 - Sezione C

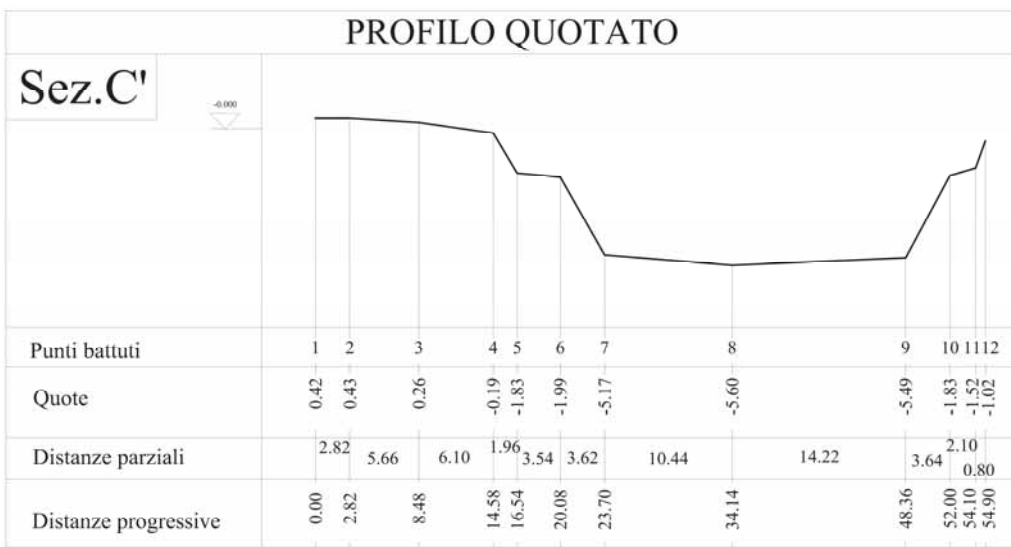


Figura 130 - Sezione C'



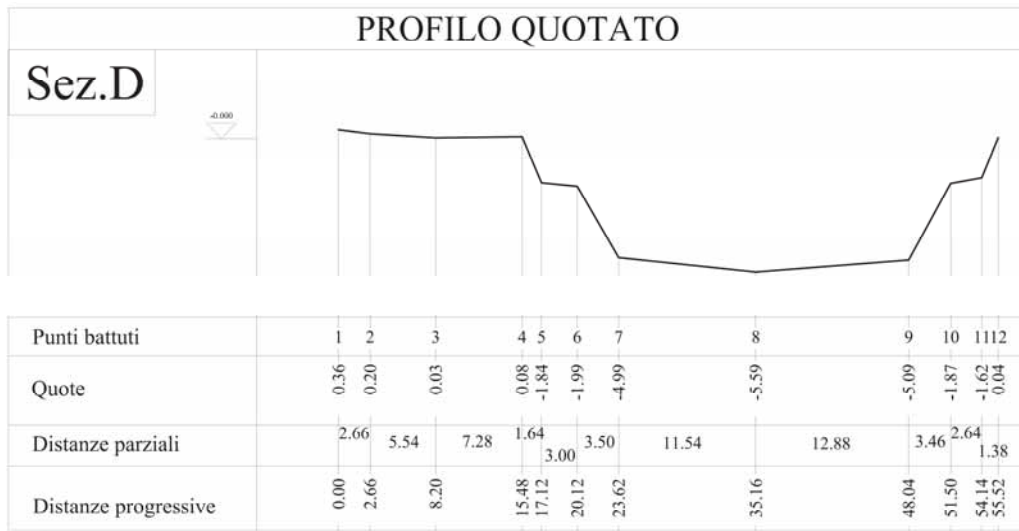


Figura 131 - Sezione D

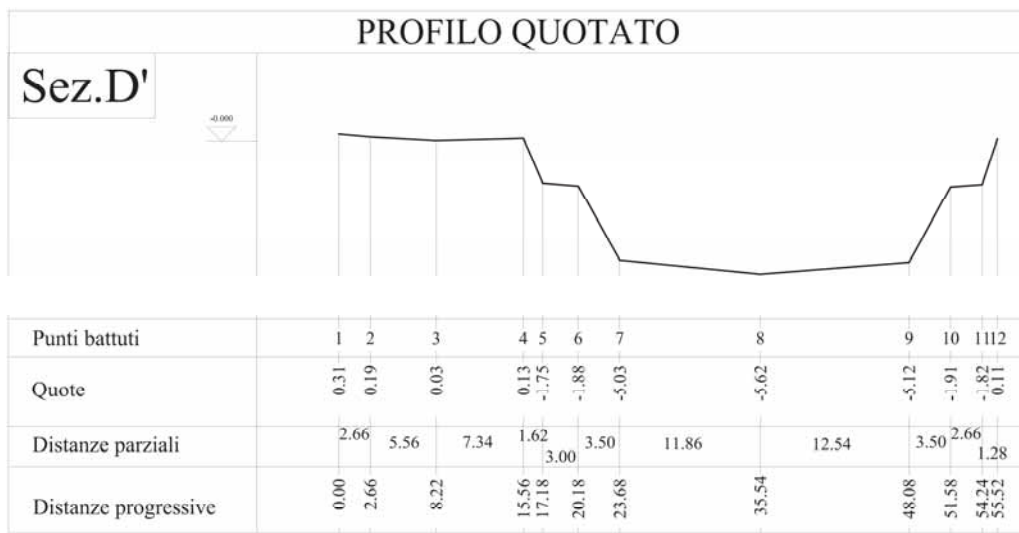


Figura 132 - Sezione D'

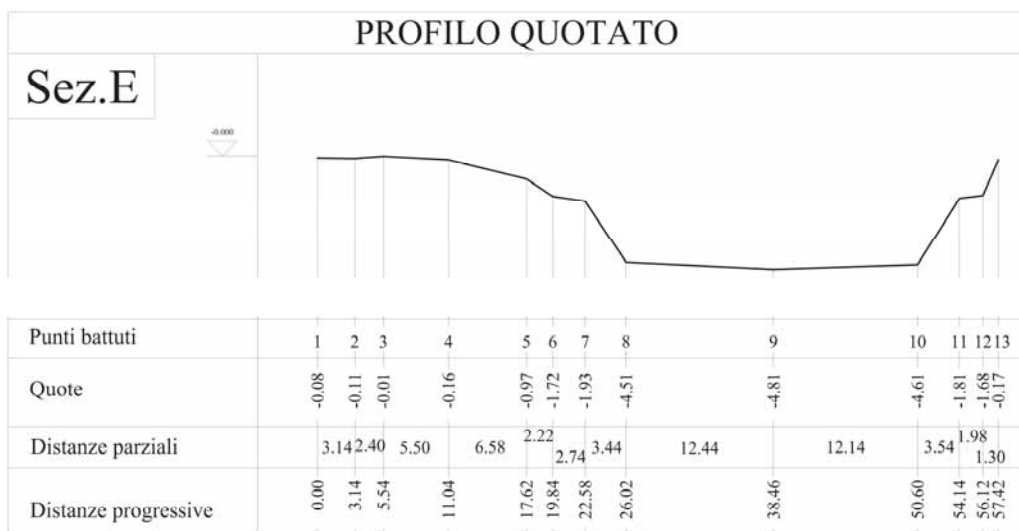


Figura 133 - Sezione E

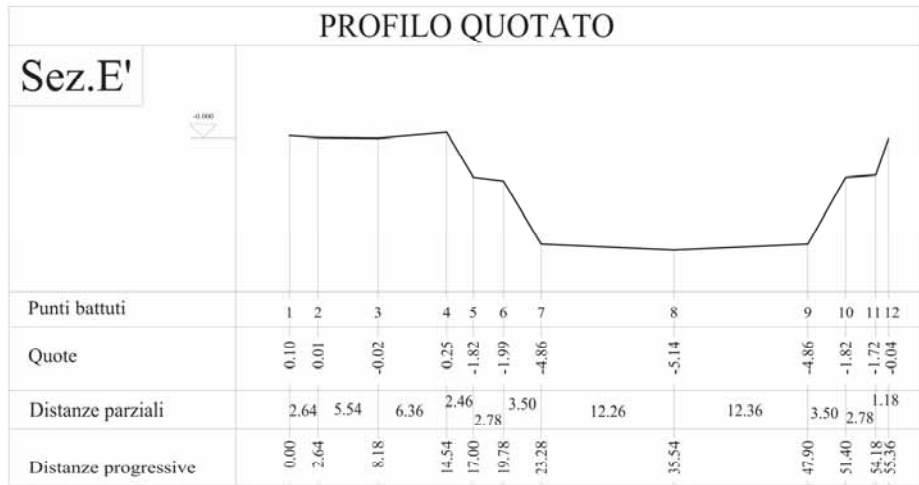


Figura 134 - Sezione E'

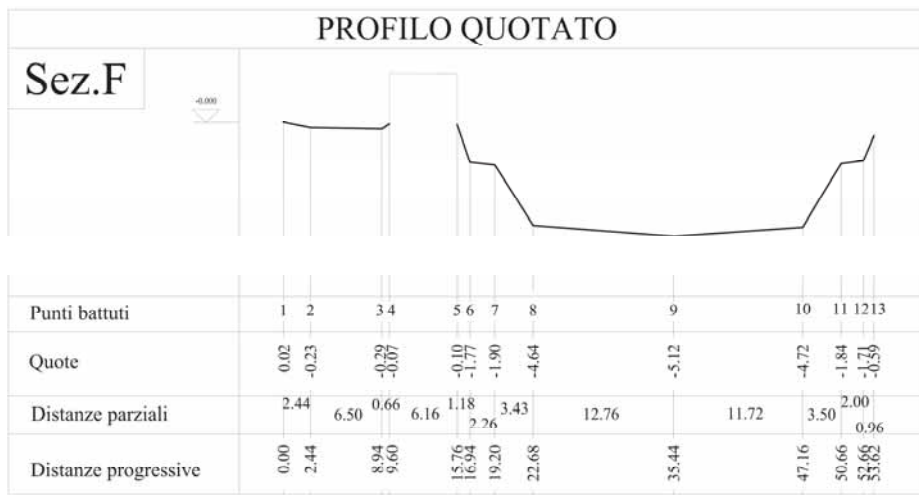


Figura 135 - Sezione F

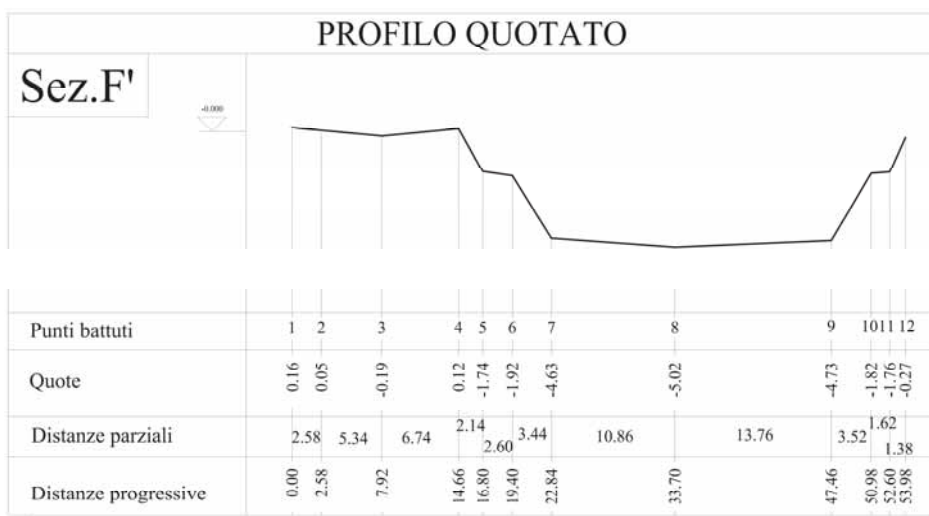


Figura 136 - Sezione F'

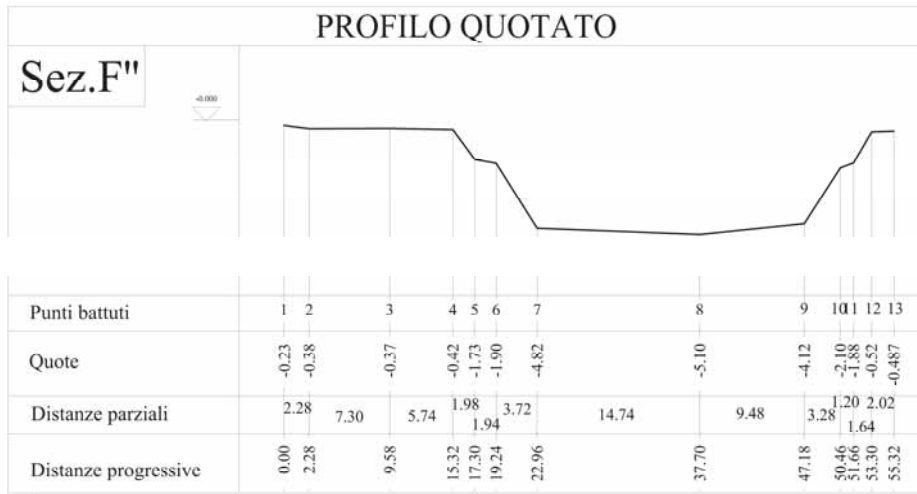


Figura 137 - Sezione F''

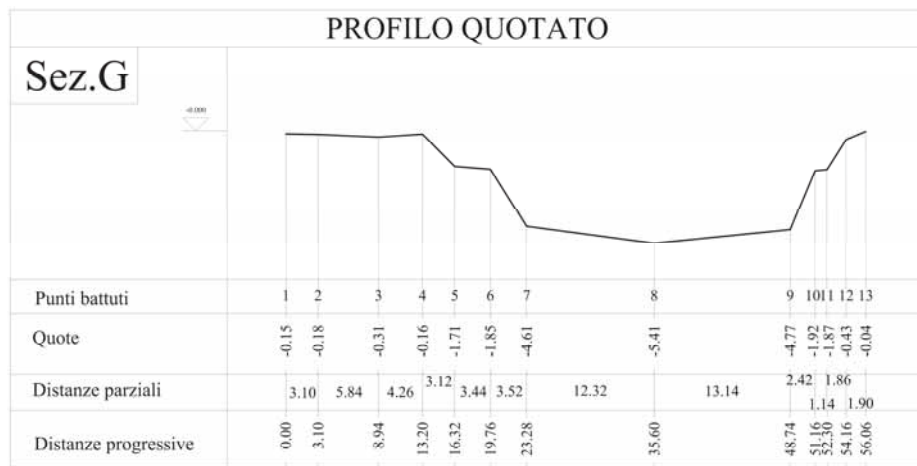


Figura 138 - Sezione G

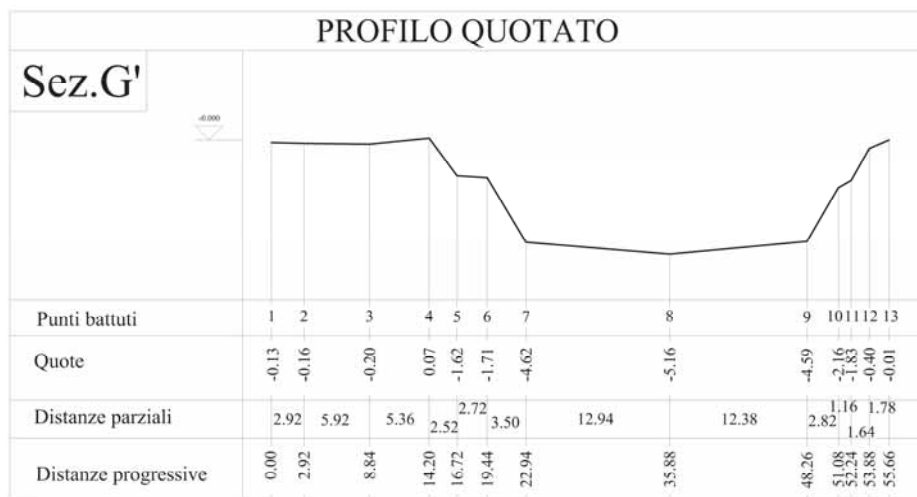


Figura 139 - Sezione G'

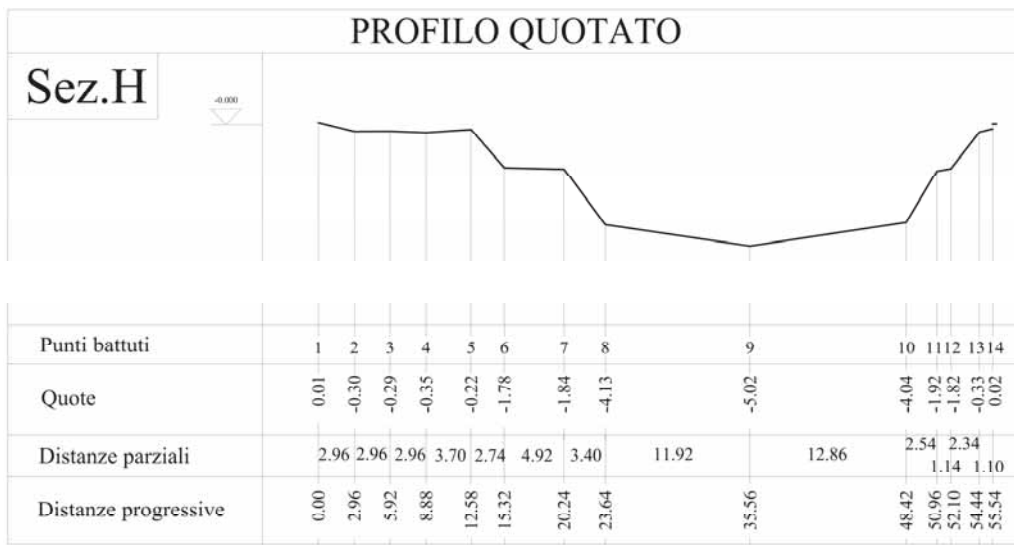


Figura 140 - Sezione H



Figura 141 - Sezione H'

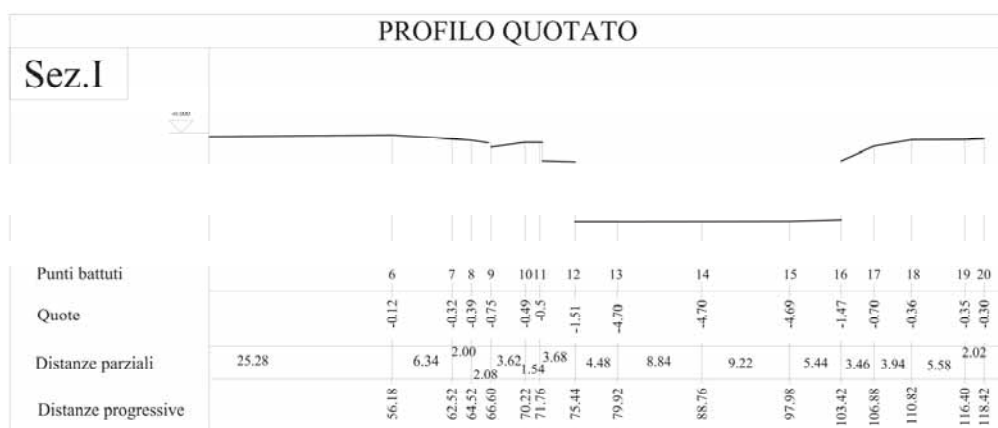


Figura 142 - Sezione I

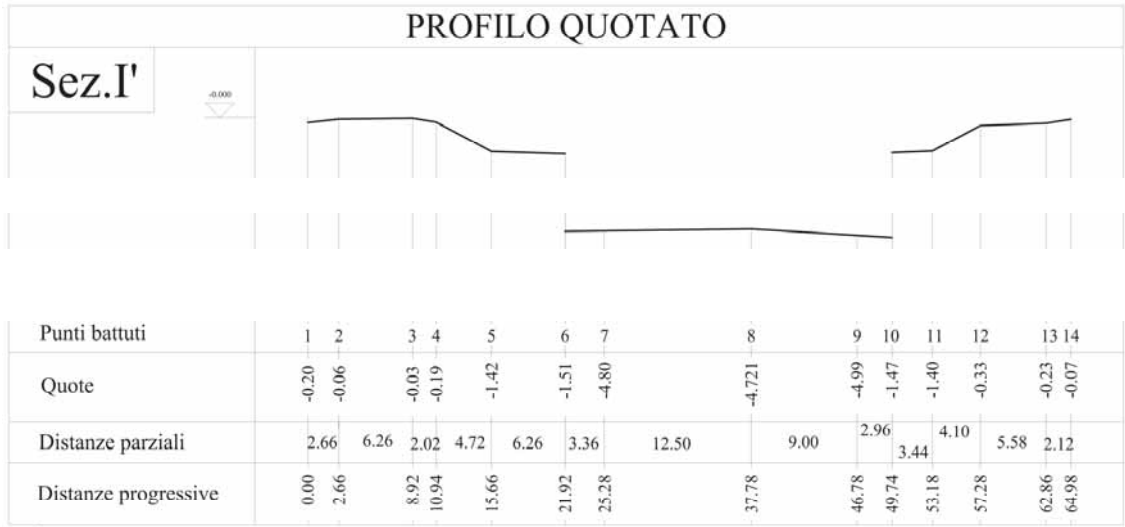


Figura 143 - Sezione I'

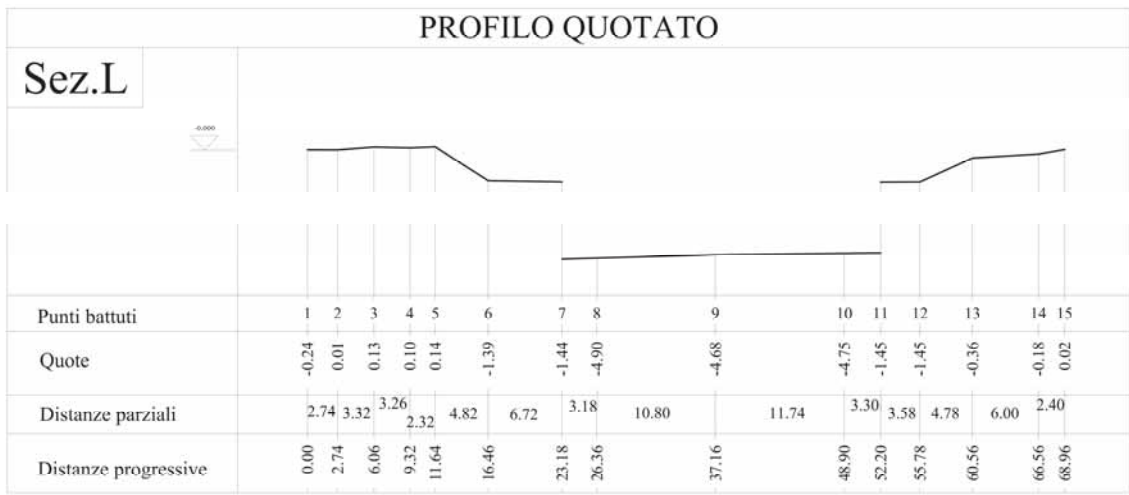


Figura 144 - Sezione L

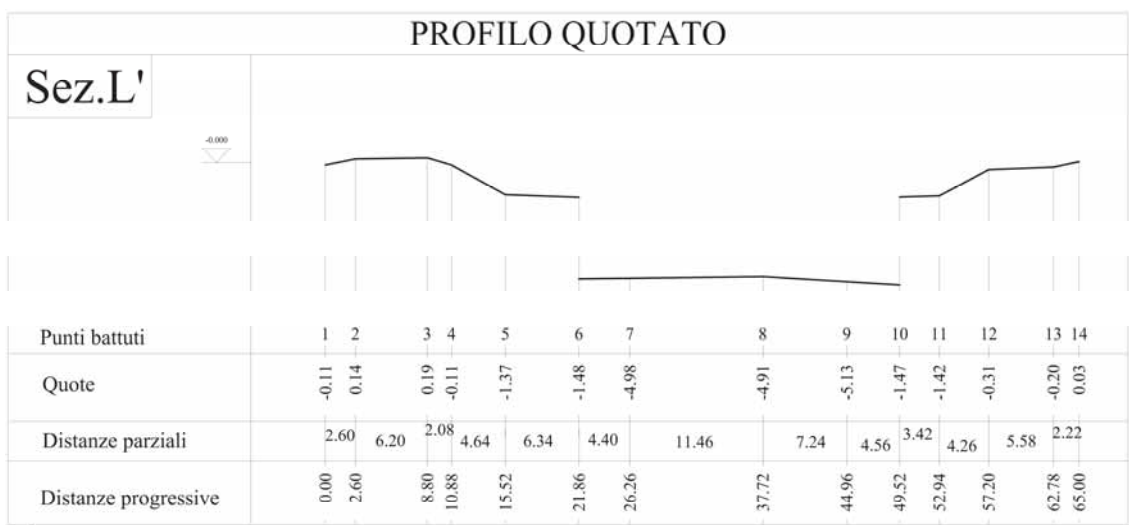


Figura 145 - Sezione L'

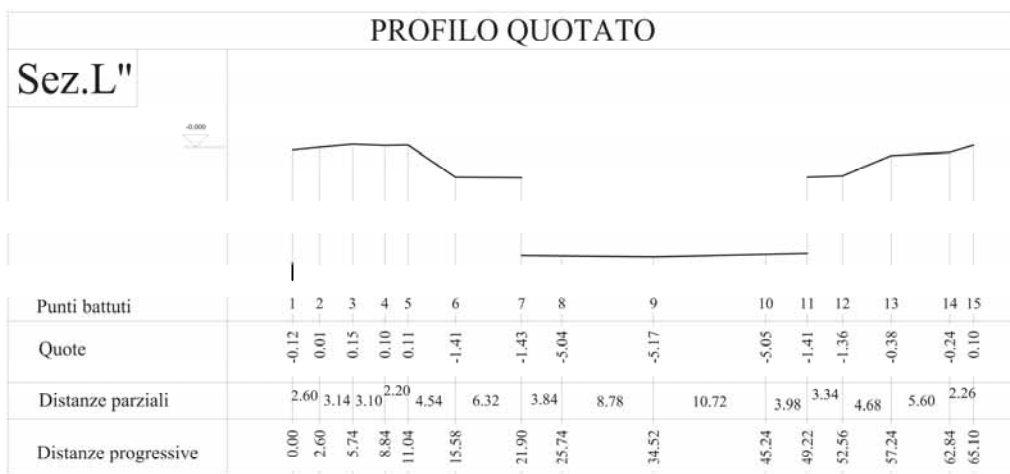


Figura 146 - Sezione L''

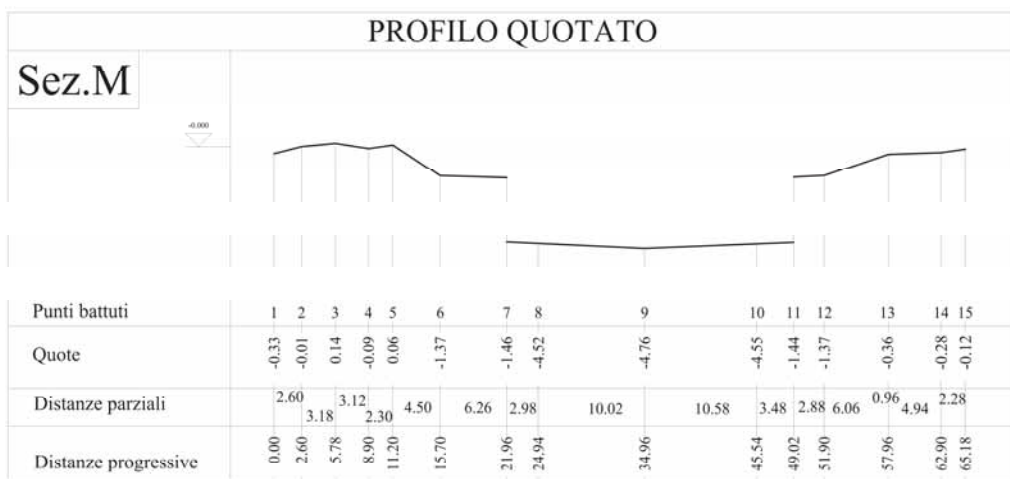


Figura 147 - Sezione M

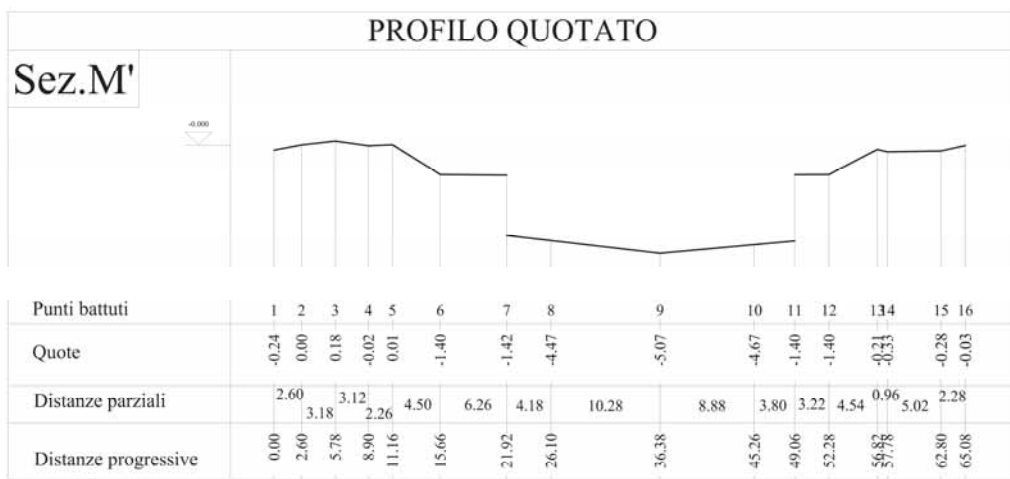


Figura 148 - Sezione M'

## *6.2 Criteri di progettazione e di modellazione*

La definizione del modello numerico deriva da considerazioni di carattere ingegneristico sui comportamenti attesi dall'opera soprattutto nei confronti delle azioni indotte dall'evento sismico. Nella progettazione dell'opera si sono osservati i criteri di progetto specifici per ogni contingenza, in osservanza del D.M. 14.01.2008. Per le azioni sul rilevato, in riferimento al capitolo 3 del D.M. sopra citato, si sono definiti i carichi nominali e caratteristici, dati da pesi propri, permanenti e variabili, mentre in riferimento al capitolo 2 dello stesso, si sono definite le loro combinazioni. Per le azioni sul rilevato indotte da carico stradale si è fatto esplicito riferimento al cap. 5 del D.M. 14.01.2008 per carichi mobili. In aderenza al capitolo 6 del D.M. 14/01/08, la progettazione geotecnica e le analisi di stabilità si sono eseguite adottando entrambi gli approcci prescritti, così come riscontrabile dai tabulati di calcolo. In particolare, per la definizione delle combinazioni, dei metodi di verifica e degli aspetti costruttivi delle opere di consolidamento mediante l'impiego di geosintetici, si è fatto riferimento al punto 6.8 del D.M. 14.01.2008 ed al punto C6.8.1.1 della circolare esplicativa 617/2009.

## *6.3 Prescrizioni sui materiali*

Sulla base della vigente normativa e nel rispetto delle specifiche prestazionali delle opere da eseguire, si è previsto l'impiego di materiali che soddisfino i requisiti imposti dalle prescrizioni riportate dal D.M. del 14.01.2008, non solo rispetto ai valori caratteristici di resistenza, ma anche rispetto alle specifiche prestazionali delle stesse.

### Geogriglie

- Geogriglie tipo TENAX TT SAMP 60

Sono reti prefabbricate con maglia ad aperture ovali, di colore nero, in polietilene ad alta densità (HDPE), ottenute per estrusione e successiva stiratura monodirezionale in continuo, che determina l'orientamento delle catene molecolari di HDPE incrementando le prestazioni meccaniche del prodotto. Le geogriglie "TT SAMP" sono disponibili nelle seguenti varianti, che differiscono tra loro per i valori di massa areica e resistenza a trazione: "045", "060", "090", "120", "160". Il polietilene ad alta densità può provenire da fornitori diversi; la miscela deve presentare le seguenti caratteristiche:

- Contenuto di HDPE: 98,5 % +0/-0,5 (Tipo III, Classe A, Categoria 5 - ASTM D1248);
- Additivo colorante e stabilizzante: 1,5 % +0,5/-0;
- Contenuto minimo di nero fumo (Carbon Black) nella miscela pari a 0,5 % (ASTM D4218).

La miscela ottenuta presenta:

- Indice di fluidità: 0,20 g/10min (ISO 1133);
- Densità: da 0,950 a 0,960 g/cm<sup>3</sup> (ISO 1183);

Le geogriglie sono fornite in bobine e riportano un'etichetta ed un nastro colorato che ne identifica il tipo. Inoltre su ogni testa di bobina viene applicato uno strato di vernice a spruzzo del medesimo colore, che ne rende identificabile il tipo anche in cantiere, dopo srotolamento. Le caratteristiche generali sono riportate nella seguente tabella:

Caratteristica	TT SAMP									
	045		060		090		120		160	
Larghezza (m)	1 (± 3%)	2 (± 3%)	1 (± 3%)	2 (± 3%)	1 (± 3%)	2 (± 3%)	1 (± 3%)	2 (± 3%)	1 (± 3%)	
Lunghezza (m)	≥ 100	≥ 50	≥ 75	≥ 40	≥ 50	≥ 30	≥ 30	≥ 30	≥ 30	
Peso (kg)	≥ 30	≥ 30	≥ 30	≥ 32	≥ 30	≥ 36	≥ 24	≥ 48	≥ 30	
Massa areica (g/m <sup>2</sup> )	≥ 300		≥ 400		≥ 600		≥ 800		≥ 1.000	
Apertura longitudinale (A <sub>L</sub> ) (mm)	220 (± 10 %)									
Apertura trasversale (A <sub>T</sub> ) (mm)	13+20									
Passo longitudinale (P <sub>L</sub> ) (mm)	240 (± 10 %)									
Colore nastro	Arancio		Blu		Giallo		Rosso		Verde	
Colore vernice										

Figura 149 - Indicazione delle caratteristiche principali delle geogriglie di rinforzo

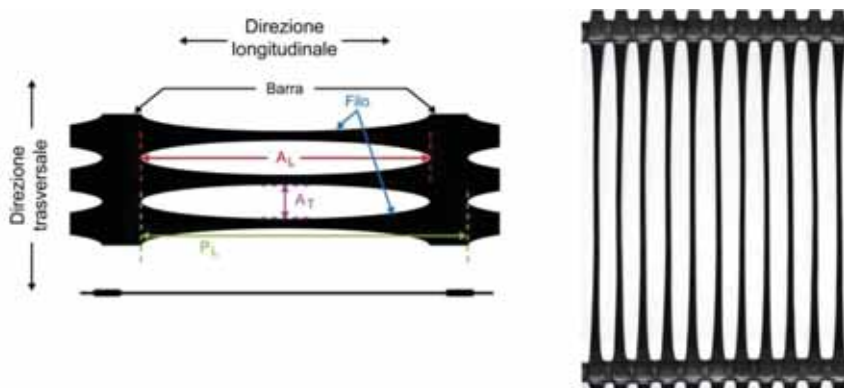


Figura 150 - Caratteristiche dimensionali delle geogriglie



Di seguito si riportano i valori dei coefficienti di sicurezza relativi alla specifica geogriglia nei confronti del danneggiamento da installazione, della diminuzione di resistenza per contatto con ambiente chimicamente aggressivo, della consistenza e della qualità, dell'extrapolazione dei dati.

Fattori parziali di sicurezza delle geogriglie		Materiale di riempimento	$f_m$
$f_{m1}$	$f_{m11}$ : consistenza e qualità	---	1,00
	$f_{m12}$ : extrapolazione dati		
$f_{m2}$	$f_{m21}$ : danneggiamento durante la costruzione	Sabbia, Argilla, Limi $\phi < 6$ mm	1,03
		Ghiaia Spaccata Media $\phi < 40$ mm	
		Ghiaia Spaccata Grossa $\phi < 75$ mm	1,07
		Ghiaia con pietrame, ciottoli $\phi < 125$ mm	1,05
$f_{m22}$ : danneggiamento dovuto al contatto con ambienti chimicamente aggressivi		pH < 2,0	1,05

Figura 151 - Coefficienti parziali di sicurezza propri della geogriglia

Tipo di terreno	Coefficiente di resistenza di taglio diretto $f_d$	Coefficiente di resistenza allo sfilamento $f_{ps}$
Sabbia, Argilla, Limi $\phi < 6$ mm	0,85 - 1,00	1,10 - 1,80
Ghiaia Spaccata Media $\phi < 40$ mm	1,00	1,60 - 1,90

Figura 152 - Coefficienti parziali di sicurezza relativi all'interazione terreno-rinforzo

Caratteristica		Rapporto n.	Metodo di prova	Resistenza a trazione longitudinale residua (%)	Allungamento longitudinale residuo (%)
Determinazione della resistenza agli agenti atmosferici		1.1/29169/226-2002e	EN 12224	99,1	107,90
Determinazione della resistenza microbiologica		1.1/29169/226-2002e	EN 12225	103,6	102,10
Determinazione della resistenza ai liquidi acidi e alcalini	Ca(OH) <sub>2</sub> saturo	1.1/29169/226.2-2002e	EN 14030	97,9	119,40
	0,025 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>			103,2	119,30
Determinazione della resistenza all'ossidazione		1.1/29169/226.2-2002e	ENV ISO 13438	100,50	173,50

Figura 153 - Caratteristiche di durabilità

Geogriglia	Resistenza di progetto $T_B$			
	Resistenza di Progetto Deformativa $T_{1\%}$ (kN/m)		Resistenza di Progetto a Rottura $T_{CR}$ (kN/m)	
	Fino a 60 Anni	Fino a 120 anni	Fino a 60 anni	Fino a 120 anni
045	19,8	18,5	21,6	21,2
060	26,4	24,6	28,7	28,3
090	39,6	36,9	43,1	42,4
120	52,8	49,2	57,5	56,5
160	70,4	65,6	76,6	75,4

Figura 154 - Valori della resistenza di progetto per una vita utile di 60 anni e 120 anni

### Terreno di riempimento

Il terreno di riempimento che costituisce il blocco rinforzato dell'opera, potrà provenire sia da scavi precedentemente eseguiti sia da cave di prestito e facendo riferimento alle classificazioni riportate alle Norme UNI 10006 dovrà appartenere ai gruppi *A1-a*, *A1-b*, *A3*, *A2-4*, *A2-5* con pezzature 40/70. Il materiale con dimensioni superiori è ammesso con percentuale inferiore al 15% del totale. In ogni caso saranno esclusi elementi di diametro maggiore o uguale a 120.0 mm, e i materiali che, da prove opportune, presentino angoli d'attrito minori di quelli previsti in progetto. Il peso di volume del terreno di riempimento, compattato, dovrà essere superiore a 18 kNm<sup>-3</sup> ed avere un angolo di attrito interno maggiore o uguale a 35°. Tale materiale sarà compattato fino a raggiungere il 95% della densità secca AASHTO (ASTM D1557).

Per le fasi di compattazione è previsto l'impiego di mezzi leggeri quali piastre vibranti e costipatori vibranti azionati a mano. La compattazione dovrà essere condotta con metodologia atta ad ottenere un addensamento uniforme. A tale scopo, i mezzi dovranno operare con sistematicità lungo direzioni parallele, garantendo una sovrapposizione fra ciascuna passata e quella adiacente pari al 10% del mezzo costipante. La compattazione a tergo delle opere eseguite dovrà essere tale da escludere una riduzione dell'addensamento e nello stesso tempo il danneggiamento delle opere stesse. In particolare, si dovrà fare in modo che i compattatori operino ad una distanza non inferiore a 0,50 m dall'estremità. Durante la costruzione si dovrà provvedere ad una manutenzione per rimediare eventuali danni causati dalle attività di cantiere oltre a quelli dovuti ad eventi meteorologici.

Di seguito si riporta l'estratto della norma di riferimento

Classificazione generale	Terre ghiaia - sabbiosa							Terre limo - argillose					Torbe e terre organiche palustri
	Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 ≤ 35%							Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 >35%					
Gruppo	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7		A8
Sottogruppo	A1 a	A1 b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7						
Analisi granulometrica - Frazione passante al setaccio													
2 UNI 2332 %	≤ 80												
0,4 UNI 2332 %	≤ 30	≤ 80	≥ 80										
0,075 UNI 2332 %	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35
Caratteristiche della frazione passante al setaccio 0,4 UNI 2332													

Figura 155 - Estratto della norma CNR UNI 10006 – Parte Prima

Limite liquido	0		≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	≤ 40	≤ 40	
Indice di plasticità	≤ 6	N.P.	≤ 10	> 10	≤ 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10 (IP<LL30)	> 10 (IP<LL35)	
Indice di gruppo	0	0	0		≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 18	≤ 20		
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	ghiaia e breccia, sabbione, sabbia grossa, sabbia, scorie vulcaniche, pozzolane		Sabbia fine	ghiaia e sabbia limosa e argilosa			Limi poco compressibili	Limi fort. compressibili	Argille poco compressibili	Argille fort. compressibili med. plastiche	Argille fort. compressibili fort. plastiche	Torbe di recente o remota formazione e, detriti organici di origine palustre
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	da eccellenti a buone					Da mediocre a scadente					Da scartare come sottofondo	
Azione del gelo sulla qualità portanti del terreno di sottofondo	Nessuna o lieve		Media			media	elevata	Media	elevata	Media		
Ritiro o rigonfiamento	Nullo		Nullo o lieve			Lieve o media		elevato	elevato	(molto elevato)		
Permeabilità	Elevata		Media o scarsa					Scarsa o nulla				
Identificazione dei terreni in sito	Facilmente individuabili a vista	Aspri al tatto (coerenti allo stato asciutto)	La maggior parte dei granuli sono individuabili ad occhio nudo - Aspri al tatto - Una tenacità media e elevata allo strato asciutto indica la presenza di argilla				Reagiscono alla prova di scuotimento - Poverissimi o poco tenaci allo stato asciutto - Non facilmente modellabili allo stato umido		Non reagiscono alla prova di scuotimento - Tenaci allo stato asciutto - Facilmente modellabili in bastoncini sottili allo stato umido			Fibrosi di colore bruno a nero - facilmente individuabili a vista

Figura 156 - Estratto della norma CNR UNI 10006 – Parte Seconda

#### 6.4 Azioni di calcolo

Le azioni di calcolo elementari e la loro combinazione considerate nelle analisi per la valutazione della sicurezza e per il progetto sono derivanti dalle analisi effettuate per pesi propri e permanenti, mentre si è fatto esplicito al capitolo C5.1.3.3.7 della circolare esplicativa 617/2009 per le azioni indotte da carico veicolare.

Ai fini del calcolo delle spalle, dei muri d'ala e delle altre parti del ponte a contatto con il terreno, sul rilevato o sul terrapieno si può considerare applicato lo schema di carico 1, in cui per semplicità, i carichi tandem possono essere sostituiti da carichi uniformemente distribuiti equivalenti, applicati su una superficie rettangolare larga 3,0 m e lunga 2,20 m.

Figura 157 - Estratto del capitolo C5.1.3.3.7 della circolare 617/2009

In particolare per il caso in esame si è considerato un carico distribuito agente sulla sponda pari a:

$$Q = 20 \text{ .00 kNm}^{-2}$$

### 6.5 Valutazione dell'azione sismica

La progettazione strutturale dell'intervento di consolidamento delle sponde del canale nei confronti delle azioni sismiche sarà condotta con espresso riferimento al D.M. 14.01.2008.

Il Comune di Cesenatico (FC) è classificato sismico di II categoria.

Le norme tecniche per le costruzioni adottano un approccio prestazionale alla progettazione ed il livello di sicurezza è legato al “*periodo di riferimento*”, che a sua volta è funzione della vita nominale e della classe d'uso.

La vita nominale  $V_n$  è il periodo di tempo in cui la struttura deve preservare tutte le caratteristiche necessarie all'utilizzo a cui è stata destinata, mentre la classe d'uso è legata ad una eventuale interruzione di operatività o collasso in presenza di azione sismica. Si riportano quindi i valori dei parametri necessari alle verifiche sismiche dell'opera in progetto unitamente al paragrafo della relazione geologica fornita dal Comune di Cesenatico nel quale viene identificata la categoria di sottosuolo così come prescritto al capitolo 3 del D.M. 14.01.2008

“Le indagini eseguite hanno evidenziato che, sulla verticale del sito, il sottosuolo è costituito da depositi sabbiosi saturi fino a 7,40 m dal p.c. e da sottostanti terreni limo-argillosi, talora con subordinati strati limo sabbiosi, fino alle profondità investigate. In base allo stendimento RE.MI. il sottosuolo è caratterizzato da una velocità di propagazione delle onde trasversali  $V_{s(30)}$  pari a 206 msec<sup>-1</sup>, analogamente lo stendimento MASW ha evidenziato velocità di propagazione  $V_{s30}$  pari a 211 msec<sup>-1</sup>”

In relazione a quanto sopra citato, il sottosuolo investigato appartiene alla categoria “C”.

Sito in esame (Coordinate geografiche espresse in ED50)

Latitudine: 44.201798°

Longitudine: 12.403249°

Classe d'uso: II. (Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non

ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti)

Vita nominale: 50 Anni

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	18299	44,179620	12,374900	3345,2
Sito 2	18300	44,180260	12,444630	4076,9
Sito 3	18078	44,230260	12,443730	4519,3
Sito 4	18077	44,229620	12,373980	3874,5

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente  $c_d$ : 1.00

	Probabilità di superamento	$T_r$	ag	$F_o$	$T_c^*$
Operatività (SLO)	81	30	0.050	2.442	0.269
Danno (SLD)	63	50	0.064	2.467	0.280
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0.179	2.525	0.291
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0.235	2.527	0.303

Individuati su reticolo di riferimento i parametri di pericolosità sismica si valutano i parametri spettrali e precisamente:

$S$  = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione:

$$S = S_s \cdot S_t$$

$F_o$  = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale;

$F_v$  = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima verticale, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno  $a_g$  su sito di riferimento rigido orizzontale;

$T_b$  = periodo corrispondente all'inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro;

$T_c$  = periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante;

$T_d$  = periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro.

### Coefficienti sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,500	1,620	1,000	0,015	0,007	0,735	0,200
SLD	1,500	1,600	1,000	0,019	0,010	0,948	0,200
SLV	1,430	1,580	1,000	0,062	0,031	2,514	0,240
SLC	1,340	1,560	1,000	0,088	0,044	3,083	0,280

Pertanto, per il caso in esame, i coefficienti di spinta relativi all'azione indotta dal sisma risultano:

$$K_{h(SLO)} = 0.015 \quad K_{h(SLD)} = 0.019 \quad K_{h(SLV)} = 0.062 \quad K_{h(SLC)} = 0.088$$

$$K_{v(SLO)} = 0.007 \quad K_{v(SLD)} = 0.010 \quad K_{v(SLV)} = 0.031 \quad K_{v(SLC)} = 0.044$$

Di seguito si riporta l'immagine satellitare dell'area in esame unitamente alla rappresentazione prospettica ed alla rappresentazione grafica degli spettri di risposta elastici e di progetto.



Figura 158 - Localizzazione satellitare dell'area



Figura 159 - Rappresentazione prospettica dell'area

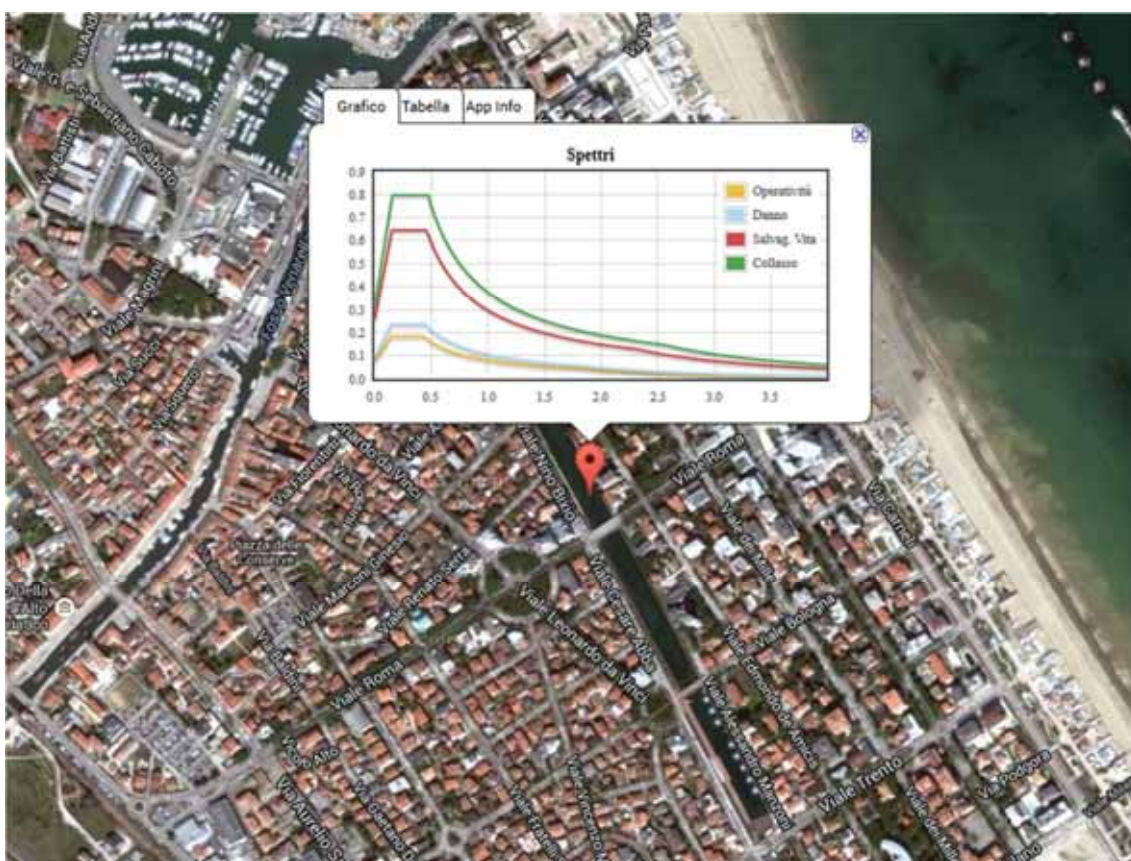


Figura 160 - Andamento degli spettri elastici in accelerazione (Componenti orizzontali)





Figura 161 - Valori rappresentativi degli spettri elastici

In virtù di quanto esposto e verificando l'opera in progetto agli S.L.V. ed agli S.L.D. i coefficienti di spinta dovuti all'azione esercitata dal sisma saranno:

$$K_{h(SLV)} = 0.062 \quad K_{v(SLV)} = 0.031$$

$$K_{v(SLD)} = 0.019 \quad K_{v(SLD)} = 0.016$$



Figura 162 - Vista del bacino dal ponte su Viale Roma (2011)

## 6.6 Metodologia di calcolo della stabilità del pendio

### Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità.

### Metodo equilibrio limite (L.E.M.)

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 ( $\tau$ ) e confrontate con la resistenza disponibile ( $\tau_f$ ), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza:

$$F = \tau_f / \tau$$

Il metodo adottato per le analisi di stabilità è quello introdotto da Bishop nel 1955 e di seguito se ne riportano i postulati fondamentali.

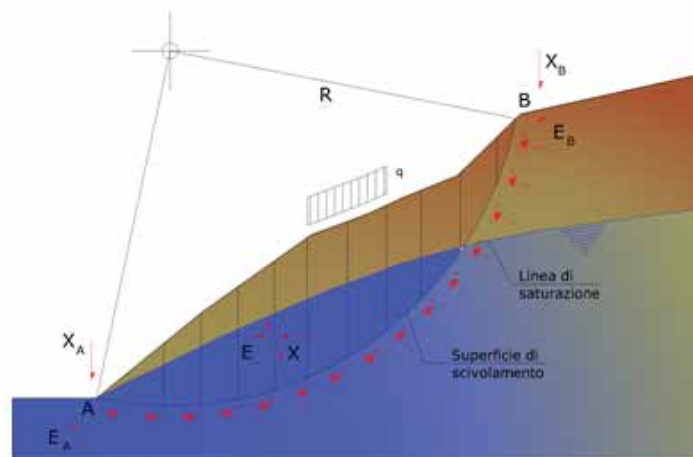


Figura 163 - Suddivisione in concio del pendio e rappresentazione del cerchio critico

### Metodo dei concio

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di concio. Se il numero dei concio 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  $E_j$  agenti sull'interfaccia dei concio;

- (n-1) forze tangenziali  $X_i$  agenti sull'interfaccia dei conci;
- n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle  $E_i$ ;
- (n-1) valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle  $X_i$ ;
- una incognita costituita dal fattore di sicurezza F.

Complessivamente le incognite risultano  $(6n-2)$ , 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.

per un totale di equazioni pari a  $4n$ .

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione risulta essere :

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

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a  $(n-2)$  in quanto si assume che  $N_i$  sia applicato nel punto medio della striscia, il che equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

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:

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

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

I valori di  $F$  e di  $\Delta X$  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 %.

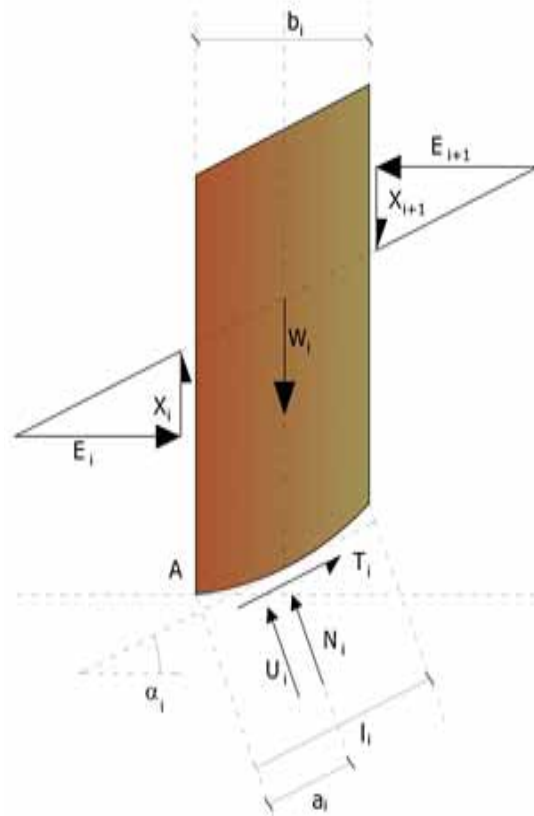


Figura 164 - Rappresentazione delle forze agenti sul singolo concio

### 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.

## 6.7 Analisi numeriche

Di seguito si tratteranno i dimensionamenti delle opere previste in progetto allo scopo di suffragare debitamente le scelte effettuate durante lo svolgimento della presente tesi di laurea quale soluzione adeguata al consolidamento e risagomatura delle sponde del canale denominato “Vena Mazzarini”, sia eseguendo verifiche numeriche per quanto riguarda lo stato di fatto, sia attraverso l’analisi della proposta progettuale descritta in precedenza, ossia l’impiego di terre rinforzate con geosintetici.

Lo studio del problema ha posto in evidenza due aspetti fondamentali dello stesso fenomeno, ossia l’analisi della condizione critica di stabilità superficiale e locale delle sponde unitamente all’analisi della condizione di globale stabilità del sistema rinforzato. La prima parte della trattazione analitica verte sullo studio di stabilità interna allo scopo di dimensionare l’intervento delle sponde emerse e sommerse in terra rinforzata così come meglio riportato al capitolo 6.7.2. La seconda parte riguarda invece l’analisi di stabilità di tutto il sistema rinforzato, al fine di dimostrare che l’intervento proposto quale soluzione di consolidamento soddisfa ai requisiti imposti dalla normativa soprattutto nei confronti dell’azione indotta dal sisma. I parametri caratteristici del terreno si rifanno al modello geotecnico di riferimento costruito sulla base delle analisi delle indagini geotecniche effettuate *in situ* e delle analisi di laboratorio precedentemente riportate.

In definitiva sono state eseguite analisi nelle seguenti configurazioni per la sezione la cui configurazione geometrica è ritenuta maggiormente critica:

- Analisi dello stato di fatto in condizioni statiche e con carico stradale;
- Analisi dello stato di fatto in condizioni sismiche;
- Analisi dello stato di progetto in condizioni statiche e con carico stradale;
- Analisi dello stato di progetto in condizioni sismiche e configurazione definitiva con falda a quota del medio mare;
- Analisi dello stato di progetto in condizioni sismiche e configurazione definitiva con minimo carico idraulico (Falda a -0.80 m sul livello di medio mare);
- Analisi dello stato di progetto in condizioni sismiche e configurazione definitiva con massimo carico idraulico (Falda a +1.20 m sul livello di medio mare).

Si è ritenuto opportuno, inoltre, provvedere a realizzare le seguenti verifiche sia per quanto riguarda il soddisfacimento delle verifiche agli S.L.E, con particolare riferimento agli Stati Limite di Danno, sia per quanto riguarda la risposta dell'opera nei confronti del fenomeno della liquefazione, così come evidenziato precedentemente. In dettaglio quindi:

- Analisi dello stato di progetto in condizioni sismiche agli Stati Limite di Danno;
- Analisi dello stato di progetto in condizioni sismiche con parametri caratteristici ridotti conseguenti al manifestarsi del fenomeno di liquefazione delle sabbie sature.

I risultati delle analisi numeriche sono rappresentati in termini di coefficiente di sicurezza (FS) rispetto alla superficie di scivolamento maggiormente critica ed in rispetto alle prescrizioni del D.M. 14.01.2008. In allegato si riportano, per ogni analisi effettuata, i tabulati di calcolo ed i relativi coefficienti di sicurezza per ogni superficie di scivolamento calcolata.

### 6.7.1 Stato di fatto

#### Analisi statica

##### Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,0
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Superficie di forma circolare	

##### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	0,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	5,0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	20,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	20,0 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	15,0
Numero di celle lungo y	15,0

##### Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	11,37	0,84
3	13,96	3,23
4	15,11	3,23
5	18,18	5,03
6	28,28	5,03

### Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	3,23
2	13,96	3,23
3	28,28	3,23

### 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	Si

### Stratigrafia

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

Strato	C (kg/cm <sup>2</sup> )	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	0	0	35	1600	1800	Sabbie
2	0.25	0.9	17	1800	1900	Arg. limosa

### Carichi distribuiti

N°	Xi (m)	Yi (m)	Xf (m)	Yf (m)	Carico esterno (kg/cm <sup>2</sup> )
1	18,68	5,03	25,68	5,03	0,2



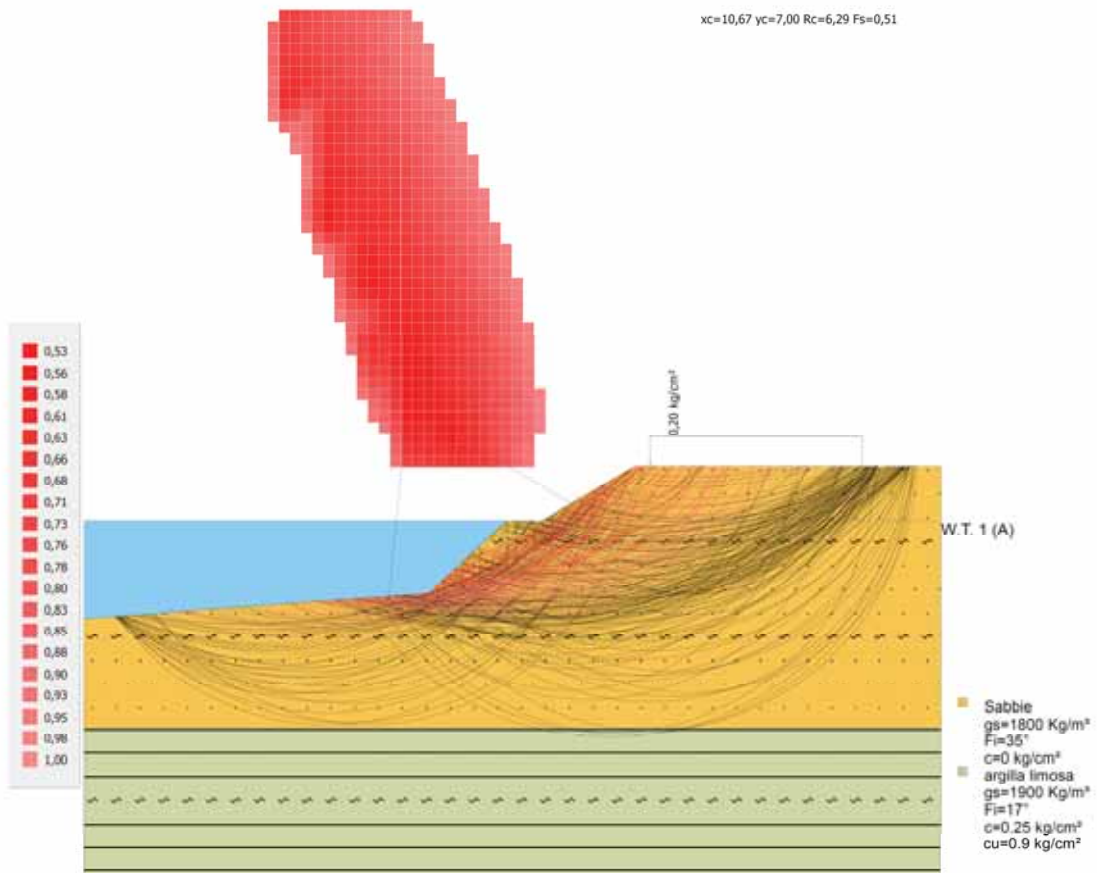


Figura 165 - Rappresentazione grafica delle superfici critiche analizzate (Rosso = Non soddisfa le verifiche)

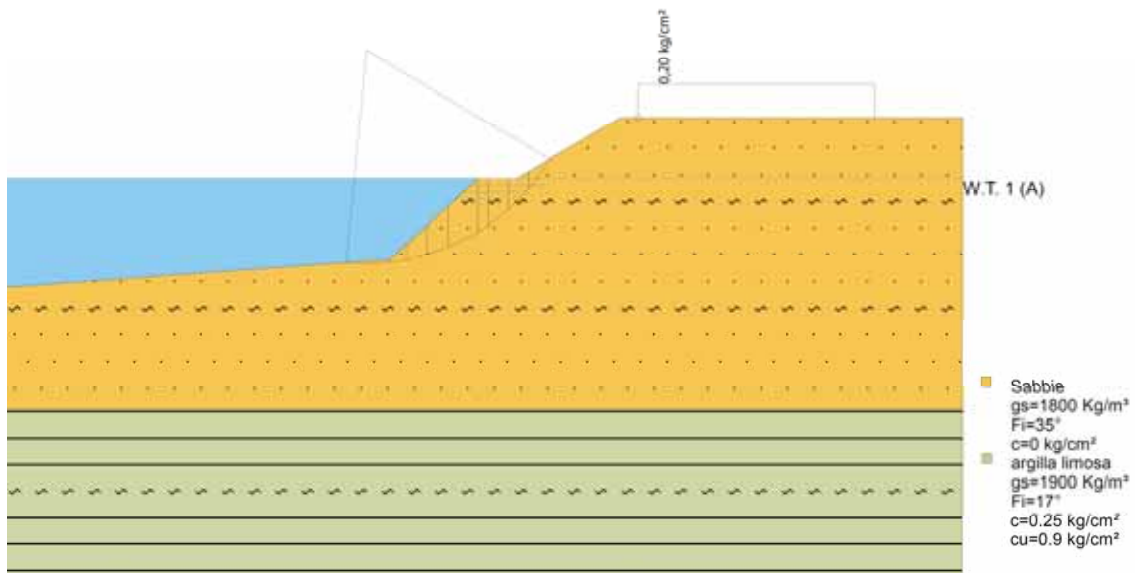


Figura 166 - Rappresentazione grafica della superficie maggiormente critica (FS = 0.51)

Di seguito si riportano le risultanze del calcolo per la superficie maggiormente critica, mentre si rimanda all'allegato 5 per i tabulati rappresentativi dei coefficienti di sicurezza per tutte le altre superfici esaminate.

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	0,51
Ascissa centro superficie	10,67 m
Ordinata centro superficie	7,0 m
Raggio superficie	6,29 m

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

**xc = 10,667 yc = 7,00 Rc = 6,286 Fs=0,509**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	K <sub>h</sub> •Wi (Kg)	K <sub>v</sub> •Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N' <sub>i</sub> (Kg)	T <sub>i</sub> (Kg)
1	0,6	-2,8	0,6	21,17	0,0	0,0	0,0	29,3	1506,1	22,3	22,3
2	0,71	3,2	0,71	51,25	0,0	0,0	0,0	29,3	1780,9	48,6	48,6
3	0,49	8,7	0,5	109,94	0,0	0,0	0,0	29,3	1197,6	96,4	96,4
4	0,6	13,8	0,62	324,72	0,0	0,0	0,0	29,3	1401,6	268,4	268,4
5	0,6	19,5	0,64	505,04	0,0	0,0	0,0	29,3	1293,5	395,5	395,5
6	0,89	27,0	1,0	1015,71	0,0	0,0	0,0	29,3	1637,6	755,1	755,0
7	0,31	33,3	0,37	821,82	0,0	0,0	0,0	29,3	456,2	264,1	264,0
8	0,6	38,5	0,77	1250,0	0,0	0,0	0,0	29,3	693,7	396,0	395,9
9	0,6	45,9	0,86	697,01	0,0	0,0	0,0	29,3	367,3	233,2	233,1
10	0,6	54,6	1,04	272,54	0,0	0,0	0,0	29,3	0,0	195,5	195,4

### Analisi dinamica

#### Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	44,200861/12,402285
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,0
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Superficie di forma circolare	

#### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	0,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	5,0 m
Ascissa vertice destro superiore xs	20,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	20,0 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	15,0
Numero di celle lungo y	15,0

#### Coefficienti sismici [N.T.C.] - Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

#### Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	Ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,49	2,44	0,27
S.L.D.	50,0	0,63	2,47	0,28
S.L.V.	475,0	1,76	2,53	0,29
S.L.C.	975,0	2,3	2,53	0,3

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii

S.L. Stato limite	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]	K <sub>h</sub> [-]	K <sub>v</sub> [-]
S.L.O.	0,735	0,2	0,015	0,0075
S.L.D.	0,945	0,2	0,0193	0,0096
S.L.V.	2,5125	0,24	0,0615	0,0307
S.L.C.	3,0911	0,28	0,0883	0,0441

Coefficiente azione sismica orizzontale 0,062

Coefficiente azione sismica verticale 0,031

### 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 Si

### Stratigrafia

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

Strato	C (kg/cm <sup>2</sup> )	C <sub>u</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	0	0	35	1600	1800	Sabbie
2	0.25	0.9	17	1800	1900	Arg. limosa

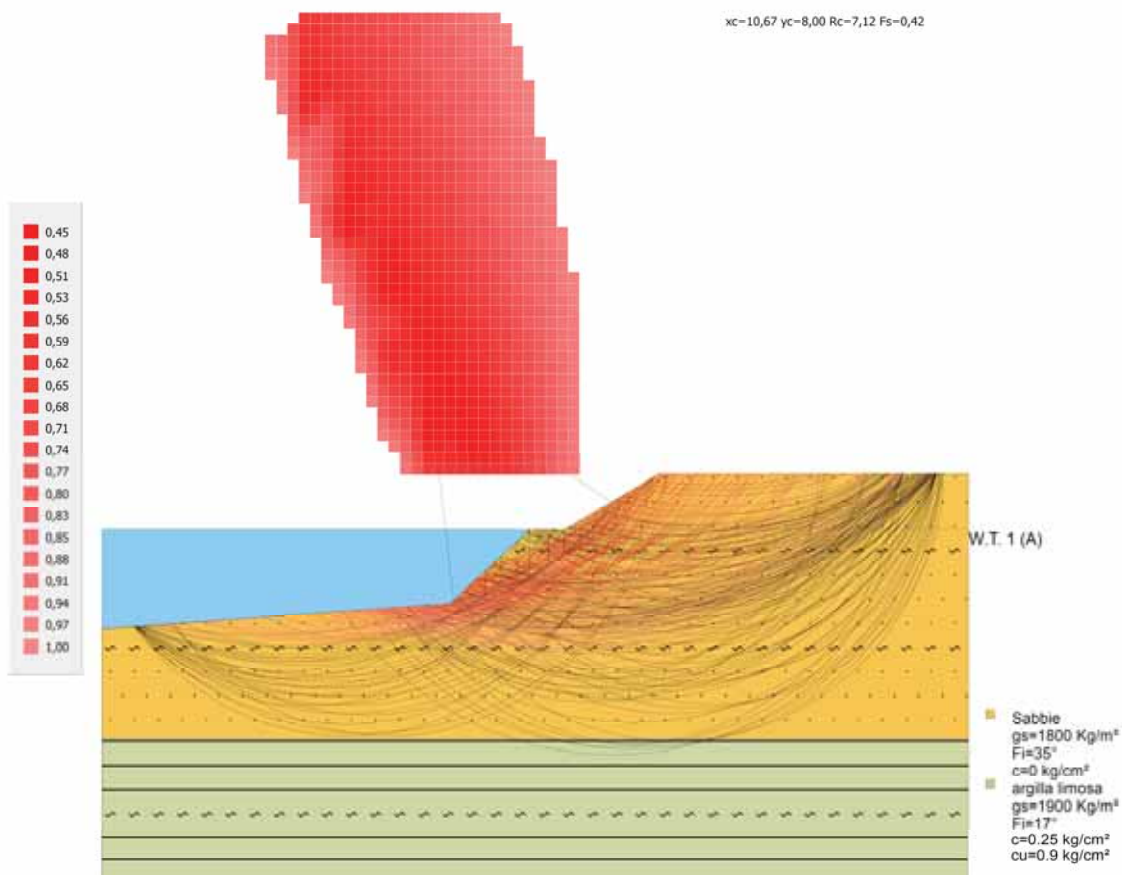


Figura 167 - Rappresentazione grafica delle superfici critiche analizzate (Rosso = Non soddisfa le verifiche)

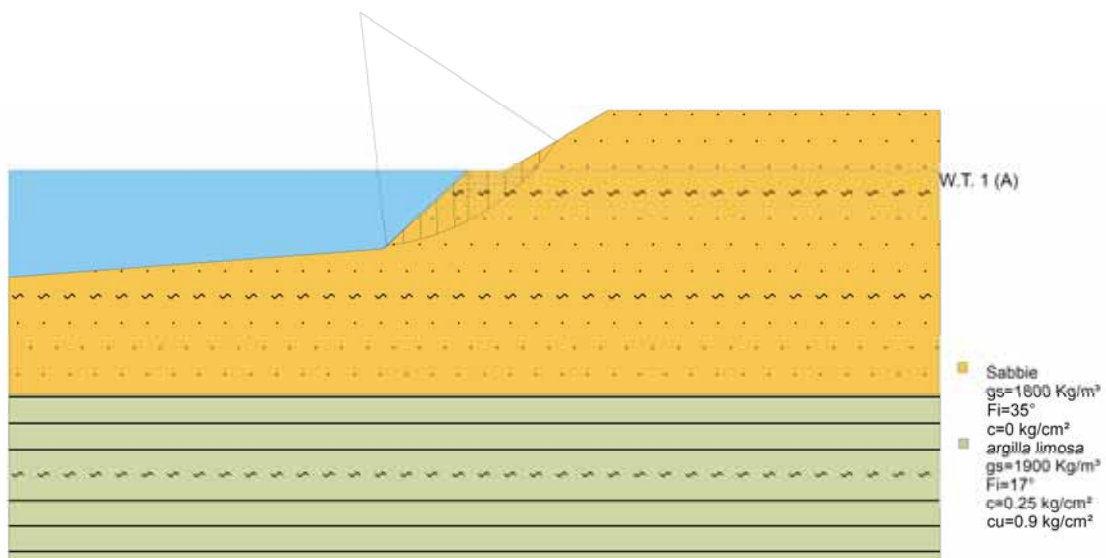


Figura 168 - Rappresentazione grafica della superficie maggiormente critica (FS = 0.42)

Di seguito si riportano le risultanze del calcolo per la superficie maggiormente critica, mentre si rimanda all'allegato 6 per i tabulati rappresentativi dei coefficienti di sicurezza per tutte le altre superfici esaminate.

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	0,42
Ascissa centro superficie	10,67 m
Ordinata centro superficie	8,0 m
Raggio superficie	7,12 m

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

**xc = 10,667 yc = 8,00 Rc = 7,116 Fs=0,418**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	$K_h \cdot W_i$ (Kg)	$K_v \cdot W_i$ (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0,52	8,6	0,52	84,24	5,22	2,61	0,0	29,3	1168,0	71,9	87,7
2	0,52	12,8	0,53	240,65	14,92	7,46	0,0	29,3	1117,7	193,2	235,6
3	0,52	17,1	0,54	380,35	23,58	11,79	0,0	29,3	1046,4	289,3	352,7
4	0,52	21,5	0,55	502,31	31,14	15,57	0,0	29,3	953,0	364,5	444,5
5	0,43	25,7	0,47	492,71	30,55	15,27	0,0	29,3	699,0	344,6	420,2
6	0,61	30,4	0,7	1491,9	92,5	46,25	0,0	29,3	828,1	448,6	547,1
7	0,52	35,8	0,64	930,72	57,7	28,85	0,0	29,3	516,4	271,8	331,4
8	0,52	41,1	0,69	662,7	41,09	20,54	0,0	29,3	305,1	229,9	280,4
9	0,52	46,9	0,76	450,28	27,92	13,96	0,0	29,3	48,1	255,5	311,6
10	0,52	53,5	0,87	181,06	11,23	5,61	0,0	29,3	0,0	115,0	140,2

#### *6.7.1.1 Considerazioni sullo stato di fatto*

Come risulta evidente dalle immagini sopra riportate e dal tabulato le sponde nella configurazione di stato di fatto mostrano evidenti sintomi di inadeguatezza sia a sopportare le sollecitazioni indotte dai carichi agenti in condizioni statiche sia le sollecitazioni indotte dall'azione sismica di progetto, congiuntamente alla riduzione dei parametri caratteristici così come prescritto dal D.M. 14.01.2008.

In ragione dei risultati ottenuti si provvederà al dimensionamento del consolidamento delle sponde attraverso l'impiego di geosintetici di rinforzo e precisamente mediante l'installazione di geogriglie in HDPE tipo Tenax TT Samp 60 e relativa compattazione degli strati che costituiranno il blocco rinforzato, tali da non interferire con il regime idraulico esistente.

### 6.7.2 Stato di progetto – Verifiche locali del blocco rinforzato

Si riportano le verifiche eseguite sul blocco rinforzato di nuova esecuzione nei confronti dell'azione esercitata dai carichi esterni e dal sisma di progetto. Così come prescritto tali verifiche riguarderanno la stabilità interna in termini di resistenza a rottura e sfilamento per i rinforzi ed a traslazione e ribaltamento per il sistema terreno-rinforzo nella sua interezza.

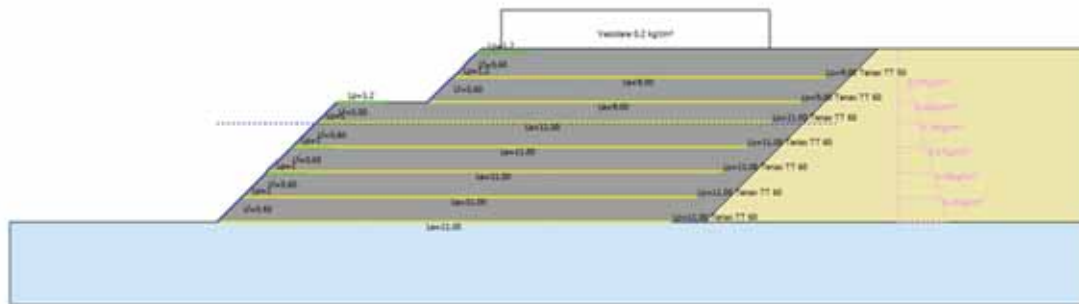


Figura 169 - Rappresentazione grafica del modello del sistema terreno-rinforzo (Slope MRE)

#### Dati in ingresso:

Elenco rinforzi

Tipo	Descrizione	Struttura (mm)	Resistenza
11	Tenax TT 60	Geosintetici	28,3 kN/m

Descrizione carichi

Nr.	Tipo	X (m)	Y (m)	Lx (m)	Ly (m)	Q (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Veicolare	6,89	4,19	6,5	1	0,20

Combinazione 1 (A1+M1)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,30
3	Spinta falda	1,30
4	Spinta sismica in x	0,00
5	Spinta sismica in y	0,00
6	Veicolare	1,50

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali SLU
1	Tangente angolo res. taglio	1,00
2	Coesione	1,00
3	Coesione non drenata	1,00
4	Peso unità volume	1,00



Combinazione 2 (A2+M2)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Spinta falda	1,00
4	Spinta sismica in x	0,00
5	Spinta sismica in y	0,00
6	Veicolare	1,30

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali SLU
1	Tangente angolo res. taglio	1,25
2	Coesione	1,25
3	Coesione non drenata	1,40
4	Peso unità volume	1,00

Combinazione 3 (EQU+M2)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0,90
2	Spinta terreno	1,10
3	Spinta falda	1,10
4	Spinta sismica in x	0,00
5	Spinta sismica in y	0,00
6	Veicolare	1,50

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali SLU
1	Tangente angolo res. taglio	1,25
2	Coesione	1,25
3	Coesione non drenata	1,40
4	Peso unità volume	1,00

Combinazione 4 (Sisma)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Spinta falda	1,00
4	Spinta sismica in x	1,00
5	Spinta sismica in y	1,00
6	Veicolare	1,00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali SLU
1	Tangente angolo res. taglio	1,00
2	Coesione	1,00
3	Coesione non drenata	1,00
4	Peso unità volume	1,00

## Risultati dell'analisi

### Combinazione 1 (A1+M1)

Nr.	X (m)	Y (m)	Tipo	Lunghezza ripiegatura (Lrip) (m)	Lunghezza facciata (Lf) (m)	Lunghezza efficace (Le) (m)	Lunghezza totale (Lt) (m)	Interasse (m)	Fattore sicurezza sfilamento	Fattore sicurezza rottura
1	0,0	0,0	Tenax TT 60	1,2	0,6	11	11	1	74,59	2,02
2	0,6	0,6	Tenax TT 60	1,2	0,6	11	11	1	77,85	2,36
3	1,2	1,2	Tenax TT 60	1,2	0,6	11	11	1	82,75	2,83
4	1,8	1,8	Tenax TT 60	1,2	0,6	11	11	1	90,65	3,55
5	2,4	2,4	Tenax TT 60	1,2	0,5	11	11	1	125,78	5,69
6	5,1	2,9	Tenax TT 60	1,2	0,6	9	9	1	104,87	6,61
7	5,7	3,5	Tenax TT 60	1,2	0,6	9	9	1	168,96	12,53

Piano di rottura passante per  $(x_{r1}, y_{r1}) = (16,0/0,0)$  m

Piano di rottura passante per  $(x_{r2}, y_{r2}) = (16,0/4,2)$  m

Centro di rotazione  $(x_{ro}, y_{ro}) = (0,0/0,0)$  m

### Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato;
Qf	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (Kg/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio;
Delta	Angolo di attrito terra muro (°);
c	Coesione (kg/cm <sup>2</sup> );
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β
4,19	0,0	1600,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta
Ka	Coefficiente di spinta attiva,
Kd	Coefficiente di spinta dinamica,
Dk	Coefficiente di incremento dinamico,

μ	Ka	Kd	Dk
90,0	0,27	0,31	0,03

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Fx	Forza in direzione x (Kg);
Fy	Forza in direzione y (Kg);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (m);

	Fx	Fy	Z(Rpx)	Z(Rpy)
Spinta attiva	3806,02	0,0	16,0	1,4
Spinta attiva Coesione	0,0	0,0	16,0	2,1
Spinta incremento sismico	489,71	0,0	16,0	1,4
Spinta statica sovraccarico	0,0	0,0	16,0	1,4
Spinta incr. sismico sovraccarico	0,0	0,0	16,0	2,1
Peso muro	0,0	74633,45	8,2	2,01

Momento stabilizzante 612301,9 Kgm

Momento ribaltante 6910,47 Kgm

#### Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	4947,83	Kg
Sommatoria forze verticali	76836,83	Kg
Coefficiente di attrito	0,7	
Adesione	0,0	kg/cm <sup>2</sup>
Angolo piano di scorrimento	360,0°	
Forze normali al piano di scorrimento	76836,83	Kg
Forze parall. al piano di scorrimento	4947,84	Kg
<b>Coeff. sicurezza traslazione Csd</b>	<b>10,87</b>	

**Traslazione verificata Csd>1**

#### Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante 612301,9 Kgm

Momento ribaltante 6910,47 Kgm

**Coeff. sicurezza ribaltamento Csv 88,6**

**Muro verificato a ribaltamento Csv>1**

#### Combinazione 2 (A2+M2)

Nr.	X (m)	y (m)	Tipo	Lunghezza ripiegatura (Lrip) (m)	Lunghezza facciata (Lf) (m)	Lunghezza efficace (Le) (m)	Lunghezza totale (Lt) (m)	Interasse (m)	Fattore sicurezza sfilamento	Fattore sicurezza rottura
1	0,0	0,0	Tenax TT 60	1	0,6	11	11	1	74,9	2,08
2	0,6	0,6	Tenax TT 60	1	0,6	11	11	1	77,81	2,42
3	1,2	1,2	Tenax TT 60	1	0,6	11	11	1	82,17	2,91
4	1,8	1,8	Tenax TT 60	1	0,6	11	11	1	89,19	3,64
5	2,4	2,4	Tenax TT 60	1,2	0,5	11	11	1	122,15	5,84
6	5,1	2,9	Tenax TT 60	1,2	0,6	9	9	1	100,27	6,78
7	5,7	3,5	Tenax TT 60	1,2	0,6	9	9	1	157,09	12,84

Piano di rottura passante per  $(x_{r1}, y_{r1}) = (16,0/0,0)$  m  
Piano di rottura passante per  $(x_{r2}, y_{r2}) = (16,0/4,2)$  m  
Centro di rotazione  $(x_{ro}, y_{ro}) = (0,0/0,0)$  m

### Discretizzazione terreno

Q<sub>i</sub> Quota iniziale strato;  
Q<sub>f</sub> Quota finale strato  
Gamma Peso unità di volume (Kg/m<sup>3</sup>);  
Eps Inclinazione dello strato (°);  
Fi Angolo di resistenza a taglio;  
Delta Angolo di attrito terra muro (°);  
c Coesione (kg/cm<sup>2</sup>);  
β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);

Q <sub>i</sub>	Q <sub>f</sub>	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β
4,19	0,0	1600,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta  
K<sub>a</sub> Coefficiente di spinta attiva,  
K<sub>d</sub> Coefficiente di spinta dinamica,  
D<sub>k</sub> Coefficiente di incremento dinamico,

μ	K <sub>a</sub>	K <sub>d</sub>	D <sub>k</sub>
90,0	0,27	0,31	0,03

### Spinte risultanti e punto di applicazione

F<sub>x</sub> Forza in direzione x (Kg);  
F<sub>y</sub> Forza in direzione y (Kg);  
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (m);

	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	Z(Rpx)	Z(Rpy)
Spinta attiva	3806,02	0,0	16,0	1,4
Spinta attiva Coesione	0,0	0,0	16,0	2,1
Spinta incremento sismico	489,71	0,0	16,0	1,4
Spinta statica sovraccarico	0,0	0,0	16,0	1,4
Spinta incr. sismico sovraccarico	0,0	0,0	16,0	2,1
Peso muro	0,0	74633,45	8,2	2,01

Momento stabilizzante 612301,9 Kgm  
Momento ribaltante 5315,75 Kgm

### Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	3806,02	Kg
Sommatoria forze verticali	76543,04	Kg
Coefficiente di attrito	0,7	
Adesione	0,0	kg/cm <sup>2</sup>
Angolo piano di scorrimento	360,0°	
Forze normali al piano di scorrimento	76543,04	Kg
Forze parall. al piano di scorrimento	3806,04	Kg
<b>Coeff. sicurezza traslazione Csd</b>	<b>14,08</b>	

**Traslazione verificata Csd>1**

**Verifica al ribaltamento**

Momento stabilizzante	612301,9 Kgm
Momento ribaltante	5315,75 Kgm
<b>Coeff. sicurezza ribaltamento C<sub>sv</sub></b>	<b>115,19</b>

**Combinazione 3 (EQU+M2)**

Nr.	X (m)	Y (m)	Tipo	Lunghezza ripiegatura (L <sub>rip</sub> ) (m)	Lunghezza fasciata (L <sub>f</sub> ) (m)	Lunghezza efficace (L <sub>e</sub> ) (m)	Lunghezza totale (L <sub>t</sub> ) (m)	Interasse (m)	Fattore sicurezza sfilamento	Fattore sicurezza rottura
1	0,0	0,0	Tenax TT 60	1	0,6	11	11	1	69,59	1,89
2	0,6	0,6	Tenax TT 60	1	0,6	11	11	1	72,63	2,2
3	1,2	1,2	Tenax TT 60	1	0,6	11	11	1	77,21	2,64
4	1,8	1,8	Tenax TT 60	1	0,6	11	11	1	84,57	3,31
5	2,4	2,4	Tenax TT 60	1,2	0,5	11	11	1	117,33	5,31
6	5,1	2,9	Tenax TT 60	1,2	0,6	9	9	1	97,8	6,16
7	5,7	3,5	Tenax TT 60	1,2	0,6	9	9	1	157,41	11,68

Piano di rottura passante per (x<sub>r1</sub>,y<sub>r1</sub>) = (16,0/0,0) m

Piano di rottura passante per (x<sub>r2</sub>,y<sub>r2</sub>) = (16,0/4,2) m

Centro di rotazione (x<sub>ro</sub>,y<sub>ro</sub>) = (0,0/0,0) m

**Discretizzazione terreno**

Q <sub>i</sub>	Quota iniziale strato;
Q <sub>f</sub>	Quota finale strato
Gamma	Peso unità di volume (Kg/m <sup>3</sup> );
Eps	Inclinazione dello strato (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio;
Delta	Angolo di attrito terra muro (°);
c	Coesione (kg/cm <sup>2</sup> );
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);

Q <sub>i</sub>	Q <sub>f</sub>	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β
4,19	0,0	1600,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0

**Coefficienti di spinta ed inclinazioni**

μ	Angolo di direzione della spinta
K <sub>a</sub>	Coefficiente di spinta attiva,
K <sub>d</sub>	Coefficiente di spinta dinamica,
D <sub>k</sub>	Coefficiente di incremento dinamico,

$\mu$	Ka	Kd	Dk
90,0	0,27	0,31	0,03

### Spinte risultanti e punto di applicazioni e

Fx Forza in direzione x (Kg);  
 Fy Forza in direzione y (Kg);  
 Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (m);

	Fx	Fy	Z(Rpx)	Z(Rpy)
Spinta attiva	3806,02	0,0	16,0	1,4
Spinta attiva Coesione	0,0	0,0	16,0	2,1
Spinta incremento sismico	489,71	0,0	16,0	1,4
Spinta statica sovraccarico	0,0	0,0	16,0	1,4
Spinta incr. sismico sovraccarico	0,0	0,0	16,0	2,1
Peso muro	0,0	74633,45	8,2	2,01

Momento stabilizzante 551071,7 Kgm  
 Momento ribaltante 5847,32 Kgm

### Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	4186,63	Kg
Sommatoria forze verticali	69373,48	Kg
Coefficiente di attrito	0,7	
Adesione	0,0	kg/cm <sup>2</sup>
Angolo piano di scorrimento	360,0°	
Forze normali al piano di scorrimento	69373,48	Kg
Forze parall. al piano di scorrimento	4186,64	Kg
<b>Coeff. sicurezza traslazione Csd</b>	<b>11,6</b>	

**Traslazione verificata Csd>1**

### Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	551071,7 Kgm
Momento ribaltante	5847,32 Kgm
<b>Coeff. sicurezza ribaltamento Csv</b>	<b>94,24</b>

### Combinazione 4 (Sisma)

Nr.	X (m)	Y (m)	Tipo	Lunghezza ripiegatura (Lrip) (m)	Lunghezza facciata (Lf) (m)	Lunghezza efficace (Le) (m)	Lunghezza totale (Lt) (m)	Interasse (m)	Fattore sicurezza sfilamento	Fattore sicurezza rottura
1	0,0	0,0	Tenax TT 60	1	0,6	11	11	1	81,37	2,33
2	0,6	0,6	Tenax TT 60	1	0,6	11	11	1	83,88	2,72
3	1,2	1,2	Tenax TT 60	1	0,6	11	11	1	87,65	3,27
4	1,8	1,8	Tenax TT 60	1	0,6	11	11	1	93,72	4,09
5	2,4	2,4	Tenax TT 60	1,2	0,5	11	11	1	125,55	6,56

6	5,1	2,9	Tenax TT 60	1,2	0,6	9	9	1	100,27	7,61
7	5,7	3,5	Tenax TT 60	1,2	0,6	9	9	1	149,28	14,39

Piano di rottura passante per  $(x_{r1}, y_{r1}) = (16,0/0,0)$  m

Piano di rottura passante per  $(x_{r2}, y_{r2}) = (16,0/4,2)$  m

Centro di rotazione  $(x_{ro}, y_{ro}) = (0,0/0,0)$  m

### Discretizzazione terreno

$Q_i$  Quota iniziale strato;  
 $Q_f$  Quota finale strato  
 $\Gamma$  Peso unità di volume ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ );  
 $\epsilon$  Inclinazione dello strato ( $^\circ$ );  
 $\phi_i$  Angolo di resistenza a taglio;  
 $\Delta$  Angolo di attrito terra muro ( $^\circ$ );  
 $c$  Coesione ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ );  
 $\beta$  Angolo perpendicolare al paramento lato monte ( $^\circ$ );

$Q_i$	$Q_f$	$\Gamma$	$\epsilon$	$\phi_i$	$\Delta$	$c$	$\beta$
4,19	0,0	1600,0	0,0	35,0	0,0	0,0	0,0

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

$\mu$  Angolo di direzione della spinta  
 $K_a$  Coefficiente di spinta attiva,  
 $K_d$  Coefficiente di spinta dinamica,  
 $D_k$  Coefficiente di incremento dinamico,

$\mu$	$K_a$	$K_d$	$D_k$
90,0	0,27	0,31	0,03

### Spinte risultanti e punto di applicazione e

$F_x$  Forza in direzione x ( $\text{Kg}$ );  
 $F_y$  Forza in direzione y ( $\text{Kg}$ );  
 $Z(R_{py})$  Ordinata punto di applicazione risultante spinta (m);

	$F_x$	$F_y$	$Z(R_{px})$	$Z(R_{py})$
Spinta attiva	3806,02	0,0	16,0	1,4
Spinta attiva Coesione	0,0	0,0	16,0	2,1
Spinta incremento sismico	489,71	0,0	16,0	1,4
Spinta statica sovraccarico	0,0	0,0	16,0	1,4
Spinta incr. sismico sovraccarico	0,0	0,0	16,0	2,1
Peso muro	4589,96	74633,45	8,2	2,01

Momento stabilizzante 612301,9 Kgm  
 Momento ribaltante 15210,75 Kgm

### Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali 8885,69 Kg  
 Sommatoria forze verticali 76102,37 Kg  
 Coefficiente di attrito 0,7  
 Adesione 0,0  $\text{kg}/\text{cm}^2$

Angolo piano di scorrimento	360,0°	
Forze normali al piano di scorrimento	76102,37	Kg
Forze parall. al piano di scorrimento	8885,7	Kg
<b>Coeff. sicurezza traslazione Csd</b>	<b>6,0</b>	
<b>Traslazione verificata Csd&gt;1</b>		

**Verifica al ribaltamento**

Momento stabilizzante	612301,9	Kgm
Momento ribaltante	15210,75	Kgm
<b>Coeff. sicurezza ribaltamento Csv</b>	<b>40,25</b>	



Figura 170 - Valore delle spinte sui rinforzi (CMB. A1+M1)

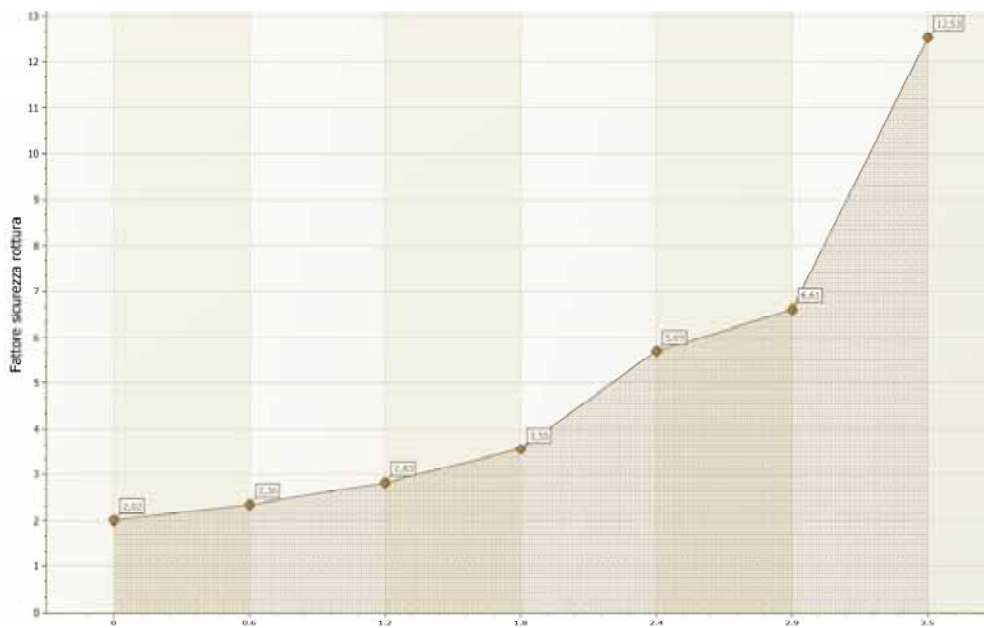


Figura 171 - Coefficienti di sicurezza a rottura (CMB. A1+M1)



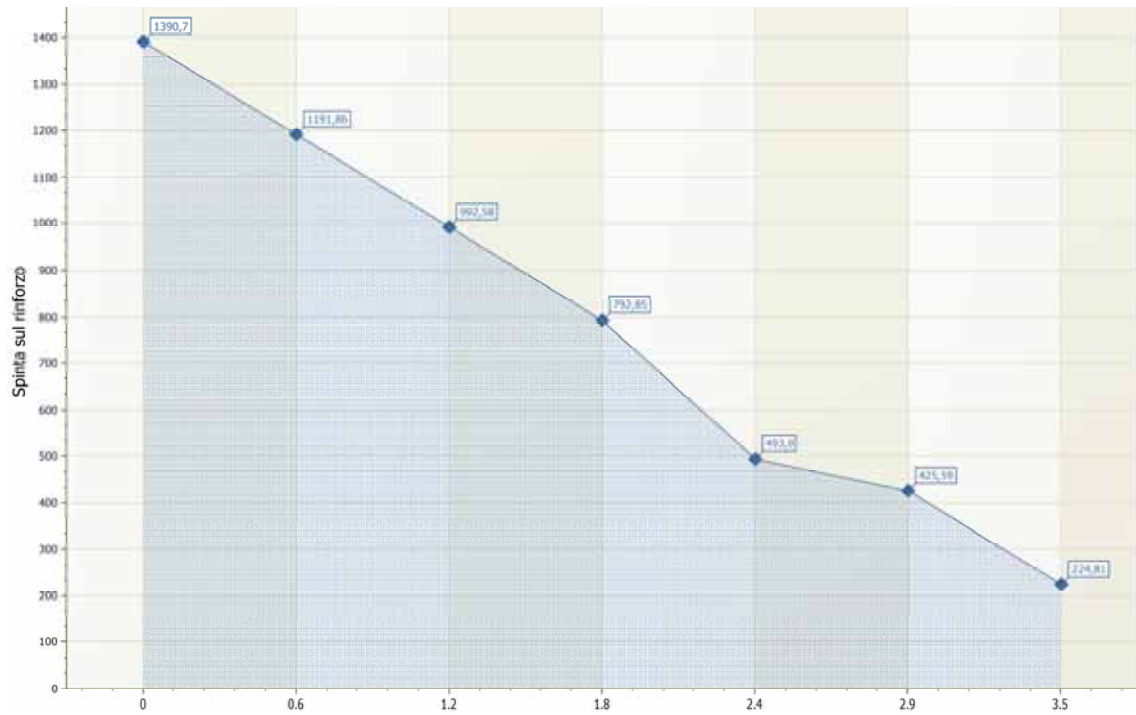


Figura 172 - Valore delle spinte sui rinforzi (CMB. A2+M2)

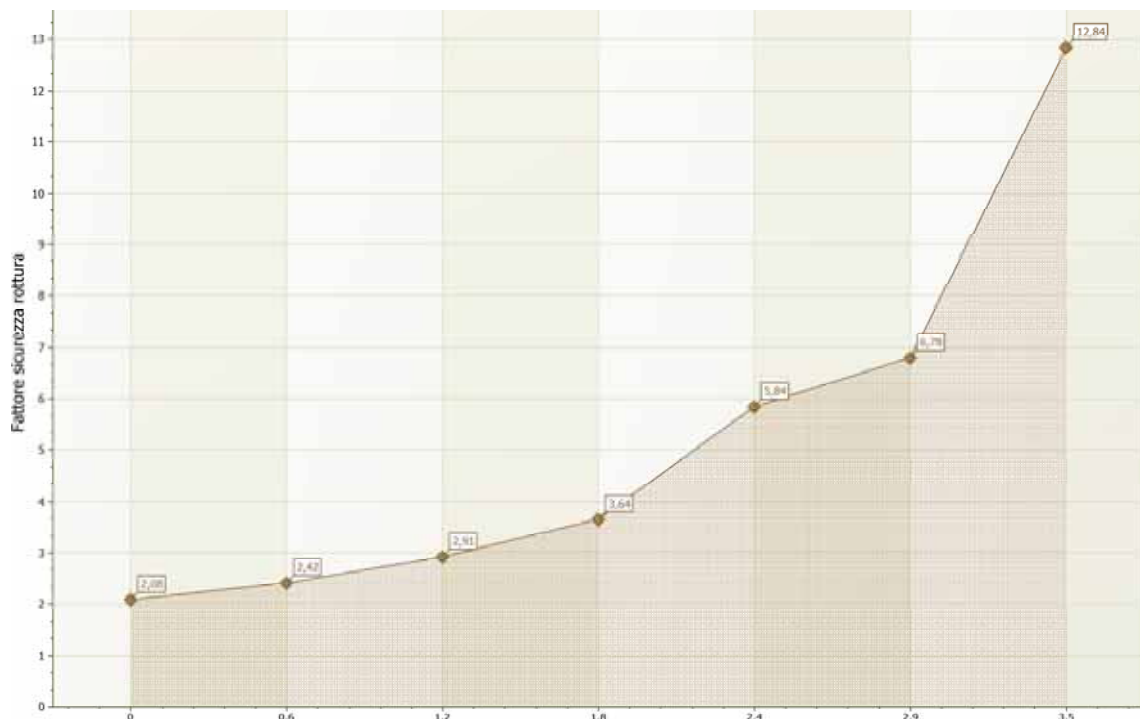


Figura 173 - Coefficienti di sicurezza a rottura (CMB. A2+M2)

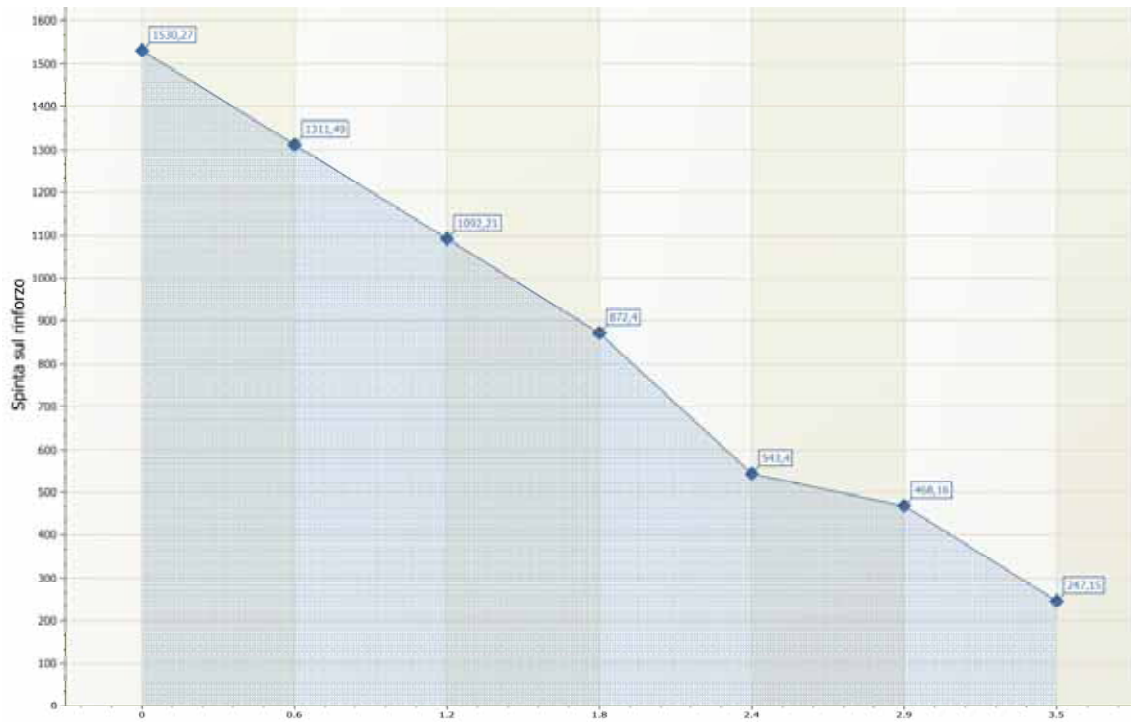


Figura 174 - Valore delle spinte sui rinforzi (CMB. EQU +M2)

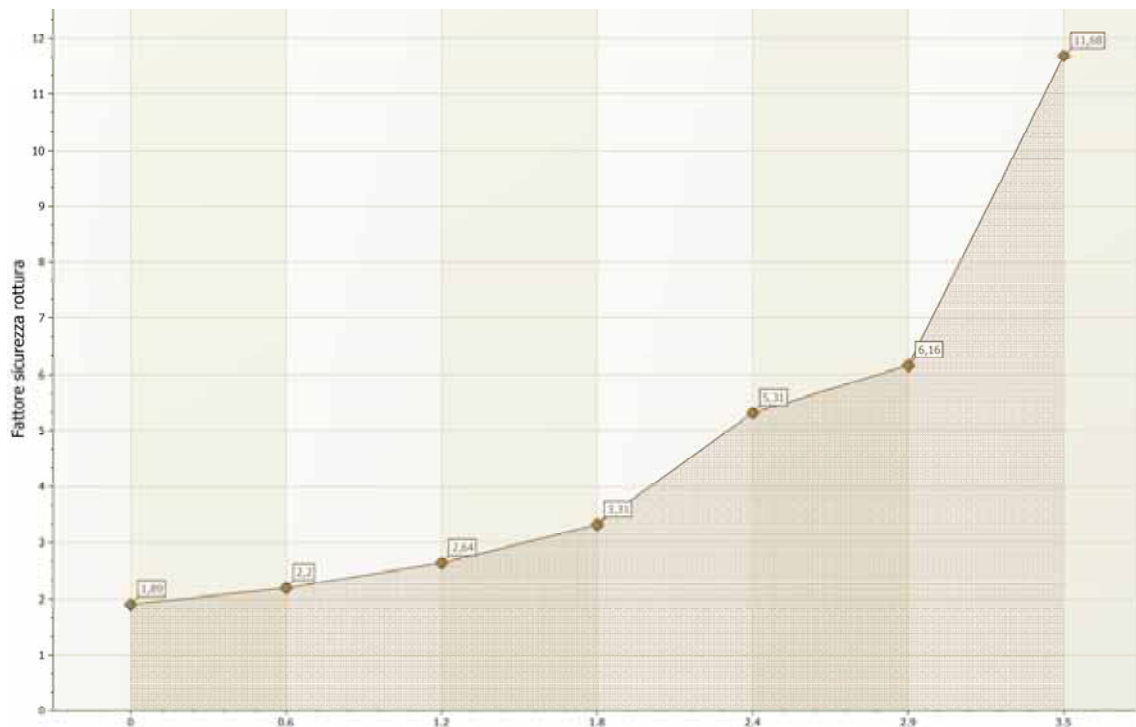


Figura 175 - Coefficienti di sicurezza a rottura (CMB. EQU +M2)

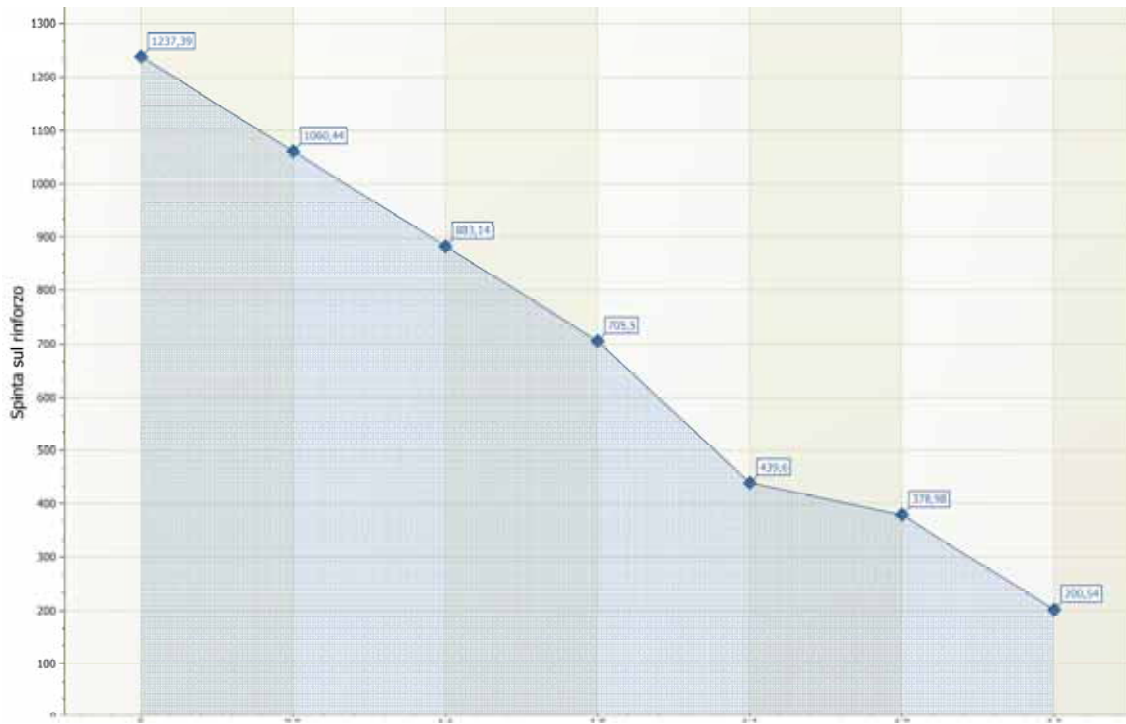


Figura 176 - Valore delle spinte sui rinforzi (CMB. Sismica)

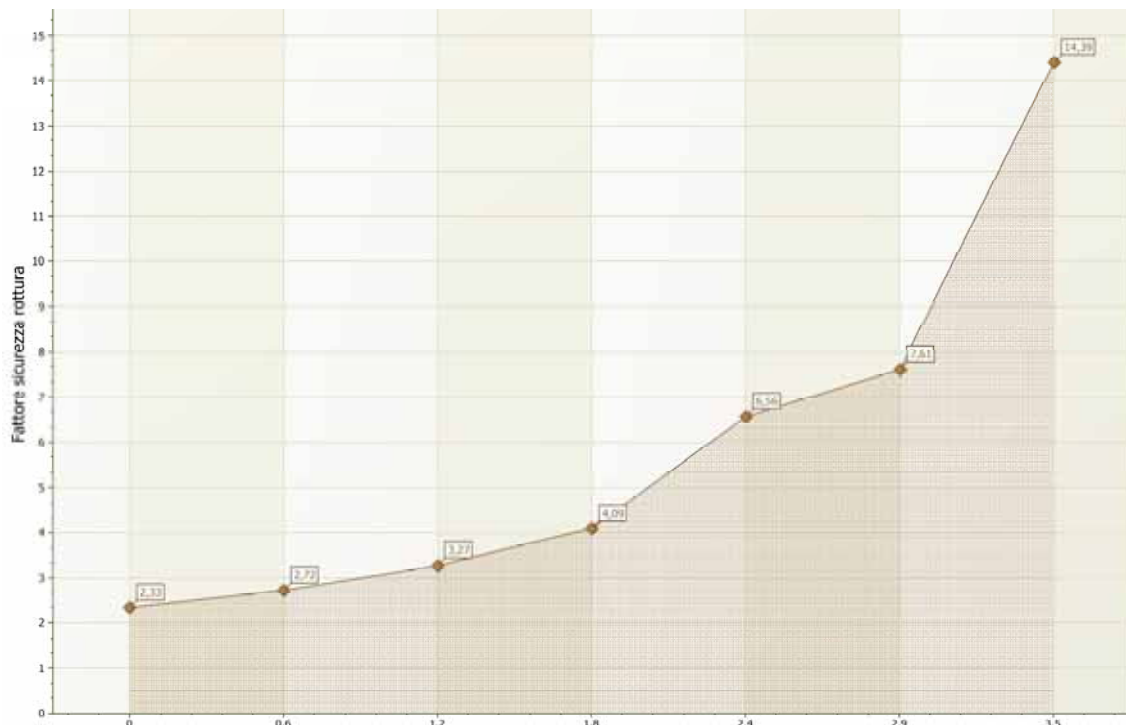


Figura 177 - Coefficienti di sicurezza a rottura (CMB. Sismica)

### 6.7.3 Stato di progetto – Verifiche Globali

#### Analisi statica

#### Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	20,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,0
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Superficie di forma circolare	

#### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	0,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	5,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	20,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	20,0 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	15,0
Numero di celle lungo y	15,0

#### Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	11,37	0,84
3	14,27	3,74
4	16,47	3,74
5	17,76	5,03
6	27,37	5,03
7	27,37	5,03
8	27,37	5,03
9	27,37	5,03
10	27,37	5,03
11	27,37	5,03
12	27,37	5,03

13	27,37	5,03
14	27,37	5,03
15	27,76	5,03
16	28,28	5,03

### Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	3,23
2	13,96	3,23
3	28,28	3,23

### 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	Si

### Stratigrafia

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

Strato	C (kg/cm <sup>2</sup> )	C <sub>u</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	0	0	35	1600	1800	Sabbie
2	0.25	0.9	17	1800	1900	Arg. limosa

### Rinforzi

No	Tipologia	Resistenza sfilamento (Kg)
1	Tenax TT 60	9680,68
2	Tenax TT 60	8659,952
3	Tenax TT 60	7665,925
4	Tenax TT 60	6707,124
5	Tenax TT 60	5796,128
6	Tenax TT 60	5087,156
7	Tenax TT 60	4322,607

## Carichi distribuiti

N°	Xi (m)	Yi (m)	Xf (m)	Yf (m)	Carico esterno (kg/cm <sup>2</sup> )
1	18,26409	5,03	25,26409	5,03	0,2

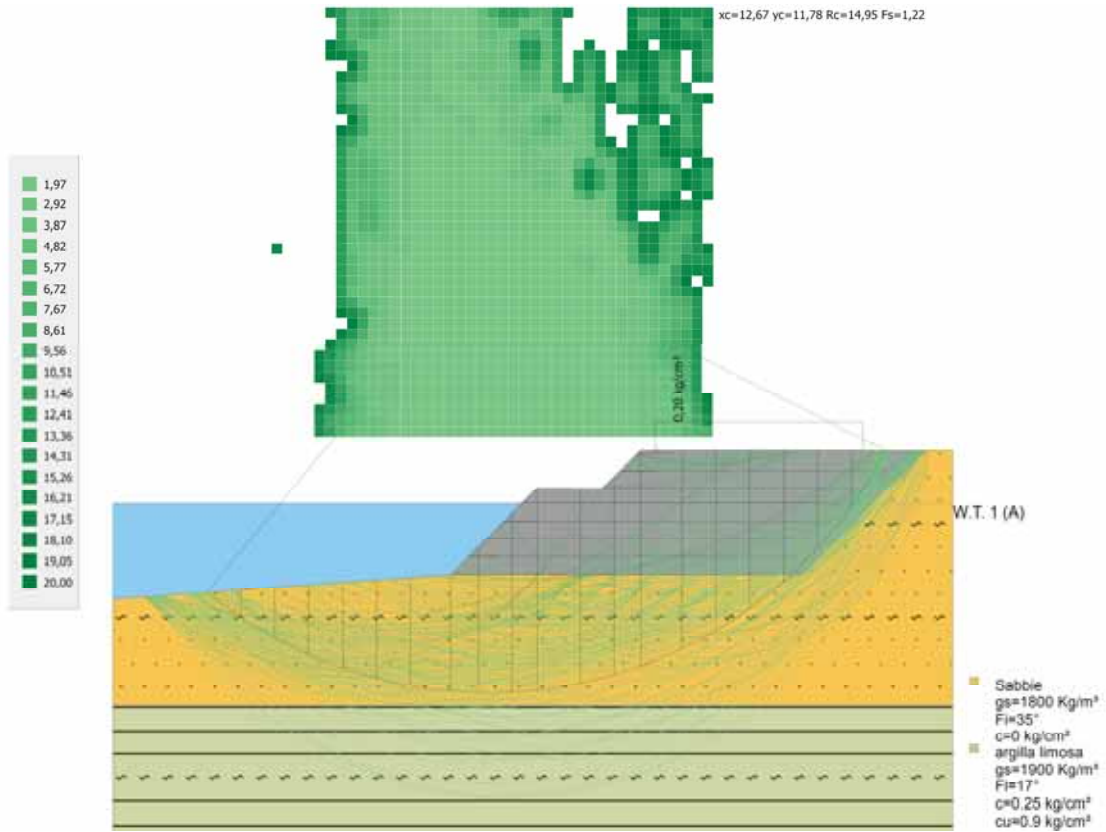


Figura 178 - Rappresentazione grafica delle superfici critiche analizzate (Verde = Soddisfa le verifiche)

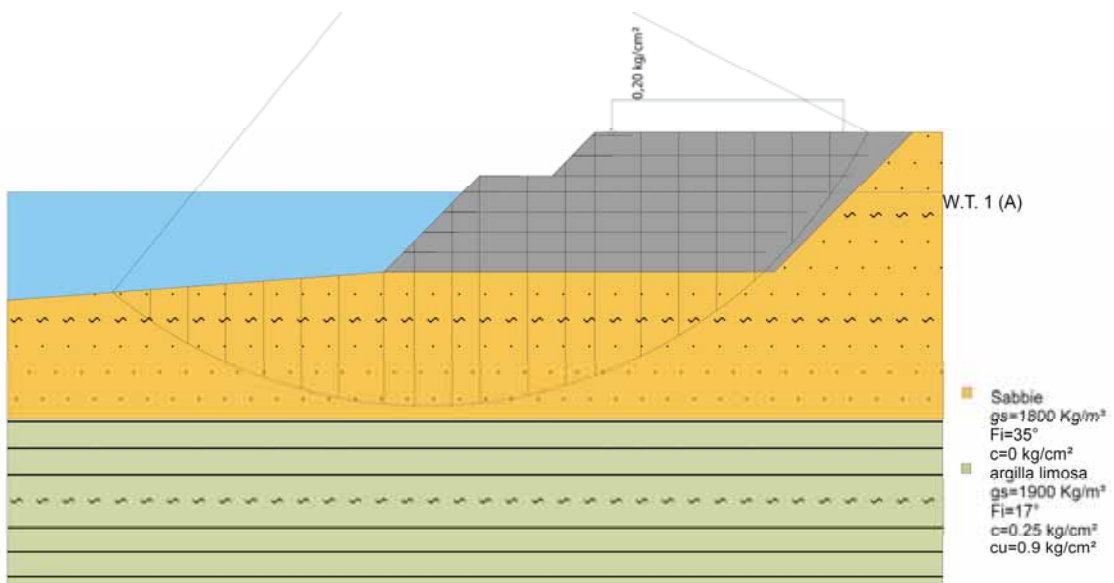


Figura 179 - Rappresentazione grafica della superficie maggiormente critica (FS = 1.22)

Di seguito si riportano le risultanze del calcolo per la superficie maggiormente critica, mentre si rimanda all'allegato 7 per i tabulati rappresentativi dei coefficienti di sicurezza per tutte le altre superfici esaminate.

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,22
Ascissa centro superficie	12,67 m
Ordinata centro superficie	11,78 m
Raggio superficie	14,95 m

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

**xc = 12,667 yc = 11,783 Rc = 14,952 Fs=1,223**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	$K_h \cdot W_i$ (Kg)	$K_v \cdot W_i$ (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1,14	-36,7	1,42	446,56	0,0	0,0	0,0	29,3	3927,0	845,9	387,6
2	1,14	-31,4	1,34	1227,43	0,0	0,0	0,0	29,3	4806,8	1996,7	914,9
3	1,14	-26,4	1,27	1879,59	0,0	0,0	0,0	29,3	5525,7	2716,2	1244,6
4	1,14	-21,6	1,23	2420,53	0,0	0,0	0,0	29,3	6105,5	3180,4	1457,3
5	1,14	-17,0	1,19	2862,11	0,0	0,0	0,0	29,3	6561,2	3478,3	1593,8
6	1,14	-12,4	1,17	3212,47	0,0	0,0	0,0	29,3	6902,9	3659,2	1676,7
7	1,35	-7,6	1,36	4144,09	0,0	0,0	0,0	29,3	8476,6	4451,9	2039,9
8	0,93	-3,2	0,93	3314,39	0,0	0,0	0,0	29,3	5931,1	3406,0	1560,6
9	1,14	0,8	1,14	5032,4	0,0	0,0	0,0	29,3	7300,9	5000,8	2291,4
10	0,83	4,6	0,83	9586,25	0,0	0,0	0,0	29,3	5252,4	4193,8	1921,6
11	1,46	9,0	1,47	17479,29	0,0	0,0	0,0	29,3	9046,1	7960,7	3647,6
12	1,14	14,1	1,18	13160,97	0,0	0,0	0,0	29,3	6790,5	5890,8	2699,2
13	0,89	18,1	0,94	11013,66	0,0	0,0	0,0	29,3	5042,5	5463,4	2503,4
14	1,39	22,8	1,51	18895,4	0,0	0,0	0,0	29,3	7275,5	10568,9	4842,7
15	1,14	28,2	1,31	5081,59	0,0	0,0	0,0	29,3	5279,5	8928,6	4091,2
16	1,14	33,3	1,37	13686,94	0,0	0,0	0,0	29,3	4504,7	8444,6	3869,3
17	1,14	38,7	1,46	11983,63	0,0	0,0	0,0	29,3	3558,4	7897,8	3618,8

18	1,14	44,6	1,6	9899,84	0,0	0,0	0,0	29,3	2400,8	7254,7	3324,1
19	1,14	51,2	1,82	7312,8	0,0	0,0	0,0	29,3	963,5	6453,2	2956,9
20	1,14	58,9	2,21	2672,02	0,0	0,0	0,0	29,3	0,0	2940,2	1347,2



Analisi dinamica in condizioni ordinarie (Falda a quota di medio mare)

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	44,200861/12,402285
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	20,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,0
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	0,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	5,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	20,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	20,0 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	15,0
Numero di celle lungo y	15,0

Coefficienti sismici [N.T.C.] - Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	Ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,49	2,44	0,27
S.L.D.	50,0	0,63	2,47	0,28
S.L.V.	475,0	1,76	2,53	0,29
S.L.C.	975,0	2,3	2,53	0,3

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

S.L. Stato limite	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]	K <sub>h</sub> [-]	K <sub>v</sub> [-]
S.L.O.	0,735	0,2	0,015	0,0075
S.L.D.	0,945	0,2	0,0193	0,0096
S.L.V.	2,5125	0,24	0,0615	0,0307
S.L.C.	3,0911	0,28	0,0883	0,0441

Coefficiente azione sismica orizzontale

0,062

Coefficiente azione sismica verticale

0,031

### Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	11,37	0,84
3	14,27	3,74
4	16,47	3,74
5	17,76	5,03
6	27,37	5,03
7	27,37	5,03
8	27,37	5,03
9	27,37	5,03
10	27,37	5,03
11	27,37	5,03
12	27,37	5,03
13	27,37	5,03
14	27,37	5,03
15	27,76	5,03
16	28,28	5,03

### Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	3,23
2	13,96	3,23
3	28,28	3,23

### 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	Si

### Stratigrafia

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

Strato	C (kg/cm <sup>2</sup> )	C <sub>u</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	0	0	35	1600	1800	Sabbie
2	0.25	0.9	17	1800	1900	Arg. limosa

### Rinforzi

No	Tipologia	Resistenza sfilamento (Kg)
1	Tenax TT 60	9680,68
2	Tenax TT 60	8659,952
3	Tenax TT 60	7665,925
4	Tenax TT 60	6707,124
5	Tenax TT 60	5796,128
6	Tenax TT 60	5087,156
7	Tenax TT 60	4322,607

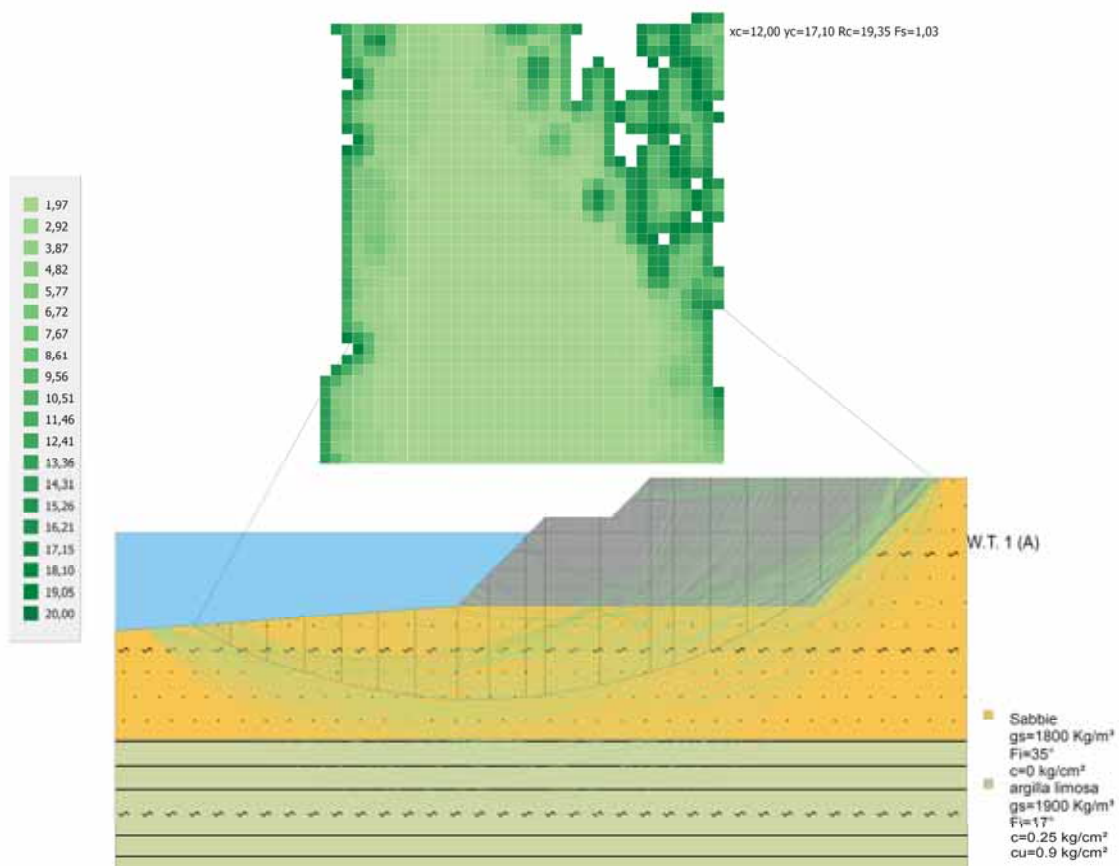


Figura 180 - Rappresentazione grafica delle superfici critiche analizzate (Verde = Soddisfa le verifiche)

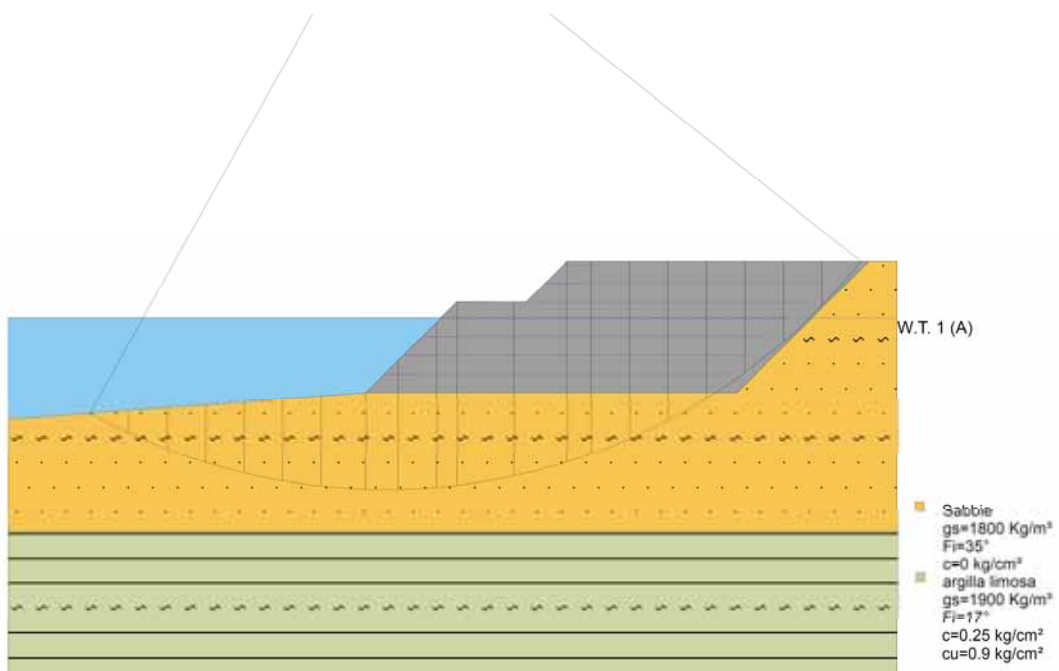


Figura 181 - Rappresentazione grafica della superficie maggiormente critica (FS = 1.03)

Di seguito si riportano le risultanze del calcolo per la superficie maggiormente critica, mentre si rimanda all'allegato 8 per i tabulati rappresentativi dei coefficienti di sicurezza per tutte le altre superfici esaminate.

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,03
Ascissa centro superficie	12,0 m
Ordinata centro superficie	17,1 m
Raggio superficie	19,35 m

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

**xc = 12,00 yc = 17,10 Rc = 19,346 Fs=1,026**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	$K_h \cdot W_i$ (Kg)	$K_v \cdot W_i$ (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1,23	-27,0	1,38	364,67	22,43	11,2	0,0	29,3	4120,6	567,6	309,9
2	1,23	-23,0	1,33	1014,47	62,39	31,14	0,0	29,3	4821,9	1435,4	783,8
3	1,23	-19,1	1,3	1566,34	96,33	48,09	0,0	29,3	5400,7	2045,2	1116,8
4	1,23	-15,3	1,27	2027,72	124,7	62,25	0,0	29,3	5866,5	2472,4	1350,1
5	1,23	-11,6	1,25	2404,04	147,85	73,8	0,0	29,3	6225,9	2763,5	1509,0
6	1,23	-7,9	1,24	2699,21	166,0	82,87	0,0	29,3	6483,8	2948,5	1610,1
7	1,42	-4,0	1,42	3391,02	208,55	104,1	0,0	29,3	7699,7	3532,7	1929,1
8	1,03	-0,3	1,03	2976,25	183,04	91,37	0,0	29,3	5652,0	2985,5	1630,3
9	1,23	3,0	1,23	4614,16	283,77	141,65	0,0	29,3	6675,7	4491,1	2452,4
10	0,64	5,8	0,64	6398,92	393,53	196,45	0,0	29,3	3445,0	2813,1	1536,1
11	1,81	9,5	1,84	18466,39	1135,68	566,92	0,0	29,3	9432,7	8393,9	4583,6
12	1,68	14,8	1,74	17203,63	1058,02	528,15	0,0	29,3	8118,9	8213,0	4484,8
13	0,77	18,5	0,82	8444,78	519,35	259,25	0,0	29,3	3452,9	4450,2	2430,1
14	1,23	21,7	1,32	12590,67	774,33	386,53	0,0	29,3	5029,5	6685,1	3650,5
15	1,23	25,7	1,36	11404,67	701,39	350,12	0,0	29,3	4370,6	6181,8	3375,7
16	1,23	29,8	1,41	9983,94	614,01	306,51	0,0	29,3	3581,4	5620,5	3069,1
17	1,23	34,1	1,48	8300,28	510,47	254,82	0,0	29,3	2646,0	4984,9	2722,1

18	1,23	38,6	1,57	6313,89	388,3	193,84	0,0	29,3	1542,4	4251,6	2321,6
19	1,23	43,4	1,69	3966,76	243,96	121,78	0,0	29,3	238,5	3383,9	1847,8
20	1,23	48,6	1,86	1432,21	88,08	43,97	0,0	29,3	0,0	1337,8	730,5

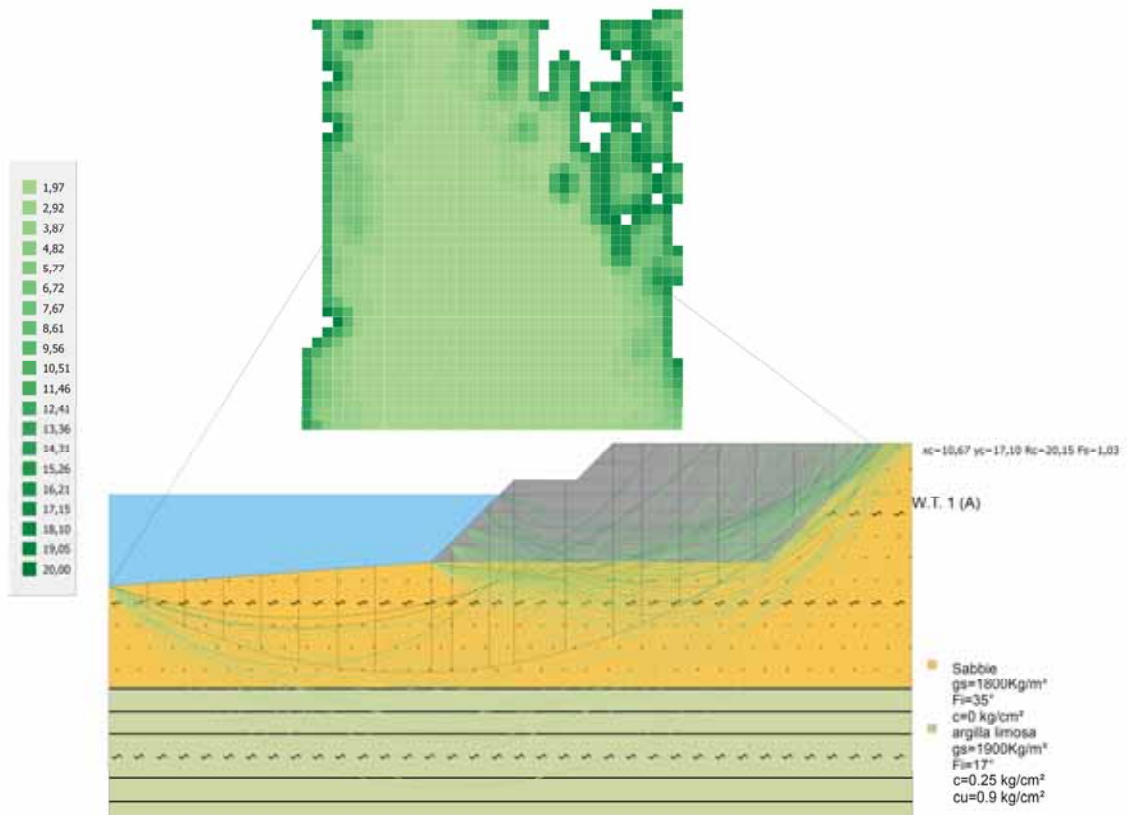


Figura 182 - Rappresentazione grafica globale delle verifiche interne di Tieback and Compound

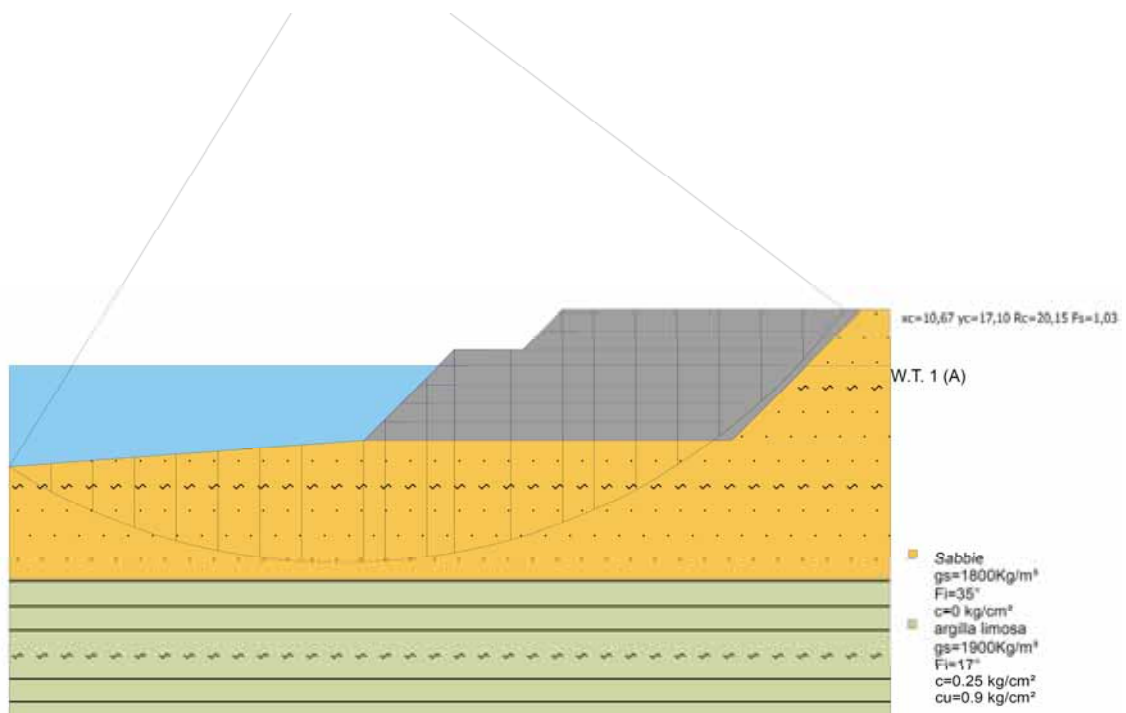


Figura 183 - Rappresentazione grafica della superficie di scorrimento critica per Tieback and Compound

Di seguito si riportano le risultanze del calcolo per la superficie maggiormente critica nei confronti delle verifiche di *Tieback e Compound*, mentre si rimanda all'allegato 13 per i tabulati rappresentativi dei coefficienti di sicurezza per tutte le altre superfici esaminate. Ai fini di un maggiore livello di dettaglio si riportano le definizioni per le due tipologie di analisi in esame.

#### *Tieback analysis (analisi di stabilità interna)*

Questo genere di verifica è utile per stabilire se la resistenza a trazione di ogni rinforzo è sufficiente ad assicurare la terra rinforzata da possibili collassi interni dovuti al peso proprio e ai sovraccarichi. Essa pertanto assicura contro eventuali scorrimenti lungo superfici che emergono sulla faccia della terra rinforzata. La capacità di resistenza a trazione del rinforzo è valutata in modo da stabilire se l'ancoraggio dello stesso nel terreno è tale da evitare il collasso per scorrimento lungo la potenziale superficie di rottura. L'analisi Tieback è effettuata con i metodi classici della stabilità dei versanti come calcolo vincolato per un punto corrispondente alla posizione di ogni rinforzo sulla faccia dell'opera. Questa analisi permette di ottenere una ripartizione omogenea delle tensioni nei rinforzi.

#### *Compound analysis (analisi di stabilità composta)*

Con l'analisi Tieback ci si assicura contro eventuali rotture interne; d'altra parte la capacità dei rinforzi di sviluppare la loro resistenza dipende dalla loro resistenza allo sfilamento e, quindi, dal loro ancoraggio in una zona stabile. Tuttavia per le superfici di scorrimento più profonde e/o passanti per il piede della scarpata, tali resistenze possono essere ridotte e quindi provocare un'instabilità. Quindi si rende necessaria un'analisi di stabilità che permetta di stabilire se la lunghezza dei primi  $k$  rinforzi è tale da non causare scorrimento lungo le superfici di scorrimento di cui sopra. Si tratta sicuramente di una verifica conservativa che però garantisce la stabilità traslazionale e rotazionale dell'intero complesso.

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,03
Ascissa centro superficie	10,67 m
Ordinata centro superficie	17,1 m
Raggio superficie	20,15 m

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

**xc = 10,667 yc = 17,10 Rc = 20,154 Fs=1,035**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	$K_h \cdot W_i$ (Kg)	$K_v \cdot W_i$ (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1,34	-29,8	1,54	482,22	29,66	14,8	0,0	29,3	4861,1	804,5	435,6
2	1,34	-25,5	1,48	1339,26	82,36	41,12	0,0	29,3	5799,7	1998,2	1081,9
3	1,34	-21,3	1,44	2066,14	127,07	63,43	0,0	29,3	6575,7	2810,9	1521,9
4	1,34	-17,3	1,4	2674,62	164,49	82,11	0,0	29,3	7203,6	3367,0	1822,9
5	1,34	-13,3	1,38	3173,16	195,15	97,42	0,0	29,3	7694,1	3739,4	2024,6
6	1,34	-9,4	1,36	3567,86	219,42	109,53	0,0	29,3	8054,8	3973,2	2151,2
7	1,34	-5,6	1,35	3862,88	237,57	118,59	0,0	29,3	8290,9	4097,5	2218,4
8	1,99	-0,8	1,99	6084,3	374,18	186,79	0,0	29,3	12505,2	6132,5	3320,2
9	0,69	3,0	0,69	2321,01	142,74	71,25	0,0	29,3	4308,2	2260,2	1223,7
10	1,34	5,9	1,35	5518,97	339,42	169,43	0,0	29,3	8275,8	5254,8	2845,0
11	0,87	9,1	0,88	9558,6	587,85	293,45	0,0	29,3	5249,9	4016,4	2174,6
12	1,81	13,0	1,86	20282,02	1247,34	622,66	0,0	29,3	10441,7	8979,1	4861,4
13	1,68	18,1	1,77	18570,82	1142,11	570,12	0,0	29,3	8878,4	8663,7	4690,6
14	1,0	22,2	1,08	11521,6	708,58	353,71	0,0	29,3	4796,8	5949,4	3221,1
15	1,34	25,8	1,49	14177,45	871,91	435,25	0,0	29,3	5727,7	7438,4	4027,2
16	1,34	30,1	1,55	12461,94	766,41	382,58	0,0	29,3	4774,7	6763,0	3661,6
17	1,34	34,6	1,63	10412,98	640,4	319,68	0,0	29,3	3636,3	5994,5	3245,5
18	1,34	39,4	1,74	7976,0	490,52	244,86	0,0	29,3	2282,5	5100,5	2761,5
19	1,34	44,6	1,88	5069,37	311,77	155,63	0,0	29,3	667,7	4029,7	2181,7
20	1,34	50,2	2,1	1818,09	111,81	55,82	0,0	29,3	0,0	1721,9	932,3



Analisi dinamica in condizioni straordinarie (Falda a quota -0.80 s.l.m.m.)

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	44,200861/12,402285
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	20,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,0
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	0,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	5,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	20,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	20,0 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	15,0
Numero di celle lungo y	15,0

Coefficienti sismici [N.T.C.] - Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	Ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,49	2,44	0,27
S.L.D.	50,0	0,63	2,47	0,28
S.L.V.	475,0	1,76	2,53	0,29
S.L.C.	975,0	2,3	2,53	0,3

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

S.L. Stato limite	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]	K <sub>h</sub> [-]	K <sub>v</sub> [-]
S.L.O.	0,735	0,2	0,015	0,0075
S.L.D.	0,945	0,2	0,0193	0,0096
S.L.V.	2,5125	0,24	0,0615	0,0307
S.L.C.	3,0911	0,28	0,0883	0,0441

Coefficiente azione sismica orizzontale

0,062

Coefficiente azione sismica verticale

0,031

### Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	11,37	0,84
3	14,27	3,74
4	16,47	3,74
5	17,76	5,03
6	27,37	5,03
7	27,37	5,03
8	27,37	5,03
9	27,37	5,03
10	27,37	5,03
11	27,37	5,03
12	27,37	5,03
13	27,37	5,03
14	27,37	5,03
15	27,76	5,03
16	28,28	5,03

### Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	2,43
2	13,96	2,43
3	28,28	2,43

### 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	Si

### Stratigrafia

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

Strato	C (kg/cm <sup>2</sup> )	C <sub>u</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	0	0	35	1600	1800	Sabbie
2	0.25	0.9	17	1800	1900	Arg. limosa

### Rinforzi

No	Tipologia	Resistenza sfilamento (Kg)
1	Tenax TT 60	9680,68
2	Tenax TT 60	8659,952
3	Tenax TT 60	7665,925
4	Tenax TT 60	6707,124
5	Tenax TT 60	5796,128
6	Tenax TT 60	5087,156
7	Tenax TT 60	4322,607

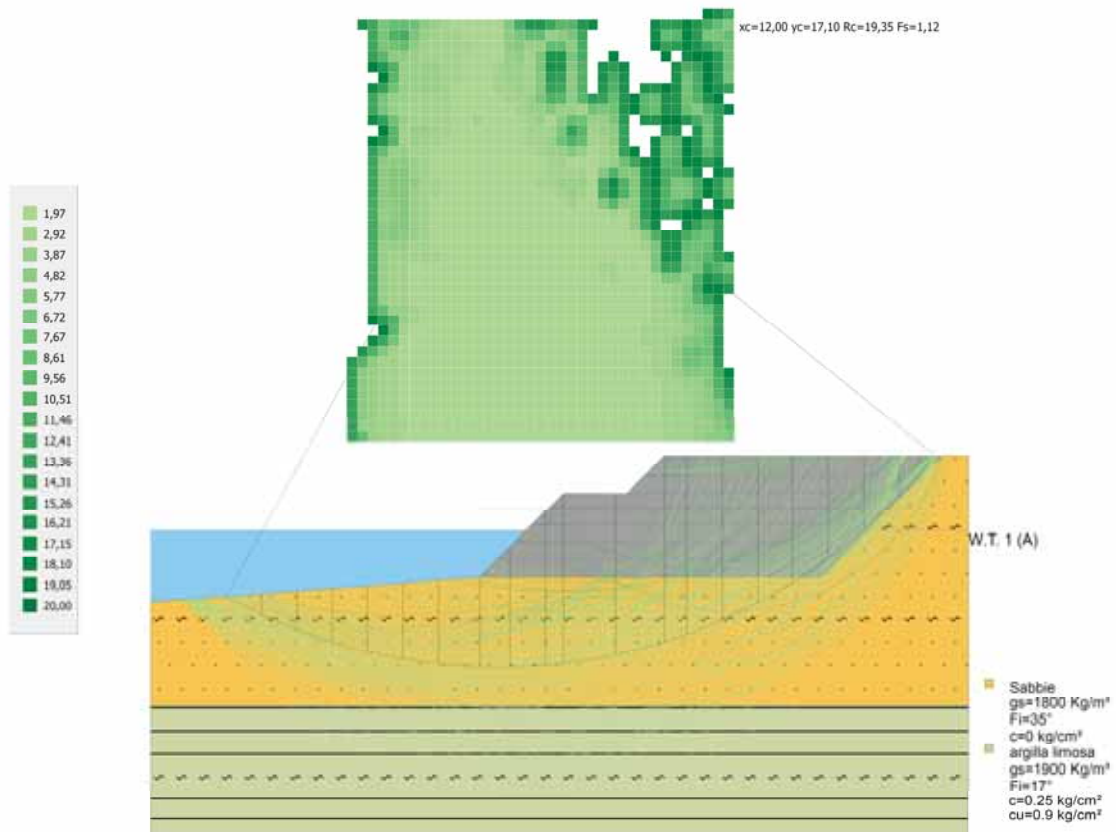


Figura 184 - Rappresentazione grafica delle superfici critiche analizzate (Verde = Soddisfa le verifiche)

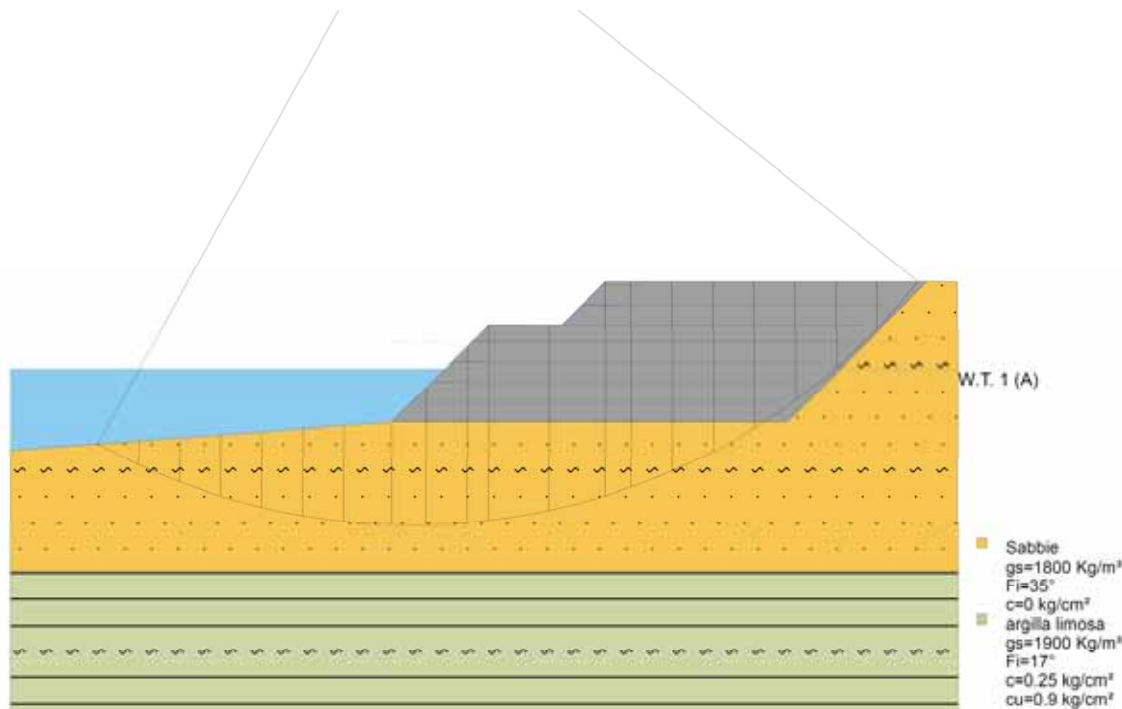


Figura 185 - Rappresentazione grafica della superficie maggiormente critica (FS = 1.12)

Di seguito si riportano le risultanze del calcolo per la superficie maggiormente critica, mentre si rimanda all'allegato 9 per i tabulati rappresentativi dei coefficienti di sicurezza per tutte le altre superfici esaminate.

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,12
Ascissa centro superficie	12,0 m
Ordinata centro superficie	17,1 m
Raggio superficie	19,35 m

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

**xc = 12,00 yc = 17,10 Rc = 19,346 Fs=1,123**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	$K_h \cdot W_i$ (Kg)	$K_v \cdot W_i$ (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1,23	-27,0	1,38	364,67	22,61	11,3	0,0	29,3	3143,7	549,2	273,9
2	1,23	-23,0	1,33	1014,47	62,9	31,45	0,0	29,3	3845,0	1398,7	697,6
3	1,23	-19,1	1,3	1566,34	97,11	48,56	0,0	29,3	4423,8	2004,7	999,9
4	1,23	-15,3	1,27	2027,72	125,72	62,86	0,0	29,3	4889,5	2435,3	1214,6
5	1,23	-11,6	1,25	2404,04	149,05	74,53	0,0	29,3	5248,9	2733,6	1363,4
6	1,23	-7,9	1,24	2699,21	167,35	83,68	0,0	29,3	5506,9	2927,7	1460,2
7	1,42	-4,0	1,42	3391,02	210,24	105,12	0,0	29,3	6568,9	3520,7	1756,0
8	1,03	-0,3	1,03	2976,25	184,53	92,26	0,0	29,3	4828,9	2984,7	1488,7
9	1,23	3,0	1,23	10368,08	642,82	321,41	0,0	29,3	5698,8	4555,8	2272,2
10	0,64	5,8	0,64	6296,73	390,4	195,2	0,0	29,3	2934,1	3217,0	1604,5
11	1,81	9,5	1,84	18177,8	1127,02	563,51	0,0	29,3	7989,7	9535,5	4756,0
12	1,68	14,8	1,74	16936,01	1050,03	525,02	0,0	29,3	6780,8	9282,0	4629,5
13	0,77	18,5	0,82	8321,63	515,94	257,97	0,0	29,3	2837,1	4955,8	2471,8
14	1,23	21,7	1,32	12395,28	768,51	384,25	0,0	29,3	4052,6	7491,9	3736,7
15	1,23	25,7	1,36	11209,28	694,98	347,49	0,0	29,3	3393,7	6994,7	3488,7
16	1,23	29,8	1,41	9788,55	606,89	303,45	0,0	29,3	2604,4	6439,4	3211,7
17	1,23	34,1	1,48	8104,9	502,5	251,25	0,0	29,3	1669,0	5809,7	2897,6

18	1,23	38,6	1,57	6118,5	379,35	189,67	0,0	29,3	565,5	5081,5	2534,5
19	1,23	43,4	1,69	3919,06	242,98	121,49	0,0	29,3	0,0	3665,2	1828,1
20	1,23	48,6	1,86	1432,21	88,8	44,4	0,0	29,3	0,0	1383,7	690,1

Si allegano inoltre i risultati per via grafica, dato il cospicuo numero di superfici analizzate, delle verifiche di stabilità interna in termini di Tieback e Compound, unitamente al risultato numerico per la superficie maggiormente critica. Nell'immagine sottostante la superficie evidenziata in nero è quella che mostra il minore coefficiente di sicurezza.

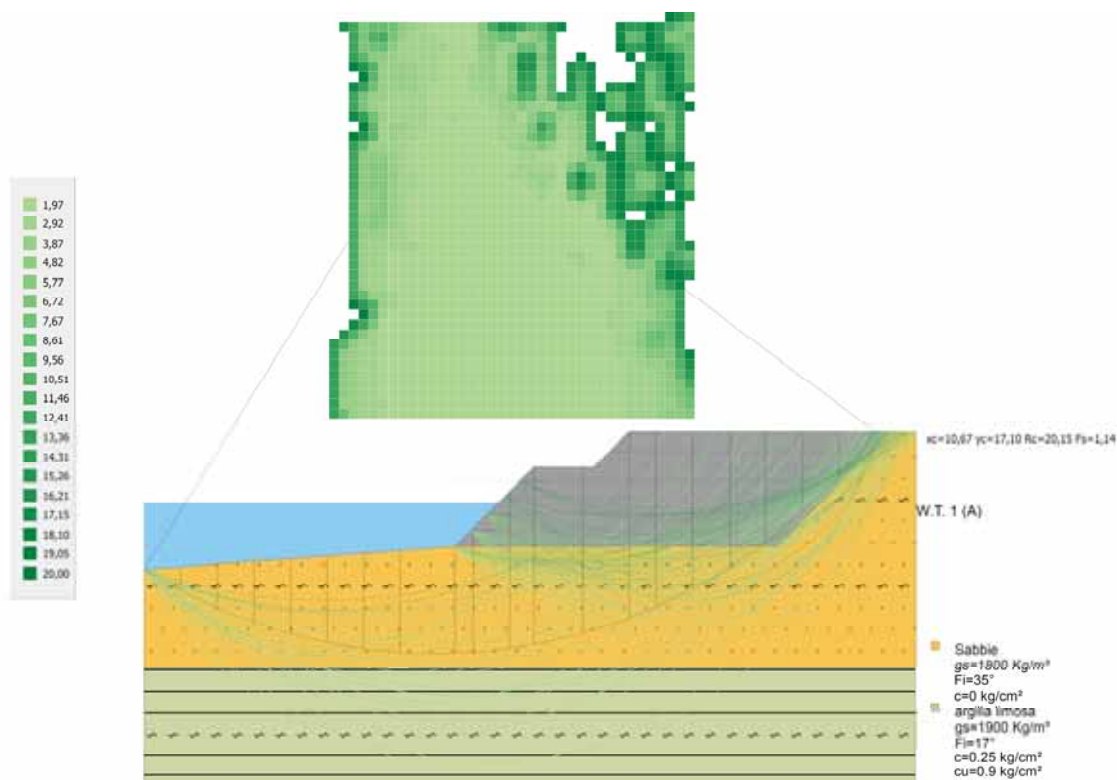


Figura 186 - Rappresentazione grafica globale delle verifiche interne di Tieback and Compound

#### Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,14
Ascissa centro superficie	10,67 m
Ordinata centro superficie	17,1 m
Raggio superficie	20,15 m

$x_c = 10,667$   $y_c = 17,10$   $R_c = 20,154$   $F_s = 1,137$

Nr.	B m	Alfa (°)	$L_i$ m	$W_i$ (Kg)	$K_h \cdot W_i$ (Kg)	$K_v \cdot W_i$ (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	$F_i$ (°)	$U_i$ (Kg)	$N'_i$ (Kg)	$T_i$ (Kg)
1	1,34	-29,8	1,54	482,22	29,9	14,95	0,0	29,3	3793,0	773,2	380,9
2	1,34	-25,5	1,48	1339,26	83,03	41,52	0,0	29,3	4731,7	1937,5	954,3
3	1,34	-21,3	1,44	2066,14	128,1	64,05	0,0	29,3	5507,6	2744,6	1351,8
4	1,34	-17,3	1,4	2674,62	165,83	82,91	0,0	29,3	6135,5	3306,7	1628,7
5	1,34	-13,3	1,38	3173,16	196,74	98,37	0,0	29,3	6626,0	3690,5	1817,7
6	1,34	-9,4	1,36	3567,86	221,21	110,6	0,0	29,3	6986,7	3938,2	1939,7
7	1,34	-5,6	1,35	3862,88	239,5	119,75	0,0	29,3	7222,8	4077,0	2008,1
8	1,99	-0,8	1,99	6084,3	377,23	188,61	0,0	29,3	10918,1	6128,2	3018,4
9	0,69	3,0	0,69	2321,01	143,9	71,95	0,0	29,3	3759,2	2265,8	1116,0
10	1,34	5,9	1,35	5518,97	342,18	171,09	0,0	29,3	7207,8	5280,0	2600,6
11	0,87	9,1	0,88	9419,83	584,03	292,01	0,0	29,3	4556,1	4566,6	2249,3
12	1,81	13,0	1,86	19993,55	1239,6	619,8	0,0	29,3	8999,4	10133,3	4991,1
13	1,68	18,1	1,77	18303,07	1134,79	567,4	0,0	29,3	7539,6	9753,4	4804,0
14	1,0	22,2	1,08	11362,13	704,45	352,23	0,0	29,3	3999,4	6621,7	3261,5
15	1,34	25,8	1,49	13963,83	865,76	432,88	0,0	29,3	4659,6	8346,9	4111,2
16	1,34	30,1	1,55	12248,33	759,4	379,7	0,0	29,3	3706,6	7680,5	3783,0
17	1,34	34,6	1,63	10199,36	632,36	316,18	0,0	29,3	2568,3	6920,5	3408,6
18	1,34	39,4	1,74	7762,39	481,27	240,63	0,0	29,3	1214,4	6033,8	2971,9
19	1,34	44,6	1,88	4935,83	306,02	153,01	0,0	29,3	0,0	4665,2	2297,8
20	1,34	50,2	2,1	1818,09	112,72	56,36	0,0	29,3	0,0	1785,4	879,4

Analisi dinamica in condizioni straordinarie (Falda a quota +1.20 s.l.m.m.)

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	44,200861/12,402285
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	20,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,0
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	0,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	5,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	20,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	20,0 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	15,0
Numero di celle lungo y	15,0

Coefficienti sismici [N.T.C.] - Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1



S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	Ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,49	2,44	0,27
S.L.D.	50,0	0,63	2,47	0,28
S.L.V.	475,0	1,76	2,53	0,29
S.L.C.	975,0	2,3	2,53	0,3

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

S.L. Stato limite	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]	K <sub>h</sub> [-]	K <sub>v</sub> [-]
S.L.O.	0,735	0,2	0,015	0,0075
S.L.D.	0,945	0,2	0,0193	0,0096
S.L.V.	2,5125	0,24	0,0615	0,0307
S.L.C.	3,0911	0,28	0,0883	0,0441

Coefficiente azione sismica orizzontale

0,062

Coefficiente azione sismica verticale

0,031

### Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	11,37	0,84
3	14,27	3,74
4	16,47	3,74
5	17,76	5,03
6	27,37	5,03
7	27,37	5,03
8	27,37	5,03
9	27,37	5,03
10	27,37	5,03
11	27,37	5,03
12	27,37	5,03
13	27,37	5,03
14	27,37	5,03
15	27,76	5,03
16	28,28	5,03

### Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	4,43
2	13,96	4,43
3	28,28	4,43

### 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	Si

### Stratigrafia

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

Strato	C (kg/cm <sup>2</sup> )	C <sub>u</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	0	0	35	1600	1800	Sabbie
2	0.25	0.9	17	1800	1900	Arg. limosa

### Rinforzi

No	Tipologia	Resistenza sfilamento (Kg)
1	Tenax TT 60	9680,68
2	Tenax TT 60	8659,952
3	Tenax TT 60	7665,925
4	Tenax TT 60	6707,124
5	Tenax TT 60	5796,128
6	Tenax TT 60	5087,156
7	Tenax TT 60	4322,607

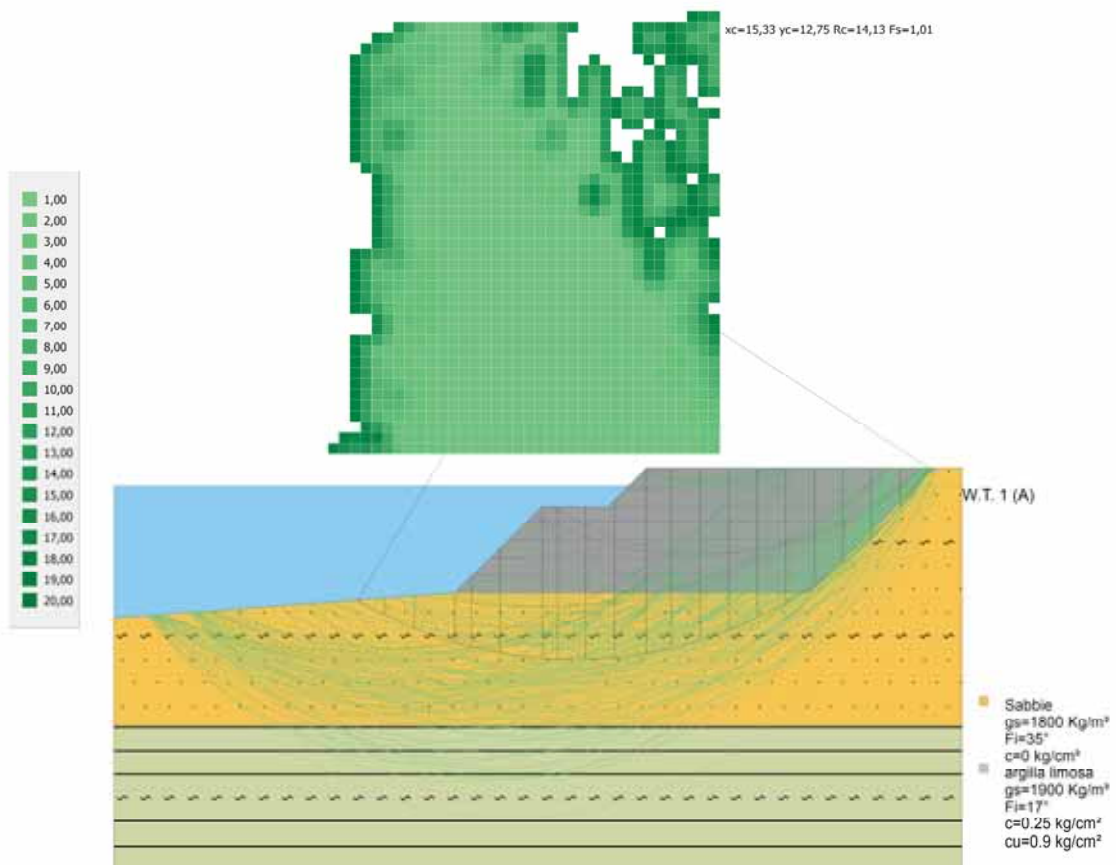


Figura 187 - Rappresentazione grafica delle superfici critiche analizzate (Verde = Soddisfa le verifiche)

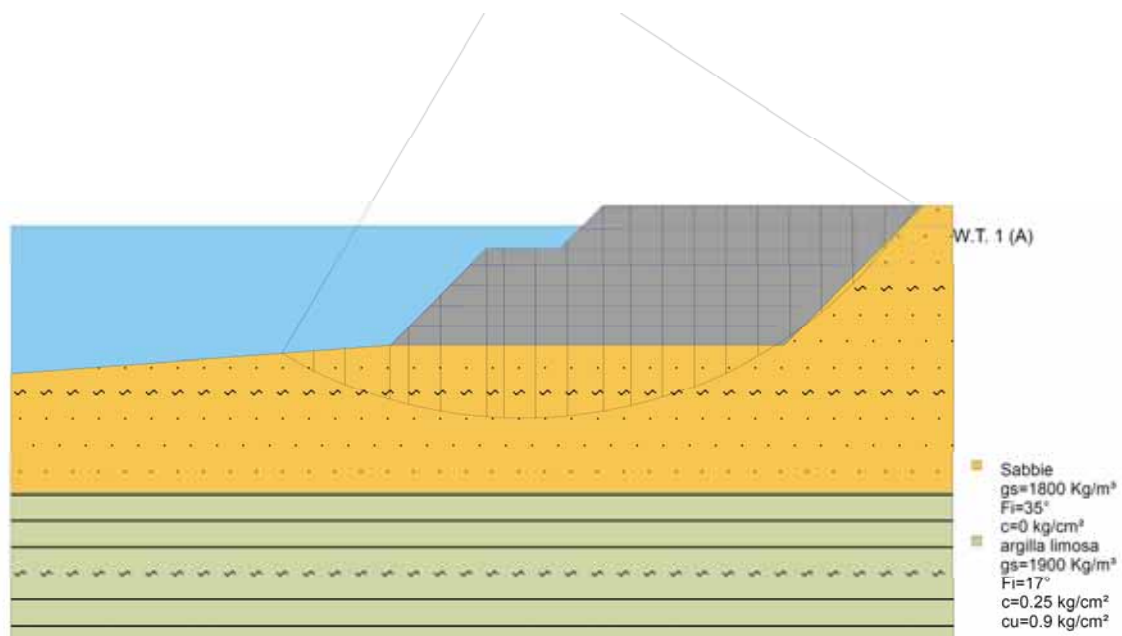


Figura 188 - Rappresentazione grafica della superficie maggiormente critica (FS = 1.01)

Di seguito si riportano le risultanze del calcolo per la superficie maggiormente critica, mentre si rimanda all'allegato 10 per i tabulati rappresentativi dei coefficienti di sicurezza per tutte le altre superfici esaminate.

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,01
Ascissa centro superficie	15,33 m
Ordinata centro superficie	12,75 m
Raggio superficie	14,13 m

**xc = 15,333 yc = 12,75 Rc = 14,129 Fs=1,007**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	K <sub>h</sub> •Wi (Kg)	K <sub>v</sub> •Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	0,95	-28,5	1,08	232,64	14,42	7,21	0,0	29,3	3904,1	392,4	235,3
2	0,95	-24,2	1,04	644,93	39,99	19,99	0,0	29,3	4352,5	967,4	580,2
3	1,35	-19,2	1,43	1496,0	92,75	46,38	0,0	29,3	6773,5	2000,9	1199,9
4	0,56	-15,1	0,58	895,62	55,53	27,76	0,0	29,3	2964,2	1106,8	663,8
5	0,95	-12,0	0,97	2243,99	139,13	69,56	0,0	29,3	5239,3	2627,5	1575,8
6	1,39	-7,1	1,4	4799,69	297,58	148,79	0,0	29,3	7925,8	5230,3	3136,6
7	0,51	-3,3	0,51	2094,44	129,85	64,93	0,0	29,3	2972,4	2171,9	1302,5
8	0,95	-0,3	0,95	3899,26	241,75	120,88	0,0	29,3	5530,8	3910,8	2345,3
9	0,95	3,6	0,95	3878,36	240,46	120,23	0,0	29,3	5504,7	3745,3	2246,1
10	1,07	7,7	1,081	1070,61	686,38	343,19	0,0	29,3	6089,0	4649,5	2788,3
11	0,83	11,6	0,85	9070,4	562,36	281,18	0,0	29,3	4594,8	4067,3	2439,2
12	0,95	15,4	0,991	1006,75	620,42	310,21	0,0	29,3	5051,2	4412,3	2646,1
13	0,95	19,4	1,01	9496,23	588,77	294,38	0,0	29,3	4767,6	4139,1	2482,2
14	0,95	23,6	1,04	8854,33	548,97	274,48	0,0	29,3	4411,0	3842,6	2304,4
15	0,95	27,9	1,08	8069,34	500,3	250,15	0,0	29,3	3974,9	3516,6	2108,9
16	0,95	32,3	1,13	7124,71	441,73	220,87	0,0	29,3	3450,1	3152,3	1890,5
17	0,95	37,0	1,19	5997,12	371,82	185,91	0,0	29,3	2823,6	2737,0	1641,4
18	0,95	42,0	1,28	4652,21	288,44	144,22	0,0	29,3	2076,5	2251,1	1350,0
19	0,95	47,5	1,41	3036,54	188,27	94,13	0,0	29,3	1178,9	1662,1	996,7
20	0,95	53,6	1,61	1059,29	65,68	32,84	0,0	29,3	80,4	909,8	545,6

Si allegano inoltre i risultati per via grafica, dato il cospicuo numero di superfici analizzate, delle verifiche di stabilità interna in termini di Tieback e Compound, unitamente al risultato numerico per la superficie maggiormente critica. Nell'immagine sottostante la superficie evidenziata in nero è quella che mostra il minore coefficiente di sicurezza.

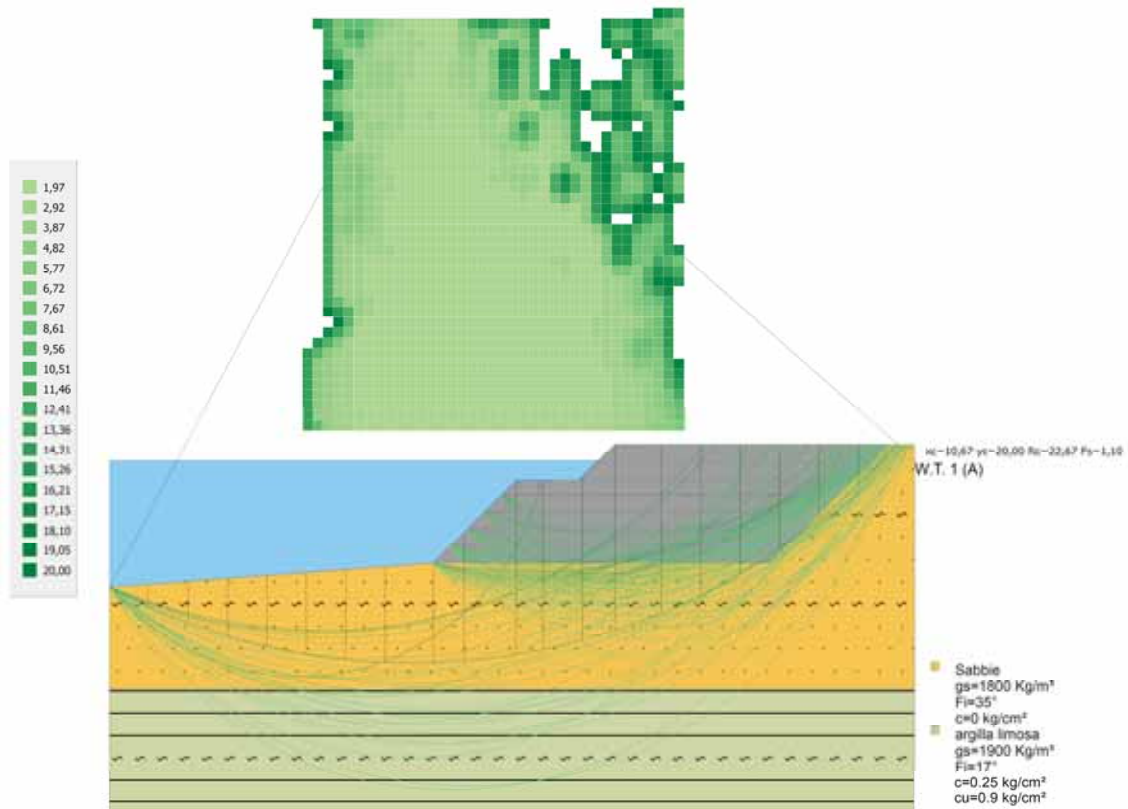


Figura 189 - Rappresentazione grafica globale delle verifiche interne di Tieback and Compound

#### Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,1
Ascissa centro superficie	10,67 m
Ordinata centro superficie	20,0 m
Raggio superficie	22,67 m

$$x_c = 10,667 \quad y_c = 20,00 \quad R_c = 22,667 \quad F_s = 1,097$$

Nr.	B m	Alfa (°)	$L_i$ m	$W_i$ (Kg)	$K_h \cdot W_i$ (Kg)	$K_v \cdot W_i$ (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	$U_i$ (Kg)	$N'_i$ (Kg)	$T_i$ (Kg)
1	1,38	-26,1	1,54	448,7	27,82	13,91	0,0	29,3	6622,3	684,3	376,4

2	1,38	-22,3	1,5	1250,56	77,53	38,77	0,0	29,3	7483,0	1744,7	959,7
3	1,38	-18,5	1,46	1934,04	119,91	59,96	0,0	29,3	8195,9	2501,6	1376,0
4	1,38	-14,9	1,43	2507,48	155,46	77,73	0,0	29,3	8771,1	3039,1	1671,6
5	1,38	-11,3	1,41	2977,05	184,58	92,29	0,0	29,3	9216,6	3410,5	1875,9
6	1,38	-7,7	1,4	3347,23	207,53	103,76	0,0	29,3	9537,8	3651,1	2008,2
7	1,38	-4,2	1,39	3621,07	224,51	112,25	0,0	29,3	9738,6	3784,7	2081,7
8	1,68	-0,3	1,68	4639,31	287,64	143,82	0,0	29,3	11948,1	4654,6	2560,2
9	1,08	3,2	1,09	3484,25	216,02	108,01	0,0	29,3	7661,2	3386,7	1862,8
10	1,82	6,8	1,83	7750,97	480,56	240,28	0,0	29,3	12587,9	7323,0	4027,9
11	0,95	10,4	0,97	4604,11	285,45	142,73	0,0	29,3	6412,8	4252,2	2338,9
12	1,38	13,4	1,42	6411,7	397,53	198,76	0,0	29,3	8969,4	5827,3	3205,2
13	1,15	16,7	1,21	2774,07	791,99	396,0	0,0	29,3	7071,9	5109,5	2810,4
14	1,62	20,4	1,72	18059,38	1119,68	559,84	0,0	29,3	9170,4	7872,7	4330,2
15	1,38	24,5	1,52	13919,59	863,01	431,51	0,0	29,3	6994,4	6084,8	3346,9
16	1,38	28,4	1,57	12201,79	756,51	378,26	0,0	29,3	6040,1	5399,0	2969,6
17	1,38	32,5	1,64	10173,35	630,75	315,37	0,0	29,3	4913,2	4618,6	2540,4
18	1,38	36,8	1,73	7792,45	483,13	241,57	0,0	29,3	3590,4	3717,6	2044,8
19	1,38	41,3	1,84	4999,9	309,99	155,0	0,0	29,3	2039,0	2657,0	1461,5
20	1,38	46,1	2,0	1707,75	105,88	52,94	0,0	29,3	210,1	1374,7	756,1

Analisi dinamica agli stati limite di esercizio (S.L.D.)

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	44,200861/12,402285
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	20,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,0
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	0,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	5,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	20,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	20,0 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	15,0
Numero di celle lungo y	15,0

Coefficienti sismici [N.T.C.] - Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	Ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,49	2,44	0,27
S.L.D.	50,0	0,63	2,47	0,28
S.L.V.	475,0	1,76	2,53	0,29
S.L.C.	975,0	2,3	2,53	0,3

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

S.L. Stato limite	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]	K <sub>h</sub> [-]	K <sub>v</sub> [-]
S.L.O.	0,735	0,2	0,015	0,0075
S.L.D.	0,945	0,2	0,0193	0,0096
S.L.V.	2,5125	0,24	0,0615	0,0307
S.L.C.	3,0911	0,28	0,0883	0,0441

Coefficiente azione sismica orizzontale

0,0193

Coefficiente azione sismica verticale

0,0096

### Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	11,37	0,84
3	14,27	3,74
4	16,47	3,74
5	17,76	5,03
6	27,37	5,03
7	27,37	5,03
8	27,37	5,03
9	27,37	5,03
10	27,37	5,03
11	27,37	5,03
12	27,37	5,03
13	27,37	5,03
14	27,37	5,03
15	27,76	5,03
16	28,28	5,03



### Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	3,23
2	13,96	3,23
3	28,28	3,23

### 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	Si

### Stratigrafia

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

Strato	C (kg/cm <sup>2</sup> )	C <sub>u</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	0	0	35	1600	1800	Sabbie
2	0.25	0.9	17	1800	1900	Arg. limosa

### Rinforzi

No	Tipologia	Resistenza sfilamento (Kg)
1	Tenax TT 60	9680,68
2	Tenax TT 60	8659,952
3	Tenax TT 60	7665,925
4	Tenax TT 60	6707,124
5	Tenax TT 60	5796,128
6	Tenax TT 60	5087,156
7	Tenax TT 60	4322,607

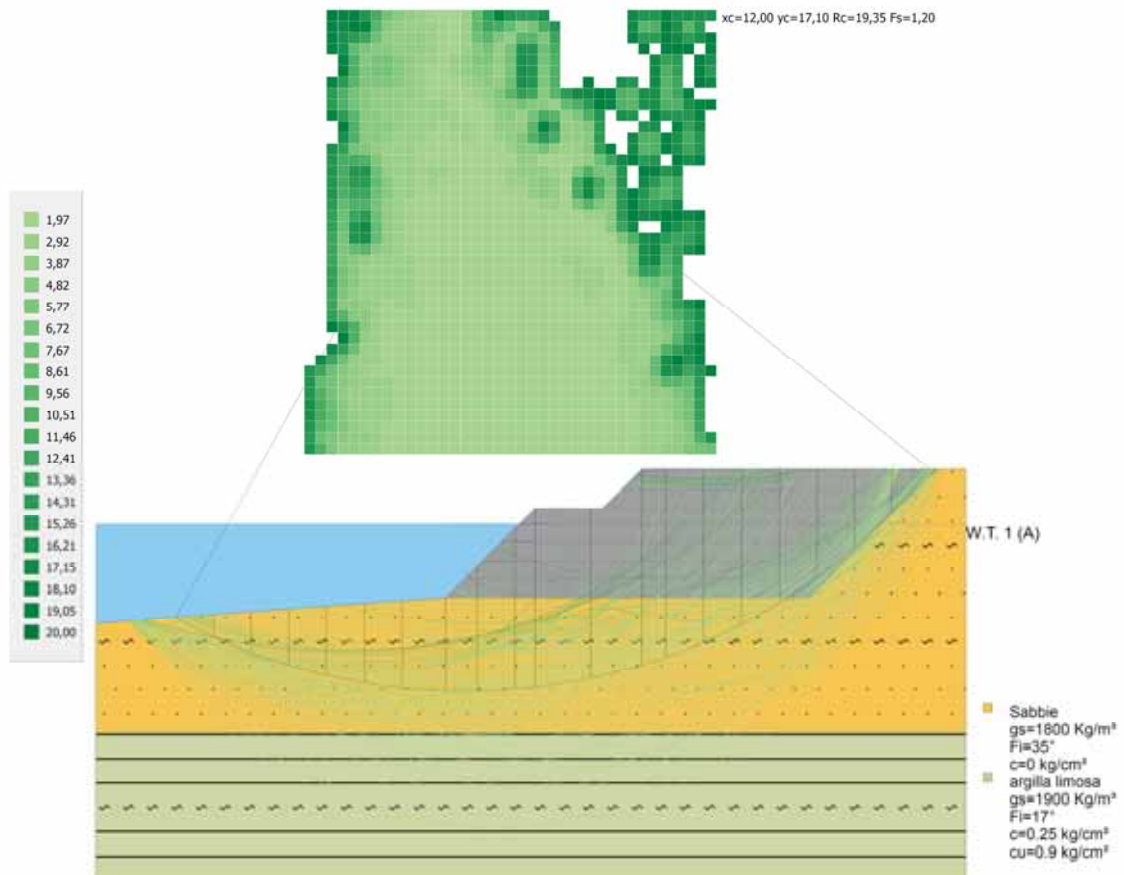


Figura 190 - Rappresentazione grafica delle superfici critiche analizzate (Verde = Soddisfa le verifiche)

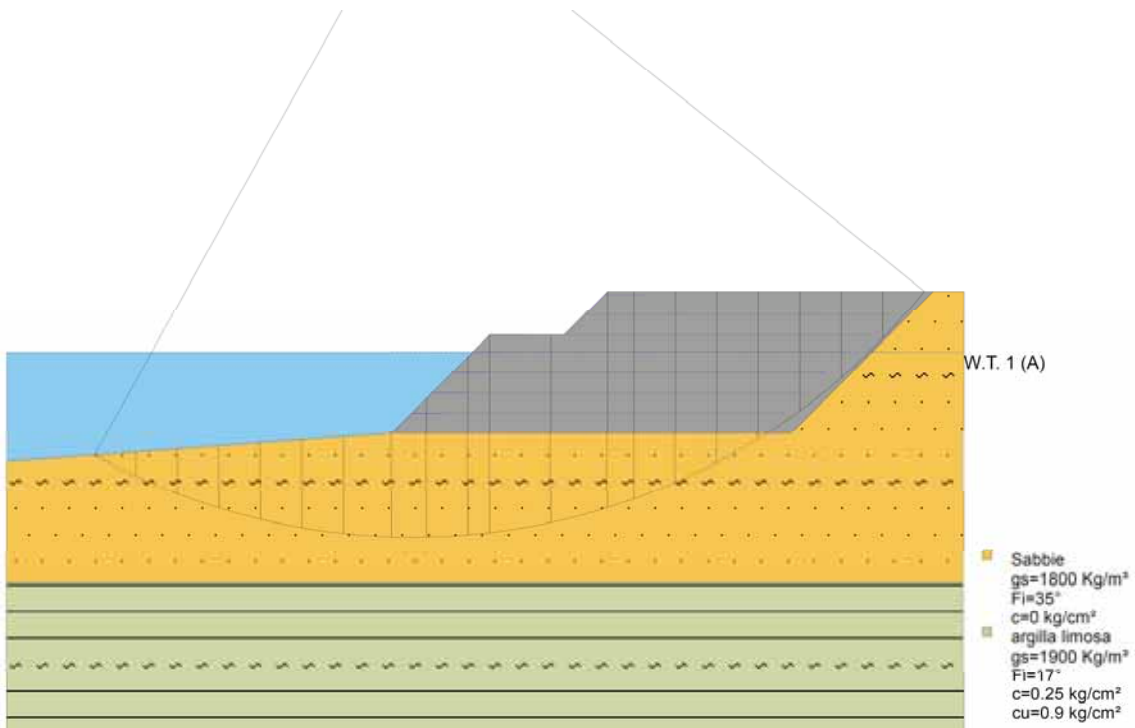


Figura 191 - Rappresentazione grafica della superficie maggiormente critica (FS = 1.20)

Di seguito si riportano le risultanze del calcolo per la superficie maggiormente critica, mentre si rimanda all'allegato 11 per i tabulati rappresentativi dei coefficienti di sicurezza per tutte le altre superfici esaminate.

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,2
Ascissa centro superficie	12,0 m
Ordinata centro superficie	17,1 m
Raggio superficie	19,35 m

**xc = 12,00 yc = 17,10 Rc = 19,346 Fs=1,198**

Nr.	B m	Alfa (°)	L <sub>i</sub> m	W <sub>i</sub> (Kg)	K <sub>h</sub> •W <sub>i</sub> (Kg)	K <sub>v</sub> •W <sub>i</sub> (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	U <sub>i</sub> (Kg)	N' <sub>i</sub> (Kg)	T <sub>i</sub> (Kg)
1	1,23	-27,0	1,38	364,67	7,04	3,5	0,0	29,3	4120,6	537,7	251,4
2	1,23	-23,0	1,33	1014,47	19,58	9,74	0,0	29,3	4821,9	1375,6	643,2
3	1,23	-19,1	1,3	1566,34	30,23	15,04	0,0	29,3	5400,7	1978,8	925,2
4	1,23	-15,3	1,27	2027,72	39,13	19,47	0,0	29,3	5866,5	2411,4	1127,5
5	1,23	-11,6	1,25	2404,04	46,4	23,08	0,0	29,3	6225,9	2714,3	1269,1
6	1,23	-7,9	1,24	2699,21	52,09	25,91	0,0	29,3	6483,8	2914,2	1362,6
7	1,42	-4,0	1,42	3391,02	65,45	32,55	0,0	29,3	7699,7	3512,9	1642,5
8	1,03	-0,3	1,03	2976,25	57,44	28,57	0,0	29,3	5652,0	2984,2	1395,3
9	1,23	3,0	1,23	4614,16	89,05	44,3	0,0	29,3	6675,7	4509,2	2108,4
10	0,64	5,8	0,64	6398,92	123,5	61,43	0,0	29,3	3445,0	2834,5	1325,3
11	1,81	9,5	1,84	18466,39	356,4	177,28	0,0	29,3	9432,7	8495,9	3972,4
12	1,68	14,8	1,74	17203,63	332,03	165,15	0,0	29,3	8118,9	8364,3	3910,9
13	0,77	18,5	0,82	8444,78	162,98	81,07	0,0	29,3	3452,9	4551,5	2128,1
14	1,23	21,7	1,32	12590,67	243,0	120,87	0,0	29,3	5029,5	6861,2	3208,1
15	1,23	25,7	1,36	11404,67	220,11	109,48	0,0	29,3	4370,6	6372,3	2979,5
16	1,23	29,8	1,41	9983,94	192,69	95,85	0,0	29,3	3581,4	5819,6	2721,1
17	1,23	34,1	1,48	8300,28	160,2	79,68	0,0	29,3	2646,0	5186,0	2424,8
18	1,23	38,6	1,57	6313,89	121,86	60,61	0,0	29,3	1542,4	4445,5	2078,6
19	1,23	43,4	1,69	3966,76	76,56	38,08	0,0	29,3	238,5	3558,1	1663,6
20	1,23	48,6	1,86	1432,21	27,64	13,75	0,0	29,3	0,0	1415,7	661,9

Si allegano inoltre i risultati per via grafica, dato il cospicuo numero di superfici analizzate, delle verifiche di stabilità interna in termini di Tieback e Compound, unitamente al risultato numerico per la superficie maggiormente critica. Nell'immagine sottostante la superficie evidenziata in nero è quella che mostra il minore coefficiente di sicurezza.

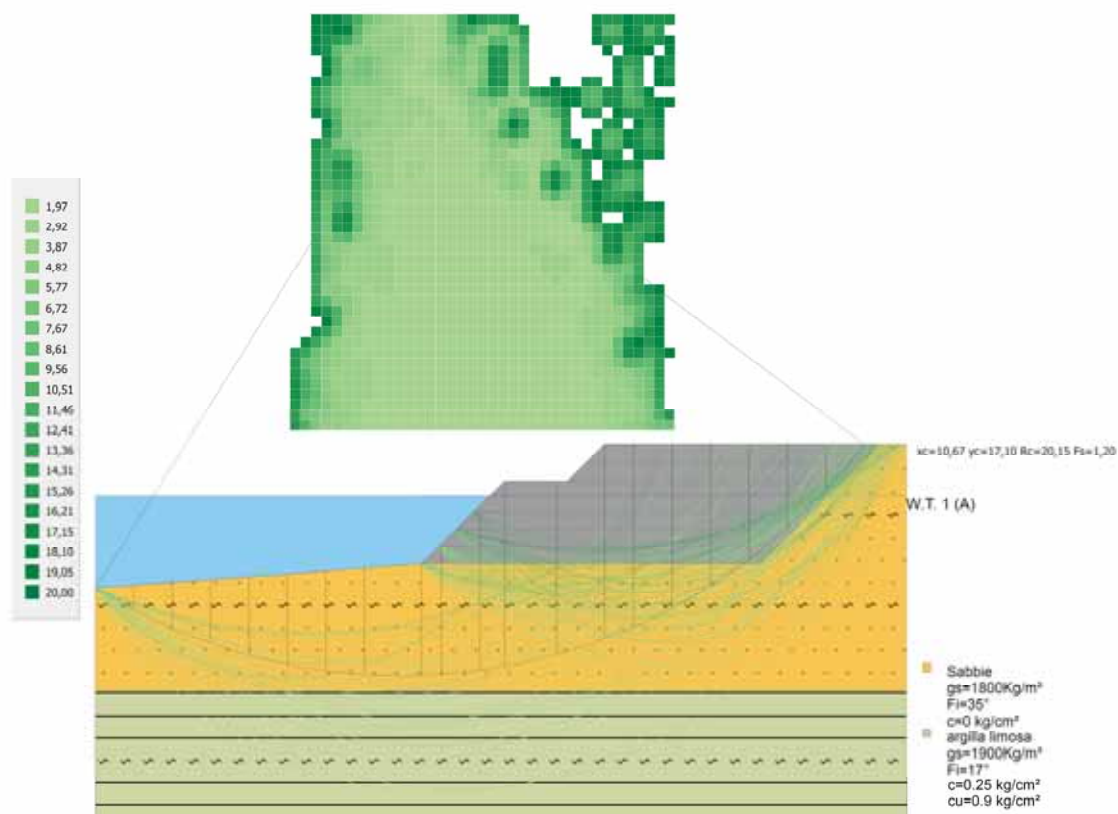


Figura 192 - Rappresentazione grafica globale delle verifiche interne di Tieback and Compound

### Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1,2
Ascissa centro superficie	10,67 m
Ordinata centro superficie	17,1 m
Raggio superficie	20,15 m

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

**xc = 10,667 yc = 17,10 Rc = 20,154 Fs=1,202**

Nr.	B m	Alfa (°)	L <sub>i</sub> m	W <sub>i</sub> (Kg)	K <sub>h</sub> •W <sub>i</sub> (Kg)	K <sub>v</sub> •W <sub>i</sub> (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	U <sub>i</sub> (Kg)	N' <sub>i</sub> (Kg)	T <sub>i</sub> (Kg)
1	1,34	-29,8	1,54	482,22	9,31	4,63	0,0	29,3	4861,1	757,2	352,7
2	1,34	-25,5	1,48	1339,26	25,85	12,86	0,0	29,3	5799,7	1905,9	887,9
3	1,34	-21,3	1,44	2066,14	39,88	19,83	0,0	29,3	6575,7	2709,7	1262,4
4	1,34	-17,3	1,4	2674,62	51,62	25,68	0,0	29,3	7203,6	3274,6	1525,5
5	1,34	-13,3	1,38	3173,16	61,24	30,46	0,0	29,3	7694,1	3664,3	1707,1
6	1,34	-9,4	1,36	3567,86	68,86	34,25	0,0	29,3	8054,8	3919,3	1825,9
7	1,34	-5,6	1,35	3862,88	74,55	37,08	0,0	29,3	8290,9	4065,9	1894,1
8	1,99	-0,8	1,99	6084,3	117,43	58,41	0,0	29,3	12505,2	6125,8	2853,8
9	0,69	3,0	0,69	2321,01	44,8	22,28	0,0	29,3	4308,2	2268,9	1057,0
10	1,34	5,9	1,35	5518,97	106,52	52,98	0,0	29,3	8275,8	5293,9	2466,2
11	0,87	9,1	0,88	9558,6	184,48	91,76	0,0	29,3	5249,9	4061,5	1892,1
12	1,81	13,0	1,86	20282,02	391,44	194,71	0,0	29,3	10441,7	9120,0	4248,7
13	1,68	18,1	1,77	18570,82	358,42	178,28	0,0	29,3	8878,4	8849,4	4122,6
14	1,0	22,2	1,08	11521,6	222,37	110,61	0,0	29,3	4796,8	6103,2	2843,3
15	1,34	25,8	1,49	14177,45	273,62	136,1	0,0	29,3	5727,7	7660,1	3568,6
16	1,34	30,1	1,55	12461,94	240,52	119,63	0,0	29,3	4774,7	6996,4	3259,4
17	1,34	34,6	1,63	10412,98	200,97	99,96	0,0	29,3	3636,3	6231,3	2902,9
18	1,34	39,4	1,74	7976,0	153,94	76,57	0,0	29,3	2282,5	5329,6	2482,9
19	1,34	44,6	1,88	5069,37	97,84	48,67	0,0	29,3	667,7	4235,3	1973,1
20	1,34	50,2	2,1	1818,09	35,09	17,45	0,0	29,3	0,0	1822,1	848,9

Analisi dinamica in condizioni straordinarie di possibile liquefazione

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	44,200861/12,402285
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	20,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,0
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Residuo
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	0,0 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	5,5 m
Ascissa vertice destro superiore xs	20,0 m
Ordinata vertice destro superiore ys	20,0 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	15,0
Numero di celle lungo y	15,0

Coefficienti sismici [N.T.C.] - Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	Ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,49	2,44	0,27
S.L.D.	50,0	0,63	2,47	0,28
S.L.V.	475,0	1,76	2,53	0,29
S.L.C.	975,0	2,3	2,53	0,3

### Coefficienti sismici orizzontali e verticali

S.L. Stato limite	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]	K <sub>h</sub> [-]	K <sub>v</sub> [-]
S.L.O.	0,735	0,2	0,015	0,0075
S.L.D.	0,945	0,2	0,0193	0,0096
S.L.V.	2,5125	0,24	0,0615	0,0307
S.L.C.	3,0911	0,28	0,0883	0,0441

Coefficiente azione sismica orizzontale

0,062

Coefficiente azione sismica verticale

0,031

### Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	0,0
2	11,37	0,84
3	14,27	3,74
4	16,47	3,74
5	17,76	5,03
6	27,37	5,03
7	27,37	5,03
8	27,37	5,03
9	27,37	5,03
10	27,37	5,03
11	27,37	5,03
12	27,37	5,03
13	27,37	5,03
14	27,37	5,03
15	27,76	5,03
16	28,28	5,03

### Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0,0	3,23
2	13,96	3,23
3	28,28	3,23

### 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	Si

### Stratigrafia

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

Strato	C (kg/cm <sup>2</sup> )	C <sub>u</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	Litologia
1	0	0	35	1600	1800	Sabbie
2	0.25	0.9	17	1800	1900	Arg. limosa

### Rinforzi

No	Tipologia	Resistenza sfilamento (Kg)
1	Tenax TT 60	9680,68
2	Tenax TT 60	8659,952
3	Tenax TT 60	7665,925
4	Tenax TT 60	6707,124
5	Tenax TT 60	5796,128
6	Tenax TT 60	5087,156
7	Tenax TT 60	4322,607



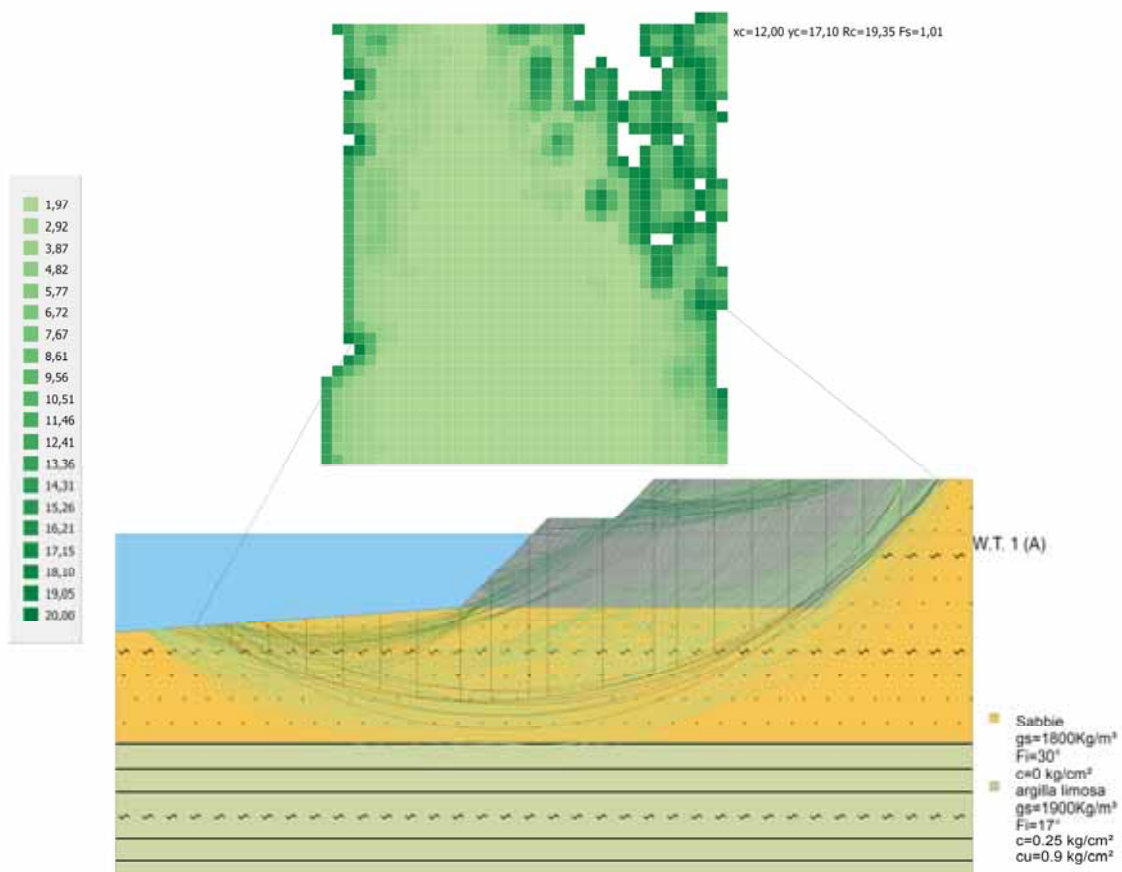


Figura 193 - Rappresentazione grafica delle superfici critiche analizzate (Verde = Soddisfa le verifiche)

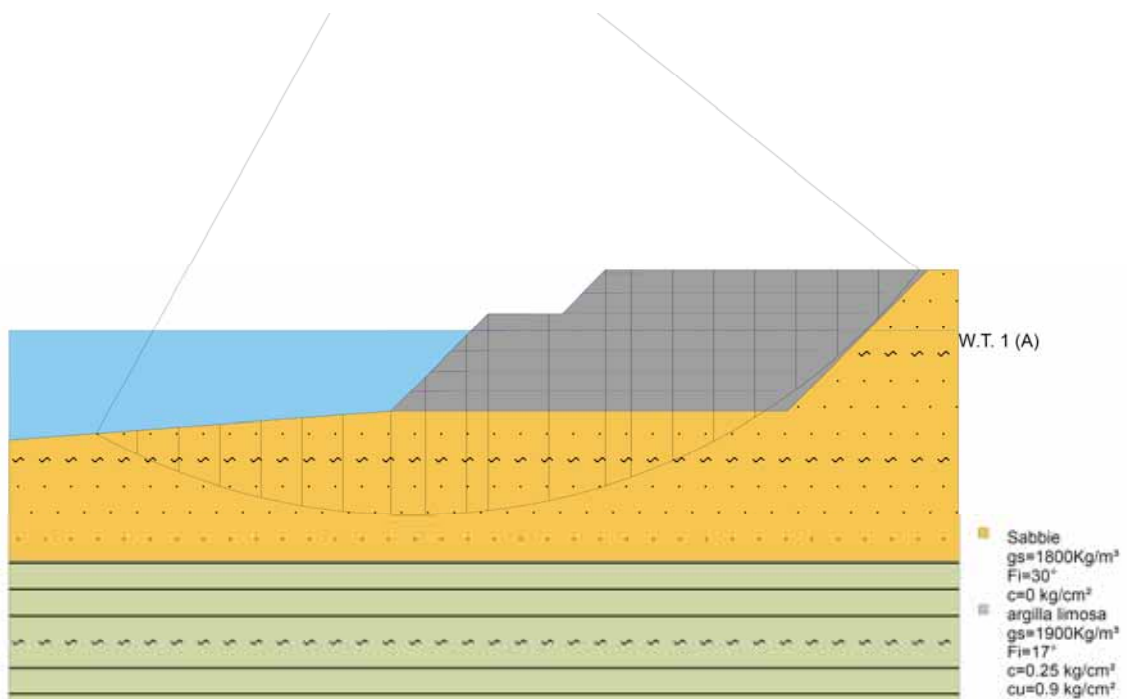


Figura 194 - Rappresentazione grafica della superficie maggiormente critica (FS = 1.01)

Di seguito si riportano le risultanze del calcolo per la superficie maggiormente critica, mentre si rimanda all'allegato 12 per i tabulati rappresentativi dei coefficienti di sicurezza per tutte le altre superfici esaminate.

Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,01
Ascissa centro superficie	12,0 m
Ordinata centro superficie	17,1 m
Raggio superficie	19,35 m

**xc = 12,00 yc = 17,10 Rc = 19,346 Fs=1,005**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1,23	-27,0	1,38	364,67	22,61	11,3	0,0	24,8	4120,6	567,9	310,7
2	1,23	-23,0	1,33	1014,47	62,9	31,45	0,0	24,8	4821,9	1436,1	785,6
3	1,23	-19,1	1,3	1566,34	97,11	48,56	0,0	24,8	5400,7	2046,1	1119,3
4	1,23	-15,3	1,27	2027,72	125,72	62,86	0,0	24,8	5866,5	2473,2	1352,9
5	1,23	-11,6	1,25	2404,04	149,05	74,53	0,0	24,8	6225,9	2764,1	1512,0
6	1,23	-7,9	1,24	2699,21	167,35	83,68	0,0	24,8	6483,8	2949,0	1613,2
7	1,42	-4,0	1,42	3391,02	210,24	105,12	0,0	24,8	7699,7	3533,0	1932,6
8	1,03	-0,3	1,03	2976,25	184,53	92,26	0,0	24,8	5652,0	2985,5	1633,2
9	1,23	3,0	1,23	4614,16	286,08	143,04	0,0	24,8	6675,7	4490,8	2456,6
10	0,64	5,8	0,64	6398,92	396,73	198,37	0,0	24,8	3445,0	2812,9	1538,7
11	1,81	9,5	1,84	18466,39	1144,92	572,46	0,0	24,8	9432,7	8392,7	4591,1
12	1,68	14,8	1,74	17203,63	1066,63	533,31	0,0	24,8	8118,9	8211,2	4491,8
13	0,77	18,5	0,82	8444,78	523,58	261,79	0,0	24,8	3452,9	4449,0	2433,7
14	1,23	21,7	1,32	12590,67	780,62	390,31	0,0	24,8	5029,5	6683,0	3655,8
15	1,23	25,7	1,36	11404,67	707,09	353,54	0,0	24,8	4370,6	6179,6	3380,4
16	1,23	29,8	1,41	9983,94	619,0	309,5	0,0	24,8	3581,4	5618,1	3073,3
17	1,23	34,1	1,48	8300,28	514,62	257,31	0,0	24,8	2646,0	4982,6	2725,6
18	1,23	38,6	1,57	6313,89	391,46	195,73	0,0	24,8	1542,4	4249,3	2324,5
19	1,23	43,4	1,69	3966,76	245,94	122,97	0,0	24,8	238,5	3381,9	1850,0
20	1,23	48,6	1,86	1432,21	88,8	44,4	0,0	24,8	0,0	1336,9	731,3

Si allegano inoltre i risultati per via grafica, dato il cospicuo numero di superfici analizzate, delle verifiche di stabilità interna in termini di Tieback e Compound, unitamente al risultato numerico per la superficie maggiormente critica. Nell'immagine sottostante la superficie evidenziata in nero è quella che mostra il minore coefficiente di sicurezza.

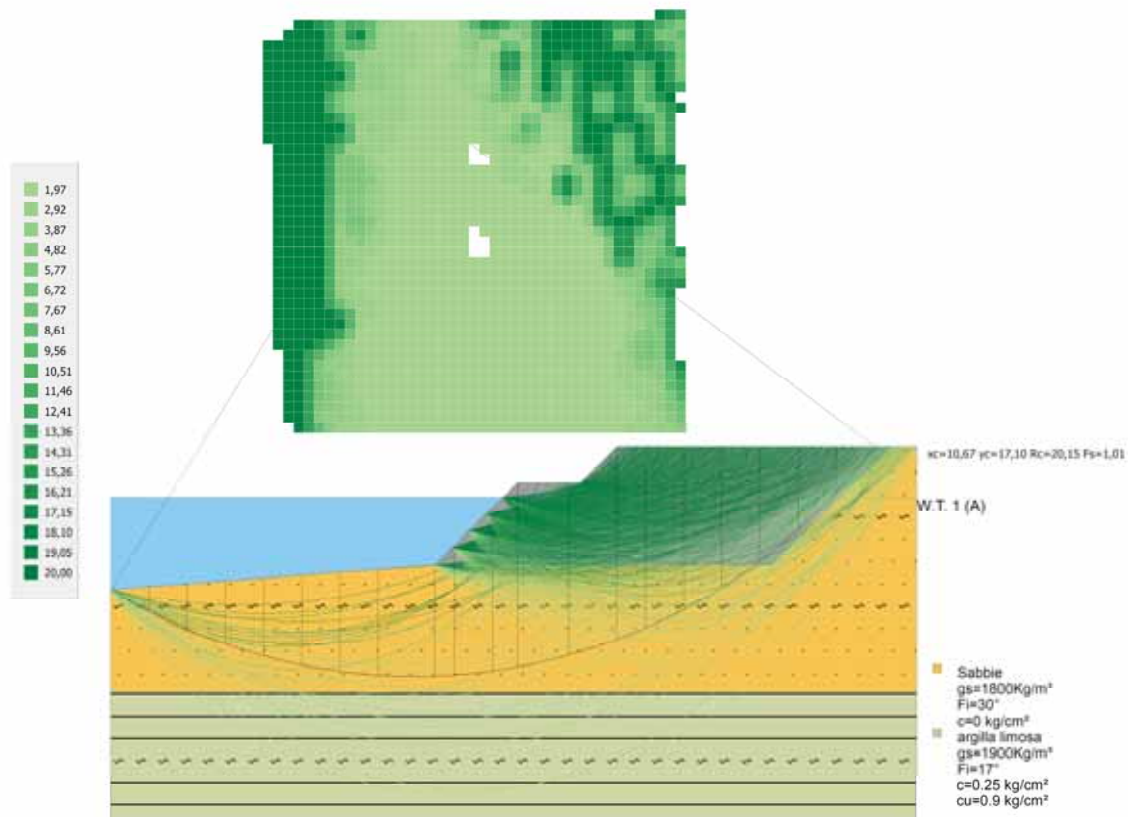


Figura 195 - Rappresentazione grafica globale delle verifiche interne di Tieback and Compound

### Risultati analisi pendio

Fs minimo individuato	1,01
Ascissa centro superficie	10,67 m
Ordinata centro superficie	17,1 m
Raggio superficie	20,15 m

**xc = 10,667 yc = 17,10 Rc = 20,154 Fs=1,014**

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1,34	-29,8	1,54	482,22	29,9	14,95	0,0	24,8	4861,1	805,2	436,7

2	1,34	-25,5	1,48	1339,26	83,03	41,52	0,0	24,8	5799,7	1999,4	1084,3
3	1,34	-21,3	1,44	2066,14	128,1	64,05	0,0	24,8	6575,7	2812,2	1525,2
4	1,34	-17,3	1,4	2674,62	165,83	82,91	0,0	24,8	7203,6	3368,2	1826,7
5	1,34	-13,3	1,38	3173,16	196,74	98,37	0,0	24,8	7694,1	3740,3	2028,5
6	1,34	-9,4	1,36	3567,86	221,21	110,6	0,0	24,8	8054,8	3973,9	2155,2
7	1,34	-5,6	1,35	3862,88	239,5	119,75	0,0	24,8	8290,9	4097,9	2222,4
8	1,99	-0,8	1,99	6084,3	377,23	188,61	0,0	24,8	12505,2	6132,6	3325,9
9	0,69	3,0	0,69	2321,01	143,9	71,95	0,0	24,8	4308,2	2260,1	1225,7
10	1,34	5,9	1,35	5518,97	342,18	171,09	0,0	24,8	8275,8	5254,3	2849,6
11	0,87	9,1	0,88	9558,6	592,63	296,32	0,0	24,8	5249,9	4015,9	2178,0
12	1,81	13,0	1,86	20282,02	1257,49	628,74	0,0	24,8	10441,7	8977,4	4868,8
13	1,68	18,1	1,77	18570,82	1151,39	575,7	0,0	24,8	8878,4	8661,5	4697,4
14	1,0	22,2	1,08	11521,6	714,34	357,17	0,0	24,8	4796,8	5947,5	3225,6
15	1,34	25,8	1,49	14177,45	879,0	439,5	0,0	24,8	5727,7	7435,7	4032,7
16	1,34	30,1	1,55	12461,94	772,64	386,32	0,0	24,8	4774,7	6760,3	3666,4
17	1,34	34,6	1,63	10412,98	645,6	322,8	0,0	24,8	3636,3	5991,7	3249,5
18	1,34	39,4	1,74	7976,0	494,51	247,26	0,0	24,8	2282,5	5097,8	2764,7
19	1,34	44,6	1,88	5069,37	314,3	157,15	0,0	24,8	667,7	4027,3	2184,1
20	1,34	50,2	2,1	1818,09	112,72	56,36	0,0	24,8	0,0	1720,8	933,2

### 6.7.3.1 Considerazioni sullo stato di progetto

Come possibile osservare dalle elaborazioni effettuate per le condizioni maggiormente critiche, il risultato mostra una sostanziale efficacia dell'intervento di consolidamento delle sponde in quanto si ottengono adeguati margini di sicurezza in termini di stabilità del pendio rinforzato sia rispetto alle azioni indotte dal traffico veicolare sia rispetto all'azione indotta dal sisma di progetto.

Risulta infatti quanto segue:

TABELLA RIASSUNTIVA DELL'ELABORAZIONE NUMERICA - COEFFICIENTI FS RAGGIUNTI							
Ante Operam - Stato di Fatto			Post Operam - Stato di Progetto				
	Modello statico	Modello dinamico		Modello statico	Condizione		Modello dinamico
FS	0,509	0,418			Sism. Ordinaria		1,030
	FS	1,223	FS	1,223	Sism. Fatta -80,0	FS	1,123
					Sism. Fatta +120,0		1,010
					S.L.D.		1,198
					Liquefazione		1,005

## 6.8 *Prescrizioni costruttive*

Ai fini della corretta costruzione della struttura in terra rinforzata si dovranno eseguire le seguenti operazioni:

- Realizzazione delle piste di cantiere per l'accesso dei mezzi d'opera;
- Gradonatura del piano di posa;
- Messa in piano del terreno per livellare la base fino alla quota di imposta della terra rinforzata;
- Posa di una fila di casseri in rete elettrosaldata e fissaggio dei tiranti uncinati;
- Taglio a misura e stesa dei teli di Geogriglie, lasciando la lunghezza di risvolto all'esterno dei casseri;
- Taglio a misura e posa delle biostuoie all'interno del risvolto delle Geogriglie;
- Stesa di uno spessore di 300 mm di terreno vegetale a ridosso della facciata;
- Stesa del terreno di riempimento in 2 strati di 300 mm di spessore finito e compattazione di ogni strato fino a densità corrispondente al 95 % della densità massima da prova Proctor Standard adottando un compattatore vibrante fino a 1,0 m di distanza dalla facciata; in prossimità della facciata si utilizzerà un compattatore leggero a piastra;
- Costruzione degli strati rinforzati fino alla quota di estradosso della sponda, tenendo presenti le lunghezze delle geogriglie specificate nei disegni di progetto;
- Per lo strato superiore di geogriglie l'altezza del cassero e lo spessore di terreno fino al risvolto dovranno essere adattati in funzione dell'altezza disponibile;
- Esecuzione delle opere di finitura e completamento.

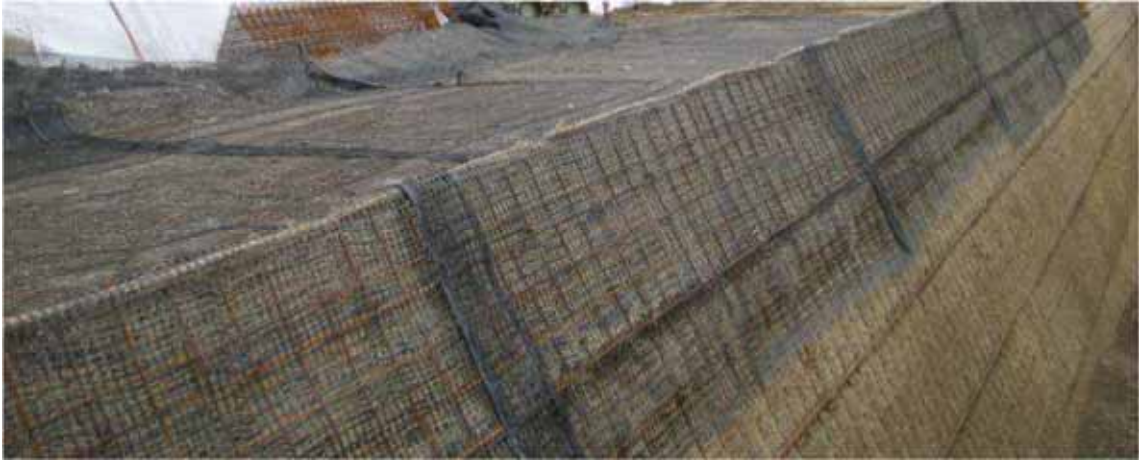
Particolare attenzione va riservata alla posa in opera della terra rinforzata e al costipamento del terreno di riempimento fino a densità uguale o superiore al 95 % della densità massima da prova Proctor Standard. Il terreno di costruzione delle terre rinforzate deve rispettare le caratteristiche geotecniche previste; e qualora si riscontrassero caratteristiche inferiori, il terreno dovrà essere adeguatamente miscelato con terreno di migliori caratteristiche.

Qualora durante l'esecuzione dei lavori si venisse a conoscenza di nuovi dati non conformi a quanto esposto nella presente relazione o risultasse necessario variare le

quote di progetto o la distribuzione dei carichi qui previsti, dovranno essere riviste le verifiche di stabilità in corso d'opera come previsto dalla Normativa vigente. Particolare attenzione va riservata inoltre al drenaggio dell'acqua d'infiltrazione e delle precipitazioni meteoriche che dovranno essere adeguatamente captate e convogliate. Di seguito si allegano alcune fotografie relative alle modalità ed alle fasi esecutive.











## 6.9 Valutazioni economiche e realizzative

Lo scopo del presente capitolo è quello di realizzare un confronto in termini economici e realizzativi tra opere di consolidamento arginale e spondale mediante l'impiego di terre rinforzate con geosintetici rispetto ad altre tipologie di consolidamento esistenti e comunemente offerte dal mercato. In particolare si analizzeranno i vantaggi e gli svantaggi offerti dall'impiego della tecnica del *Jet Grouting*, ossia uno dei metodi di miglioramento delle caratteristiche del terreno più recenti che, sfruttando l'effetto di getti fluidi ad altissima velocità, provvede alla disgregazione del terreno ed alla contemporanea miscelazione o sostituzione con una sospensione stabilizzante a base di cemento. I procedimenti esecutivi attualmente in uso, con denominazioni diverse attribuite dalle imprese specializzate, possono essere ricondotte sostanzialmente a tre categorie fondamentali contraddistinte dal numero di fluidi utilizzati e precisamente:

- Monofluido: Miscela cementizia;
- Bifluido: Miscela cementizia ed aria compressa;
- Trifluido: Acqua, aria compressa e miscela cementizia.

I fluidi sono iniettati per mezzo di ugelli predisposti all'estremità di una batteria di aste animate da un moto roto-traslazionale, realizzando elementi colonnari di terreno trattato con diametri variabili dall'ordine dei 0.50 ml fino ad oltre 2.00 ml a seconda del sistema, dei parametri operativi e delle caratteristiche geotecniche dei terreni. Di seguito si riporta uno schema esemplificativo della strumentazione necessaria per la realizzazione del trattamento colonnare:

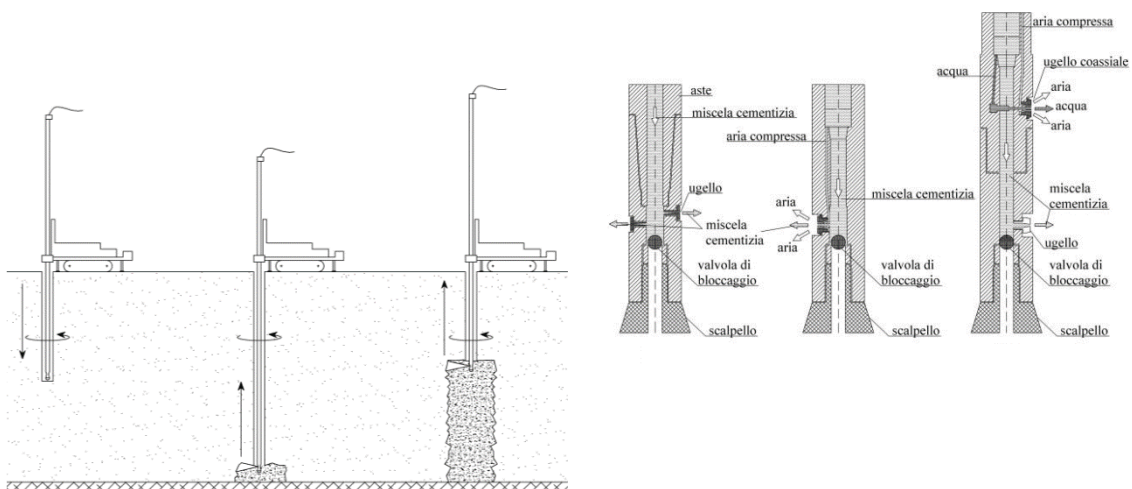


Figura 196 - Schema tipologico del trattamento con Jet Grouting e sonde strumentate

Ai fini della presente analisi si prenderanno in considerazione i costi di realizzazione per metro quadrato di fronte d'opera, escludendo dal computo i margini di impresa, gli oneri per la sicurezza ed i costi per l'approntamento di cantiere; si considererà altresì che vengano realizzati trattamenti colonnari di diametro reso pari a 600 mm, disposti ad interasse di 100.0 cm ed a quinconce. Risulta pertanto che, in relazione alle condizioni sopracitate, il numero di trattamenti nell'area di interesse sia pari a 1.16.

### Trattamento colonnare con Jet Grouting

Il costo complessivo per metro lineare di sviluppo di una colonna di *Jet Grouting* di diametro reso pari a 600 mm varia approssimativamente tra i 180 €/ml ed i 200 €/ml come esplicitato nel prezziario della Regione Emilia-Romagna redatto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, di cui se ne riporta uno stralcio:

<b>3.01.12</b>	Formazione di colonna di terreno consolidato (jet grouting) del diametro non inferiore a cm 60 e della profondità fino a m 20, senza asportazione di materiale ed alterazione della zona circostante, mediante introduzione a rotazione di aste del diametro opportuno, che vengono ritirate e ruotate a velocità prefissata iniettando ad alta pressione, attraverso apposite valvole, una miscela acqua-cemento in quantità predeterminata in base al tipo di terreno da attraversare onde ottenere lungo tutta la colonna, una resistenza a compressione del terreno consolidato non inferiore a 100 kg/cmq, compresa l'attrezzatura necessaria, l'onere della perforazione a vuoto, l'attraversamento di trovanti, la fornitura dei materiali e quanto altro occorre per dare il lavoro finito a regola d'arte.	m	160,89
<b>3.01.13</b>	Attraversamento a vuoto di terreno per realizzazione di pali colonnari profondi, con macchina perforatrice a rotazione o rotopercolazione, di terreni di qualunque natura e consistenza compreso la presenza di ghiaia ma con esclusione della roccia, fino al piano di imposta della colonna di terreno consolidato (diversa dalla quota di perforazione) e con esclusione del primo metro. Prezzo per metro lineare di terreno attraversato	m	22,00

Figura 197 - Estratto del prezziario della Regione Emilia-Romagna per opere edili e marittime

In definitiva, applicando il trattamento colonnare alla sola banca inferiore, per il caso in esame si ottiene:

$$1.16 \cdot 180 \cdot 1.00 \cong 210.0 \frac{\text{€}}{mq_{par}}$$

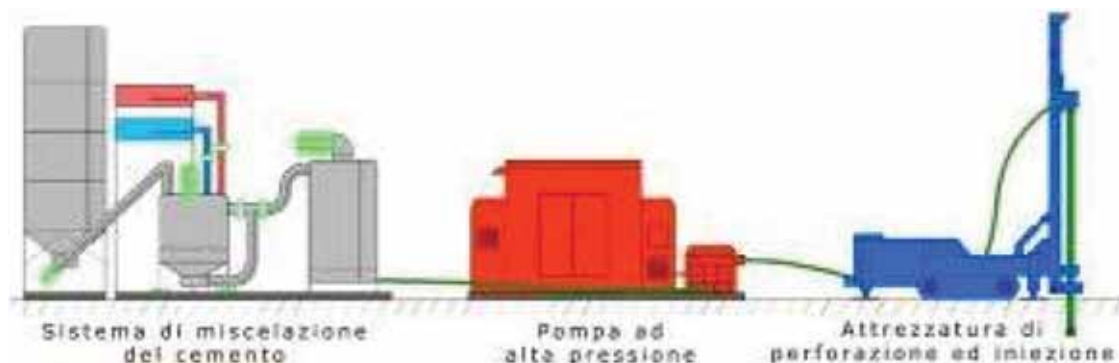


Figura 198 - Schema di cantierizzazione per trattamenti colonnari (Jet Grouting)



*Figura 199 - Panoramica dell'attrezzatura di perforazione*



*Figura 200 - Dettaglio macchinari mobili*



*Figura 201 - Dettaglio Consolidamento al piede di un pendio*

Opera in terra rinforzata con geogriglie in HDPE

Oggetto	Unità di misura	Quantità per mq di paramento
<b>Manodopera</b>		
Operaio specializzato	Ora	0.30
Operaio comune	Ora	0.30
<b>Noli</b>		
Pala caricatrice articolata	Ora	0.20
Piastra vibrante	Ora	0.20
Rullo compressore	Ora	0.005
<b>Materiali</b>		
Geogriglia in HDPE	Mq	38.00
Cassero a perdere	Kg	9.20
Tiranti e picchetti	Kg	1.00
Terreno vegetale	Mc	0.60
Talee	N.	15
Idrosemina	Mq	1.00
<b>Prezzo di applicazione [€/mq<sub>par</sub>]</b>		<b>170.00</b>

In definitiva l'utilizzo di terre rinforzate con geosintetici per il consolidamento di argini e sponde offre numerosi vantaggi sia dal punto di vista tecnico che soprattutto economico in quanto, come possibile osservare dalla precedente elaborazione, il costo per la pura opera varia di circa il 30% a sfavore dell'impiego della tecnica del *Jet Grouting*. In particolare l'impiego di rinforzi geosintetici a trazione, risolve in maniera disinvolta il problema dei consolidamenti in zona sismica poiché le terre rinforzate riescono ad assorbire deformazioni e sollecitazioni indotte dal sisma anche di notevole entità, senza peraltro pregiudicare la funzionalità stessa dell'opera. Al contrario, le comuni strutture rigide a gravità, poste nelle stesse condizioni rischiano di collassare, come documentato dall'ampia bibliografia esistente sull'argomento. Dal punto di vista economico sono molteplici gli aspetti fondamentali da considerare rispetto all'esecuzione del consolidamento colonnare con *Jet Grouting* oltre al costo intrinseco dei due metodi:

- Minori oneri e spazi di cantierizzazione;
- Minori oneri dovuti all'impiego di squadre composte da un numero inferiore di uomini e mezzi;

- Possibilità di utilizzare per la costruzione dei rilevati lo stesso terreno che deriva dagli sbancamenti e dalla risagomatura dei profili esistenti, eliminando così i costi di prelievo e trasporto;
- Notevole velocità di messa in opera delle strutture stesse;
- Non richiede opere di finitura aggiuntive.



*Figura 202 - Dettaglio protezione superficiale della terra rinforzata*



*Figura 203 - Dettaglio rinverdimento e protezione della sponda*

## ***CONCLUSIONI***

Durante la redazione della presente tesi di laurea, divisa essenzialmente in due parti fondamentali, di cui una improntata all'analisi teorica e l'altra legata agli aspetti progettuali con applicazione ad un caso reale, si è cercato di approfondire il tema relativo al consolidamento di argini e sponde di fiumi e canali attraverso l'impiego delle terre rinforzate con geosintetici ed in particolare utilizzando geogriglie in H.D.P.E. L'applicazione di tale tecnica, fondata sul principio storico dell'inserimento di materiale resistente a trazione nei terreni, ha riscontrato negli ultimi anni un notevole sviluppo in quanto risponde con risultati eccellenti sia alle richieste di soddisfacimento dei requisiti normativi in termini di stabilità e di risposta all'azione indotta dal sisma, sia alla maggiore sensibilità delle amministrazioni a realizzare opere che si inseriscano “naturalmente” nel contesto urbano ed extraurbano.

Dopo una panoramica sui principi di funzionamento del sistema terreno-rinforzi, si è cercato nel **capitolo 3** di fornire un approfondito inquadramento normativo che prendesse in considerazione quale sia l'approccio fornito dalle varie nazioni ai fini del dimensionamento delle opere in terra rinforzata. In particolare si sono valutati i diversi approcci forniti dalle linee guida anglosassoni **BS 8006-1 (2010)**, dalle linee guida americane **FHWA NHI-10-024** e dalle linee guida tedesche **EBGEO**. Lo scopo principale di questa rassegna è stato quello di osservare in che modo gli altri paesi affrontino il problema della progettazione delle opere in terra rinforzata rispetto alla normativa vigente in Italia, rappresentata dal D.M. 14.01.2008 e relativa circolare applicativa 617/2009. Dallo studio della sopracitata documentazione risulta evidente che le linee guida estere a cui si è fatto esplicito riferimento siano specifiche per la tipologia di opere in oggetto rispetto alla norma italiana, la quale sostanzialmente considera i manufatti in terra rinforzata fra le costruzioni di tipo misto senza fornire alcun riferimento progettuale ed esecutivo specifici. Alla stato attuale è in corso lo studio e la redazione di linee guida italiane in seguito alla diffusione ed all'efficacia mostrata dalle opere in oggetto al fine di fornire al progettista un utile ed indispensabile strumento di calcolo relativo alle modalità di progetto, di verifica, di esecuzione e di dettaglio costruttivo.

Successivamente, nei **capitoli 4 e 5**, si è cercato di fornire indicazioni dettagliate sulla caratterizzazione reologica e meccanica dei materiali di rinforzo, descrivendone le proprietà fisiche ed il comportamento meccanico in condizioni di interazione con il terreno di riempimento, e sul dimensionamento di pendii in terra rinforzata, analizzandone i fondamenti teorici e la metodologia di calcolo comunemente impiegata nelle verifiche di stabilità in ogni particolare caso di potenziale meccanismo di scorrimento.

Nella seconda parte, definiti i presupposti teorici alla base delle opere in terra rinforzata, si è proceduto a fornire un inquadramento generale dell'area oggetto di intervento, evidenziando le criticità legate allo stato dei luoghi. Esse consistevano principalmente nel fatto che le sponde si presentassero in condizioni di parziale o avanzato dissesto e con evidenti microfratture, crepe e lievi smottamenti del terreno dovuti principalmente al dilavamento ed all'erosione. Così come prevedeva il progetto originale, dal quale ha preso spunto la redazione della presente tesi di laurea, si è scelto di adottare una metodologia di consolidamento tale da conferire al sistema un profilo più morbido ed adeguati margini di sicurezza nei confronti della stabilità, senza tralasciare l'importanza degli aspetti economici e realizzativi.

Dapprima sono state valutate approfonditamente e criticamente le risultanze delle prove effettuate *in situ* per la caratterizzazione dei terreni incoerenti, elaborando autonomamente i report di ogni indagine in funzione delle correlazioni fornite dai diversi autori e redigendo grafici di sintesi che fornissero una visione quanto più completa possibile di ciò che è stato ottenuto. Si sottolinea inoltre che, in relazione alla prova CPT1, è stata eseguito un approfondimento aggiuntivo, riportato al **capitolo 6.1.7**, poiché i risultati presenti nella relazione geologica di riferimento risultavano incongruenti con quanto riscontrato attraverso la lettura e l'autonoma elaborazione della prova stessa. Tali discordanze sono da ricondursi probabilmente ad errori di battitura e/o trascrizione, assumono un valore medio del 10% - 15% per il valore dell'angolo di attrito proprio dei terreni incoerenti e del 25% - 30% per le valutazioni relative ai parametri caratteristici propri dei terreni coesivi.



In relazione a quanto prescritto al capitolo 7.11.3.4 e C7.11.3.4 rispettivamente del D.M. 14.01.2008 e della circolare applicativa 617/2009, sono state condotte verifiche di liquefazione dei terreni incoerenti saturi a diversi livelli di profondità ed in relazione alle risultanze delle indagini *in situ* di tipo S.P.T. e C.P.T. Tali verifiche, eseguite secondo il metodo di Iwasaki, hanno evidenziato che l'area in oggetto riporta coefficienti di sicurezza, per un valore di Magnitudo momento  $M_w$  pari a 5.94 corrispondente ad un  $T_r$  di 475 anni, superiore all'unità escludendo così il verificarsi del fenomeno. È stato ritenuto comunque opportuno effettuare verifiche specifiche, data la localizzazione e la tipologia dei terreni interessati dall'intervento, in condizioni di massima azione esercitata dal sisma e di incipiente liquefazione, i cui risultati sono espressi in termini di coefficiente di sicurezza al **capitolo 6.7.3**.

Si è poi proceduto al dimensionamento vero e proprio dell'opera di consolidamento spondale, evidenziando i criteri di progettazione e modellazione della struttura, le prescrizioni sui materiali e valutando le azioni di calcolo sia in termini statici che dinamici.

In prima battuta sono state compiute verifiche sullo stato di fatto evidenziando che le sponde in tale configurazione ed in virtù delle prescrizioni normative vigenti mostrano evidenti sintomi di inadeguatezza sia a sopportare le sollecitazioni indotte dai carichi agenti in condizioni statiche sia le sollecitazioni indotte dall'azione sismica di progetto.

In ragione dei risultati ottenuti si è provveduto, quindi, alla progettazione dell'opera valutando, per la sezione maggiormente critica, le condizioni più sfavorevoli ed esprimendo i risultati in termini di coefficiente di sicurezza nei confronti della stabilità sia locale che globale:

- Verifiche interne del blocco rinforzato;
- Analisi dello stato di progetto in condizioni statiche e con carico stradale;
- Analisi dello stato di progetto in condizioni sismiche e configurazione definitiva con falda a quota del medio mare;
- Analisi dello stato di progetto in condizioni sismiche e configurazione definitiva con minimo carico idraulico (Falda a -0.80 m sul livello di medio mare);
- Analisi dello stato di progetto in condizioni sismiche e configurazione definitiva con massimo carico idraulico (Falda a +1.20 m sul livello di medio mare).

- Analisi dello stato di progetto in condizioni sismiche agli Stati Limite di Danno;
- Analisi dello stato di progetto in condizioni sismiche con parametri caratteristici ridotti conseguenti al manifestarsi del fenomeno di liquefazione delle sabbie sature.

In conclusione ed alla luce delle analisi svolte ed in relazione alle approfondite valutazioni numeriche effettuate per lo studio delle sponde in esame sia in termini di definizione del modello geotecnico sia di verifiche di stabilità, è possibile affermare che l'intervento di consolidamento mediante l'impiego di terre rinforzate con geosintetici generi un sostanziale miglioramento delle condizioni dei versanti presi in considerazione. Risulta infatti che nella condizione *ante operam* le sponde non siano in grado di soddisfare con adeguati margini di sicurezza ai requisiti normativi di stabilità in quanto il coefficiente di sicurezza è sempre inferiore all'unità per ogni condizione di sollecitazione indotta esaminata. Al contrario l'intervento di consolidamento così come proposto ed analizzato mostra che la risagomatura delle sponde e la realizzazione dei due ordini di terre rinforzate con geogriglie in H.D.P.E, comporterebbe un significativo incremento delle condizioni di sicurezza in tutte le condizioni ordinarie e straordinarie prese in considerazione evidenziando un approfondimento importante della superficie di scorrimento critica ed un conseguente aumento del raggio della stessa. In particolare si vuole mettere in luce il fatto che nella condizione limite di massima azione sismica e di incipiente liquefazione dei terreni incoerenti saturi, il coefficiente di sicurezza, anche se non di molto, rimane superiore all'unità mostrando ancora una volta l'efficacia dell'intervento in progetto.

Si sottolinea inoltre che l'impiego di tale metodologia di consolidamento, così come evidenziato al capitolo precedente della presente tesi di laurea, offre numerosi vantaggi anche dal punto di vista economico e realizzativo in quanto richiede minori risorse in termini di opere di cantierizzazione, materiali, mezzi e tempi di costruzione e soprattutto si mette in risalto il fatto che l'opera, dovendosi inserire in un contesto di importanza storica e naturalistica, non comporta modifiche sostanziali al paesaggio ed ai luoghi interessati, così come invece accadrebbe realizzando muri o diaframmi in conglomerato cementizio armato.

7 *ALLEGATI*

7.1 Allegato 1 – Reports Sondaggi e Prove S.P.T.

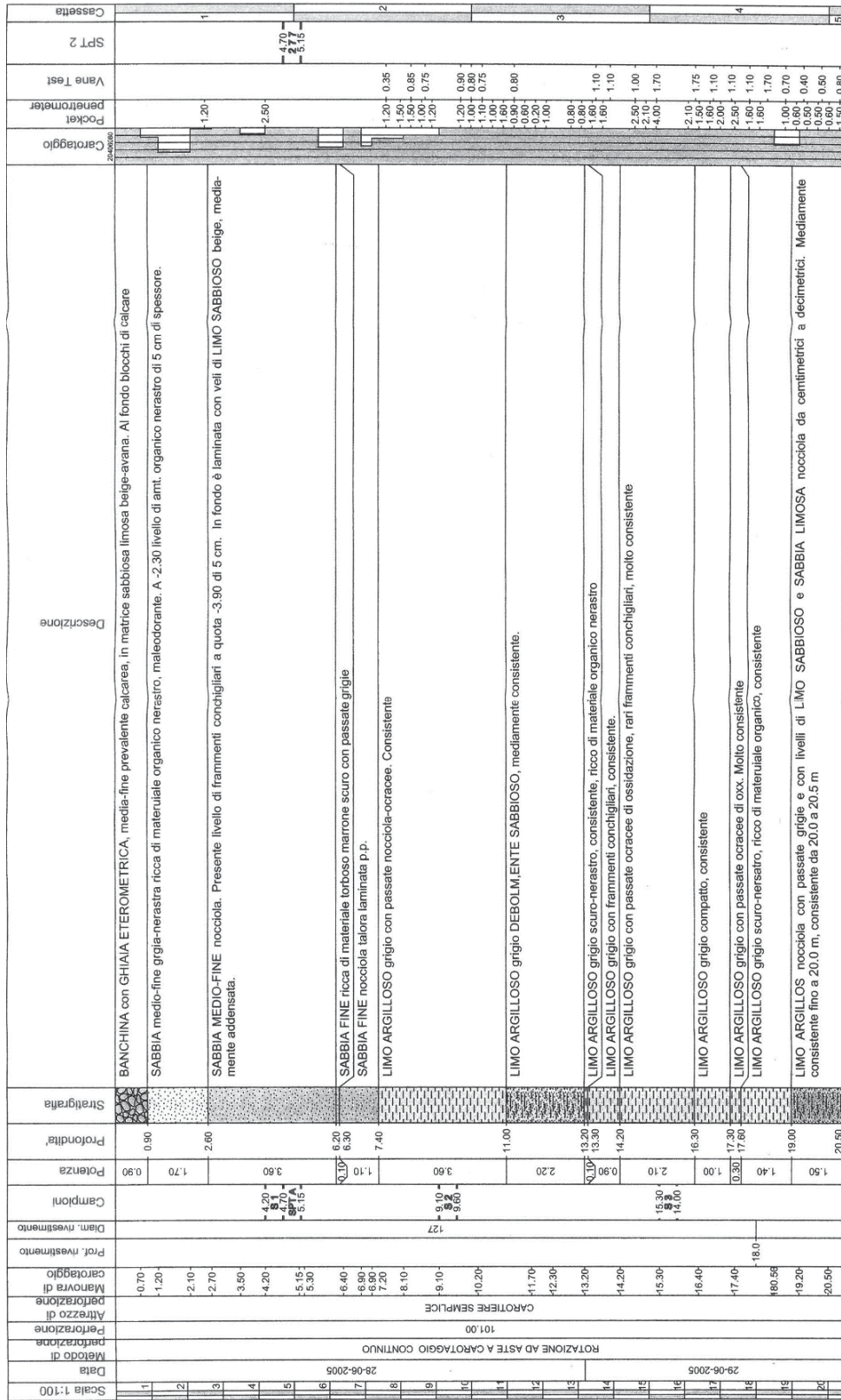


Figura 204 - Sondaggio N.1 (dal p.c. a -20.50 ml)

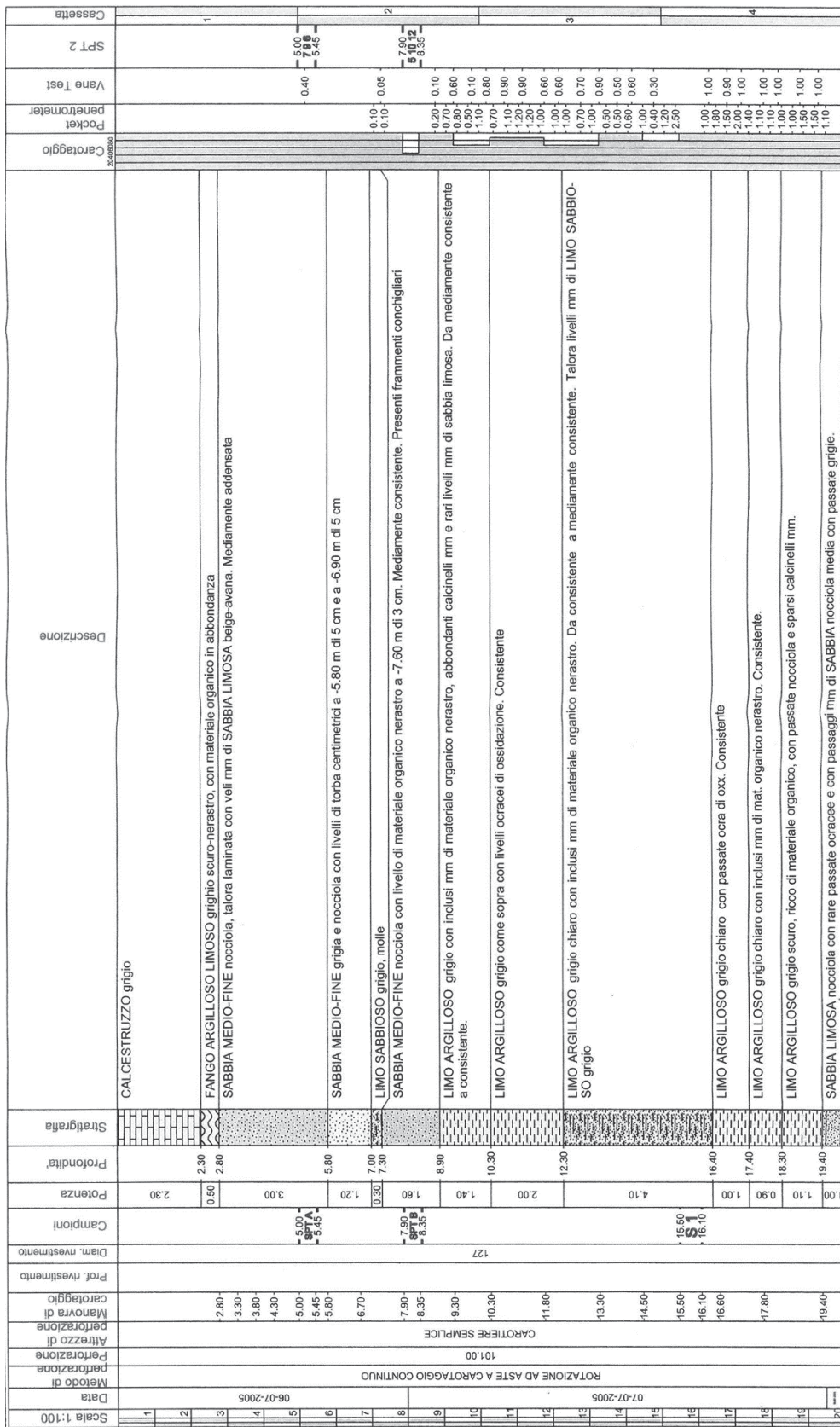


Figura 205 - Sondaggio N.2 (dal p.c. a -20.0 ml)

Scala 1:100	Data	Metodo di perforazione	Perforazione	Altezza di Manovre di carotaggio	Prof. rivestimento	Diam. rivestimento	Campioni	Potenza	Profondità	Stratigrafia	Descrizione	Carotaggio	Pocket penetrometer	Vane Test	SPT 2	Cassetta
1:1	08-07-2005	101.00	101.00	20.80				1.00	20.40		SABBIA LIMOSA nocciola con rare passate coracee e con passaggi mm di SABBIA nocciola media con passate grigie.		-1.50			
1:1				20.80				0.20	20.60		LIMO ARGILLOSO nocciola con passate grigie, consistente		-1.50			
1:1				22.30				1.70			SABBIA LIMOSA nocciola medio-fine con passate grigie e con livelli cm di SABBIA medio-fine nocciola.					
1:1				23.80				1.45	22.30		SABBIA MEDIO-FINE nocciola, talora debolmente limosa con passate grigie					
1:1				24.50				0.95	23.75		SABBIA MEDIA grigia con materiale organico nerastro					
1:1				25.30				2.00	24.70		LIMO ARGILLOSO variegato grigio e nocciola, grigio prevalente, con passaggi mm di LIMO SABBIOSO nocciola-ocra. Da -26.20 a -26.60 m è grigio. Talora passaggi mm di materiale organico nerastro mm. Consistente		-0.90 0.60 -1.00 0.60 -1.10 0.40			
1:1				26.80				2.00	26.70		LIMO SABBIOSO nocciola e grigio con passate nocciola alternato a livelli cm di LIMO ARGILLOSO grigio. Mediamente consistente. Presenza di inclusi di materiale organico nerastro mm. Talora passaggi cm di SABBIA FINE GRIGIA		-1.20 0.55 -1.30 1.00 -0.60 1.00			
1:1				27.50				3.70			LIMO ARGILLOSO grigio con livelli mm di materiale organico nerastro mm ed inclusi mm. Consistente		-0.50 0.20 -0.50 0.30 -0.60 0.30			
1:1				28.30				1.20	30.40		LIMO ARGILLOSO grigio con livelli mm di materiale organico nerastro mm ed inclusi mm. Consistente		-0.50 0.40 -0.80 0.40 -0.70 0.60 -0.60 0.50 -0.80 0.70 -1.50 0.90			
1:1				29.70				0.90	31.60		LIMO ARGILLOSO grigio scuro-nerastro con materiale organico. Consistente		-1.00 0.70 -1.00 0.60			
1:1				31.40				0.90	32.50		ALTERNANZA DI LIMO ARGILLOSO grigio chiaro consistente, con passate nocciola ed coracee di ossidazione e di LIMO SABBIOSO e SABBIA LIMOSA da grigio a nocciola.		-1.00 0.50 -1.00 0.60 -1.10 0.60 -1.10 0.60			
1:1				33.80				2.00	34.50		SABBIA LIMOSA nocciola con passate grigie e SABBIA nocciola-ocra.		-1.00 0.60 -1.10 0.60			
1:1				35.80				2.00	36.50		SABBIA MEDIO-FINE LIMOSA grigia con livelli mm di materiale organico nerastro. Mediamente consistente		-1.00 0.60			
1:1				37.30				2.30			LIMO ARGILLOSO da grigio scuro passante a grigio chiaro, mediamente consistente. Presenti inclusi mm di materiale organico nerastro mm. Livelli mm di sabbie limosa fine		-0.50 0.10 -0.90 0.50 -0.60 0.50			
1:1				38.00				0.60	36.80		LIMO SABBIOSO nocciola chiaro, mediamente consistente, talora grigiastro.		-0.50 0.10 -0.90 0.50 -0.60 0.50			
1:1				38.45				0.60	39.40				-0.50 0.10 -0.90 0.50 -0.60 0.50			
1:1				40.00				0.60	40.00				-0.50 0.10 -0.90 0.50 -0.60 0.50			

Figura 206 - Sondaggio N.2 (da -20.0 a -40.0 ml)

Data	Metodo di perforazione	Profondità	Potenza	Campioni	Prof. rivestimento	Diam. rivestimento	Stratigrafia	Descrizione	Carotaggio	Pocket penetrometer	Vane Test	SPT 2	Cassetta	
1	ROTAZIONE AD ASTE A CAROTAGGIO CONTINUO	0.30-0.50	0.60				Strato di ripporto con detrito fine e calcinacci in matrice sabbiosa finissima nocciola-beige		0.10					
2		0.50-1.30	1.80				LIMO ARGILLOSO nocciola-bruno con mat. vegetale, inclusi mm detritici, trovanti di calcare di 3 cm a -1.40 m					6.20 3.4 10.12 6.80		
3		2.00-2.80	0.40				SABBIA MEDIA-FINE nocciola e grigia talora debolmente limosa							
4		3.20-3.70	2.80				SABBIA MEDIO-FINE nocciola-beige-avana, talora grossolana, con frammenti conchigliari. Talora passaggi cm e mm di sabbia grossolana. Talora è laminata con livelli mm di limo sabbioso beige-avana. Mediamente addensata							
5		4.70-5.10	4.30				SABBIA FINE grigia e nocciola talora da debolmente limosa a limosa, con frammenti conchigliari. Da 8.80 m presenza di livelli di limo argilloso grigio mm, molle. Sciolta							
6		5.50-6.20												
7		6.80-7.30	7.10											
8		8.00-8.80	2.50											
9		9.10-9.10	0.40											
10		10.70-11.80	10.00			127		LIMO ARGILLOSO grigio con passate ocra e con livelli mm di limo argilloso nerastro. Molle						
11		11.80-13.30	9.60					LIMO ARGILLOSO grigio con passate nocciola e ocracee di oxx. Da consistente a mediamente consistente.						
12		13.30-14.00	4.70											
13		14.00-15.20	14.70					LIMO ARGILLOSO grigio ricco di materiale organico nerastro. Da consistente a mediamente consistente.						
14		15.20-16.30	0.80					LIMO ARGILLOSO grigio con calcinelli mm. Consistente.						
15	16.30-16.70	16.00					LIMO SABBIOSO grigio. Molle							
16	16.70-17.00	0.50					LIMO ARGILLOSO grigio con passate ocracee di oxx. Consistente							
17	17.00-17.80	0.30					LIMO ARGILLOSO grigio-nerastro ricco di materiale organico.							
18	17.80-18.30	2.00					LIMO ARGILLOSO grigio con frequenti passate ocracee di oxx. Consistente. Talora passaggi mm di materiale organico nerastro							
19	18.30-19.00	0.50					LIMO ARGILLOSO grigio scuro-nerastro, ricco di mate. organico nerastro. Consistente							
20	19.00-20.00	0.50					ALTERNANZA di LIMO SABBIOSO grigio e LIMO ARGILLOSO grigio-nocciola. Molle							

Figura 207 - Sondaggio N.3 (dal p.c. a -20.0 ml)

Scala 1:100	Data	Metodo di perforazione	Attrezzatura	Manovra di carotaggio	Prof. rivestimento	Diam. rivestimento	Campioni	Potenza	Profondità	Stratigrafia	Descrizione	Carotaggio	Pocket penetrometer	Vane Test	SPT 2	Cassetta
								0,40	20,00		LIMO SABBIOSO nocciola molle, con passate coracee di oxx		0,50	0,30		
				20,88				0,40	20,40		LIMO ARGILLOSO nocciola con passate grigie, consistente		1,00	0,80		
								1,50	21,06		LIMO ARGILLOSO nocciola con passate grigie, con velli di mat. organico nerastro mm, molle. A -22,2 m livello di limo sabbioso di 5 cm nocciola.		0,30	0,70		
				22,30				0,40	22,50		LIMO ARGILLOSO grigio scuro con inclusi di mat. organico nerastro. Da consistente a mediamente consistente		0,30	0,40		
				25,00				0,85	22,90		LIMO ARGILLOSO nocciola chiaro-verdastro, da consistente a molle, con rari livelli mm di sabbia limosa		0,20	0,40		
				25,68		127		1,05	23,75		SABBIA fine-media nocciola talora debolmente limosa, con passate grigie.		1,00	0,60		5
								0,40	24,80		SABBIA fine-media nocciola talora debolmente limosa, con passate grigie.		1,00	0,60		
				25,20				0,40	24,80		SABBIA DEBOLMENTE LIMOSA con livelli di LIMO SABBIOSO ocra.		0,60	0,70		
							03	1,00	25,20		SABBIA nocciola medio-fine.		0,90	0,70		
				26,88		25,90		0,40	26,20		LIMO ARGILLOSO nocciola con passate grigie, consistente, con inclusi di mat. organico nerastro mm		1,30	0,70		
								0,70	26,60		LIMO ARGILLOSO grigio mediamente consistente		1,50	0,60		
				27,70				1,00	27,30		LIMO ARGILLOSO nocciola chiaro con passate grigie e con livelli di LIMO SABBIOSO e SABBIA LIMOSA grigia fine. Mediamente consistente		0,80	0,50		
								1,10	28,30		LATERANZA di SABBIA nocciola medio-grossolana e LIMO ARGILLOSO grigio, mediamente consistente		0,30	0,60		
				29,90				0,60	28,40		LIMO ARGILLOSO grigio, mediamente consistente, con livelli mm di LIMO SABBIOSO.		0,60	0,70		
				30,00				0,60	30,00				0,50	0,30		

Figura 208 - Sondaggio N.3 (da -20.0 a -30.0 ml)



Scala 1:100	Data	Metodo di perforazione	Attrezzatura di perforazione	Manovra di perforazione	Profondità di carotaggio	Prof. rivestimento	Diam. rivestimento	Campioni	Potenza	Profondità	Stratigrafia	Descrizione	Carotaggio	Pocket penetrometer	Vane Test	SPT 2	Cassetta
1	04-07-2005	101.00			0.40-1.00-1.30-1.85-2.50-3.00-3.70-4.30-5.00-5.50-6.70-6.50-7.30-8.00-8.45-8.70-8.60-10.30-10.40-11.10-13.30-14.70-16.30-16.90-17.90-18.0-19.30-20.00				0.40	0.40		MASSICCIATA STRADALE con DETRITO eterometrico in matrice limosa sabbiosa nocciola		-2.50-1.10			
2					1.00-1.30-1.85-2.50-3.00-3.70-4.30-5.00-5.50-6.70-6.50-7.30-8.00-8.45-8.70-8.60-10.30-10.40-11.10-13.30-14.70-16.30-16.90-17.90-18.0-19.30-20.00				0.60	1.00		LIMO SABBIOSO nocciola scuro con GHIAIA arrotondata. Riporto.		-2.00-0.80			
3					1.80-2.20-2.40				0.80	1.80		LIMO ARGILLOSO nocciola con calcinelli, detrito fine. Terreno di riporto. Da mediamente consistente a consistente		-1.50-0.60			
4					2.20-2.40				0.40	2.20		LIMO SABBIOSO nocciola e SABBIA LIMOSA		-2.00-0.35			
5					2.40				0.20	2.40		LIMO ARGILLOSO nocciola, consistente					
6					4.30				4.30	4.30		SABBIA media nocciola con frammenti di laterizi in testa allo strato. Mediamente addensata					
7					6.50-7.30-8.00-8.45-8.70-8.60-10.30-10.40-11.10-13.30-14.70-16.30-16.90-17.90-18.0-19.30-20.00					6.70		SABBIA medio-fine grigia con livelli mm e cm di materiale organico nerastro, frammenti conchigliari, mediamente addensata					
8					8.00-8.45-8.70-8.60-10.30-10.40-11.10-13.30-14.70-16.30-16.90-17.90-18.0-19.30-20.00				3.20	8.90		LIMO ARGILLOSO grigio con passate nocciola ed ocreee. Consistente.					
9					8.00-8.45-8.70-8.60-10.30-10.40-11.10-13.30-14.70-16.30-16.90-17.90-18.0-19.30-20.00				3.70	13.60		LIMO ARGILLOSO grigio chiaro con livelli mm di mat. organico nerastro e torboso. Da consistente a mediamente consistente					
10					10.30-10.40-11.10-13.30-14.70-16.30-16.90-17.90-18.0-19.30-20.00					15.70		LIMO SABBIOSO grigio chiaro con livelli cm di sabbia media. Molle.					
11					11.10-13.30-14.70-16.30-16.90-17.90-18.0-19.30-20.00				2.10	16.60		LIMO ARGILLOSO grigio con rare passate ocreee-nocciola, da molto consistente a consistente. A -18.20 m livello dm di LIMO SABBIOSO.					
12					13.30-14.70-16.30-16.90-17.90-18.0-19.30-20.00				0.90	19.30		LIMO ARGILLOSO grigio scuro-nerastro con calcinelli mm, ricco di materiale organico nerastro da consistente a mediamente consistente. Alla base livelli mm di SABBIA LIMOSA					
13					14.70-16.30-16.90-17.90-18.0-19.30-20.00				2.70	20.00							
14					16.30-16.90-17.90-18.0-19.30-20.00				0.70								
15					16.90-17.90-18.0-19.30-20.00												
16					17.90-18.0-19.30-20.00												
17					18.0-19.30-20.00												
18					19.30-20.00												
19					20.00												

Figura 209 - Sondaggio N.4 (dal p.c. a -20.0 ml)

Scalia 1:100	Data	Metodo di perforazione	Altezza di perforazione	Manovra di carotaggio	Prof. rivestimento	Diam. rivestimento	Campioni	Potenza	Profondità	Stratigrafia	Descrizione	Carotaggio	Pocket penetrometer	Vane Test	SPT 2	Cassetta
1		101.00	-0.30								TERRENO DI RIPORTO con SABBIA fine e finissima nocciola con DETRITO eterometrico e pietrisco. Addensato					
2			0.50					2.30	2.30		LIMO ARGILLOSO grigio compattate nocciola, con velli di oxx ocracei, inclusi mm di mat. organico nerastro. Consistente	1.10	0.60			
3			1.00					0.60	2.90		LIMO ARGILLOSO nocciola scuro-marrone, con inclusi mm di mat. organico nerastro. Molto duro.	1.50	0.80			
4			1.30					0.50	3.40		SABBIA FINE nocciola con passaggi mm di LIMO ARGILLOSO nocciola. Talora ossidazioni ocracee	4.50	2.00			
5			1.60					0.90	4.30		SABBIA MEDIA con resti conchigliari e con livelli mm di sabbia limosa					
6			2.10					1.00	5.20		SABBIA MEDIA-GROSSOLANA nocciola					
7			2.90					1.80	6.20		SABBIA FINE talora DEBOLMENTE LIMOSA, nocciola, con frammenti conchigliari e passaggi cm di SABBIA grossolana.					
8			3.40					2.70	8.00		SABBIA fine e finissima talora DEBOLMENTE LIMOSA con passaggio di LIMO ORGANICO NERASTRO da -9.50 a -9.60 m. Presenti frammenti conchigliari e resti organici					
9			4.00					2.70	10.70		LIMO ARGILLOSO grigio con passate oca e nocciola, inclusi mm di materiale organico nerastro e frammenti conchigliari. Da mediamente consistente a consistente	0.00	0.10			
10			4.70					2.70	13.40		LIMO ARGILLOSO grigio consistente	0.40	0.50			
11			5.20					3.80	17.20		SABBIA LIMOSA fine e finissima grigia	1.10	0.30			
12			5.70					2.50	17.40		LIMO ARGILLOSO grigio con passaggi e livelli mm nocciola, inclusi mm di materiale organico. Consistente	1.00	0.40			
13			6.20					1.60	19.90		LIMO ARGILLOSO grigio scuro e nerastro, ricco di materiale organico, consistente	1.00	0.50			
14			6.70					1.40	20.00			1.40	0.50			
15			7.20									1.40	0.60			
16			7.70									1.40	0.60			
17			8.20									1.40	0.60			
18			8.70									1.40	0.60			
19			9.20									1.40	0.60			
20			9.70									1.40	0.60			
21			10.20									1.40	0.60			
22			10.70									1.40	0.60			
23			11.20									1.40	0.60			
24			11.70									1.40	0.60			
25			12.20									1.40	0.60			
26			12.70									1.40	0.60			
27			13.20									1.40	0.60			
28			13.70									1.40	0.60			
29			14.20									1.40	0.60			
30			14.70									1.40	0.60			
31			15.20									1.40	0.60			
32			15.70									1.40	0.60			
33			16.20									1.40	0.60			
34			16.70									1.40	0.60			
35			17.20									1.40	0.60			
36			17.70									1.40	0.60			
37			18.20									1.40	0.60			
38			18.70									1.40	0.60			
39			19.20									1.40	0.60			
40			19.70									1.40	0.60			
41			20.00									1.40	0.60			

Figura 210 - Sondaggio N.5 (dal p.c. a -20.0 ml)

7.2 Allegato 2 - Reports prove C.P.T. e C.P.T.U.

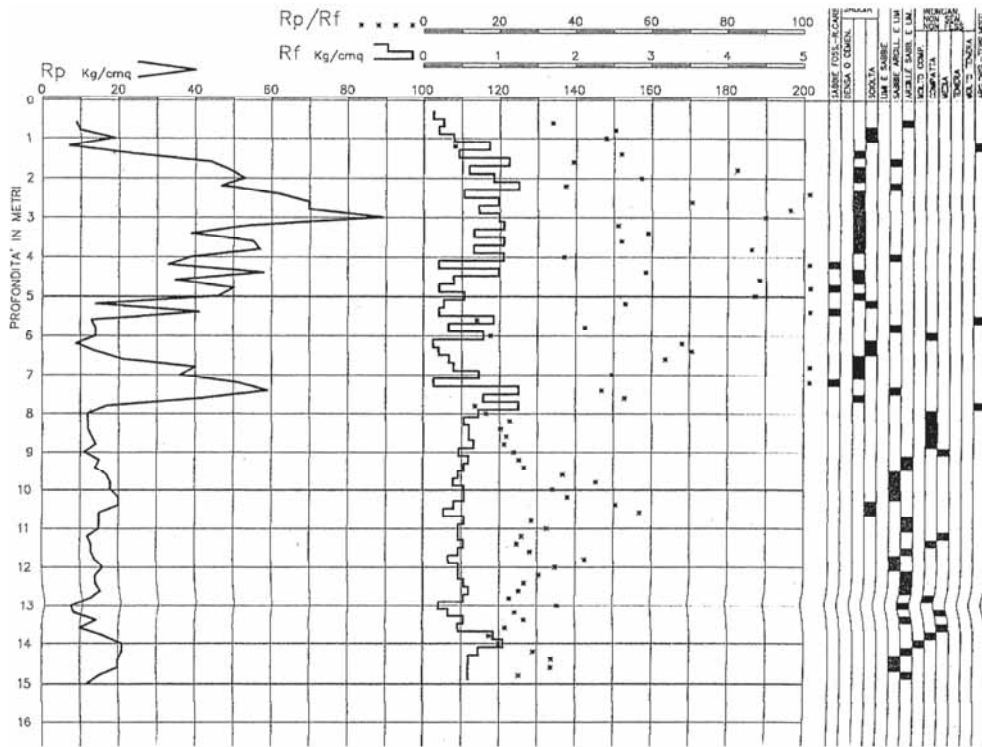


Figura 211 - Rapporto di prova (CPT1)

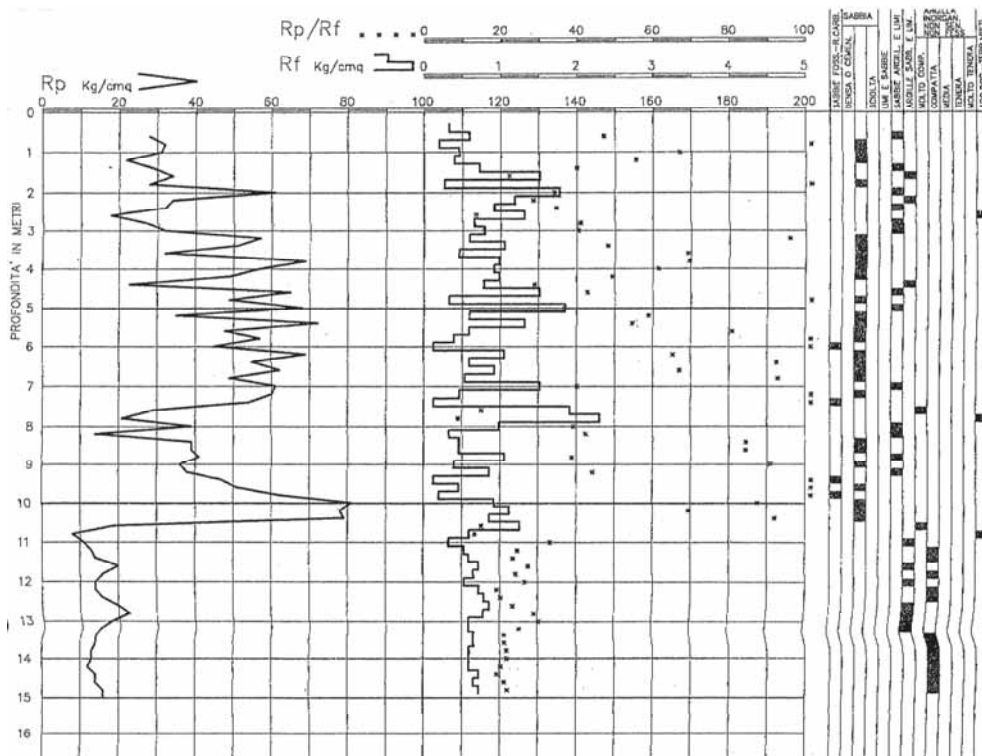


Figura 212 - Rapporto di prova (CPT2)

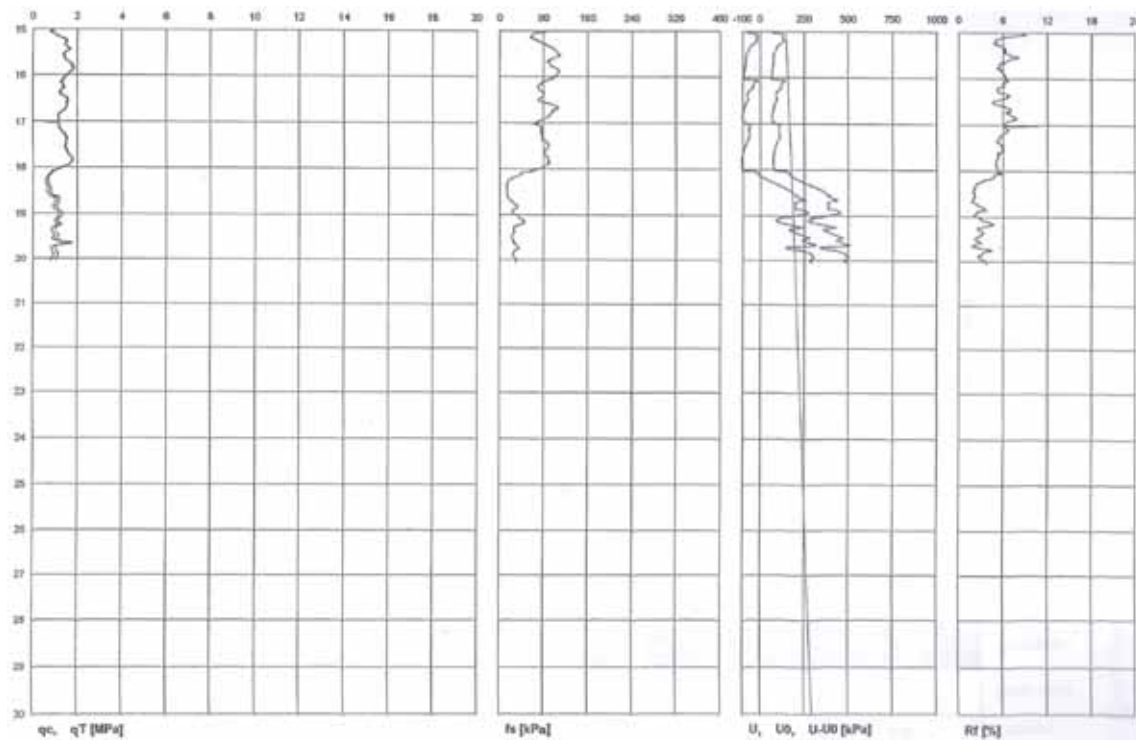
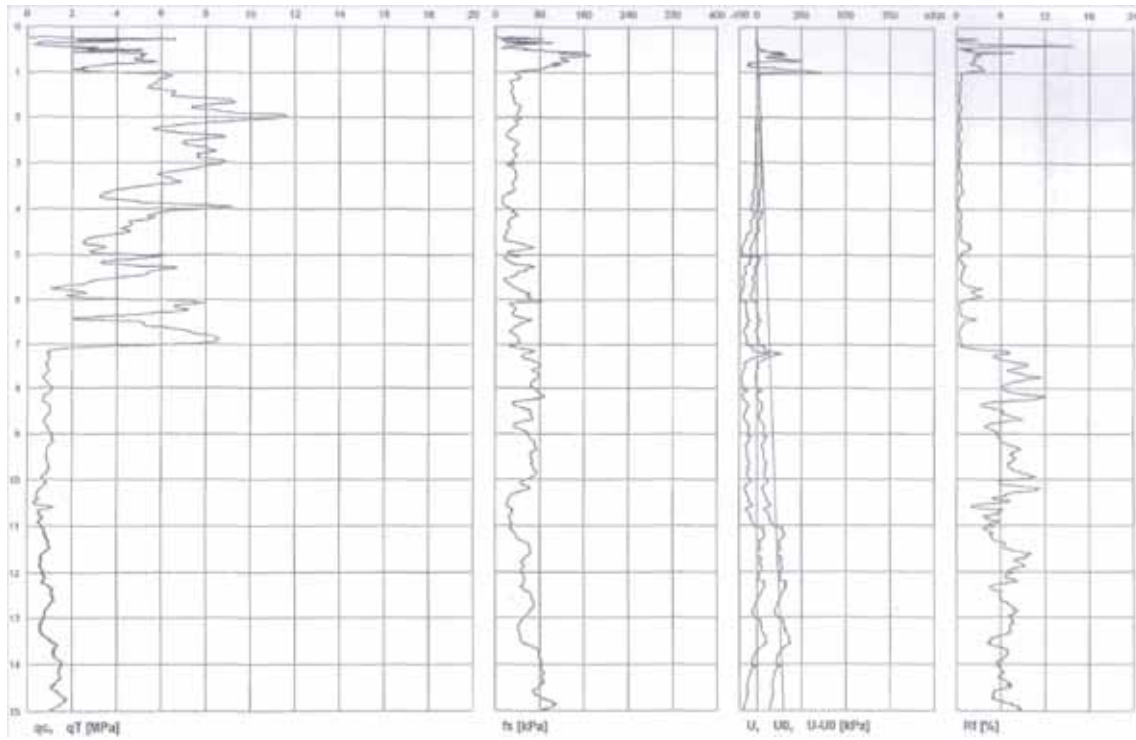


Figura 213 - Logs penetrometrici prova CPTU1

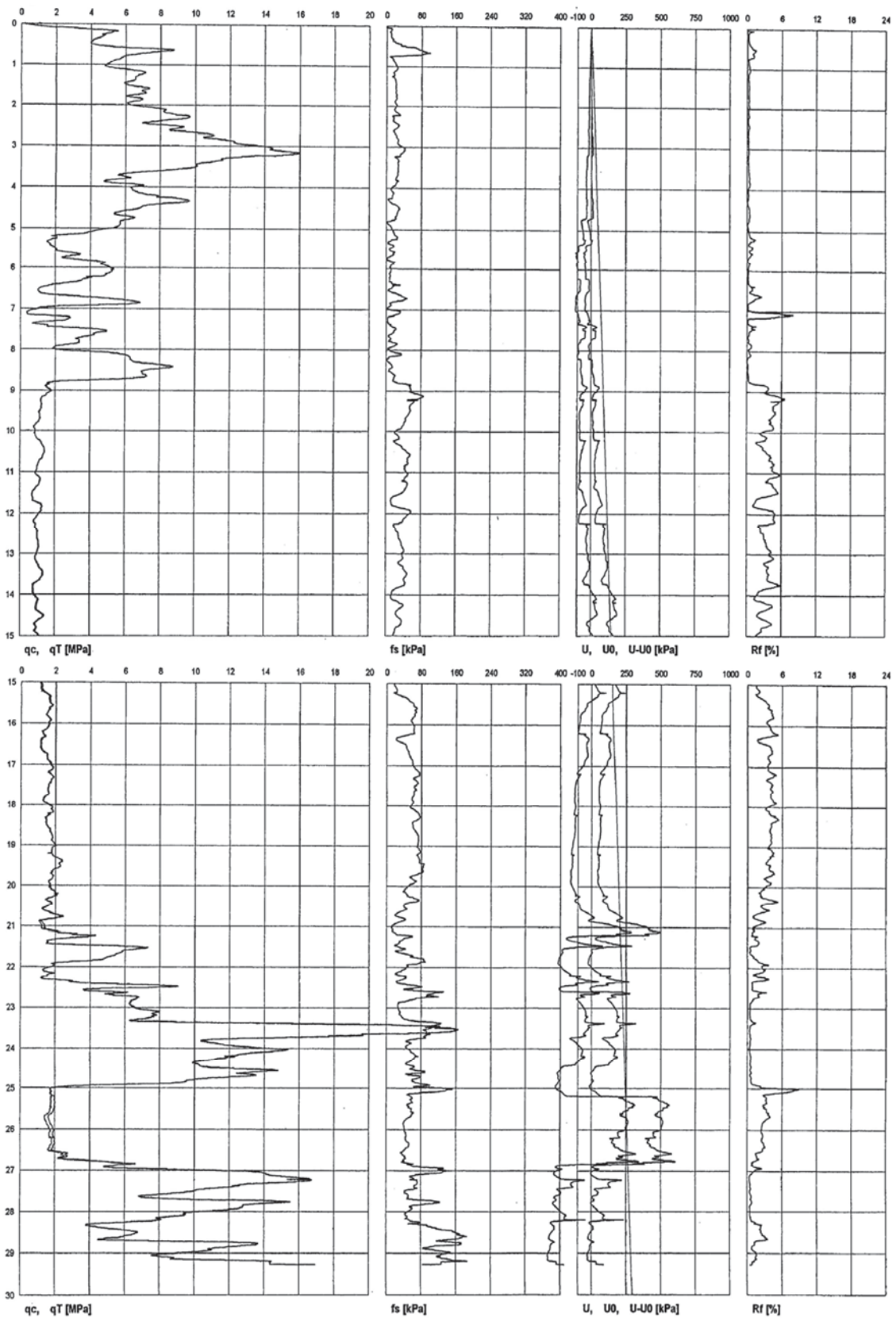


Figura 214 - Logs penetrometrici CPTU2

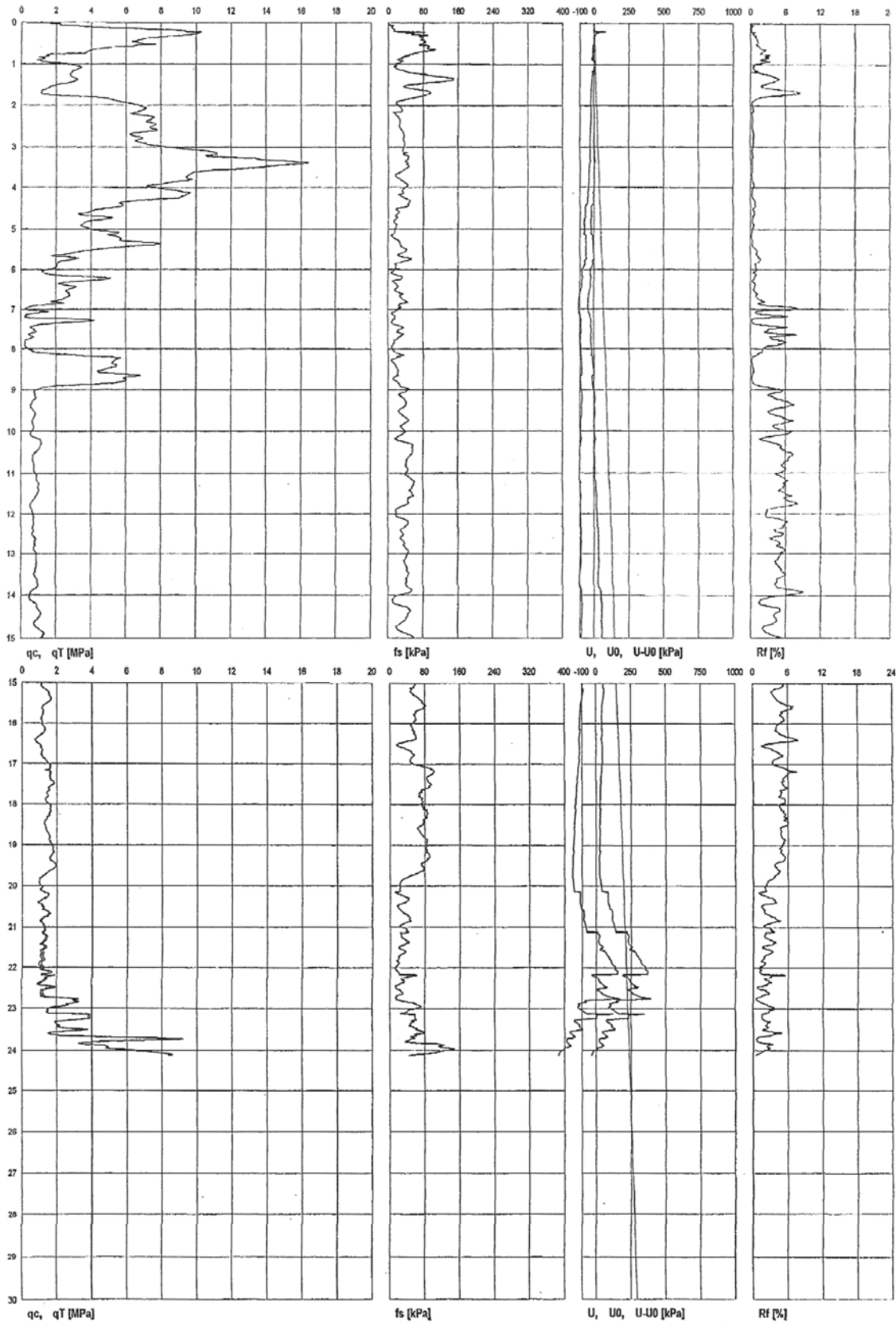


Figura 215 - Logs penetrometrici CPTU3

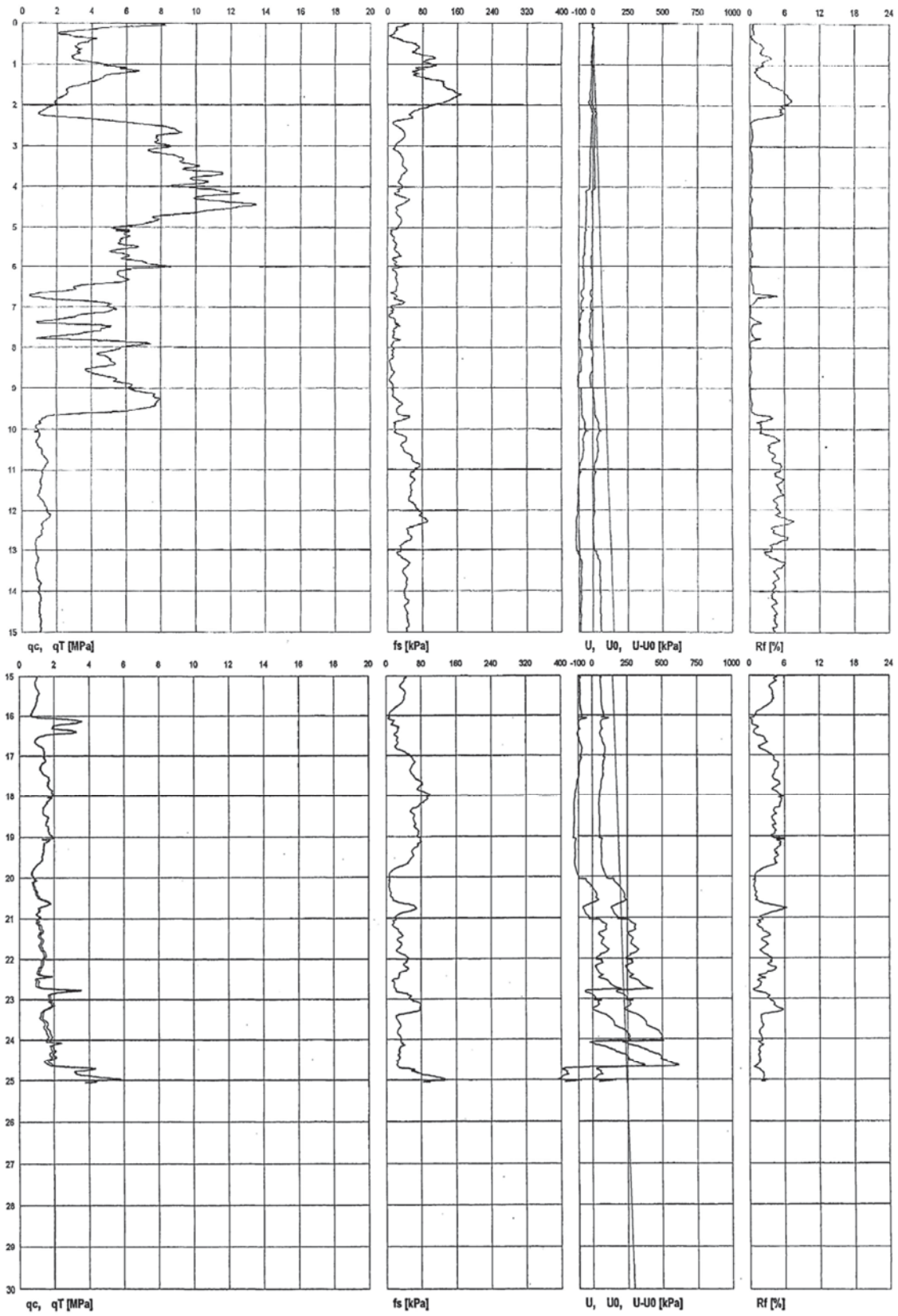


Figura 216 - Logs penetrometrici CPTU4

7.3 Allegato 3 - Reports Prove S.C.P.T.

PROVA DINAMICA PESANTE  
S.C.P.T. n.A

———— punta  
----- rivestim.

peso del maglio:	kg	73
altezza di caduta:	cm	75
angolo punta conica:	gradi	60
sezione punta conica:	cmq	20
diametro aste:	mm	34
peso aste:	kg/m	5.1
diametro rivestim.:	mm	48

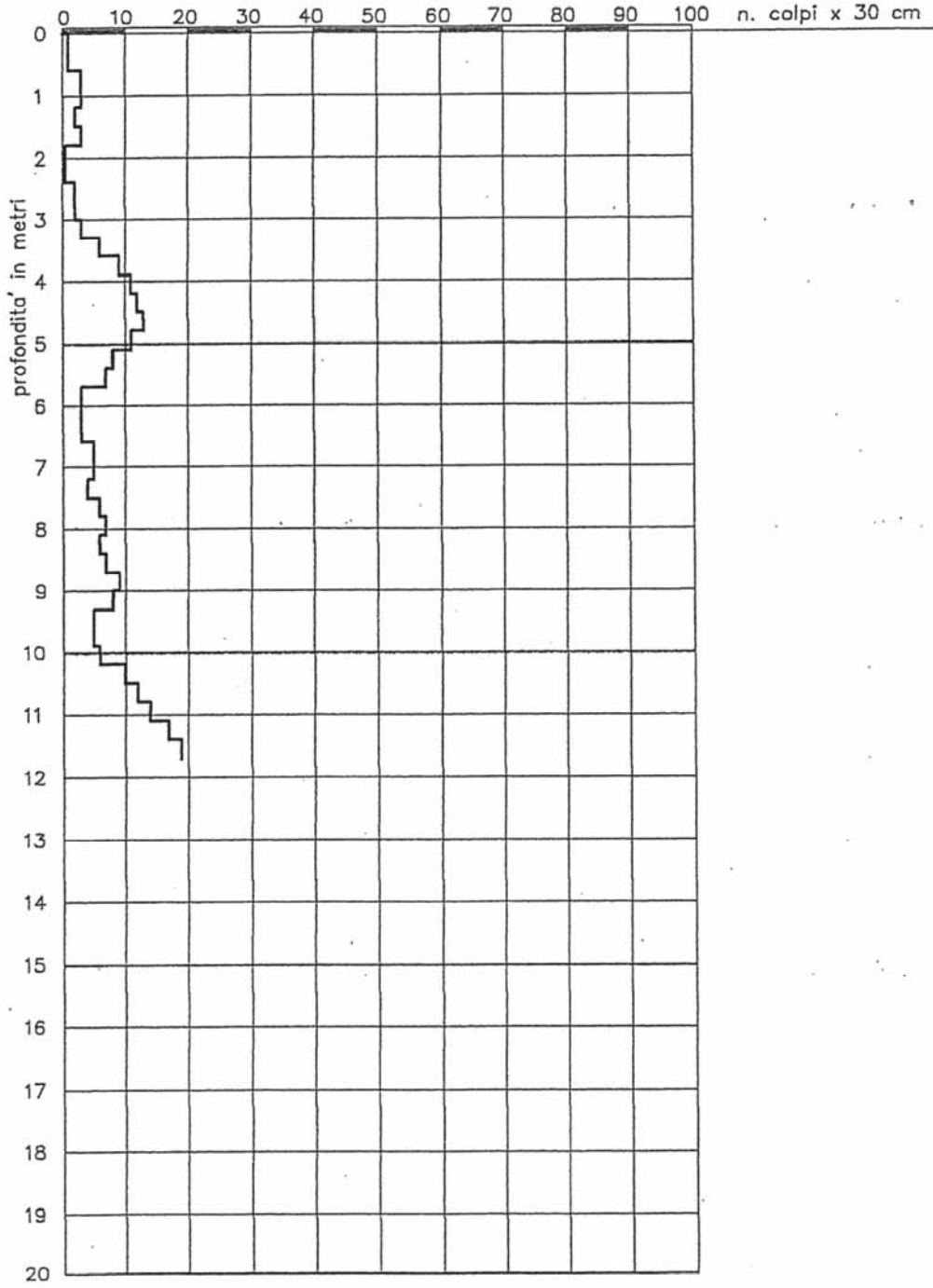


Figura 217 - Report di prova (SCPTA)



PROVA DINAMICA PESANTE  
S.C.P.T. n.B

———— punta  
----- rivestim.

peso del maglio:	kg	73
altezza di caduta:	cm	75
angolo punta conica:	gradi	60
sezione punta conica:	cmq	20
diametro aste:	mm	34
peso aste:	kg/m	5.1
diametro rivestim.:	mm	48

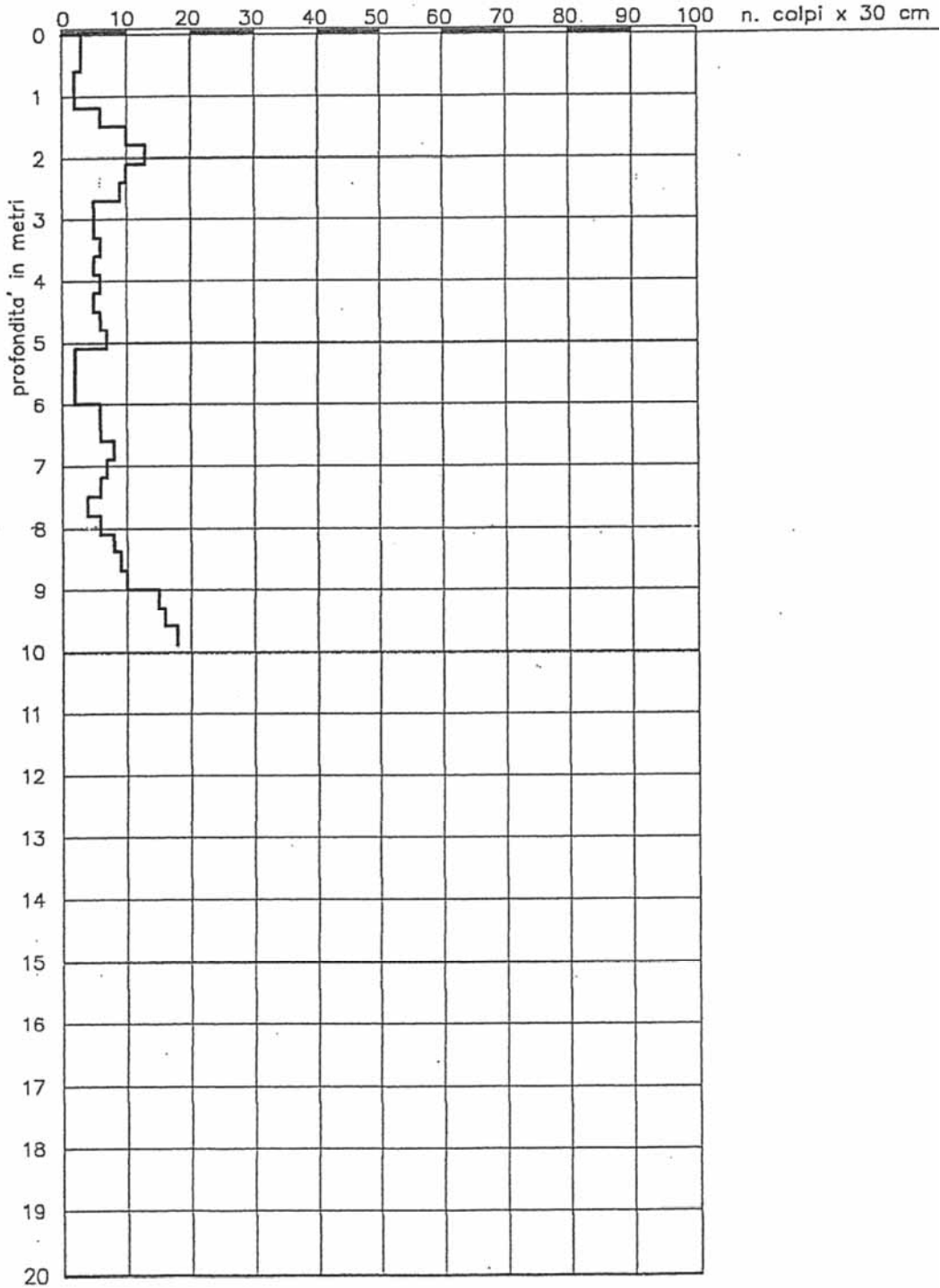


Figura 218 - Report di prova (SCPTB)

PROVA DINAMICA PESANTE  
S.C.P.T. n.C

———— punta  
----- rivestim.

peso del maglia:	kg	73
altezza di caduta:	cm	75
angolo punta conica:	gradi	60
sezione punta conica:	cmq	20
diametro aste:	mm	34
peso aste:	kg/m	5.1
diametro rivestim.:	mm	48

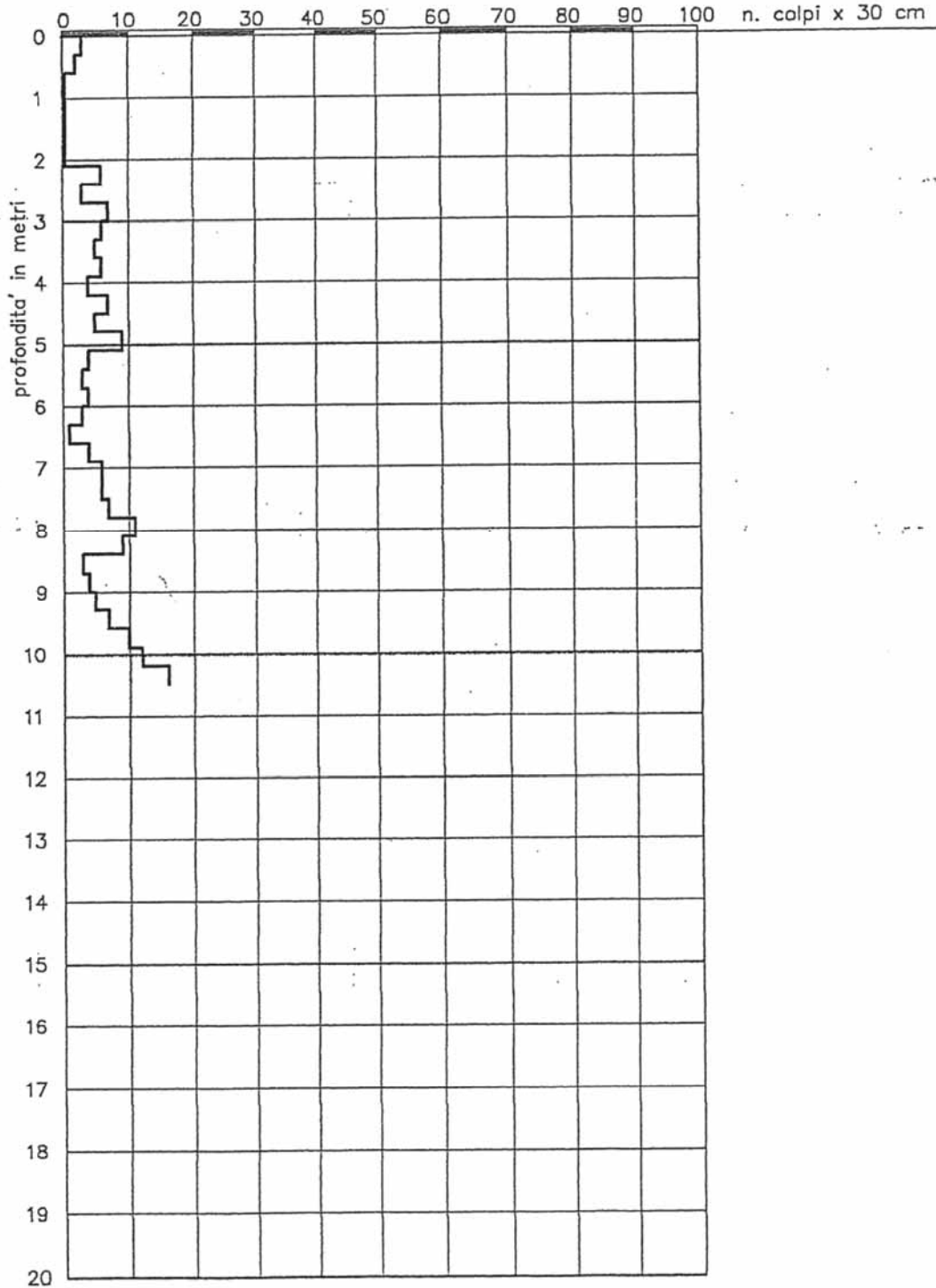


Figura 219 - Report di prova (SCPTC)

#### 7.4 All.to 4 - Indagini di laboratorio per la caratterizzazione terreni coesivi

Di seguito si riportano le risultanze delle analisi di laboratorio sui campioni prelevati *in situ*, dalla cui elaborazione sarà ottenuta la caratterizzazione dei terreni coesivi da considerare nella definizione del modello geotecnico di riferimento. In particolare per i campioni di terre coerenti sono state determinate le caratteristiche fisiche generali, limiti di consistenza (Atterberg), granulometria, resistenza con prova di compressione semplice per espansione laterale libera e prova di taglio in condizioni consolidate e drenate. Segue, ai fini di una migliore comprensione, il report dei test suddiviso per sondaggio effettuato e successivamente per campione prelevato.

#### Sondaggio S1 - (Campione n.3 da -15.30 a -16.00 m)

Sond n. 1	Camp n. 3	da m. 15.3	a m. 16.0
<b>SOMMARIO DELLE CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE</b>			
<b>DESCRIZIONE:</b>			
ARGILLA LIMOSA GRIGIA CON SPARSE AREE DI OSSIDAZIONE BRUNO-ROSSASTRE. CONSISTENTE.			
<b>CARATTERISTICHE GENERALI</b>		<b>LIMITI DI CONSISTENZA</b>	
Umidita' naturale	W = 29.34 %	Limite di liquidita'	Wl = 78.8 %
Peso di volume umido	$\gamma = 1.93$ g/cm <sup>3</sup>	Limite di plasticita'	Wp = 26.9 %
Peso di volume secco	$\gamma_d = 1.49$ g/cm <sup>3</sup>	Indice di liquidita'	Il = 0.05
Peso specifico	G = 2.625 g/cm <sup>3</sup>	Indice di plasticita'	Ip = 51.9
Indice dei vuoti	e = 0.76	Indice di consistenza	Ic = 0.95
Porosita'	n = 43.15 %		
Umidita' di saturazione	Wsat = 28.94 %		
Grado di saturazione	Sr = 99.16 %		
<b>GRANULOMETRIA</b>		<b>RESISTENZA</b>	
Sabbia ( 0.6 - 2 mm )	= 1.9 %	Compressione semplice ELL	qu = 1.58 Kg/cm <sup>2</sup>
Limo ( 0.002 - 0.6 mm )	= 36.4 %		$\epsilon = 8.0$ %
Argilla ( < 0.002 mm )	= 61.8 %	Pocket Penetrom.	qu = 1.8 - 2.0 Kg/cm <sup>2</sup>
		Vane Test	Cu = 0.8 - 1.0 Kg/cm <sup>2</sup>
<b>TAGLIO C.D.</b>			
angolo di attrito	$\varphi' = 18.6$	Coesione	C' = 0.21 Kg/cm <sup>2</sup>
angolo di attrito residuo	$\varphi_r = 12.4$	Coesione residua	Cr = 0.05 Kg/cm <sup>2</sup>

Figura 220 - Descrizione delle caratteristiche fisico-meccaniche del campione

Sond n. 1

Camp n. 3

da m. 15.0

a m. 16.0

## CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE

					media	
Diametro	cm	6	6	6		
Sezione	A	cmq	28.27	28.27	28.27	
Altezza	H	cm	2.2	2.2	2.2	
Volume	V	cmc	62.20	62.20	62.20	
Tara	N.		15	20	28	
Camp. umido + tara	X	g	131.49	134.98	137.08	
Camp. secco + tara	Y	g	104.50	108.07	109.31	
Peso tara	Z	g	13.90	13.50	16.02	
Peso acqua	X-Y	g	26.99	26.91	27.77	
Peso camp. secco	Y-Z	g	90.60	94.57	93.29	
Umidita' naturale	$W_n=100*(X-Y)/(Y-Z)$	%	29.79	28.46	29.77	29.34
Peso di volume umido	$\gamma=(X-Z)/V$	g/cmc	1.89	1.95	1.95	1.93
Peso di volume secco	$\gamma_d=(Y-Z)/V$	g/cmc	1.46	1.52	1.50	1.49
Peso specifico	G	g/cmc	2.625	2.625	2.625	
Indice dei vuoti	$e=G/\gamma_d - 1$		0.80	0.73	0.75	0.76
Porosita'	$n=100*e/(1+e)$	%	44.51	42.08	42.87	43.15
Umidita' di sat.	$W_{sat}=n/\gamma_d$	%	30.56	27.68	28.58	28.94
Grado di sat.	$S_r=100*W_n/W_{sat}$	%	97.47	100.00	100.00	99.16
Pocket penetrometer	kg/cmq		1.8 - 2.0			
Thor Vane	kg/cmq		0.8 - 1.0			

Figura 221 - Caratteristiche volumetriche del campione

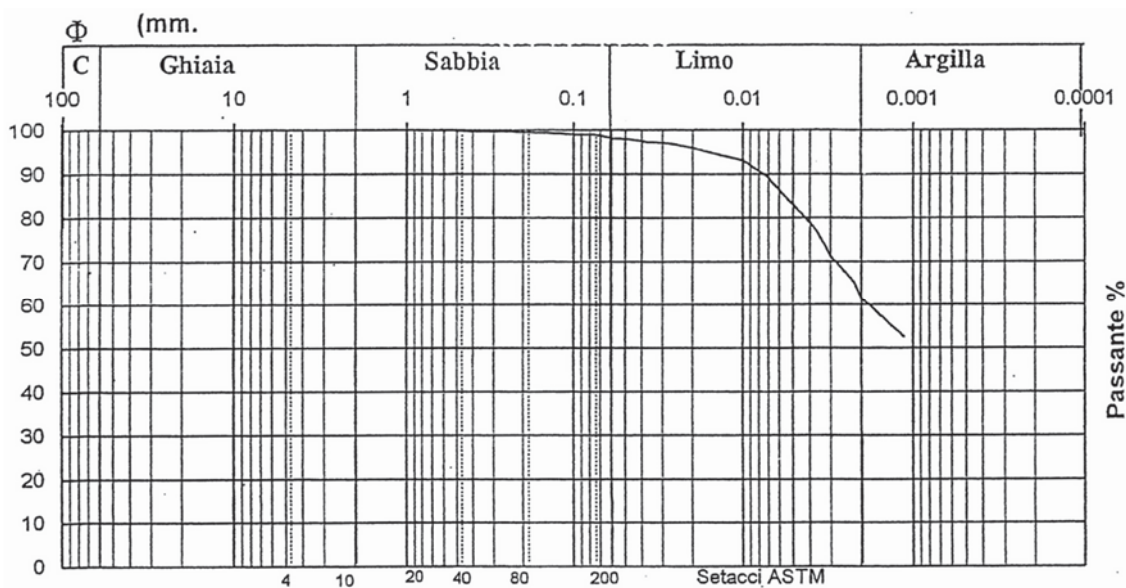


Figura 222 - Analisi granulometrica

Sond n. 1      Camp n. 3      da m. 15.3      a m. 16.0

DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI ATTERBERG

LIMITE DI LIQUIDITA'

Prova N.		1	2	3		
Umidita' W	%	81.48	78.45	76.72		
Numero di colpi		19	26	31		

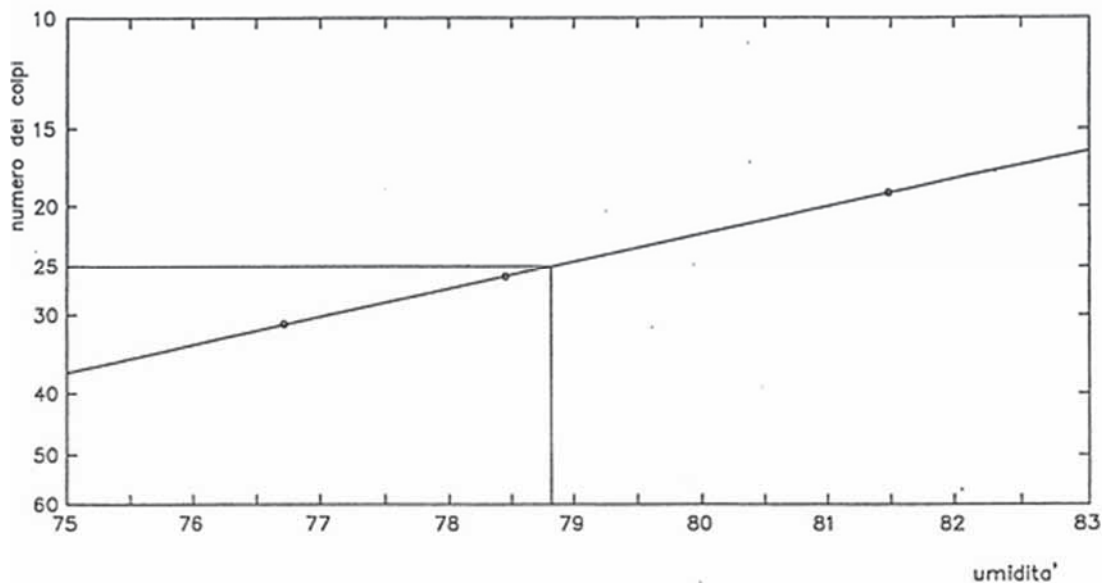


Figura 223 - Determinazione dei limiti di Atterberg

LIMITE DI PLASTICITA'

Prova N.		1	2	3		
Umidita' W	%	27.01	26.60	27.06		

Limite di liquidita'	Wl = 78.8 %	Limite di plasticita'	Wp = 26.9 %
Indice di plasticita'	Ip = 51.9	Umidita' naturale	W = 29.34 %
Indice di liquidita'	I <sub>l</sub> = 0.05	Indice di consistenza	I <sub>c</sub> = 0.95

Figura 224 - Tabella riassuntiva

Provino N.	Dimensioni iniziali		Consolidamento			Fase di rottura			Valori di rottura	
	Ø (mm)	H (mm)	dt (ore)	dh (mm)	σ	v (mm/min)	dt (h.m)	σ	ε %	τ
Provino N. 1	60	22	72	0,48	1	153	7,45	1	5,000	0,493
Provino N. 2	60	22	72	0,9	2	0,006	8,10	2	5,833	0,958
Provino N. 3	60	22	72	1,87	4	0,006	0,00	4	5,833	1,527

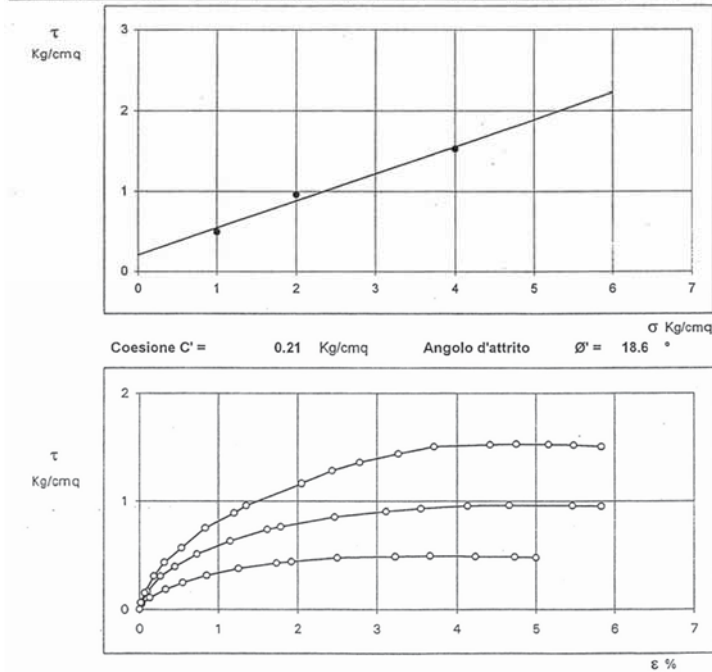


Figura 225 - Risultati della prova di taglio diretto (C.D.) – Coesione ed angolo di attrito efficaci

Provino N.	Dimensioni iniziali		Consolidamento			Fase di rottura			Valori di rottura	
	Ø (mm)	H (mm)	dt (ore)	dh (mm)	σ	v (mm/min)	dt (h.m)	σ	ε %	τ
Provino N. 1	60	22	48	0	1	0,006	0,26389	1	5,167	0,264
Provino N. 2	60	22	48	0	2	0,006	0,27431	2	5,517	0,487
Provino N. 3	60	22	48	0	4	0,006	0,27778	4	5,587	0,925

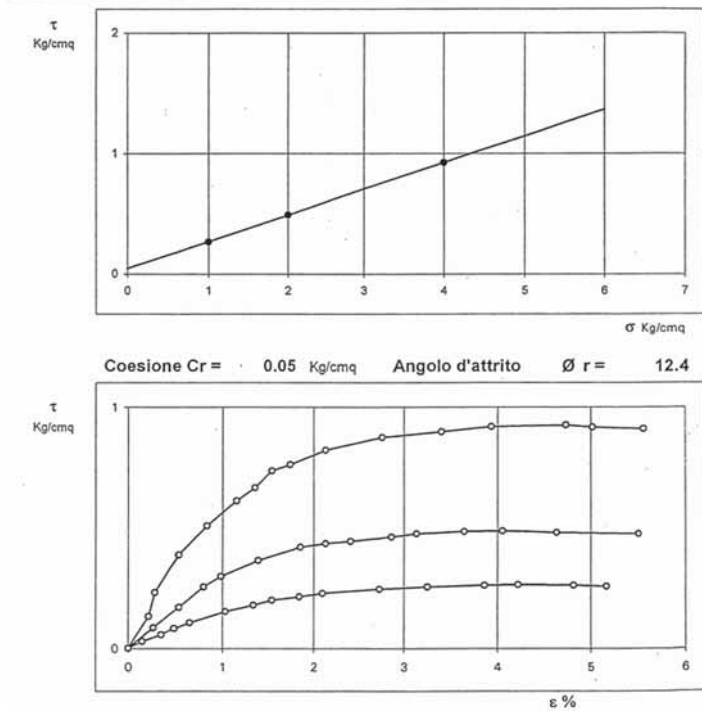


Figura 226 - Risultati della prova di taglio diretto (C.D.) – Coesione ed angolo di attrito residui

Sondaggio S2 – (Campione n.1 da -15.50 a -16.10 m)

Sond n. 2      Camp n. 1      da m. 15.5      a m. 16.1

SOMMARIO DELLE CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE

DESCRIZIONE:

ARGILLA LIMOSA GRIGIA CON SPARSI CALCINELLI MILLIMETRICI BIANCO-GRIGI E STRIATURE TORBOSE BRUNO-NERASTRE. CONSISTENTE.

CARATTERISTICHE GENERALI		LIMITI DI CONSISTENZA	
Umidita' naturale	W = 30.68 %	Limite di liquidita'	Wl = 69.6 %
Peso di volume umido	$\gamma = 1.93$ g/cmc	Limite di plasticita'	Wp = 25.9 %
Peso di volume secco	$\gamma_d = 1.48$ g/cmc	Indice di liquidita'	Il = 0.11
Peso specifico	G = 2.622 g/cmc	Indice di plasticita'	Ip = 43.7
Indice dei vuoti	e = 0.78	Indice di consistenza	Ic = 0.89
Porosita'	n = 43.72 %		
Umidita' di saturazione	Wsat = 29.64 %		
Grado di saturazione	Sr = 99.65 %		
GRANULOMETRIA		RESISTENZA	
Sabbia ( 0.6 - 2 mm )	= 3.1 %	Compressione semplice	qu = 1.22 Kg/cmq
Limo ( 0.002 - 0.6 mm )	= 40.7 %	ε = 10.93 %	
Argilla ( < 0.002 mm )	= 56.2 %	Pocket Penetrom.	qu = 1.9 - 2.4 Kg/cmq
		Vane Test	Cu = 0.8 - 1.1 Kg/cmq
TAGLIO C.D.			
angolo di attrito	$\varphi' = 16.8$	Coesione	C' = 0.33 Kg/cmq
angolo di attrito residuo	$\varphi_r = 11.7$	Coesione residua	Cr = 0.04 Kg/cmq

Figura 227 - Descrizione delle caratteristiche fisico-meccaniche del campione

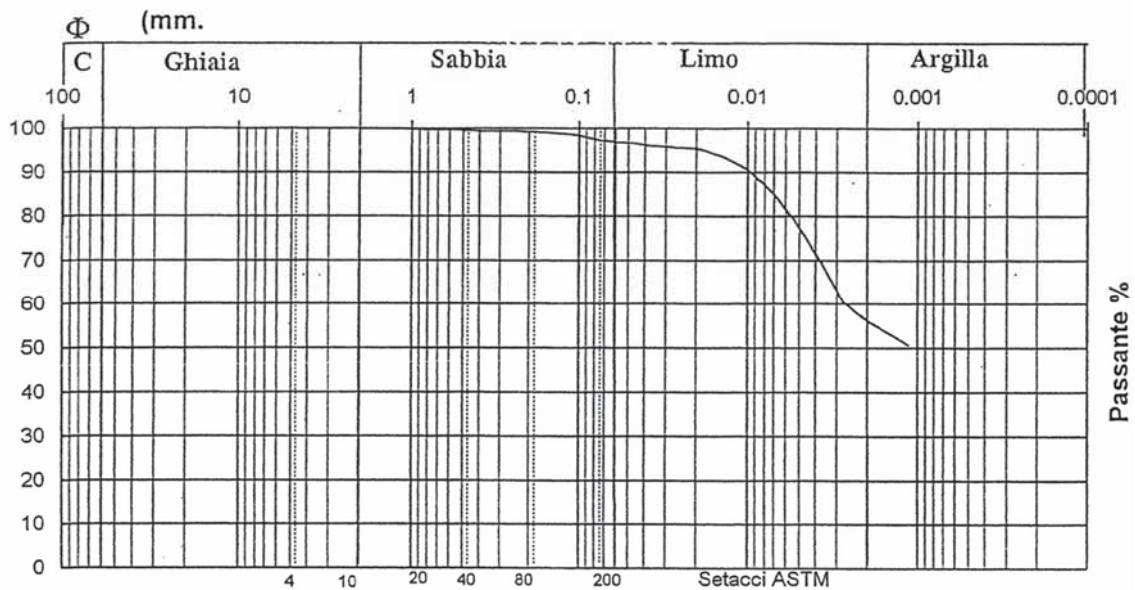


Figura 228 - Analisi granulometrica

Descrizione AGI		Ciottoli	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
ARGILLA CON LIMO		%	%	%	%	%
		0.0	0.0	3.1	40.7	56.2
Classificazione UNI-CNR 10006		d10 (mm)		d60 (mm)	0.0028	
Grado di uniformità (d60/d10) U =		d15 (mm)		d85 (mm)	0.0069	

Figura 229 - Classificazione del campione

Sond n. 2 Camp n. 1 da m. 15.5 a m. 16.1

### CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE

					media	
Diametro	cm	6	6	6		
Sezione	A	cmq	28.27	28.27	28.27	
Altezza	H	cm	2.2	2.2	2.2	
Volume	V	cmc	62.20	62.20	62.20	
Tara	N.	10	6	7		
Camp. umido + tara	X	g	131.44	134.78	135.21	
Camp. secco + tara	Y	g	103.86	106.54	106.55	
Peso tara	Z	g	13.85	13.86	13.86	
Peso acqua	X-Y	g	27.58	28.24	28.66	
Peso camp. secco	Y-Z	g	90.01	92.68	92.69	
Umidita' naturale	$W_n=100*(X-Y)/(Y-Z)$	%	30.64	30.47	30.92	30.68
Peso di volume umido	$\gamma=(X-Z)/V$	g/cmc	1.89	1.94	1.95	1.93
Peso di volume secco	$\gamma_d=(Y-Z)/V$	g/cmc	1.45	1.49	1.49	1.48
Peso specifico	G	g/cmc	2.622	2.622	2.622	
Indice dei vuoti	$e=G/\gamma_d - 1$		0.81	0.76	0.76	0.78
Porosita'	$n=100*e/(1+e)$	%	44.81	43.18	43.17	43.72
Umidita' di sat.	$W_{sat}=n/\gamma_d$	%	30.97	28.98	28.97	29.64
Grado di sat.	$S_r=100*W_n/W_{sat}$	%	98.94	100.00	100.00	99.65
Pocket penetrometer	kg/cmq	1.9 - 2.4				
Thor Vane	kg/cmq	0.8 - 1.1				

Figura 230 - Caratteristiche volumetriche del campione



Sond n. 2      Camp n. 1      da m. 15.5      a m. 16.1

DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI ATTERBERG

LIMITE DI LIQUIDITA'

Prova N.	1	2	3		
Umidita' W %	71.36	68.57	66.92		
Numero di colpi	21	27	34		

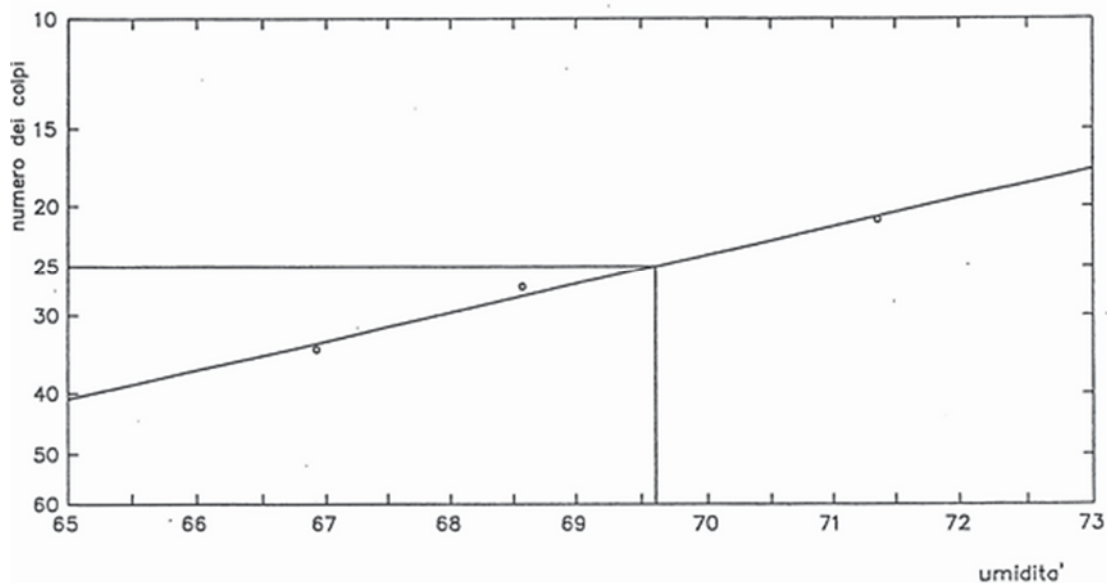


Figura 231 - Determinazione dei limiti di Atterberg

LIMITE DI PLASTICITA'

Prova N.	1	2	3		
Umidita' W %	25.89	26.35	25.61		

Limite di liquidita' $W_l = 69.6 \%$	Limite di plasticita' $W_p = 25.9 \%$
Indice di plasticita' $I_p = 43.7$	Umidita' naturale $W = 30.68 \%$
Indice di liquidita' $I_l = 0.11$	Indice di consistenza $I_c = 0.89$

Figura 232 - Tabella riassuntiva

Provino N.	Dimensioni iniziali		Consolidamento			Fase di rottura			Valori di rottura	
	Ø (mm)	H (mm)	dt (ore)	dh (mm)	σ	v (mm/min)	dt (h.m)	σ	ε %	τ
Provino N. 1	60	22	72	0.99	2	0.006	10.10	2	5.917	0.910
Provino N. 2	60	22	72	2.14	4	0.006	10.25	4	5.333	1.568
Provino N. 3	60	22	72	2.61	6	0.006	10.45	6	5.700	2.114

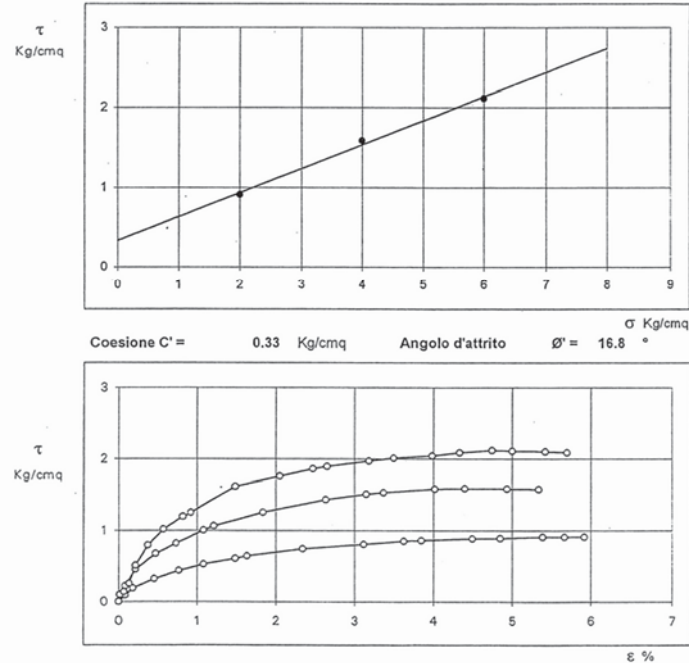


Figura 233 - Risultati della prova di taglio diretto (C.D.) – Coesione ed angolo di attrito efficaci

Provino N.	Dimensioni Iniziali		Consolidamento			Fase di rottura			Valori di rottura	
	Ø (mm)	H (mm)	dt (ore)	dh (mm)	σ	v (mm/min)	dt (h.m)	σ	ε %	τ
Provino N. 1	60	22	48	0	2	0.006	0.18056	2	5.350	0.470
Provino N. 2	60	22	48	0	4	0.006	0.34028	4	5.667	0.837
Provino N. 3	60	22	48	0	6	0.006	0.32886	6	5.000	1.285

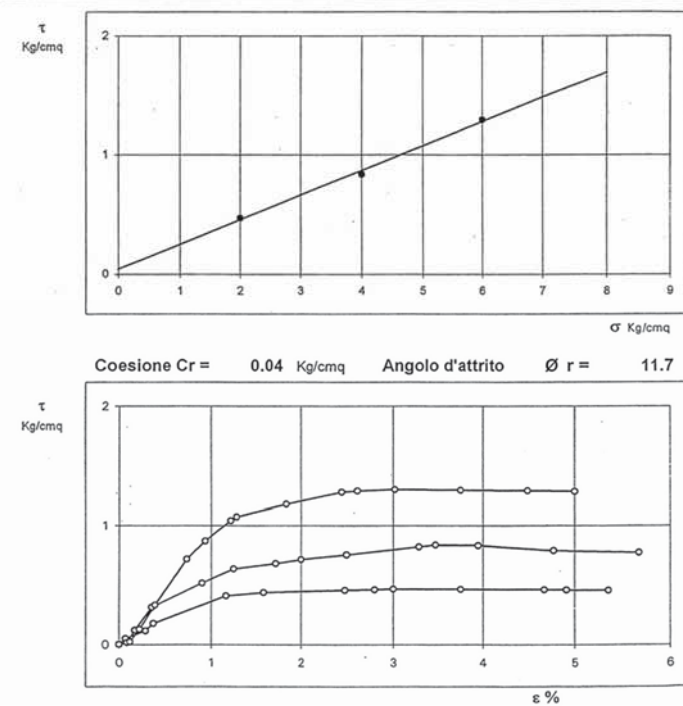


Figura 234 - Risultati della prova di taglio diretto (C.D.) – Coesione ed angolo di attrito residui

Sondaggio S2 – (Campione n.2 da -26.80 a -27.50 m)

Sond n. 2

Camp n. 2

da m. 26.8

a m. 27.5

SOMMARIO DELLE CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE

DESCRIZIONE:

LIMO ARGILLOSO GRIGIO, TALORA CON SPARSE INTERCALAZIONI DI LIMO SAB-  
BIOSO GRIGIO. DA SCARSAMENTE CONSISTENTE A CONSISTENTE.

CARATTERISTICHE GENERALI		LIMITI DI CONSISTENZA	
Umidita' naturale	W = 27.47 %	Limite di liquidita'	Wl = 33.3 %
Peso di volume umido	$\gamma = 1.99$ g/cmc	Limite di plasticita'	Wp = 18.1 %
Peso di volume secco	$\gamma_d = 1.56$ g/cmc	Indice di liquidita'	Il = 0.62
Peso specifico	G = 2.67 g/cmc	Indice di plasticita'	Ip = 15.2
Indice dei vuoti	e = 0.71	Indice di consistenza	Ic = 0.38
Porosita'	n = 41.56 %		
Umidita' di saturazione	Wsat = 26.64 %		
Grado di saturazione	Sr = 99.69 %		
GRANULOMETRIA		RESISTENZA	
Sabbia ( 0.6 - 2 mm )	= 11.4 %	Compressione semplice ELL	qu = 0.78 Kg/cmq
Limo ( 0.002 - 0.6 mm )	= 61.8 %		$\epsilon = 9.87$ %
Argilla ( < 0.002 mm )	= 26.9 %	Pocket Penetrom.	qu = 0.6 - 1.8 Kg/cmq
		Vane Test	Cu = 0.2 - 0.6 Kg/cmq

TAGLIO C.D.

angolo di attrito	$\phi' = 21.2$	Coesione	C' = 0.25 Kg/cmq
angolo di attrito residuo	$\phi_r = 13.4$	Coesione residua	Cr = 0.07 Kg/cmq

Figura 235 - Descrizione delle caratteristiche fisico-meccaniche del campione

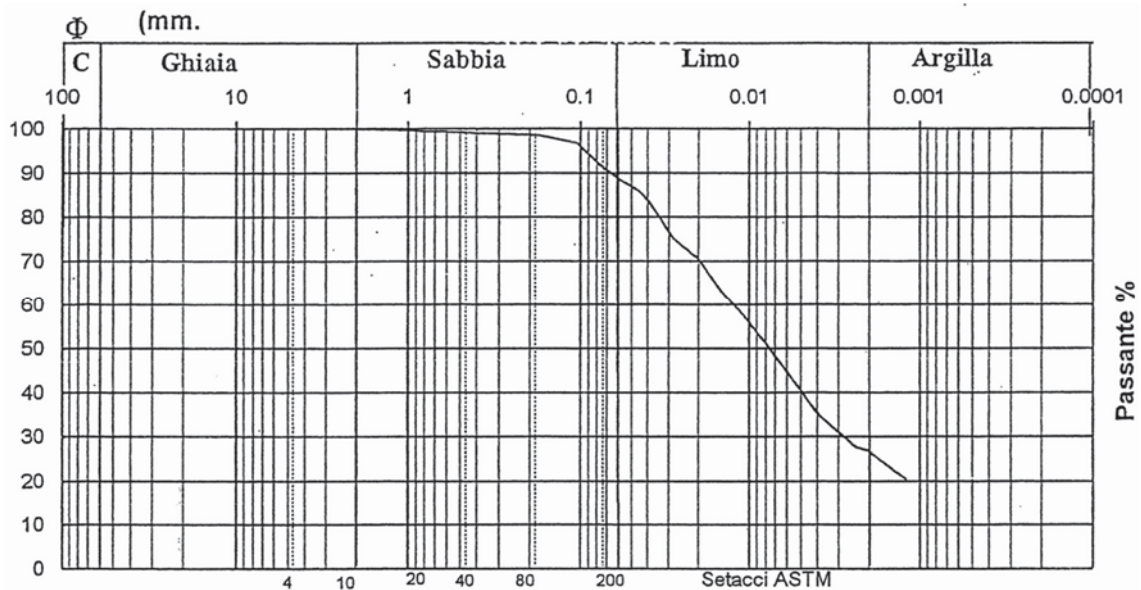


Figura 236 - Analisi granulometrica

Descrizione AGI	Ciottoli	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
LIMO CON ARGILLA SABBIOSO	%	%	%	%	%
	0.0	0.0	11.4	61.8	26.9
Classificazione UNI-CNR 10006	d10 (mm)		d60 (mm) 0.013		
Grado di uniformità (d60/d10) U =	d15 (mm)		d85 (mm) 0.041		

Figura 237 - Classificazione del campione

Sond n. 2                      Camp n. 2                      da m. 26.8                      a m. 27.5

CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE

					media	
Diametro	cm	6	6	6		
Sezione	A	cmq	28.27	28.27	28.27	
Altezza	H	cm	2.2	2.2	2.2	
Volume	V	cmc	62.20	62.20	62.20	
Tara	N.		37	1	35	
Camp. umido + tara	X	g	136.2	137.30	141.61	
Camp. secco + tara	Y	g	110.35	110.69	114.07	
Peso tara	Z	g	13.94	13.87	16.12	
Peso acqua	X-Y	g	25.85	26.61	27.54	
Peso camp. secco	Y-Z	g	96.41	96.82	97.95	
Umidita' naturale	$W_n=100*(X-Y)/(Y-Z)$	%	26.81	27.48	28.12	27.47
Peso di volume umido	$\gamma=(X-Z)/V$	g/cmc	1.97	1.98	2.02	1.99
Peso di volume secco	$\gamma_d=(Y-Z)/V$	g/cmc	1.55	1.56	1.57	1.56
Peso specifico	G	g/cmc	2.67	2.67	2.67	
Indice dei vuoti	$e=G/\gamma_d - 1$		0.72	0.72	0.70	0.71
Porosita'	$n=100*e/(1+e)$	%	41.95	41.70	41.02	41.56
Umidita' di sat.	$W_{sat}=n/\gamma_d$	%	27.07	26.79	26.05	26.64
Grado di sat.	$S_r=100*W_n/W_{sat}$	%	99.06	100.00	100.00	99.69
Pocket penetrometer	kg/cmq	0.6 - 1.8				
Thor Vane	kg/cmq	0.2 - 0.6				

Figura 238 - Caratteristiche volumetriche del campione

DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI ATTERBERG

LIMITE DI LIQUIDITA'

Prova N.	1	2	3		
Umidita' W %	35.28	33.44	32.73		
Numero di colpi	15	24	29		

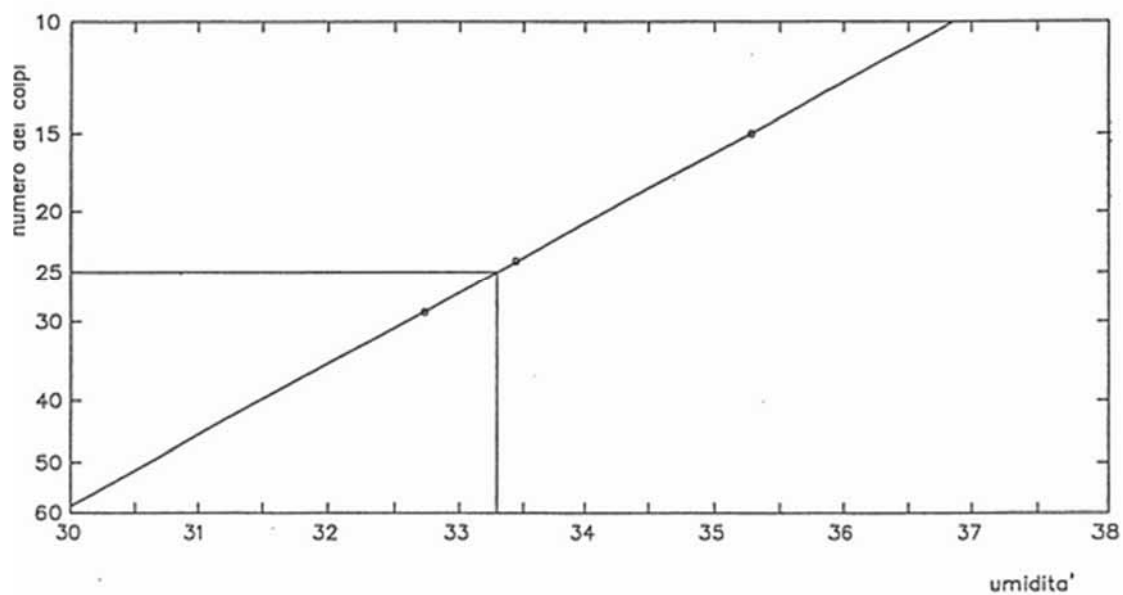


Figura 239 - Determinazione dei limiti di Atterberg

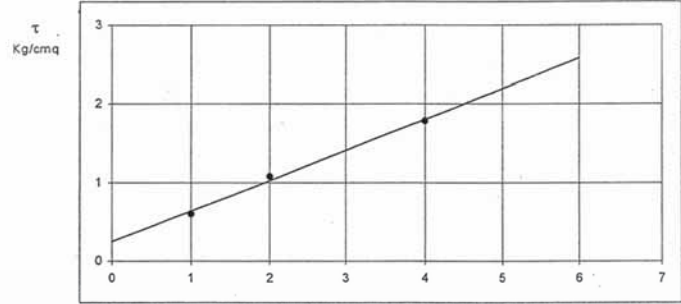
LIMITE DI PLASTICITA'

Prova N.	1	2	3		
Umidita' W %	18.15	18.03	18.04		

Limite di liquidita'	Wl = 33.3 %	Limite di plasticita'	Wp = 18.1 %
Indice di plasticita'	Ip = 15.2	Umidita' naturale	W = 27.47 %
Indice di liquidita'	Ii = 0.62	Indice di consistenza	Ic = 0.38

Figura 240 - Tabella riassuntiva

Provino N.	Dimensioni iniziali		Consolidamento			Fase di rottura			Valori di rottura	
	Ø (mm)	H (mm)	dt (ore)	dh (mm)	σ	v (mm/min)	dt (h.m)	σ	ε %	τ
Provino N. 1	60	22	72	1.39	1	0.006	8.35	1	4.667	0.602
Provino N. 2	60	22	72	1.38	2	0.006	8.50	2	4.867	1.080
Provino N. 3	60	22	72	2.8	4	0.006	9.15	4	5.017	1.785



Coesione  $C' = 0.25$  Kg/cmq      Angolo d'attrito  $\phi' = 21.2^\circ$

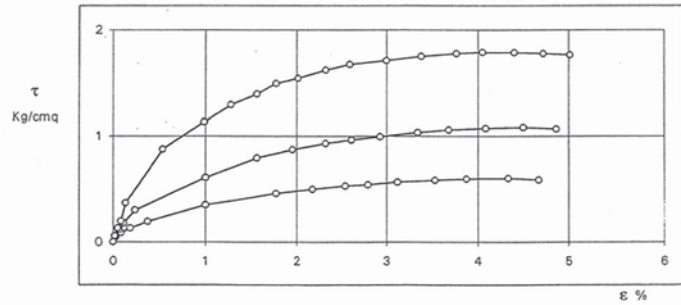
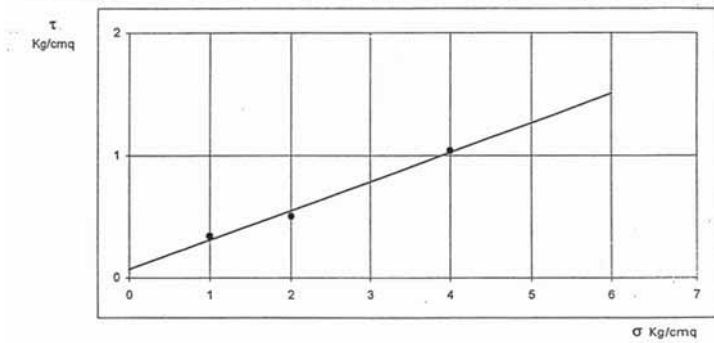


Figura 241 - Risultati della prova di taglio diretto (C.D.) – Coesione ed angolo di attrito efficaci

Provino N.	Dimensioni iniziali		Consolidamento			Fase di rottura			Valori di rottura	
	Ø (mm)	H (mm)	dt (ore)	dh (mm)	σ	v (mm/min)	dt (h.m)	σ	ε %	τ
Provino N. 1	60	22	48	0	1	0.006	0.18056	1	5.350	0.338
Provino N. 2	60	22	48	0	2	0.006	0.34028	2	5.867	0.502
Provino N. 3	60	22	48	0	4	0.006	0.32986	4	5.000	1.039



Coesione  $C_r = 0.07$  Kg/cmq      Angolo d'attrito  $\phi_r = 13.4^\circ$

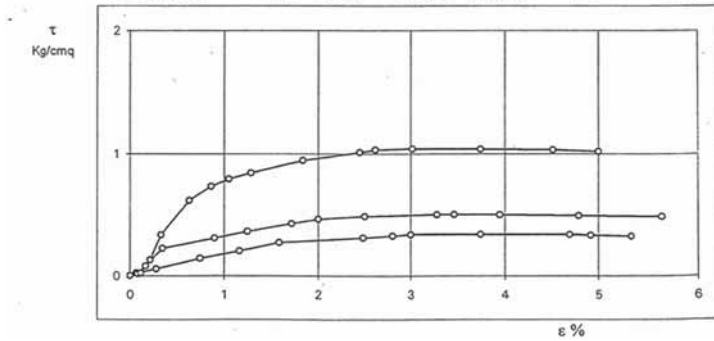


Figura 242 - Risultati della prova di taglio diretto (C.D.) – Coesione ed angolo di attrito residui

Sondaggio S3 – (Campione n.1 da -5.50 a -6.20 m)

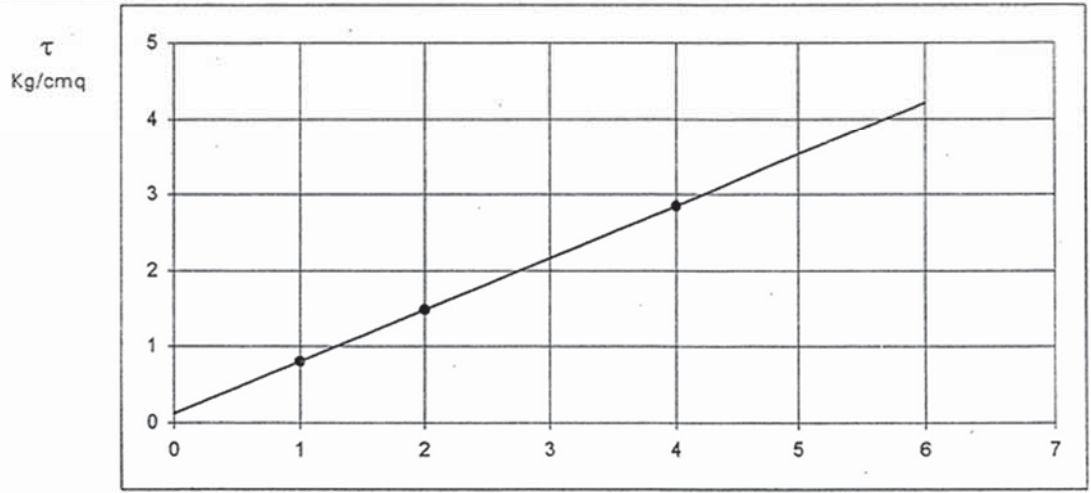
Sond n. 3		Camp n. 1		da m. 5.5		a m. 6.2	
<b>SOMMARIO DELLE CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE</b>							
DESCRIZIONE:							
SABBIA FINE LIMOSA NOCCIOLA-GRIGIASTRA CON SPARSI RESTI CONCHIGLIARI.							
CARATTERISTICHE GENERALI				LIMITI DI CONSISTENZA			
Umidità naturale	W =	31.22	%				
Peso di volume umido	$\gamma$ =	1.96	g/cmc				
Peso di volume secco	$\gamma_d$ =	1.49	g/cmc				
GRANULOMETRIA				RESISTENZA			
Ghiaia ( 2 - 60 mm )	=	0.1	%				
Sabbia ( 0.6 - 2 mm )	=	79.0	%	Pocket Penetrom.	qu = N.D.	Kg/cm <sup>q</sup>	
Limo ( 0.002 - 0.6 mm )	=	20.9	%	Vane Test	Cu = N.D.	Kg/cm <sup>q</sup>	
<b>TAGLIO C.D.</b>							
angolo di attrito	$\phi'$ =	34.3		Coesione	C' =	0.12	Kg/cm <sup>q</sup>
angolo di attrito residuo	$\phi_{r}$ =			Coesione residua	Cr =		Kg/cm <sup>q</sup>

Figura 243 - Descrizione delle caratteristiche fisico-meccaniche del campione

Sond n. 3		Camp n. 1		da m. 5.5		a m. 6.2	
<b>CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE</b>							
						media	
Diametro	cm	6	6	6			
Sezione	A	cm <sup>q</sup>	28.27	28.27	28.27		
Altezza	H	cm	2.2	2.2	2.2		
Volume	V	cmc	62.20	62.20	62.20		
Tara	N.		10	15	4		
Camp. umido + tara	X	g	132.94	136.9	139.91		
Camp. secco + tara	Y	g	102.89	107.58	112.42		
Peso tara	Z	g	13.05	13.95	16.24		
Peso acqua	X-Y	g	30.05	29.32	27.49		
Peso camp. secco	Y-Z	g	89.04	93.63	96.18		
Umidità naturale	$W_n = 100 \cdot (X-Y)/(Y-Z)$	%	33.75	31.31	28.58	31.22	
Peso di volume umido	$\gamma = (X-Z)/V$	g/cmc	1.91	1.98	1.99	1.96	
Peso di volume secco	$\gamma_d = (Y-Z)/V$	g/cmc	1.43	1.51	1.55	1.49	
Peso specifico	G	g/cmc					
Indice dei vuoti	$e = G/\gamma_d - 1$						
Porosità	$n = 100 \cdot e/(1+e)$	%					
Umidità di sat.	$W_{sat} = n/\gamma_d$	%					
Grado di sat.	$S_r = 100 \cdot W_n/W_{sat}$	%					
Pocket penetrometer	kg/cm <sup>q</sup>	N.D.					
Thor Vane	kg/cm <sup>q</sup>	N.D.					

Figura 244 – Caratteristiche volumetriche del campione

Provino N.	Dimensioni iniziali		Consolidamento			Fase di rottura			Valori di rottura	
	Ø (mm)	H (mm)	dt (ore)	dh (mm)	$\sigma$	v (mm/min)	dt (h.m)	$\sigma$	$\epsilon$ %	$\tau$
Provino N. 1	60	22	72	0.66	1	0.015	3.15	1	6.000	0.804
Provino N. 2	60	22	72	0.93	2	0.015	3.55	2	5.700	1.485
Provino N. 3	60	22	72	0.98	4	0.015	6.10	4	8.467	2.848



$C' = 0.12$  Kg/cm<sup>2</sup>      Angolo d'attrito  $\phi' = 34.3^\circ$

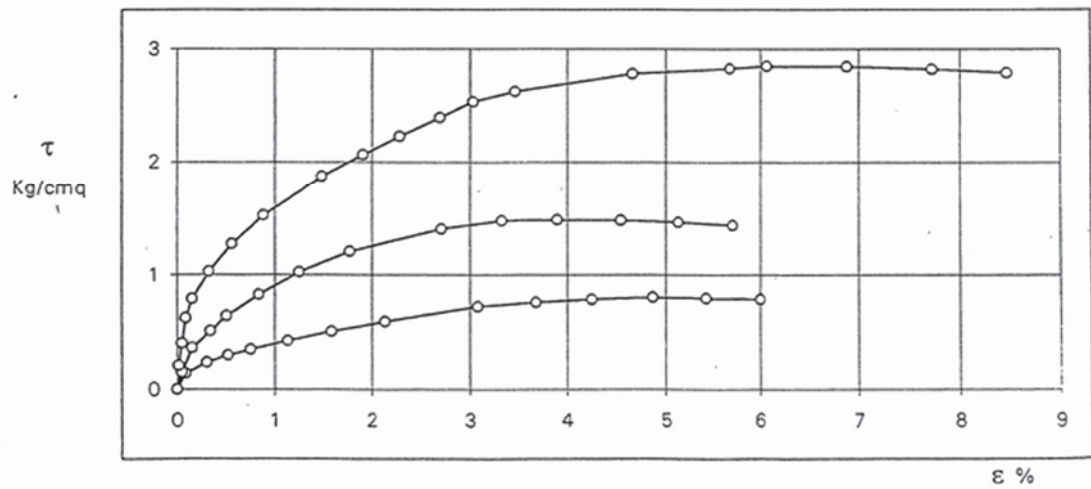


Figura 245 - Risultati della prova di taglio diretto (C.D.) - Coesione ed angolo di attrito efficaci



Sondaggio S3 – (Campione n.2 da -11.30 a -14.00 m)

Sond n. 3      Camp n. 2      da m. 11.3      a m. 14.0

**SOMMARIO DELLE CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE**

**DESCRIZIONE:**

LIMO ARGILLOSO GRIGIO CON SPARSI GRANULI E STRIATURE TORBOSE BRUNO-NERASTRE MILLIMETRICHE. CONSISTENTE.

CARATTERISTICHE GENERALI		LIMITI DI CONSISTENZA	
Umidita' naturale	W = 30.84 %	Limite di liquidita'	Wl = 72.1 %
Peso di volume umido	$\gamma = 1.91$ g/cm <sup>3</sup>	Limite di plasticita'	Wp = 26.9 %
Peso di volume secco	$\gamma_d = 1.46$ g/cm <sup>3</sup>	Indice di liquidita'	Il = 0.09
Peso specifico	G = 2.633 g/cm <sup>3</sup>	Indice di plasticita'	Ip = 45.2
Indice dei vuoti	e = 0.80	Indice di consistenza	Ic = 0.91
Porosita'	n = 44.45 %		
Umidita' di saturazione	Wsat = 30.41 %		
Grado di saturazione	Sr = 99.74 %		
GRANULOMETRIA		RESISTENZA	
Sabbia ( 0.6 – 2 mm )	= 0.7 %	Compressione semplice ELL	qu = 1.06 Kg/cm <sup>2</sup>
Limo ( 0.002 – 0.6 mm )	= 51.8 %		$\epsilon = 6.76$ %
Argilla ( < 0.002 mm )	= 47.5 %	Pocket Penetrom.	qu = 1.4 – 1.6 Kg/cm <sup>2</sup>
		Vane Test	Cu = 0.8 – 0.9 Kg/cm <sup>2</sup>

**TAGLIO C.D.**

angolo di attrito	$\phi' = 18.7$	Coesione	C' = 0.22 Kg/cm <sup>2</sup>
angolo di attrito residuo	$\phi_r = 12.9$	Coesione residua	Cr = 0.02 Kg/cm <sup>2</sup>

Figura 246 - Descrizione delle caratteristiche fisico-meccaniche del campione

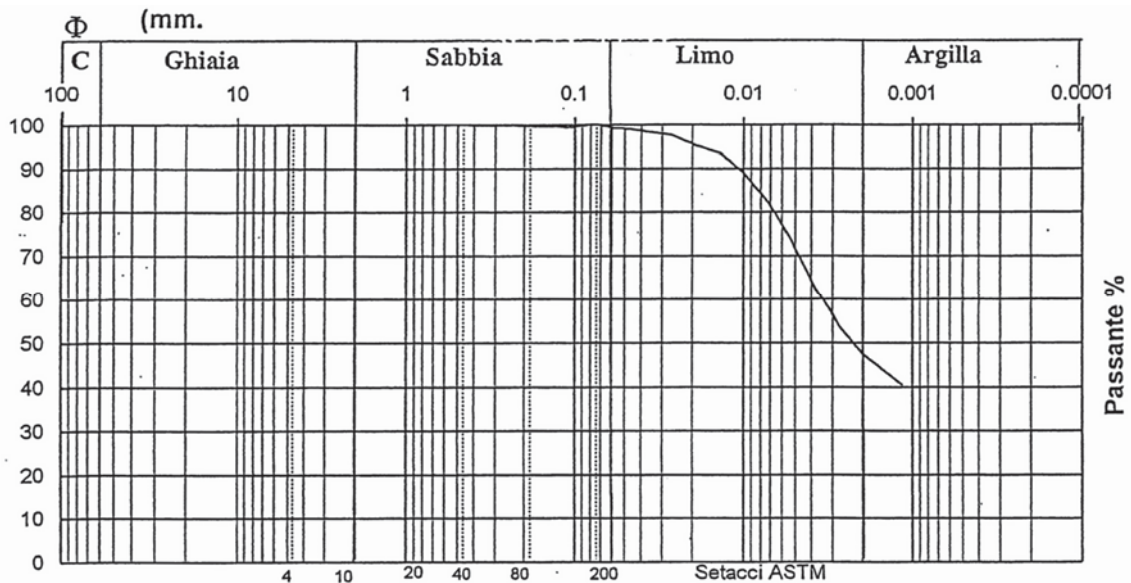


Figura 247 – Analisi granulometrica

Descrizione AGI		<b>Ciottoli</b>	<b>Ghiaia</b>	<b>Sabbia</b>	<b>Limo</b>	<b>Argilla</b>
LIMO	CON ARGILLA	%	%	%	%	%
		0.0	0.0	0.7	51.8	47.5
Classificazione UNI-CNR 10006		d10 (mm)	d60 (mm) 0.0036			
Grado di uniformità (d60/d10) U =		d15 (mm)	d85 (mm) 0.0079			

Figura 248 – Classificazione del campione

Sond n. 3                      Camp n. 2                      da m. 11.30                      a m. 14.00

**CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE**

					medio	
Diametro	cm	6	6	6		
Sezione	A	cmq	28.27	28.27	28.27	
Altezza	H	cm	2.2	2.2	2.2	
Volume	V	cmc	62.20	62.20	62.20	
Tara	N.		31	16	19	
Camp. umido + tara	X	g	132.75	133.10	134.97	
Camp. secco + tara	Y	g	104.97	104.97	106.71	
Peso tara	Z	g	14.91	14.91	13.90	
Peso acqua	X-Y	g	27.78	28.13	28.26	
Peso camp. secco	Y-Z	g	90.06	90.06	92.81	
Umidita' naturale	$W_n=100*(X-Y)/(Y-Z)$	%	30.85	31.23	30.45	30.84
Peso di volume umido	$\gamma=(X-Z)/V$	g/cmc	1.89	1.90	1.95	1.91
Peso di volume secco	$\gamma_d=(Y-Z)/V$	g/cmc	1.45	1.45	1.49	1.46
Peso specifico	G	g/cmc	2.633	2.633	2.633	
Indice dei vuoti	$e=G/\gamma_d - 1$		0.82	0.82	0.76	0.80
Porosita'	$n=100*e/(1+e)$	%	45.01	45.01	43.33	44.45
Umidita' di sat.	$W_{sat}=n/\gamma_d$	%	31.09	31.09	29.04	30.41
Grado di sat.	$S_r=100*W_n/W_{sat}$	%	99.22	100.00	100.00	99.74
Pocket penetrometer	kg/cm <sup>q</sup>	1.4 - 1.6				
Thor Vane	kg/cm <sup>q</sup>	0.8 - 0.9				

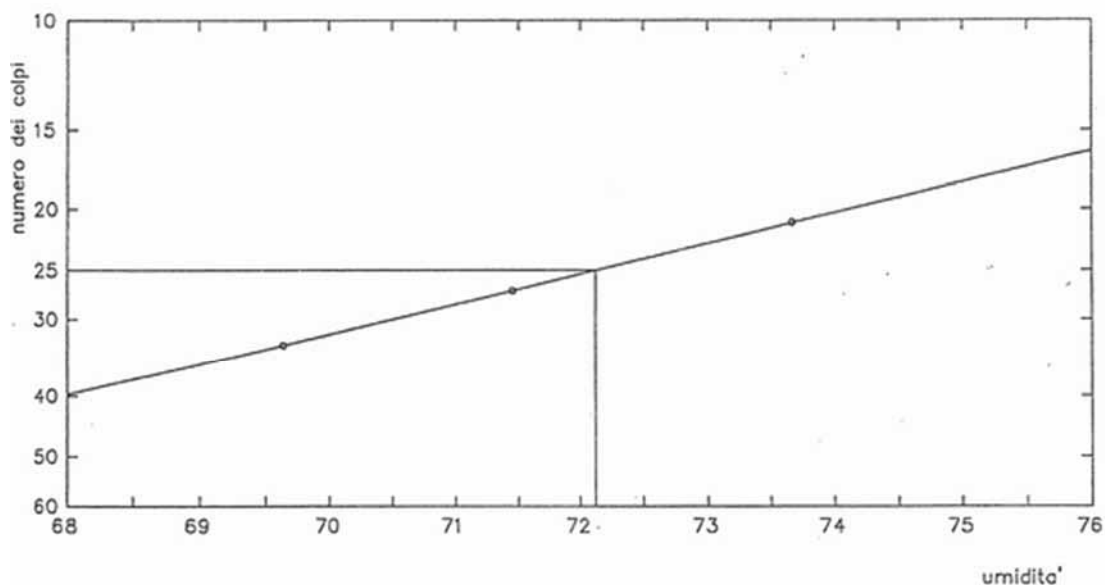
Figura 249 – Caratteristiche volumetriche del campione

Sond n. 3      Camp n. 2      da m. 11.30      a m. 14.00

DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI ATTERBERG

LIMITE DI LIQUIDITA'

Prova N.			1	2	3		
Umidita'	W	%	73.67	71.45	69.64		
Numero di colpi			21	27	33		



LIMITE DI PLASTICITA'

Prova N.			1	2	3		
Umidita'	W	%	27.04	26.99	26.73		

Limite di liquidita'	W <sub>l</sub> = 72.1 %	Limite di plasticita'	W <sub>p</sub> = 26.9 %
Indice di plasticita'	I <sub>p</sub> = 45.2	Umidita' naturale	W = 30.84 %
Indice di liquidita'	I <sub>l</sub> = 0.09	Indice di consistenza	I <sub>c</sub> = 0.91

Figura 250 – Determinazione dei limiti di Atterberg e Tabella riassuntiva

Provino N.	Dimensioni iniziali		Consolidamento			Fase di rottura			Valori di rottura	
	Ø (mm)	H (mm)	dt (ore)	dh (mm)	σ	v (mm/min)	dt (h.m)	σ	ε %	τ
Provino N. 1	60	22	72	0.98	2	0.006	11.10	2	5.967	0.904
Provino N. 2	60	22	72	1.28	3	0.006	11.35	3	6.050	1.226
Provino N. 3	60	22	72	1.52	4	0.006	11.30	4	5.000	1.580

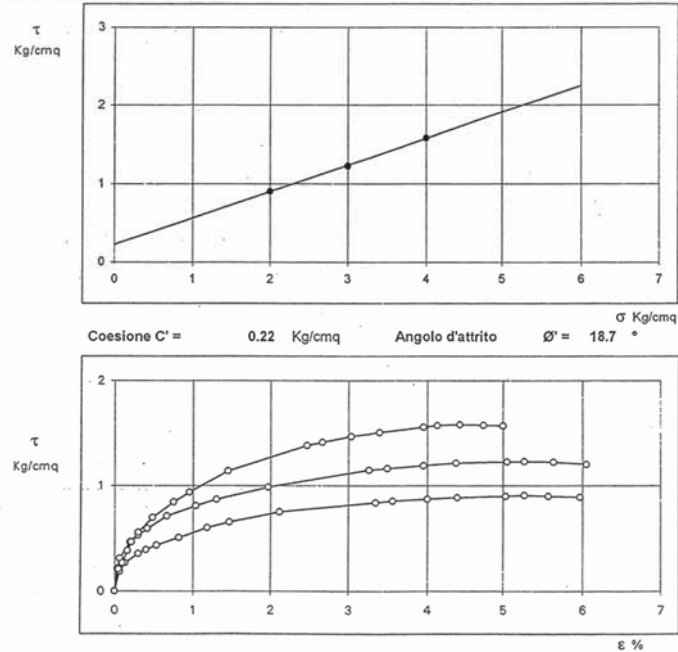


Figura 251 – Risultati della prova di taglio diretto (C.D.) – Coesione ed angolo di attrito efficaci

Provino N.	Dimensioni iniziali		Consolidamento			Fase di rottura			Valori di rottura	
	Ø (mm)	H (mm)	dt (ore)	dh (mm)	σ	v (mm/min)	dt (h.m)	σ	ε %	τ
Provino N. 1	60	22	48	0	2	0.006	0.24653	2	5.167	0.496
Provino N. 2	60	22	48	0	3	0.006	0.25694	3	5.567	0.669
Provino N. 3	60	22	48	0	4	0.006	0.25	4	5.350	0.954

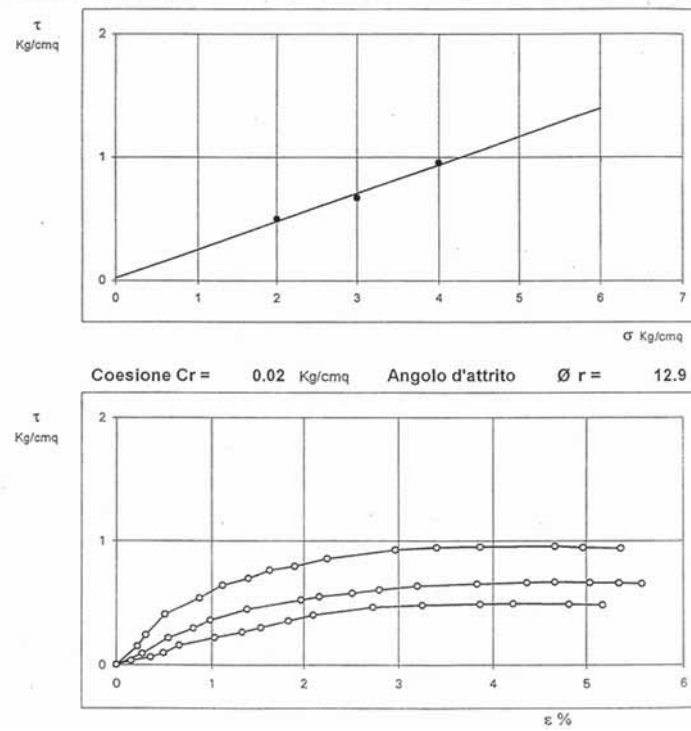


Figura 252 - Risultati della prova di taglio diretto (C.D.) – Coesione ed angolo di attrito residui

Sondaggio S3 – (Campione n.3 da -25.20 a -25.90 m)

Sond n. 3      Camp n. 3      da m. 25.2      a m. 25.9

SOMMARIO DELLE CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE

DESCRIZIONE:

ALTERNANZA DI LIVELLI CENTIMETRICI DI SABBIA FINE TALORA LIMOSA NOC-CIOLA-OCRACEA E LIMO SABBIOSO-ARGILLOSO NOCCIOLA. MOLLE.

CARATTERISTICHE GENERALI		LIMITI DI CONSISTENZA	
Umidità naturale	W = 25.39 %		
Peso di volume umido	$\gamma = 2.02$ g/cmc		
Peso di volume secco	$\gamma_d = 1.61$ g/cmc		
GRANULOMETRIA		RESISTENZA	
Ghiaia ( 2 - 60 mm )	= 0.1 %		
Sabbia ( 0.6 - 2 mm )	= 63.9 %	Pocket Penetrom.	qu = 0.5 - 0.6 Kg/cm <sup>2</sup>
Limo ( 0.002 - 0.6 mm )	= 28.4 %		
Argilla ( < 0.002 mm )	= 7.6 %		
Coeff. di uniformità	U = 45.9	Vane Test	Cu = 0.1 - 0.2 Kg/cm <sup>2</sup>

TAGLIO C.D.

angolo di attrito       $\varphi' = 29.3$       Coesione      C' = 0.12 Kg/cm<sup>2</sup>  
 angolo di attrito residuo       $\varphi_r =$       Coesione residua      Cr = Kg/cm<sup>2</sup>

Figura 253 – Descrizione delle caratteristiche fisico-meccaniche del campione

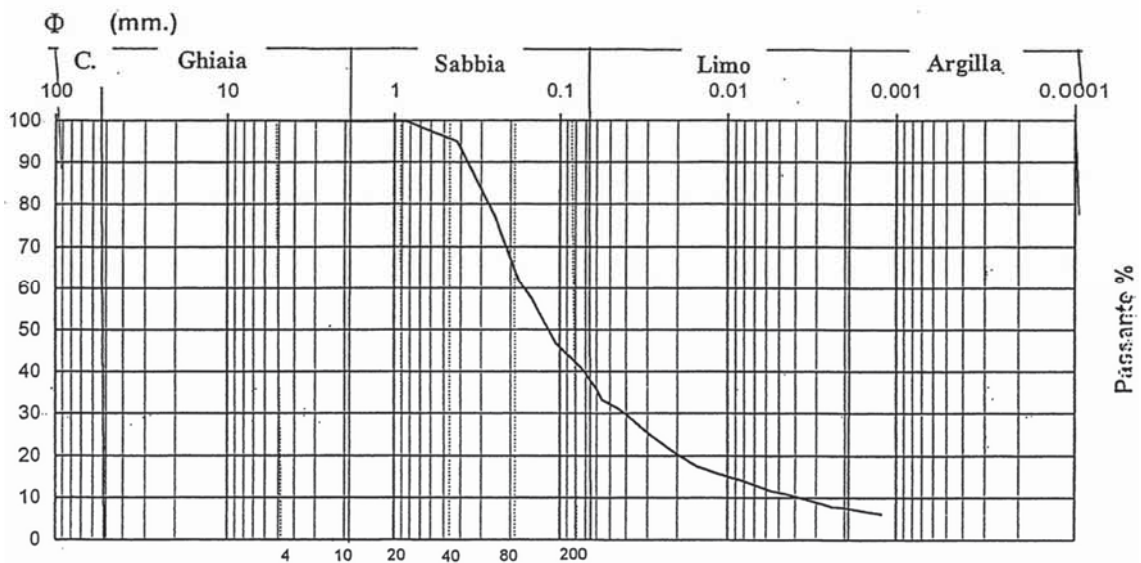


Figura 254 – Analisi granulometrica

d10 (mm)	0.0037	Ciottoli	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
d15 (mm)	0.009	%	%	%	%	%
d60 (mm)	0.17	0.0	0.1	63.9	28.4	7.6
d85 (mm)	0.32	Coefficiente di uniformità (d60/d10) U = 45.9459				

Figura 255 – Classificazione del campione

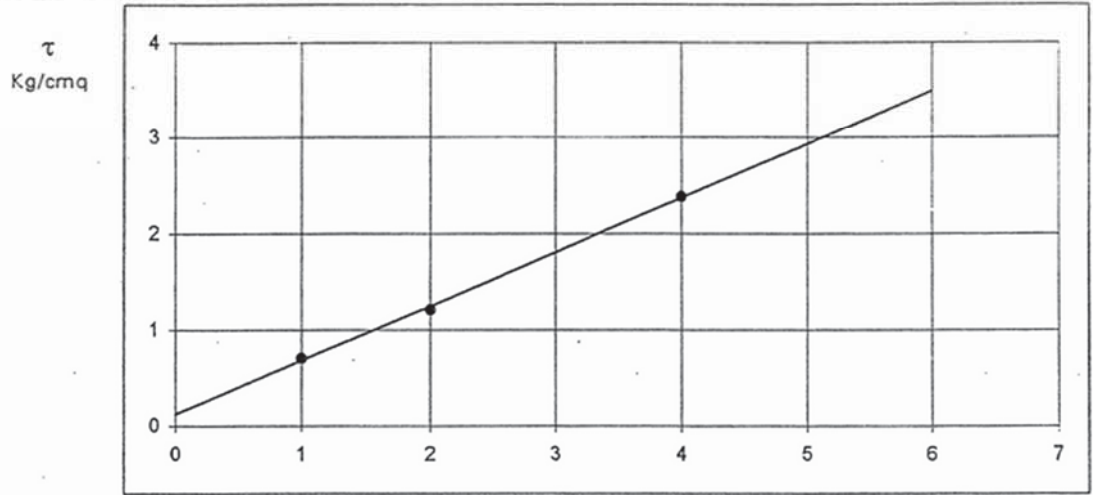
Sond n. 3      Camp n. 3      da m. 25.2      a m. 25.9

CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE

					media
Diametro	cm	6	6		
Sezione	A	cmq	28.27	28.27	
Altezza	H	cm	2.2	2.2	
Volume	V	cmc	62.20	62.20	
Tara	N.		26	12	
Camp. umido + tara	X	g	138.38	141.55	
Camp. secco + tara	Y	g	112.47	116.52	
Peso tara	Z	g	14.65	13.48	
Peso acqua	X-Y	g	25.91	25.03	
Peso camp. secco	Y-Z	g	97.82	103.04	
Umidita' naturale	$W_n=100*(X-Y)/(Y-Z)$	%	26.49	24.29	25.39
Peso di volume umido	$\gamma=(X-Z)/V$	g/cmc	1.99	2.06	2.02
Peso di volume secco	$\gamma_d=(Y-Z)/V$	g/cmc	1.57	1.66	1.61
Peso specifico	G	g/cmc			
Indice dei vuoti	$e=G/\gamma_d - 1$				
Porosita'	$n=100*e/(1+e)$	%			
Umidita' di sat.	$W_{sat}=n/\gamma_d$	%			
Grado di sat.	$S_r=100*W_n/W_{sat}$	%			
Pocket penetrometer	kg/cmq	0.5 - 0.6			
Thor Vane	kg/cmq	0.1 - 0.2			

Figura 256 – Caratteristiche volumetriche del campione

Provino N.	Dimensioni iniziali		Consolidamento			Fase di rottura			Valori di rottura	
	Ø (mm)	H (mm)	dt (ore)	dh (mm)	$\sigma$	v (mm/min)	dt (h.m)	$\sigma$	$\varepsilon\%$	$\tau$
Provino N. 1	60	22	72	0.54	1	0.015	3.40	1	6.000	0.705
Provino N. 2	60	22	72	0.72	2	0.015	4.10	2	5.700	1.211
Provino N. 3	60	22	72	0.89	4	0.015	5.25	4	5.667	2.378



Coesione  $C' = 0.12$  Kg/cm $^2$       Angolo d'attrito  $\phi' = 29.3^\circ$

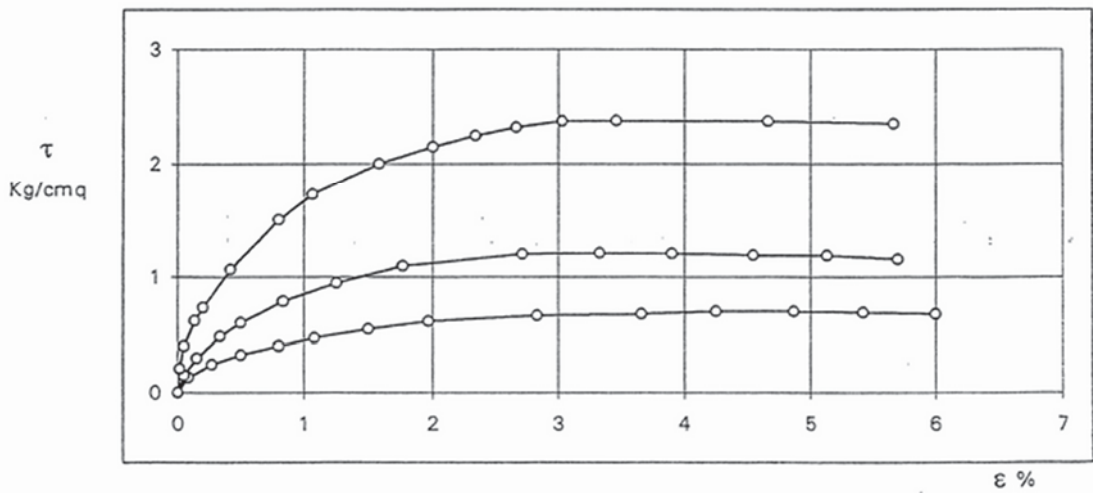


Figura 257 - Determinazione dei limiti di Atterberg

Sondaggio S4 – (Campione n.1 da -10.40 a -11.10 m)

Sond n. 4      Camp n. 1      da m. 10.4      a m. 11.1

SOMMARIO DELLE CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE

DESCRIZIONE:

LIMO ARGILLOSO GRIGIO CON STRIATURE E GRANULI TORBOSI BRUNO-NERASTRI SPARSI. TALORA INTERCALAZIONI CENTIMETRICHE DI LIMO SABBIOSO GRIGIO. DA MEDIAMENTE CONSISTENTE A CONSISTENTE.

CARATTERISTICHE GENERALI		LIMITI DI CONSISTENZA	
Umidita' naturale	W = 31.38 %	Limite di liquidita'	Wl = 49.8 %
Peso di volume umido	$\gamma = 1.91$ g/cmc	Limite di plasticita'	Wp = 19.6 %
Peso di volume secco	$\gamma_d = 1.46$ g/cmc	Indice di liquidita'	Il = 0.39
Peso specifico	G = 2.682 g/cmc	Indice di plasticita'	Ip = 30.1
Indice dei vuoti	e = 0.84	Indice di consistenza	Ic = 0.61
Porosita'	n = 45.67 %		
Umidita' di saturazione	Wsat = 31.35 %		
Grado di saturazione	Sr = 97.96 %		
GRANULOMETRIA		RESISTENZA	
Sabbia ( 0.6 – 2 mm )	= 7.6 %	Compressione semplice ELL	qu = 1.09 Kg/cmq
Limo ( 0.002 – 0.6 mm )	= 45.8 %		$\epsilon = 12.10$ %
Argilla ( < 0.002 mm )	= 46.6 %	Pocket Penetrom.	qu = 0.9 – 1.2 Kg/cmq
		Vane Test	Cu = 0.3 – 0.4 Kg/cmq
TAGLIO C.D.			
angolo di attrito	$\varphi' = 19.4$	Coesione	C' = 0.18 Kg/cmq
angolo di attrito residuo	$\varphi_r = 12.3$	Coesione residua	Cr = 0.04 Kg/cmq

Figura 258 – Descrizione delle caratteristiche fisico-meccaniche del campione

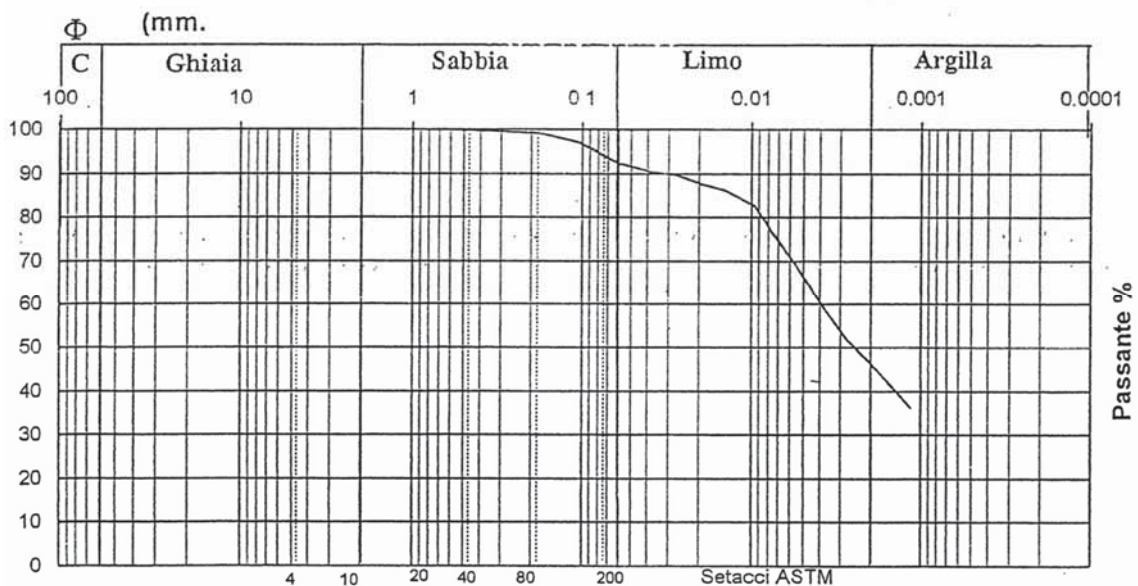


Figura 259 – Analisi granulometrica



Descrizione AGI ARGILLA CON LIMO DEB. SABBIOSA	Ciottoli	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
	%	%	%	%	%
Classificazione UNI-CNR 10006	0.0	0.0	7.6	45.8	46.6
	d10 (mm)	d60 (mm) 0.004			
Grado di uniformità (d60/d10) U =	d15 (mm)	d85 (mm) 0.012			

Figura 260 – Classificazione del campione

Sond n. 4                      Camp n. 1                      da m. 10.4                      a m. 11.1

**CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE**

					media	
Diametro	cm	6	6	6		
Sezione	A	cmq	28.27	28.27	28.27	
Altezza	H	cm	2.2	2.2	2.2	
Volume	V	cmc	62.20	62.20	62.20	
Tara	N.		26	12	37	
Camp. umido + tara	X	g	131.19	133.14	135.02	
Camp. secco + tara	Y	g	104.10	103.69	106.21	
Peso tara	Z	g	14.65	13.48	13.94	
Peso acqua	X-Y	g	27.09	29.45	28.81	
Peso camp. secco	Y-Z	g	89.45	90.21	92.27	
Umidita' naturale	$W_n=100*(X-Y)/(Y-Z)$	%	30.29	32.65	31.22	31.38
Peso di volume umido	$\gamma=(X-Z)/V$	g/cmc	1.87	1.92	1.95	1.91
Peso di volume secco	$\gamma_d=(Y-Z)/V$	g/cmc	1.44	1.45	1.48	1.46
Peso specifico	G	g/cmc	2.682	2.682	2.682	
Indice dei vuoti	$e=G/\gamma_d - 1$		0.87	0.85	0.81	0.84
Porosita'	$n=100*e/(1+e)$	%	46.38	45.93	44.69	45.67
Umidita' di sat.	$W_{sat}=n/\gamma_d$	%	32.25	31.67	30.13	31.35
Grado di sat.	$S_r=100*W_n/W_{sat}$	%	93.89	100.00	100.00	97.96
Pocket penetrometer	kg/cmq	0.9 - 1.2				
Thor Vane	kg/cmq	0.3 - 0.4				

Figura 261 – Caratteristiche volumetriche del campione

Sond n. 4

Camp n. 1

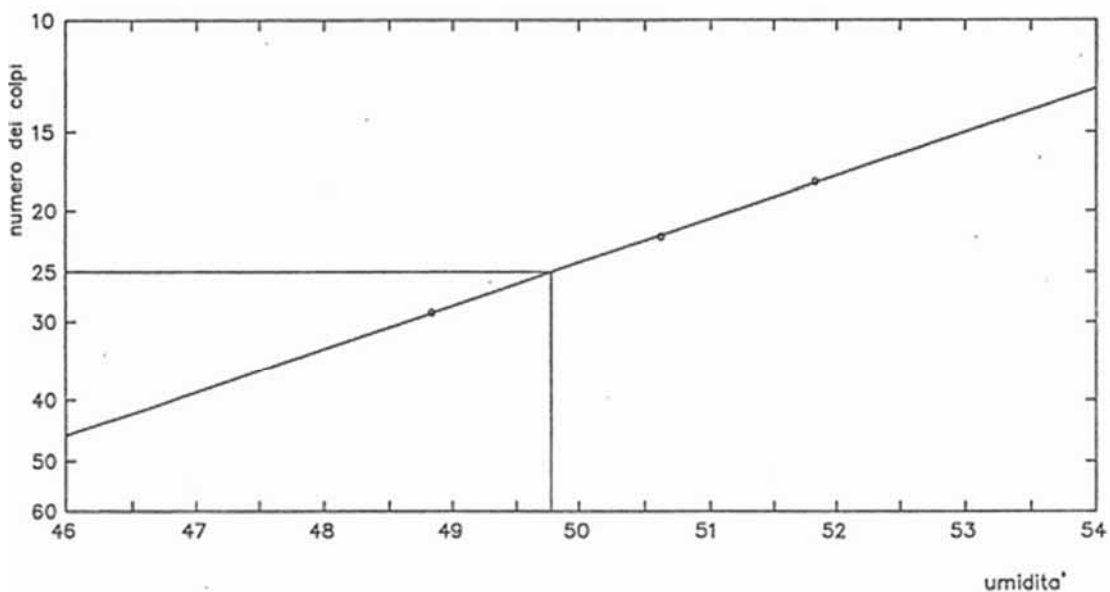
da m. 10.4

a m. 11.1

## DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI ATTERBERG

## LIMITE DI LIQUIDITA'

Prova N.	1	2	3		
Umidita' W %	51.83	50.62	48.83		
Numero di colpi	18	22	29		



## LIMITE DI PLASTICITA'

Prova N.	1	2	3		
Umidita' W %	19.60	19.62	19.71		

Limite di liquidita'	W <sub>l</sub> = 49.8 %	Limite di plasticita'	W <sub>p</sub> = 19.6 %
Indice di plasticita'	I <sub>p</sub> = 30.1	Umidita' naturale	W = 31.38 %
Indice di liquidita'	I <sub>l</sub> = 0.39	Indice di consistenza	I <sub>c</sub> = 0.61

Figura 262 – Determinazione dei limiti di Atterberg e Tabella riassuntiva

Provino N.	Dimensioni iniziali		Consolidamento			Fase di rottura			Valori di rottura	
	Ø (mm)	H (mm)	dt (ore)	dh (mm)	σ	v (mm/min)	dt (h.m)	σ	ε %	τ
Provino N. 1	60	22	72	0,67	1	0,006	9,55	1	6,083	0,502
Provino N. 2	60	22	72	1,57	2	0,006	10,05	2	5,900	0,928
Provino N. 3	60	22	72	2,58	4	0,006	10,10	4	5,200	1,571

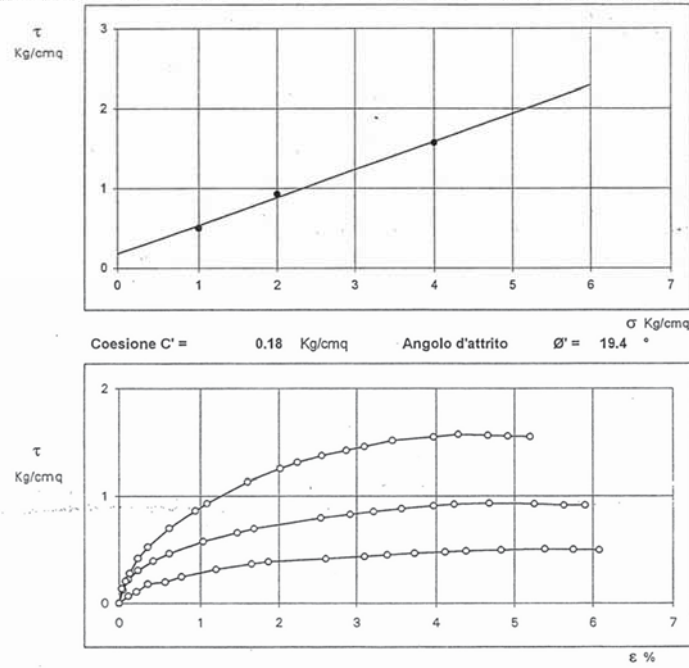


Figura 263 – Risultati della prova di taglio diretto (C.D.) – Coesione ed angolo di attrito efficaci

Provino N.	Dimensioni iniziali		Consolidamento			Fase di rottura			Valori di rottura	
	Ø (mm)	H (mm)	dt (ore)	dh (mm)	σ	v (mm/min)	dt (h.m)	σ	ε %	τ
Provino N. 1	60	22	48	0	1	0,006	0,36806	1	5,717	0,258
Provino N. 2	60	22	48	0	2	0,006	0,38194	2	5,933	0,472
Provino N. 3	60	22	48	0	4	0,006	0,375	4	5,567	0,910

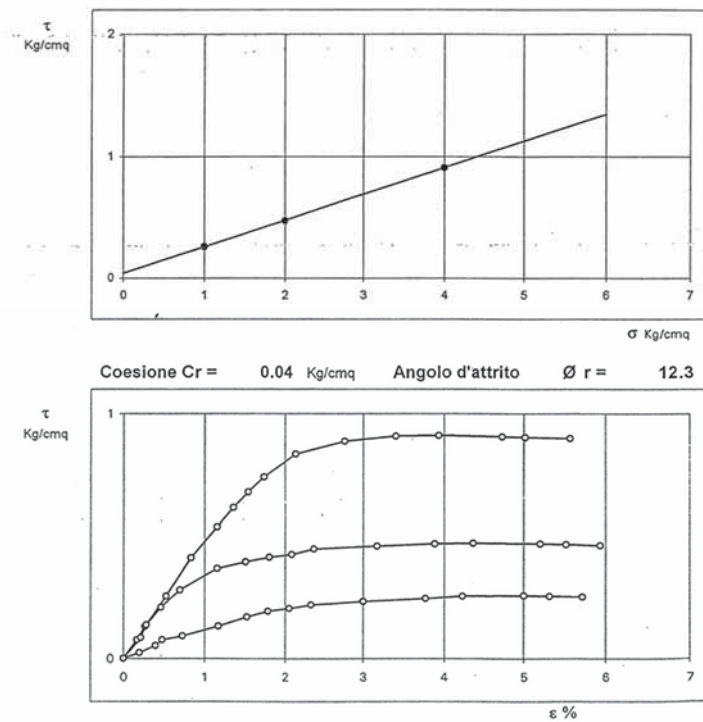


Figura 264 – Risultati della prova di taglio diretto (C.D.) – Coesione ed angolo di attrito residui

Sondaggio S4 – (Campione n.2 da -16.30 a -16.90 m)

Sond n. 4

Camp n. 2

da m. 16.3

a m. 16.9

SOMMARIO DELLE CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE

DESCRIZIONE:

LIMO ARGILLOSO DEB. SABBIOSO GRIGIO-AZZURRO CON SPARSI CALCINELLI  
BIANCO-GRIGIASTRI MILLIMETRICI. CONSISTENTE.

CARATTERISTICHE GENERALI		LIMITI DI CONSISTENZA	
Umidita' naturale	W = 29.45 %	Limite di liquidita'	Wl = 38.4 %
Peso di volume umido	$\gamma = 1.92$ g/cmc	Limite di plasticita'	Wp = 20.0 %
Peso di volume secco	$\gamma_d = 1.48$ g/cmc	Indice di liquidita'	Il = 0.51
Peso specifico	G = 2.625 g/cmc	Indice di plasticita'	Ip = 18.4
Indice dei vuoti	e = 0.77	Indice di consistenza	Ic = 0.49
Porosita'	n = 43.49 %		
Umidita' di saturazione	Wsat = 29.31 %		
Grado di saturazione	Sr = 99.58 %		
GRANULOMETRIA		RESISTENZA	
Sabbia ( 0.6 - 2 mm )	= 14.3 %	Compressione semplice ELL	qu = 1.12 Kg/cmq
Limo ( 0.002 - 0.6 mm )	= 46.6 %		$\epsilon = 9.22$ %
Argilla ( < 0.002 mm )	= 39.0 %	Pocket Penetrom.	qu = 1.2 - 1.7 Kg/cmq
		Vane Test	Cu = 0.6 - 0.8 Kg/cmq

TAGLIO C.D.

angolo di attrito	$\phi' = 23.4$	Coesione	$C' = 0.19$ Kg/cmq
angolo di attrito residuo	$\phi_r = 14.2$	Coesione residua	$C_r = 0.02$ Kg/cmq

Figura 265 - Descrizione delle caratteristiche fisico-meccaniche del campione

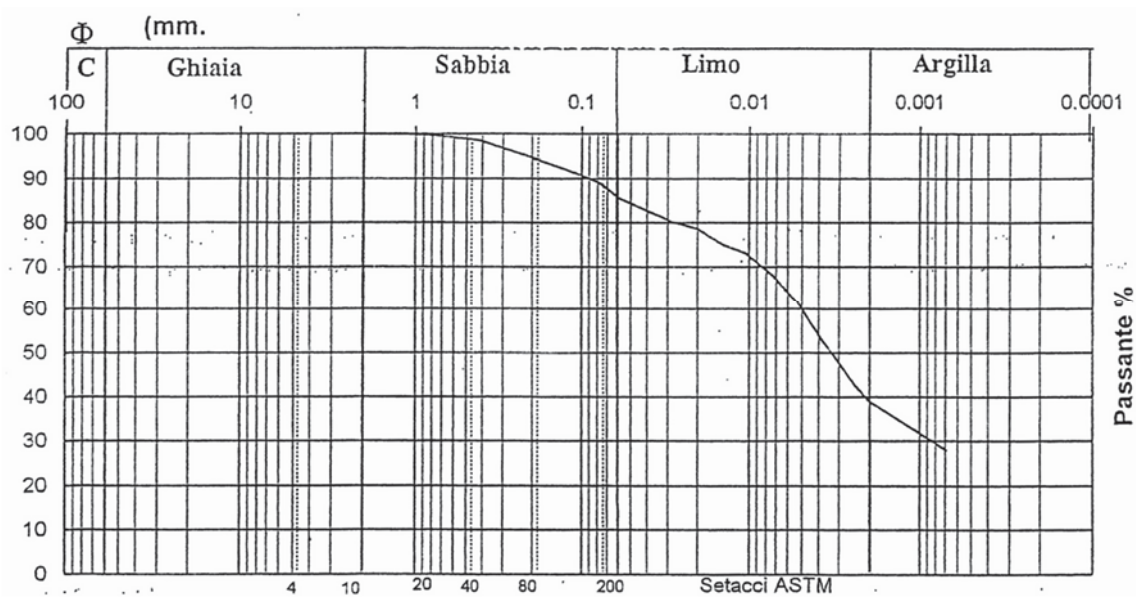


Figura 266 - Analisi granulometrica

Descrizione AGI	Ciottoli	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
LIMO CON ARGILLA SABBIOSO	%	%	%	%	%
	0.0	0.0	14.3	46.6	39.0
Classificazione UNI-CNR 10006	d10 (mm)		d60 (mm) 0.005		
Grado di uniformità (d60/d10) U =	d15 (mm)		d85 (mm) 0.016		

Figura 267 – Classificazione del campione

Sond n. 4      Camp n. 2      da m. 16.3      a m. 16.9

CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE

					media	
Diametro	cm	3.81	3.81	3.81		
Sezione	cmq	11.40	11.40	11.40		
Altezza	cm	7.62	7.62	7.62		
Volume	cmc	86.88	86.88	86.88		
Tara	N.	28	15	48		
Camp. umido + tara	X	g	183.09	180.92	182.18	
Camp. secco + tara	Y	g	144.15	143.18	145.01	
Peso tara	Z	g	16.02	13.90	15.78	
Peso acqua	X-Y	g	38.94	37.74	37.17	
Peso camp. secco	Y-Z	g	128.13	129.28	129.23	
Umidita' naturale	$W_n=100*(X-Y)/(Y-Z)$	%	30.39	29.19	28.76	29.45
Peso di volume umido	$\gamma=(X-Z)/V$	g/cmc	1.92	1.92	1.92	1.92
Peso di volume secco	$\gamma_d=(Y-Z)/V$	g/cmc	1.47	1.49	1.49	1.48
Peso specifico	G	g/cmc	2.625	2.625	2.625	
Indice dei vuoti	$e=G/\gamma_d - 1$		0.78	0.76	0.76	0.77
Porosita'	$n=100*e/(1+e)$	%	43.81	43.31	43.33	43.49
Umidita' di sat.	$W_{sat}=n/\gamma_d$	%	29.71	29.10	29.13	29.31
Grado di sat.	$S_r=100*W_n/W_{sat}$	%	100.00	100.00	98.74	99.58
Pocket penetrometer	kg/cmq	1.2 - 1.7				
Thor Vane	kg/cmq	0.6 - 0.8				

Figura 268 – Caratteristiche volumetriche del campione

Sond n. 4

Camp n. 2

da m. 16.3

a m. 16.9

### DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI ATTERBERG

#### LIMITE DI LIQUIDITA'

Prova N.	1	2	3		
Umidita' W %	40.29	38.17	37.60		
Numero di colpi	16	26	30		

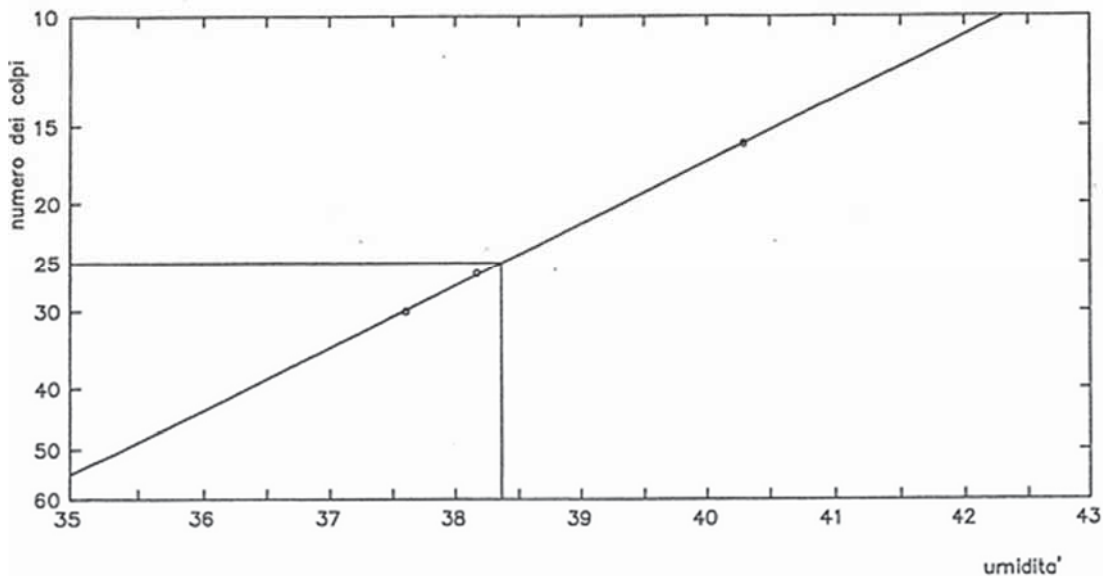


Figura 269 – Determinazione dei limiti di Atterberg

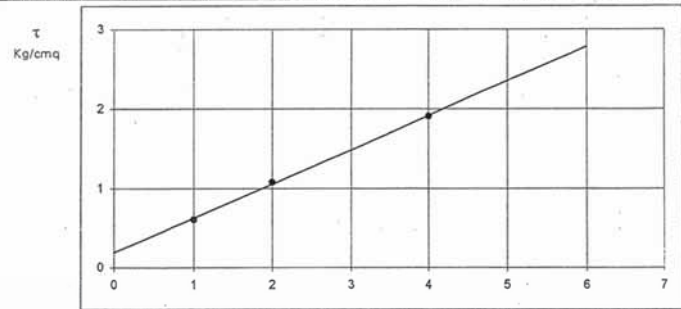
#### LIMITE DI PLASTICITA'

Prova N.	1	2	3		
Umidita' W %	20.02	19.89	20.12		

Limite di liquidita' $W_L = 38.4 \%$	Limite di plasticita' $W_p = 20.0 \%$
Indice di plasticita' $I_p = 18.4$	Umidita' naturale $W = 29.45 \%$
Indice di liquidita' $I_L = 0.51$	Indice di consistenza $I_c = 0.49$

Figura 270 – Tabella riassuntiva

Provino N.	Dimensioni iniziali		Consolidamento			Fase di rottura			Valori di rottura	
	$\varnothing$ (mm)	H (mm)	dt (ore)	dh (mm)	$\sigma$	v (mm/min)	dt (h.m)	$\sigma$	$\epsilon$ %	$\tau$
Provino N. 1	60	22	72	0.82	1	0.006	6.55	1	4.883	0.602
Provino N. 2	60	22	72	1.24	2	0.006	7.20	2	4.867	1.080
Provino N. 3	60	22	72	1.98	4	0.006	7.40	4	5.017	1.908



Coesione  $C' = 0.19$  Kg/cmq      Angolo d'attrito  $\phi' = 23.4^\circ$

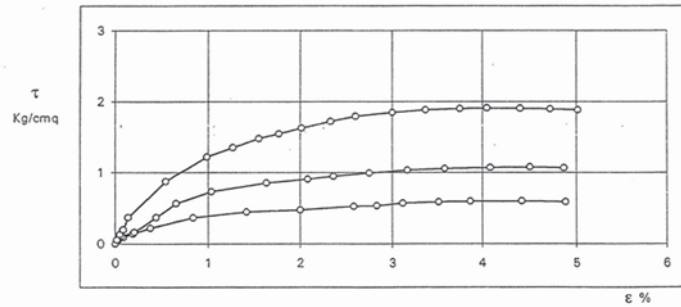
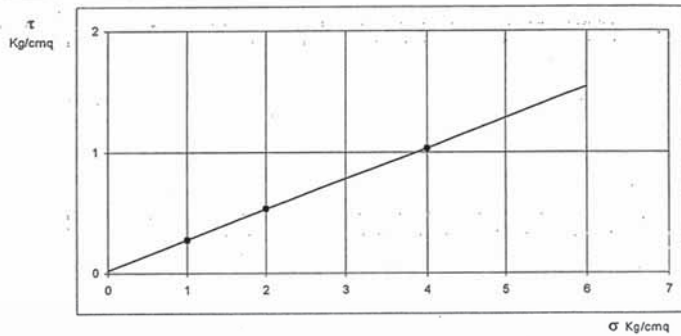


Figura 271 – Risultati della prova di taglio diretto (C.D.) – Coesione ed angolo di attrito efficaci

Provino N.	Dimensioni iniziali		Consolidamento			Fase di rottura			Valori di rottura	
	$\varnothing$ (mm)	H (mm)	dt (ore)	dh (mm)	$\sigma$	v (mm/min)	dt (h.m)	$\sigma$	$\epsilon$ %	$\tau$
Provino N. 1	60	22	48	0	1	0.006	0.20486	1	4.767	0.270
Provino N. 2	60	22	48	0	2	0.006	0.25694	2	4.500	0.529
Provino N. 3	60	22	48	0	4	0.006	0.28472	4	4.500	1.031



Coesione  $C_r = 0.02$  Kg/cmq      Angolo d'attrito  $\phi_r = 14.2$

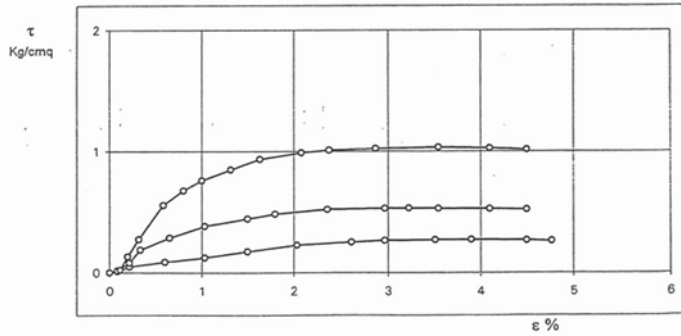


Figura 272 - Risultati della prova di taglio diretto (C.D.) – Coesione ed angolo di attrito residui

7.5 All.to 5 - Tabulati di calcolo (Verifica Statica Stato di fatto)

**Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]- Numero di superfici esaminate (338)**

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	6,7	5,0	7,5	5,01
2	7,3	5,5	7,4	3,64
3	8,0	5,0	8,5	1,92
4	8,7	5,5	8,3	1,53
5	9,3	5,0	8,5	1,36
6	10,0	5,5	5,9	1,02
7	10,7	5,0	4,7	0,72
8	11,3	5,5	5,3	0,63
9	12,0	5,0	5,2	0,69
10	12,7	5,5	4,4	0,59
11	13,3	5,0	3,9	0,68
12	14,0	5,5	4,4	0,80
13	14,7	5,0	5,2	0,93
14	15,3	5,5	6,7	1,05
15	16,0	5,0	7,4	1,22
16	16,7	5,5	8,2	1,33
17	17,3	5,0	8,8	1,48
18	18,0	5,5	9,3	1,65
19	18,7	5,0	8,7	2,08
20	19,3	5,5	8,1	2,71
21	20,0	5,0	7,5	3,79
22	6,0	6,5	8,1	6,68
23	6,7	6,0	8,2	4,10
24	7,3	6,5	9,0	2,12
25	8,0	6,0	9,1	1,69
26	8,7	6,5	9,9	1,35
27	9,3	6,0	6,0	1,15
28	10,0	6,5	6,7	0,85
29	10,7	6,0	5,5	0,57
30	11,3	6,5	6,1	0,58
31	12,0	6,0	4,7	0,53
32	12,7	6,5	5,3	0,62
33	13,3	6,0	4,9	0,70
34	14,0	6,5	5,3	0,79
35	14,7	6,0	6,0	0,90
36	15,3	6,5	6,1	1,02
37	16,0	6,0	7,7	1,18
38	16,7	6,5	3,9	1,28
39	17,3	6,0	9,9	1,45
40	18,0	6,5	8,4	1,75
41	18,7	6,0	8,8	2,06
42	19,3	6,5	8,2	2,68
43	20,0	6,0	5,9	3,47
44	6,0	7,5	8,9	5,40
45	6,7	7,0	8,9	2,36
46	7,3	7,5	9,7	1,86
47	8,0	7,0	9,8	1,52
48	8,7	7,5	7,9	1,23
49	9,3	7,0	6,8	0,89
50	10,0	7,5	7,5	0,76
51	10,7	7,0	6,3	0,51



52	11,3	7,5	6,9	0,56
53	12,0	7,0	5,5	0,57
54	12,7	7,5	6,1	0,66
55	13,3	7,0	5,9	0,72
56	14,0	7,5	7,3	0,81
57	14,7	7,0	6,7	0,90
58	15,3	7,5	7,7	1,03
59	16,0	7,0	6,9	1,18
60	16,7	7,5	4,5	1,30
61	17,3	7,0	3,7	1,46
62	18,0	7,5	9,6	1,74
63	18,7	7,0	8,9	2,12
64	19,3	7,5	6,6	2,61
65	20,0	7,0	6,2	3,28
66	6,7	8,0	9,7	2,26
67	7,3	8,5	10,5	1,64
68	8,0	8,0	10,5	1,39
69	8,7	8,5	8,7	1,07
70	9,3	8,0	7,6	0,72
71	10,0	8,5	8,3	0,67
72	10,7	8,0	7,1	0,51
73	11,3	8,5	7,7	0,58
74	12,0	8,0	6,4	0,62
75	12,7	8,5	8,2	0,69
76	13,3	8,0	6,7	0,74
77	14,0	8,5	8,0	0,83
78	14,7	8,0	7,4	0,92
79	15,3	8,5	9,2	1,05
80	16,0	8,0	9,5	1,17
81	16,7	8,5	5,1	1,32
82	17,3	8,0	4,3	1,44
83	18,0	8,5	9,9	1,74
84	18,7	8,0	9,1	2,14
85	19,3	8,5	6,8	2,62
86	20,0	8,0	7,2	3,29
87	6,0	9,5	10,6	3,46
88	6,7	9,0	10,5	2,14
89	7,3	9,5	11,2	1,49
90	8,0	9,0	11,2	1,29
91	8,7	9,5	9,5	0,91
92	9,3	9,0	8,5	0,60
93	10,0	9,5	9,1	0,63
94	10,7	9,0	8,0	0,54
95	11,3	9,5	8,6	0,61
96	12,0	9,0	8,4	0,64
97	12,7	9,5	9,0	0,71
98	13,3	9,0	8,6	0,77
99	14,0	9,5	8,7	0,87
100	14,7	9,0	9,0	0,95
101	15,3	9,5	9,7	1,08
102	16,0	9,0	9,9	1,19
103	16,7	9,5	10,5	1,34
104	17,3	9,0	9,7	1,51
105	18,0	9,5	10,3	1,81
106	18,7	9,0	9,5	2,17
107	19,3	9,5	8,2	2,66
108	20,0	9,0	7,4	3,33
109	6,0	10,5	11,4	2,13

110	6,7	10,0	10,6	1,87
111	7,3	10,5	12,1	1,34
112	8,0	10,0	10,5	1,17
113	8,7	10,5	10,4	0,79
114	9,3	10,0	10,2	0,78
115	10,0	10,5	10,0	0,61
116	10,7	10,0	8,8	0,59
117	11,3	10,5	9,5	0,65
118	12,0	10,0	9,2	0,67
119	12,7	10,5	9,9	0,76
120	13,3	10,0	9,3	0,81
121	14,0	10,5	10,3	0,91
122	14,7	10,0	9,5	0,99
123	15,3	10,5	11,2	1,09
124	16,0	10,0	11,3	1,20
125	16,7	10,5	11,0	1,36
126	17,3	10,0	10,2	1,57
127	18,0	10,5	9,8	1,88
128	18,7	10,0	9,0	2,22
129	19,3	10,5	8,7	2,66
130	20,0	10,0	8,8	3,40
131	6,0	11,5	12,3	2,06
132	6,7	11,0	12,2	1,66
133	7,3	11,5	11,5	1,16
134	8,0	11,0	11,3	1,03
135	8,7	11,5	11,2	0,71
136	9,3	11,0	10,2	0,53
137	10,0	11,5	10,0	0,60
138	10,7	11,0	9,7	0,63
139	11,3	11,5	10,3	0,69
140	12,0	11,0	10,1	0,71
141	12,7	11,5	10,6	0,80
142	13,3	11,0	10,0	0,85
143	14,0	11,5	10,9	0,96
144	14,7	11,0	11,0	1,01
145	15,3	11,5	11,7	1,14
146	16,0	11,0	11,8	1,24
147	16,7	11,5	11,5	1,41
148	17,3	11,0	11,6	1,58
149	18,0	11,5	11,3	1,93
150	18,7	11,0	9,6	2,27
151	19,3	11,5	9,3	2,79
152	20,0	11,0	8,5	3,54
153	6,7	12,0	13,1	1,45
154	7,3	12,5	12,4	1,01
155	8,0	12,0	12,2	0,92
156	8,7	12,5	12,1	0,68
157	9,3	12,0	11,1	0,57
158	10,0	12,5	10,9	0,66
159	10,7	12,0	11,5	0,67
160	11,3	12,5	11,2	0,73
161	12,0	12,0	11,0	0,75
162	12,7	12,5	11,4	0,85
163	13,3	12,0	11,7	0,89
164	14,0	12,5	12,4	0,99
165	14,7	12,0	12,5	1,05
166	15,3	12,5	13,1	1,16
167	16,0	12,0	12,3	1,28

168	16,7	12,5	12,0	1,49
169	17,3	12,0	12,1	1,66
170	18,0	12,5	11,8	2,01
171	18,7	12,0	10,2	2,31
172	19,3	12,5	10,0	2,93
173	20,0	12,0	9,1	3,69
174	6,7	13,0	13,9	1,30
175	7,3	13,5	13,3	0,85
176	8,0	13,0	12,3	0,52
177	8,7	13,5	13,0	0,65
178	9,3	13,0	12,0	0,61
179	10,0	13,5	12,6	0,66
180	10,7	13,0	12,4	0,69
181	11,3	13,5	13,0	0,77
182	12,0	13,0	11,9	0,80
183	12,7	13,5	13,1	0,89
184	13,3	13,0	12,3	0,94
185	14,0	13,5	13,9	1,04
186	14,7	13,0	13,1	1,08
187	15,3	13,5	13,7	1,22
188	16,0	13,0	12,9	1,32
189	16,7	13,5	12,6	1,57
190	17,3	13,0	11,8	1,77
191	18,0	13,5	11,6	2,10
192	18,7	13,0	10,8	2,44
193	19,3	13,5	11,5	3,07
194	20,0	13,0	9,8	3,84
195	6,0	14,5	15,1	1,42
196	6,7	14,0	14,2	1,15
197	7,3	14,5	14,9	0,95
198	8,0	14,0	13,3	0,56
199	8,7	14,5	13,2	0,63
200	9,3	14,0	12,9	0,66
201	10,0	14,5	13,5	0,70
202	10,7	14,0	13,3	0,73
203	11,3	14,5	13,9	0,80
204	12,0	14,0	13,7	0,85
205	12,7	14,5	13,7	0,93
206	13,3	14,0	13,8	0,97
207	14,0	14,5	14,5	1,06
208	14,7	14,0	14,5	1,13
209	15,3	14,5	14,3	1,27
210	16,0	14,0	13,5	1,38
211	16,7	14,5	14,1	1,60
212	17,3	14,0	13,3	1,82
213	18,0	14,5	12,3	2,19
214	18,7	14,0	11,5	2,53
215	19,3	14,5	12,2	3,21
216	20,0	14,0	11,4	4,11
217	6,0	15,5	16,0	1,27
218	6,7	15,0	15,1	1,04
219	7,3	15,5	15,8	0,90
220	8,0	15,0	14,2	0,61
221	8,7	15,5	14,1	0,68
222	9,3	15,0	13,8	0,70
223	10,0	15,5	14,5	0,75
224	10,7	15,0	14,2	0,77
225	11,3	15,5	14,8	0,84

226	12,0	15,0	14,5	0,88
227	12,7	15,5	15,2	0,97
228	13,3	15,0	15,3	1,02
229	14,0	15,5	16,0	1,11
230	14,7	15,0	15,1	1,16
231	15,3	15,5	14,9	1,32
232	16,0	15,0	15,0	1,43
233	16,7	15,5	14,8	1,69
234	17,3	15,0	14,0	1,91
235	18,0	15,5	13,0	2,26
236	18,7	15,0	12,2	2,72
237	19,3	15,5	12,1	3,46
238	20,0	15,0	11,3	4,44
239	6,7	16,0	16,1	0,95
240	7,3	16,5	16,7	0,87
241	8,0	16,0	15,1	0,65
242	8,7	16,5	15,8	0,69
243	9,3	16,0	15,5	0,73
244	10,0	16,5	15,4	0,79
245	10,7	16,0	15,1	0,81
246	11,3	16,5	15,7	0,88
247	12,0	16,0	15,2	0,92
248	12,7	16,5	15,9	1,00
249	13,3	16,0	15,9	1,05
250	14,0	16,5	16,6	1,14
251	14,7	16,0	15,8	1,22
252	15,3	16,5	16,4	1,36
253	16,0	16,0	15,6	1,48
254	16,7	16,5	14,6	1,81
255	17,3	16,0	14,7	2,00
256	18,0	16,5	13,7	2,44
257	18,7	16,0	13,7	2,79
258	19,3	16,5	12,9	3,68
259	20,0	16,0	12,1	4,84
260	6,0	17,5	17,9	1,07
261	6,7	17,0	16,4	0,58
262	7,3	17,5	16,4	0,64
263	8,0	17,0	16,1	0,69
264	8,7	17,5	16,7	0,73
265	9,3	17,0	16,4	0,76
266	10,0	17,5	16,3	0,83
267	10,7	17,0	16,0	0,86
268	11,3	17,5	16,6	0,93
269	12,0	17,0	16,7	0,96
270	12,7	17,5	17,4	1,04
271	13,3	17,0	16,6	1,09
272	14,0	17,5	17,3	1,17
273	14,7	17,0	16,4	1,27
274	15,3	17,5	17,1	1,42
275	16,0	17,0	16,3	1,58
276	16,7	17,5	16,2	1,85
277	17,3	17,0	14,5	2,14
278	18,0	17,5	14,5	2,62
279	18,7	17,0	14,5	2,95
280	19,3	17,5	14,5	3,77
281	20,0	17,0	13,7	4,74
282	5,3	18,0	18,2	1,24
283	6,0	18,5	18,9	1,01

284	6,7	18,0	17,3	0,63
285	7,3	18,5	17,3	0,70
286	8,0	18,0	17,0	0,72
287	8,7	18,5	17,6	0,77
288	9,3	18,0	17,4	0,79
289	10,0	18,5	18,0	0,86
290	10,7	18,0	16,9	0,90
291	11,3	18,5	18,2	0,96
292	12,0	18,0	17,4	1,00
293	12,7	18,5	18,1	1,08
294	13,3	18,0	18,1	1,13
295	14,0	18,5	18,8	1,23
296	14,7	18,0	18,0	1,31
297	15,3	18,5	17,0	1,54
298	16,0	18,0	17,0	1,66
299	16,7	18,5	16,9	1,94
300	17,3	18,0	15,3	2,25
301	18,0	18,5	16,1	2,61
302	18,7	18,0	15,3	3,08
303	19,3	18,5	15,3	3,93
304	20,0	18,0	13,7	6,19
305	5,3	19,0	19,2	1,11
306	6,0	19,5	19,8	0,97
307	6,7	19,0	18,3	0,67
308	7,3	19,5	18,3	0,75
309	8,0	19,0	18,0	0,76
310	8,7	19,5	18,6	0,81
311	9,3	19,0	18,3	0,82
312	10,0	19,5	18,9	0,89
313	10,7	19,0	18,6	0,93
314	11,3	19,5	18,9	0,99
315	12,0	19,0	18,9	1,03
316	12,7	19,5	19,6	1,12
317	13,3	19,0	18,8	1,16
318	14,0	19,5	19,5	1,27
319	14,7	19,0	18,7	1,37
320	15,3	19,5	17,7	1,64
321	16,0	19,0	17,8	1,74
322	16,7	19,5	17,7	2,04
323	17,3	19,0	16,1	2,42
324	18,0	19,5	16,9	2,73
325	18,7	19,0	16,1	3,26
326	19,3	19,5	16,1	4,05
327	20,0	19,0	14,5	7,45
328	6,7	20,0	19,2	0,71
329	8,0	20,0	18,9	0,80
330	9,3	20,0	19,2	0,86
331	10,7	20,0	19,4	0,95
332	12,0	20,0	19,6	1,07
333	13,3	20,0	19,5	1,21
334	14,7	20,0	18,6	1,49
335	16,0	20,0	18,5	1,82
336	17,3	20,0	17,7	2,40
337	18,7	20,0	16,9	3,40
338	20,0	20,0	15,3	9,75

7.6 All.to 6 - Tabulati di calcolo (Verifica Dinamica Stato di fatto)

**Risultati analisi pendio [A2+M2+R2] - Numero di superfici esaminate (338)**

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	6,7	5,0	7,5	3,29
2	7,3	5,5	7,4	2,60
3	8,0	5,0	8,5	1,56
4	8,7	5,5	8,3	1,27
5	9,3	5,0	8,5	1,15
6	10,0	5,5	5,9	0,86
7	10,7	5,0	4,7	0,61
8	11,3	5,5	5,3	0,54
9	12,0	5,0	5,2	0,59
10	12,7	5,5	4,4	0,49
11	13,3	5,0	3,9	0,57
12	14,0	5,5	4,4	0,66
13	14,7	5,0	5,2	0,80
14	15,3	5,5	6,7	0,91
15	16,0	5,0	7,4	1,05
16	16,7	5,5	9,3	1,13
17	17,3	5,0	8,8	1,24
18	18,0	5,5	9,3	1,32
19	18,7	5,0	8,7	1,62
20	19,3	5,5	8,1	2,01
21	20,0	5,0	7,5	2,62
22	6,0	6,5	8,1	3,80
23	6,7	6,0	8,2	2,83
24	7,3	6,5	9,0	1,68
25	8,0	6,0	9,1	1,39
26	8,7	6,5	9,9	1,13
27	9,3	6,0	6,0	0,97
28	10,0	6,5	6,7	0,72
29	10,7	6,0	5,5	0,48
30	11,3	6,5	6,1	0,49
31	12,0	6,0	4,7	0,44
32	12,7	6,5	5,3	0,51
33	13,3	6,0	4,9	0,57
34	14,0	6,5	5,3	0,67
35	14,7	6,0	4,8	0,78
36	15,3	6,5	7,3	0,91
37	16,0	6,0	7,7	1,02
38	16,7	6,5	10,6	1,11
39	17,3	6,0	9,9	1,19
40	18,0	6,5	8,4	1,45
41	18,7	6,0	8,8	1,59
42	19,3	6,5	8,2	2,00
43	20,0	6,0	7,5	2,60
44	6,0	7,5	8,9	3,32
45	6,7	7,0	8,9	1,82
46	7,3	7,5	9,7	1,49
47	8,0	7,0	9,8	1,25
48	8,7	7,5	7,9	1,02
49	9,3	7,0	6,8	0,75
50	10,0	7,5	7,5	0,64
51	10,7	7,0	6,3	0,42

52	11,3	7,5	6,9	0,47
53	12,0	7,0	5,5	0,47
54	12,7	7,5	6,1	0,54
55	13,3	7,0	5,9	0,60
56	14,0	7,5	6,1	0,71
57	14,7	7,0	6,7	0,79
58	15,3	7,5	7,7	0,90
59	16,0	7,0	9,1	1,01
60	16,7	7,5	9,8	1,10
61	17,3	7,0	10,1	1,20
62	18,0	7,5	9,6	1,38
63	18,7	7,0	8,9	1,64
64	19,3	7,5	8,4	2,03
65	20,0	7,0	7,0	2,74
66	6,7	8,0	9,7	1,75
67	7,3	8,5	10,5	1,33
68	8,0	8,0	10,5	1,15
69	8,7	8,5	8,7	0,89
70	9,3	8,0	7,6	0,61
71	10,0	8,5	8,3	0,56
72	10,7	8,0	7,1	0,42
73	11,3	8,5	7,7	0,48
74	12,0	8,0	6,4	0,50
75	12,7	8,5	7,0	0,58
76	13,3	8,0	6,7	0,63
77	14,0	8,5	8,0	0,73
78	14,7	8,0	7,4	0,81
79	15,3	8,5	9,2	0,91
80	16,0	8,0	9,5	1,00
81	16,7	8,5	10,1	1,11
82	17,3	8,0	10,3	1,21
83	18,0	8,5	9,9	1,38
84	18,7	8,0	9,1	1,67
85	19,3	8,5	8,7	2,05
86	20,0	8,0	7,2	2,69
87	6,0	9,5	10,6	2,43
88	6,7	9,0	10,5	1,66
89	7,3	9,5	11,2	1,22
90	8,0	9,0	11,2	1,07
91	8,7	9,5	9,5	0,76
92	9,3	9,0	8,5	0,50
93	10,0	9,5	9,1	0,52
94	10,7	9,0	8,0	0,44
95	11,3	9,5	8,6	0,50
96	12,0	9,0	8,4	0,54
97	12,7	9,5	9,0	0,62
98	13,3	9,0	8,6	0,67
99	14,0	9,5	9,7	0,77
100	14,7	9,0	9,0	0,83
101	15,3	9,5	10,7	0,93
102	16,0	9,0	10,9	1,02
103	16,7	9,5	11,5	1,09
104	17,3	9,0	10,7	1,22
105	18,0	9,5	10,3	1,43
106	18,7	9,0	9,5	1,69
107	19,3	9,5	9,1	2,09
108	20,0	9,0	8,3	2,55
109	6,0	10,5	11,4	1,64

110	6,7	10,0	10,6	1,47
111	7,3	10,5	12,1	1,10
112	8,0	10,0	10,5	0,97
113	8,7	10,5	10,4	0,66
114	9,3	10,0	10,2	0,65
115	10,0	10,5	10,0	0,50
116	10,7	10,0	8,8	0,48
117	11,3	10,5	9,5	0,54
118	12,0	10,0	9,2	0,57
119	12,7	10,5	9,9	0,66
120	13,3	10,0	9,3	0,71
121	14,0	10,5	10,3	0,79
122	14,7	10,0	10,5	0,85
123	15,3	10,5	11,2	0,94
124	16,0	10,0	11,3	1,01
125	16,7	10,5	11,0	1,14
126	17,3	10,0	10,2	1,32
127	18,0	10,5	9,8	1,61
128	18,7	10,0	9,9	1,73
129	19,3	10,5	9,6	2,13
130	20,0	10,0	8,8	2,55
131	6,0	11,5	12,3	1,59
132	6,7	11,0	12,2	1,33
133	7,3	11,5	11,5	0,96
134	8,0	11,0	11,3	0,85
135	8,7	11,5	11,2	0,59
136	9,3	11,0	10,2	0,43
137	10,0	11,5	10,0	0,49
138	10,7	11,0	9,7	0,51
139	11,3	11,5	10,3	0,58
140	12,0	11,0	10,1	0,61
141	12,7	11,5	10,6	0,69
142	13,3	11,0	10,0	0,74
143	14,0	11,5	11,8	0,83
144	14,7	11,0	11,0	0,87
145	15,3	11,5	12,6	0,96
146	16,0	11,0	11,8	1,04
147	16,7	11,5	11,5	1,19
148	17,3	11,0	11,6	1,25
149	18,0	11,5	11,3	1,52
150	18,7	11,0	10,4	1,79
151	19,3	11,5	10,2	2,21
152	20,0	11,0	8,5	3,30
153	6,7	12,0	13,1	1,18
154	7,3	12,5	12,4	0,83
155	8,0	12,0	12,2	0,76
156	8,7	12,5	12,1	0,56
157	9,3	12,0	11,1	0,47
158	10,0	12,5	10,9	0,54
159	10,7	12,0	10,6	0,55
160	11,3	12,5	11,2	0,62
161	12,0	12,0	11,0	0,65
162	12,7	12,5	12,4	0,73
163	13,3	12,0	11,7	0,77
164	14,0	12,5	12,4	0,84
165	14,7	12,0	12,5	0,90
166	15,3	12,5	13,1	0,97
167	16,0	12,0	12,3	1,07



168	16,7	12,5	12,0	1,26
169	17,3	12,0	12,1	1,32
170	18,0	12,5	11,8	1,59
171	18,7	12,0	10,2	2,05
172	19,3	12,5	10,8	2,29
173	20,0	12,0	10,0	2,81
174	6,7	13,0	13,9	1,06
175	7,3	13,5	13,3	0,71
176	8,0	13,0	12,3	0,42
177	8,7	13,5	13,0	0,53
178	9,3	13,0	12,0	0,50
179	10,0	13,5	12,6	0,56
180	10,7	13,0	12,4	0,59
181	11,3	13,5	13,0	0,66
182	12,0	13,0	11,9	0,70
183	12,7	13,5	13,1	0,76
184	13,3	13,0	12,3	0,81
185	14,0	13,5	13,9	0,88
186	14,7	13,0	13,1	0,92
187	15,3	13,5	13,7	1,01
188	16,0	13,0	12,9	1,10
189	16,7	13,5	12,6	1,33
190	17,3	13,0	11,8	1,53
191	18,0	13,5	12,5	1,67
192	18,7	13,0	10,8	2,23
193	19,3	13,5	11,5	2,41
194	20,0	13,0	9,8	3,82
195	6,0	14,5	15,1	1,15
196	6,7	14,0	14,2	0,95
197	7,3	14,5	14,9	0,79
198	8,0	14,0	13,3	0,46
199	8,7	14,5	13,2	0,51
200	9,3	14,0	12,9	0,54
201	10,0	14,5	13,5	0,59
202	10,7	14,0	13,3	0,62
203	11,3	14,5	13,9	0,69
204	12,0	14,0	13,7	0,73
205	12,7	14,5	13,7	0,79
206	13,3	14,0	13,8	0,83
207	14,0	14,5	14,5	0,89
208	14,7	14,0	14,5	0,94
209	15,3	14,5	14,3	1,06
210	16,0	14,0	13,5	1,16
211	16,7	14,5	14,1	1,28
212	17,3	14,0	13,3	1,45
213	18,0	14,5	13,1	1,74
214	18,7	14,0	12,3	2,02
215	19,3	14,5	12,2	2,53
216	20,0	14,0	11,4	3,20
217	6,0	15,5	16,0	1,03
218	6,7	15,0	15,1	0,86
219	7,3	15,5	15,8	0,76
220	8,0	15,0	14,2	0,50
221	8,7	15,5	14,1	0,56
222	9,3	15,0	13,8	0,58
223	10,0	15,5	14,5	0,63
224	10,7	15,0	14,2	0,65
225	11,3	15,5	14,8	0,71

226	12,0	15,0	14,5	0,75
227	12,7	15,5	15,2	0,82
228	13,3	15,0	15,3	0,86
229	14,0	15,5	16,0	0,92
230	14,7	15,0	15,1	0,96
231	15,3	15,5	14,9	1,10
232	16,0	15,0	15,0	1,14
233	16,7	15,5	14,8	1,34
234	17,3	15,0	14,0	1,52
235	18,0	15,5	13,0	2,06
236	18,7	15,0	12,2	2,55
237	19,3	15,5	12,1	3,33
238	20,0	15,0	11,3	4,18
239	6,7	16,0	16,1	0,78
240	7,3	16,5	16,7	0,75
241	8,0	16,0	15,1	0,53
242	8,7	16,5	15,8	0,57
243	9,3	16,0	14,7	0,62
244	10,0	16,5	15,4	0,67
245	10,7	16,0	15,1	0,69
246	11,3	16,5	15,7	0,74
247	12,0	16,0	15,2	0,78
248	12,7	16,5	16,8	0,84
249	13,3	16,0	15,9	0,88
250	14,0	16,5	16,6	0,94
251	14,7	16,0	15,8	1,02
252	15,3	16,5	16,4	1,09
253	16,0	16,0	15,6	1,18
254	16,7	16,5	14,6	1,57
255	17,3	16,0	14,7	1,59
256	18,0	16,5	13,7	2,25
257	18,7	16,0	13,7	2,23
258	19,3	16,5	12,9	3,47
259	20,0	16,0	12,1	4,47
260	6,0	17,5	17,9	0,89
261	6,7	17,0	16,4	0,48
262	7,3	17,5	16,4	0,52
263	8,0	17,0	16,1	0,56
264	8,7	17,5	16,7	0,61
265	9,3	17,0	16,4	0,64
266	10,0	17,5	16,3	0,71
267	10,7	17,0	16,0	0,73
268	11,3	17,5	16,6	0,79
269	12,0	17,0	16,7	0,81
270	12,7	17,5	17,4	0,88
271	13,3	17,0	17,4	0,91
272	14,0	17,5	18,1	0,97
273	14,7	17,0	16,4	1,06
274	15,3	17,5	17,1	1,13
275	16,0	17,0	16,3	1,26
276	16,7	17,5	16,2	1,47
277	17,3	17,0	14,5	1,91
278	18,0	17,5	14,5	2,44
279	18,7	17,0	14,5	2,38
280	19,3	17,5	14,5	3,08
281	20,0	17,0	13,7	3,74
282	5,3	18,0	18,2	1,01
283	6,0	18,5	18,9	0,85

284	6,7	18,0	17,3	0,51
285	7,3	18,5	17,3	0,57
286	8,0	18,0	17,0	0,60
287	8,7	18,5	17,6	0,64
288	9,3	18,0	17,4	0,66
289	10,0	18,5	18,0	0,73
290	10,7	18,0	16,9	0,76
291	11,3	18,5	18,2	0,81
292	12,0	18,0	17,4	0,84
293	12,7	18,5	18,9	0,89
294	13,3	18,0	18,1	0,93
295	14,0	18,5	18,8	0,99
296	14,7	18,0	18,0	1,05
297	15,3	18,5	17,0	1,31
298	16,0	18,0	17,0	1,32
299	16,7	18,5	16,9	1,55
300	17,3	18,0	15,3	2,02
301	18,0	18,5	16,1	2,11
302	18,7	18,0	15,3	2,50
303	19,3	18,5	15,3	3,24
304	20,0	18,0	13,7	5,13
305	5,3	19,0	19,2	0,91
306	6,0	19,5	19,8	0,83
307	6,7	19,0	18,3	0,55
308	7,3	19,5	18,3	0,61
309	8,0	19,0	18,0	0,63
310	8,7	19,5	18,6	0,68
311	9,3	19,0	18,3	0,69
312	10,0	19,5	18,9	0,75
313	10,7	19,0	18,6	0,78
314	11,3	19,5	18,9	0,83
315	12,0	19,0	18,9	0,86
316	12,7	19,5	19,6	0,92
317	13,3	19,0	18,8	0,96
318	14,0	19,5	19,5	1,01
319	14,7	19,0	18,7	1,09
320	15,3	19,5	17,7	1,39
321	16,0	19,0	17,8	1,38
322	16,7	19,5	17,7	1,63
323	17,3	19,0	16,1	2,19
324	18,0	19,5	16,9	2,22
325	18,7	19,0	16,1	2,67
326	19,3	19,5	16,1	3,33
327	20,0	19,0	14,5	5,64
328	6,7	20,0	19,2	0,58
329	8,0	20,0	18,9	0,67
330	9,3	20,0	19,2	0,72
331	10,7	20,0	19,4	0,79
332	12,0	20,0	19,6	0,89
333	13,3	20,0	19,5	1,00
334	14,7	20,0	18,6	1,25
335	16,0	20,0	18,5	1,45
336	17,3	20,0	17,7	1,93
337	18,7	20,0	16,9	2,84
338	20,0	20,0	15,3	6,34

7.7 All.to 7 - Tabulati di calcolo (Verifica Statica Stato di progetto)

**Risultati analisi pendio [A2+M2+R2] - Numero di superfici esaminate (335)**

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	6,0	6,0	7,7	20,00
2	6,7	5,5	7,0	20,00
3	7,3	6,0	8,6	8,68
4	8,0	5,5	8,8	3,44
5	8,7	6,0	8,6	3,69
6	9,3	5,5	8,8	1,94
7	10,0	6,0	9,5	1,60
8	10,7	5,5	8,5	1,58
9	11,3	6,0	9,2	1,51
10	12,0	5,5	8,1	1,44
11	12,7	6,0	12,7	1,37
12	13,3	5,5	12,2	1,38
13	14,0	6,0	11,4	1,34
14	14,7	5,5	10,9	1,37
15	15,3	6,0	10,6	1,35
16	16,0	5,5	9,8	1,41
17	16,7	6,0	9,3	1,54
18	17,3	5,5	8,9	1,72
19	18,0	6,0	8,4	2,33
20	18,7	5,5	7,8	3,43
21	19,3	6,0	8,1	4,18
22	20,0	5,5	7,5	8,16
23	6,0	7,0	8,4	20,00
24	6,7	6,5	7,7	20,00
25	7,3	7,0	9,3	18,33
26	8,0	6,5	9,4	6,61
27	8,7	7,0	10,2	2,21
28	9,3	6,5	10,4	2,09
29	10,0	7,0	10,1	1,68
30	10,7	6,5	9,1	1,55
31	11,3	7,0	9,9	1,43
32	12,0	6,5	10,0	1,43
33	12,7	7,0	13,2	1,34
34	13,3	6,5	13,2	1,36
35	14,0	7,0	11,9	1,33
36	14,7	6,5	10,0	1,34
37	15,3	7,0	10,8	1,36
38	16,0	6,5	11,2	1,42
39	16,7	7,0	10,7	1,51
40	17,3	6,5	10,0	1,77
41	18,0	7,0	8,4	2,26
42	18,7	6,5	8,8	2,63
43	19,3	7,0	8,3	5,99
44	20,0	6,5	7,6	16,28
45	6,0	7,9	9,2	20,00
46	6,7	7,4	8,5	20,00
47	7,3	7,9	10,0	11,54
48	8,0	7,4	10,1	4,65
49	8,7	7,9	10,8	2,31
50	9,3	7,4	10,0	2,45
51	10,0	7,9	11,8	1,65

52	10,7	7,4	10,9	1,51
53	11,3	7,9	11,6	1,51
54	12,0	7,4	12,9	1,42
55	12,7	7,9	12,5	1,39
56	13,3	7,4	12,6	1,34
57	14,0	7,9	12,2	1,31
58	14,7	7,4	11,5	1,32
59	15,3	7,9	11,1	1,33
60	16,0	7,4	11,4	1,41
61	16,7	7,9	9,8	1,51
62	17,3	7,4	10,1	1,69
63	18,0	7,9	8,6	3,05
64	18,7	7,4	9,0	3,35
65	19,3	7,9	8,5	7,13
66	20,0	7,4	3,5	20,00
67	6,7	8,4	9,2	20,00
68	7,3	8,9	9,2	20,00
69	8,0	8,4	10,8	6,23
70	8,7	8,9	11,6	2,56
71	9,3	8,4	11,6	1,77
72	10,0	8,9	12,4	1,57
73	10,7	8,4	11,5	1,60
74	11,3	8,9	12,3	1,52
75	12,0	8,4	11,3	1,47
76	12,7	8,9	14,3	1,34
77	13,3	8,4	12,9	1,31
78	14,0	8,9	12,6	1,27
79	14,7	8,4	11,8	1,27
80	15,3	8,9	11,4	1,30
81	16,0	8,4	10,6	1,38
82	16,7	8,9	10,2	1,60
83	17,3	8,4	9,4	2,07
84	18,0	8,9	10,0	2,29
85	18,7	8,4	8,2	7,43
86	19,3	8,9	8,8	9,39
87	20,0	8,4	4,8	20,00
88	6,7	9,4	10,1	20,00
89	7,3	9,8	10,0	20,00
90	8,0	9,4	9,9	20,00
91	8,7	9,8	11,5	4,65
92	9,3	9,4	12,3	1,92
93	10,0	9,8	12,2	1,83
94	10,7	9,4	12,2	1,54
95	11,3	9,8	13,0	1,56
96	12,0	9,4	14,1	1,36
97	12,7	9,8	13,8	1,32
98	13,3	9,4	13,3	1,29
99	14,0	9,8	13,0	1,24
100	14,7	9,4	12,2	1,28
101	15,3	9,8	12,8	1,34
102	16,0	9,4	11,0	1,44
103	16,7	9,8	11,6	1,54
104	17,3	9,4	9,8	2,34
105	18,0	9,8	10,4	2,58
106	18,7	9,4	9,6	4,26
107	19,3	9,8	5,5	5,96
108	20,0	9,4	5,6	20,00
109	6,7	10,3	10,9	20,00

110	7,3	10,8	10,9	20,00
111	8,0	10,3	12,3	4,71
112	8,7	10,8	13,0	2,44
113	9,3	10,3	13,1	1,75
114	10,0	10,8	12,9	2,01
115	10,7	10,3	12,9	1,61
116	11,3	10,8	13,7	1,60
117	12,0	10,3	13,7	1,52
118	12,7	10,8	14,5	1,27
119	13,3	10,3	13,7	1,23
120	14,0	10,8	13,4	1,24
121	14,7	10,3	12,6	1,28
122	15,3	10,8	12,2	1,38
123	16,0	10,3	11,4	1,52
124	16,7	10,8	12,0	1,62
125	17,3	10,3	11,2	2,07
126	18,0	10,8	10,9	3,28
127	18,7	10,3	10,0	6,66
128	19,3	10,8	7,0	20,00
129	20,0	10,3	6,1	20,00
130	6,7	11,3	11,7	20,00
131	7,3	11,8	11,7	20,00
132	8,0	11,3	13,1	5,68
133	8,7	11,8	13,8	2,68
134	9,3	11,3	13,8	1,88
135	10,0	11,8	13,7	1,93
136	10,7	11,3	13,7	1,73
137	11,3	11,8	14,4	1,62
138	12,0	11,3	15,5	1,34
139	12,7	11,8	15,0	1,22
140	13,3	11,3	14,2	1,23
141	14,0	11,8	13,8	1,26
142	14,7	11,3	13,0	1,30
143	15,3	11,8	12,7	2,01
144	16,0	11,3	11,9	2,35
145	16,7	11,8	12,5	1,63
146	17,3	11,3	11,7	2,13
147	18,0	11,8	7,7	20,00
148	18,7	11,3	6,9	4,14
149	19,3	11,8	10,3	10,52
150	20,0	11,3	6,8	14,92
151	6,0	12,8	13,4	20,00
152	6,7	12,3	12,6	20,00
153	7,3	12,8	12,6	20,00
154	8,0	12,3	13,9	4,19
155	8,7	12,8	13,9	7,71
156	9,3	12,3	13,8	2,66
157	10,0	12,8	15,4	1,74
158	10,7	12,3	15,3	1,65
159	11,3	12,8	15,2	1,70
160	12,0	12,3	15,2	1,64
161	12,7	12,8	15,4	1,23
162	13,3	12,3	14,6	1,24
163	14,0	12,8	14,3	1,60
164	14,7	12,3	14,5	1,31
165	15,3	12,8	14,1	1,38
166	16,0	12,3	13,3	1,48
167	16,7	12,8	13,0	1,97

168	17,3	12,3	12,2	2,43
169	18,0	12,8	9,2	20,00
170	18,7	12,3	11,1	6,19
171	19,3	12,8	8,2	7,03
172	20,0	12,3	8,3	20,00
173	6,0	13,7	14,3	20,00
174	6,7	13,2	13,5	20,00
175	7,3	13,7	14,2	20,00
176	8,0	13,2	14,7	4,65
177	8,7	13,7	14,7	5,69
178	9,3	13,2	14,6	3,07
179	10,0	13,7	16,1	1,81
180	10,7	13,2	16,1	1,72
181	11,3	13,7	16,9	1,37
182	12,0	13,2	16,9	1,29
183	12,7	13,7	15,9	1,46
184	13,3	13,2	15,1	1,51
185	14,0	13,7	15,8	1,28
186	14,7	13,2	14,9	1,31
187	15,3	13,7	14,7	1,45
188	16,0	13,2	13,8	1,69
189	16,7	13,7	13,6	2,43
190	17,3	13,2	9,1	20,00
191	18,0	13,7	12,6	6,39
192	18,7	13,2	9,0	20,00
193	19,3	13,7	9,8	20,00
194	20,0	13,2	9,0	20,00
195	6,7	14,2	14,4	20,00
196	7,3	14,7	15,1	20,00
197	8,0	14,2	15,6	5,55
198	8,7	14,7	15,6	6,07
199	9,3	14,2	15,4	3,25
200	10,0	14,7	16,9	1,94
201	10,7	14,2	16,9	1,78
202	11,3	14,7	16,8	1,89
203	12,0	14,2	17,6	1,25
204	12,7	14,7	17,4	1,25
205	13,3	14,2	15,6	2,02
206	14,0	14,7	15,4	2,85
207	14,7	14,2	14,6	3,54
208	15,3	14,7	15,2	1,71
209	16,0	14,2	10,8	20,00
210	16,7	14,7	14,2	3,57
211	17,3	14,2	10,7	20,00
212	18,0	14,7	13,2	7,36
213	18,7	14,2	9,7	4,88
214	19,3	14,7	10,5	20,00
215	20,0	14,2	9,7	11,62
216	6,0	15,7	16,1	20,00
217	6,7	15,2	15,3	20,00
218	7,3	15,7	15,9	20,00
219	8,0	15,2	16,4	5,28
220	8,7	15,7	17,2	3,02
221	9,3	15,2	17,0	2,10
222	10,0	15,7	17,8	2,01
223	10,7	15,2	17,7	1,77
224	11,3	15,7	18,4	1,26
225	12,0	15,2	17,3	1,76

226	12,7	15,7	18,0	1,25
227	13,3	15,2	17,1	1,26
228	14,0	15,7	16,0	3,60
229	14,7	15,2	16,1	1,52
230	15,3	15,7	15,8	2,11
231	16,0	15,2	15,0	2,62
232	16,7	15,7	12,1	20,00
233	17,3	15,2	11,3	20,00
234	18,0	15,7	11,2	3,88
235	18,7	15,2	11,3	20,00
236	19,3	15,7	11,2	6,63
237	20,0	15,2	11,3	20,00
238	6,0	16,6	17,1	20,00
239	6,7	16,1	16,2	20,00
240	7,3	16,6	16,8	20,00
241	8,0	16,1	15,2	20,00
242	8,7	16,6	18,0	3,12
243	9,3	16,1	17,1	3,26
244	10,0	16,6	17,8	2,51
245	10,7	16,1	18,5	1,84
246	11,3	16,6	18,3	2,14
247	12,0	16,1	17,8	2,13
248	12,7	16,6	18,5	1,26
249	13,3	16,1	16,8	2,91
250	14,0	16,6	17,5	1,63
251	14,7	16,1	15,8	7,32
252	15,3	16,6	16,5	2,66
253	16,0	16,1	15,7	3,53
254	16,7	16,6	12,8	19,43
255	17,3	16,1	12,0	20,00
256	18,0	16,6	12,8	20,00
257	18,7	16,1	12,0	20,00
258	19,3	16,6	11,9	9,79
259	20,0	16,1	12,0	20,00
260	6,0	17,6	18,0	20,00
261	6,7	17,1	16,5	20,00
262	7,3	17,6	17,7	20,00
263	8,0	17,1	18,2	4,53
264	8,7	17,6	18,9	3,20
265	9,3	17,1	18,7	2,35
266	10,0	17,6	18,7	2,65
267	10,7	17,1	19,3	1,94
268	11,3	17,6	20,0	1,28
269	12,0	17,1	19,3	1,25
270	12,7	17,6	18,2	3,05
271	13,3	17,1	17,4	3,66
272	14,0	17,6	17,2	7,61
273	14,7	17,1	17,3	2,22
274	15,3	17,6	14,4	20,00
275	16,0	17,1	16,3	6,48
276	16,7	17,6	13,5	20,00
277	17,3	17,1	12,7	3,31
278	18,0	17,6	13,5	20,00
279	18,7	17,1	12,7	4,87
280	19,3	17,6	13,6	20,00
281	20,0	17,1	12,8	20,00
282	6,7	18,1	17,4	20,00
283	7,3	18,6	19,3	18,27



284	8,0	18,1	17,0	20,00
285	8,7	18,6	19,8	2,99
286	9,3	18,1	18,9	3,87
287	10,0	18,6	19,6	2,81
288	10,7	18,1	20,2	2,09
289	11,3	18,6	20,8	1,33
290	12,0	18,1	19,0	2,62
291	12,7	18,6	18,8	3,73
292	13,3	18,1	18,9	1,70
293	14,0	18,6	17,9	17,37
294	14,7	18,1	17,9	2,81
295	15,3	18,6	15,1	20,00
296	16,0	18,1	17,0	8,40
297	16,7	18,6	15,1	20,00
298	17,3	18,1	14,3	13,66
299	18,0	18,6	14,2	20,00
300	18,7	18,1	13,4	6,12
301	19,3	18,6	14,3	20,00
302	20,0	18,1	13,6	9,73
303	5,3	19,0	19,2	20,00
304	6,7	19,0	18,3	20,00
305	7,3	19,5	18,3	20,00
306	8,0	19,0	20,0	5,28
307	8,7	19,5	20,0	8,99
308	9,3	19,0	20,5	2,62
309	10,0	19,5	21,2	2,27
310	10,7	19,0	20,1	2,67
311	11,3	19,5	21,4	1,43
312	12,0	19,0	20,6	1,51
313	12,7	19,5	19,5	4,81
314	13,3	19,0	19,6	2,00
315	14,0	19,5	19,4	3,08
316	14,7	19,0	18,6	4,16
317	15,3	19,5	15,8	20,00
318	16,0	19,0	15,0	20,00
319	16,7	19,5	15,8	20,00
320	17,3	19,0	15,0	20,00
321	18,0	19,5	15,0	4,66
322	18,7	19,0	15,1	20,00
323	19,3	19,5	15,1	6,38
324	20,0	19,0	14,4	13,84
325	6,7	20,0	19,2	20,00
326	8,0	20,0	20,9	5,36
327	9,3	20,0	20,6	3,95
328	10,7	20,0	21,8	1,91
329	12,0	20,0	21,2	1,66
330	13,3	20,0	19,4	16,32
331	14,7	20,0	19,3	8,25
332	16,0	20,0	16,6	20,00
333	17,3	20,0	15,8	20,00
334	18,7	20,0	15,9	20,00
335	20,0	20,0	15,2	20,00

7.8 All.to 8 - Tabulati di calcolo (Verifica Din. S.D.P. – Falda a quota 0,00)

**Risultati analisi pendio [A2+M2+R2] - Numero di superfici esaminate (335)**

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	6,0	6,0	7,7	20,00
2	6,7	5,5	7,0	20,00
3	7,3	6,0	8,6	4,50
4	8,0	5,5	8,8	2,45
5	8,7	6,0	8,6	2,50
6	9,3	5,5	8,8	1,53
7	10,0	6,0	9,5	1,34
8	10,7	5,5	8,5	1,32
9	11,3	6,0	9,2	1,31
10	12,0	5,5	8,1	1,23
11	12,7	6,0	8,8	1,21
12	13,3	5,5	8,3	1,20
13	14,0	6,0	11,4	1,18
14	14,7	5,5	9,6	1,20
15	15,3	6,0	10,6	1,17
16	16,0	5,5	9,8	1,21
17	16,7	6,0	9,3	1,28
18	17,3	5,5	8,9	1,41
19	18,0	6,0	8,4	1,85
20	18,7	5,5	7,8	2,60
21	19,3	6,0	8,1	2,85
22	20,0	5,5	7,5	4,52
23	6,0	7,0	8,4	20,00
24	6,7	6,5	7,7	20,00
25	7,3	7,0	9,3	6,19
26	8,0	6,5	9,4	3,82
27	8,7	7,0	10,2	1,72
28	9,3	6,5	9,4	1,70
29	10,0	7,0	10,1	1,42
30	10,7	6,5	9,1	1,30
31	11,3	7,0	9,9	1,24
32	12,0	6,5	10,0	1,26
33	12,7	7,0	13,2	1,18
34	13,3	6,5	11,9	1,20
35	14,0	7,0	13,2	1,16
36	14,7	6,5	10,0	1,16
37	15,3	7,0	10,8	1,15
38	16,0	6,5	11,2	1,20
39	16,7	7,0	10,7	1,23
40	17,3	6,5	10,0	1,40
41	18,0	7,0	8,4	1,83
42	18,7	6,5	8,8	1,96
43	19,3	7,0	8,3	3,86
44	20,0	6,5	7,6	7,07
45	6,0	7,9	9,2	20,00
46	6,7	7,4	8,5	20,00
47	7,3	7,9	10,0	4,83
48	8,0	7,4	10,1	2,93
49	8,7	7,9	10,8	1,83
50	9,3	7,4	10,0	1,94
51	10,0	7,9	11,8	1,43

52	10,7	7,4	10,9	1,31
53	11,3	7,9	10,5	1,32
54	12,0	7,4	12,9	1,25
55	12,7	7,9	12,5	1,22
56	13,3	7,4	12,6	1,17
57	14,0	7,9	12,2	1,14
58	14,7	7,4	11,5	1,13
59	15,3	7,9	11,1	1,12
60	16,0	7,4	11,4	1,17
61	16,7	7,9	10,9	1,23
62	17,3	7,4	10,1	1,35
63	18,0	7,9	8,6	2,53
64	18,7	7,4	9,0	2,43
65	19,3	7,9	8,5	4,56
66	20,0	7,4	7,8	13,34
67	6,7	8,4	9,2	20,00
68	7,3	8,9	9,2	20,00
69	8,0	8,4	10,8	3,57
70	8,7	8,9	11,6	2,08
71	9,3	8,4	11,6	1,51
72	10,0	8,9	12,4	1,36
73	10,7	8,4	11,5	1,40
74	11,3	8,9	12,3	1,34
75	12,0	8,4	11,3	1,28
76	12,7	8,9	14,3	1,17
77	13,3	8,4	12,9	1,13
78	14,0	8,9	12,6	1,09
79	14,7	8,4	11,8	1,08
80	15,3	8,9	11,4	1,10
81	16,0	8,4	10,6	1,16
82	16,7	8,9	10,2	1,32
83	17,3	8,4	9,4	1,71
84	18,0	8,9	10,0	1,77
85	18,7	8,4	8,2	6,96
86	19,3	8,9	8,8	6,07
87	20,0	8,4	4,8	20,00
88	6,7	9,4	10,1	20,00
89	7,3	9,8	10,0	20,00
90	8,0	9,4	9,9	20,00
91	8,7	9,8	11,5	3,20
92	9,3	9,4	12,3	1,66
93	10,0	9,8	12,2	1,59
94	10,7	9,4	12,2	1,34
95	11,3	9,8	13,0	1,37
96	12,0	9,4	14,1	1,19
97	12,7	9,8	14,9	1,15
98	13,3	9,4	13,3	1,11
99	14,0	9,8	13,0	1,05
100	14,7	9,4	12,2	1,07
101	15,3	9,8	12,8	1,10
102	16,0	9,4	11,0	1,20
103	16,7	9,8	11,6	1,24
104	17,3	9,4	9,8	1,96
105	18,0	9,8	10,4	1,98
106	18,7	9,4	9,6	3,13
107	19,3	9,8	5,5	6,40
108	20,0	9,4	5,6	20,00
109	6,7	10,3	10,9	20,00

110	7,3	10,8	10,9	20,00
111	8,0	10,3	12,3	3,29
112	8,7	10,8	13,0	2,06
113	9,3	10,3	13,1	1,51
114	10,0	10,8	12,9	1,79
115	10,7	10,3	12,9	1,41
116	11,3	10,8	13,7	1,41
117	12,0	10,3	13,7	1,32
118	12,7	10,8	14,5	1,10
119	13,3	10,3	13,7	1,06
120	14,0	10,8	13,4	1,05
121	14,7	10,3	12,6	1,07
122	15,3	10,8	12,2	1,16
123	16,0	10,3	11,4	1,26
124	16,7	10,8	12,0	1,29
125	17,3	10,3	11,2	1,62
126	18,0	10,8	10,9	2,51
127	18,7	10,3	10,0	4,83
128	19,3	10,8	9,7	15,72
129	20,0	10,3	6,1	20,00
130	6,7	11,3	11,7	20,00
131	7,3	11,8	11,7	20,00
132	8,0	11,3	13,1	4,23
133	8,7	11,8	13,8	2,34
134	9,3	11,3	13,8	1,64
135	10,0	11,8	13,7	1,70
136	10,7	11,3	13,7	1,52
137	11,3	11,8	14,4	1,41
138	12,0	11,3	15,5	1,16
139	12,7	11,8	15,0	1,04
140	13,3	11,3	14,2	1,05
141	14,0	11,8	14,8	1,05
142	14,7	11,3	14,0	1,07
143	15,3	11,8	12,7	1,69
144	16,0	11,3	11,9	1,99
145	16,7	11,8	12,5	1,29
146	17,3	11,3	11,7	1,67
147	18,0	11,8	7,7	20,00
148	18,7	11,3	6,9	4,33
149	19,3	11,8	10,3	7,91
150	20,0	11,3	6,8	9,05
151	6,0	12,8	13,4	20,00
152	6,7	12,3	12,6	20,00
153	7,3	12,8	12,6	20,00
154	8,0	12,3	13,9	3,34
155	8,7	12,8	13,9	7,18
156	9,3	12,3	13,8	2,38
157	10,0	12,8	15,4	1,52
158	10,7	12,3	15,3	1,45
159	11,3	12,8	15,2	1,49
160	12,0	12,3	15,2	1,43
161	12,7	12,8	15,4	1,04
162	13,3	12,3	14,6	1,04
163	14,0	12,8	14,3	1,34
164	14,7	12,3	14,5	1,07
165	15,3	12,8	14,1	1,11
166	16,0	12,3	13,3	1,18
167	16,7	12,8	13,0	1,55

168	17,3	12,3	12,2	1,89
169	18,0	12,8	9,2	20,00
170	18,7	12,3	11,1	4,78
171	19,3	12,8	8,2	6,32
172	20,0	12,3	8,3	20,00
173	6,0	13,7	14,3	20,00
174	6,7	13,2	13,5	20,00
175	7,3	13,7	14,2	20,00
176	8,0	13,2	14,7	3,94
177	8,7	13,7	14,7	5,33
178	9,3	13,2	14,6	2,89
179	10,0	13,7	16,1	1,59
180	10,7	13,2	16,1	1,51
181	11,3	13,7	16,9	1,17
182	12,0	13,2	16,9	1,10
183	12,7	13,7	15,9	1,24
184	13,3	13,2	15,1	1,27
185	14,0	13,7	15,8	1,05
186	14,7	13,2	14,9	1,07
187	15,3	13,7	14,7	1,15
188	16,0	13,2	13,8	1,33
189	16,7	13,7	13,6	1,93
190	17,3	13,2	9,1	20,00
191	18,0	13,7	12,6	5,19
192	18,7	13,2	9,0	20,00
193	19,3	13,7	9,8	20,00
194	20,0	13,2	9,0	20,00
195	6,7	14,2	14,4	20,00
196	7,3	14,7	15,1	20,00
197	8,0	14,2	15,6	5,16
198	8,7	14,7	15,6	6,28
199	9,3	14,2	15,4	3,14
200	10,0	14,7	16,9	1,73
201	10,7	14,2	16,9	1,56
202	11,3	14,7	16,8	1,68
203	12,0	14,2	17,6	1,05
204	12,7	14,7	17,4	1,04
205	13,3	14,2	15,6	1,73
206	14,0	14,7	15,4	2,50
207	14,7	14,2	14,6	3,23
208	15,3	14,7	15,2	1,36
209	16,0	14,2	10,8	20,00
210	16,7	14,7	14,2	2,84
211	17,3	14,2	10,7	20,00
212	18,0	14,7	13,2	6,31
213	18,7	14,2	9,7	4,53
214	19,3	14,7	10,5	20,00
215	20,0	14,2	9,7	7,92
216	6,0	15,7	16,1	20,00
217	6,7	15,2	15,3	20,00
218	7,3	15,7	15,9	20,00
219	8,0	15,2	16,4	5,18
220	8,7	15,7	17,2	2,85
221	9,3	15,2	17,0	1,87
222	10,0	15,7	17,8	1,80
223	10,7	15,2	17,7	1,53
224	11,3	15,7	18,4	1,07
225	12,0	15,2	17,3	1,49

226	12,7	15,7	18,0	1,04
227	13,3	15,2	17,1	1,03
228	14,0	15,7	16,0	3,37
229	14,7	15,2	16,1	1,21
230	15,3	15,7	15,8	1,67
231	16,0	15,2	15,0	2,09
232	16,7	15,7	12,1	20,00
233	17,3	15,2	11,3	20,00
234	18,0	15,7	11,2	3,56
235	18,7	15,2	11,3	20,00
236	19,3	15,7	11,2	5,62
237	20,0	15,2	11,3	20,00
238	6,0	16,6	17,1	20,00
239	6,7	16,1	16,2	20,00
240	7,3	16,6	16,8	20,00
241	8,0	16,1	15,2	20,00
242	8,7	16,6	18,0	2,98
243	9,3	16,1	17,1	3,19
244	10,0	16,6	17,8	2,31
245	10,7	16,1	18,5	1,59
246	11,3	16,6	18,3	1,89
247	12,0	16,1	17,8	1,83
248	12,7	16,6	18,5	1,04
249	13,3	16,1	16,8	2,60
250	14,0	16,6	17,5	1,31
251	14,7	16,1	15,8	10,52
252	15,3	16,6	16,5	2,15
253	16,0	16,1	15,7	2,89
254	16,7	16,6	12,8	20,00
255	17,3	16,1	12,0	20,00
256	18,0	16,6	12,8	20,00
257	18,7	16,1	12,0	20,00
258	19,3	16,6	11,9	6,94
259	20,0	16,1	12,0	20,00
260	6,0	17,6	18,0	20,00
261	6,7	17,1	16,5	20,00
262	7,3	17,6	17,7	20,00
263	8,0	17,1	18,2	4,51
264	8,7	17,6	18,9	3,11
265	9,3	17,1	18,7	2,13
266	10,0	17,6	18,7	2,48
267	10,7	17,1	19,3	1,66
268	11,3	17,6	20,0	1,07
269	12,0	17,1	19,3	1,03
270	12,7	17,6	18,2	2,80
271	13,3	17,1	17,4	3,44
272	14,0	17,6	17,2	11,21
273	14,7	17,1	17,3	1,77
274	15,3	17,6	14,4	20,00
275	16,0	17,1	16,3	5,64
276	16,7	17,6	13,5	20,00
277	17,3	17,1	12,7	2,98
278	18,0	17,6	13,5	20,00
279	18,7	17,1	12,7	4,27
280	19,3	17,6	13,6	20,00
281	20,0	17,1	12,8	20,00
282	6,7	18,1	17,4	20,00
283	7,3	18,6	18,7	20,00

284	8,0	18,1	17,0	20,00
285	8,7	18,6	19,8	2,82
286	9,3	18,1	18,9	4,15
287	10,0	18,6	19,6	2,66
288	10,7	18,1	20,2	1,79
289	11,3	18,6	20,8	1,10
290	12,0	18,1	19,0	2,30
291	12,7	18,6	18,8	3,61
292	13,3	18,1	18,9	1,36
293	14,0	18,6	15,2	20,00
294	14,7	18,1	17,9	2,27
295	15,3	18,6	15,1	20,00
296	16,0	18,1	17,0	8,08
297	16,7	18,6	15,1	20,00
298	17,3	18,1	14,3	20,00
299	18,0	18,6	14,2	20,00
300	18,7	18,1	13,4	4,98
301	19,3	18,6	14,3	20,00
302	20,0	18,1	13,6	6,83
303	5,3	19,0	19,2	20,00
304	6,7	19,0	18,3	20,00
305	7,3	19,5	18,3	20,00
306	8,0	19,0	20,0	6,04
307	8,7	19,5	17,9	20,00
308	9,3	19,0	20,5	2,44
309	10,0	19,5	21,2	2,00
310	10,7	19,0	20,1	2,50
311	11,3	19,5	21,4	1,16
312	12,0	19,0	20,6	1,23
313	12,7	19,5	19,5	5,18
314	13,3	19,0	19,6	1,62
315	14,0	19,5	19,4	2,52
316	14,7	19,0	18,6	3,47
317	15,3	19,5	15,8	20,00
318	16,0	19,0	15,0	20,00
319	16,7	19,5	15,8	20,00
320	17,3	19,0	15,0	20,00
321	18,0	19,5	15,0	3,91
322	18,7	19,0	15,1	20,00
323	19,3	19,5	15,1	5,12
324	20,0	19,0	14,4	7,83
325	6,7	20,0	19,2	20,00
326	8,0	20,0	20,9	6,33
327	9,3	20,0	20,6	4,18
328	10,7	20,0	21,8	1,60
329	12,0	20,0	21,2	1,34
330	13,3	20,0	16,7	20,00
331	14,7	20,0	19,3	8,14
332	16,0	20,0	16,6	20,00
333	17,3	20,0	15,8	20,00
334	18,7	20,0	15,9	20,00
335	20,0	20,0	15,2	9,02

7.9 All.to 9 - Tabulati di calcolo (Verifica Din. S.D.P. – Falda a -0.80 slmm)

**Risultati analisi pendio [A2+M2+R2] - Numero di superfici esaminate (335)**

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	6,0	6,0	7,7	20,00
2	6,7	5,5	7,0	20,00
3	7,3	6,0	8,6	3,59
4	8,0	5,5	8,8	2,22
5	8,7	6,0	8,6	2,30
6	9,3	5,5	8,8	1,51
7	10,0	6,0	9,5	1,35
8	10,7	5,5	8,5	1,34
9	11,3	6,0	9,2	1,31
10	12,0	5,5	8,1	1,31
11	12,7	6,0	11,4	1,30
12	13,3	5,5	10,9	1,29
13	14,0	6,0	11,4	1,24
14	14,7	5,5	10,9	1,26
15	15,3	6,0	10,6	1,26
16	16,0	5,5	11,1	1,31
17	16,7	6,0	9,3	1,48
18	17,3	5,5	8,9	1,68
19	18,0	6,0	8,4	2,21
20	18,7	5,5	7,8	3,15
21	19,3	6,0	8,1	3,49
22	20,0	5,5	7,5	5,45
23	6,0	7,0	8,4	20,00
24	6,7	6,5	7,7	20,00
25	7,3	7,0	9,3	4,49
26	8,0	6,5	9,4	2,79
27	8,7	7,0	10,2	1,67
28	9,3	6,5	9,4	1,65
29	10,0	7,0	10,1	1,43
30	10,7	6,5	9,1	1,35
31	11,3	7,0	9,9	1,36
32	12,0	6,5	10,0	1,29
33	12,7	7,0	13,2	1,23
34	13,3	6,5	13,2	1,22
35	14,0	7,0	11,9	1,22
36	14,7	6,5	11,2	1,23
37	15,3	7,0	10,8	1,23
38	16,0	6,5	11,2	1,30
39	16,7	7,0	10,7	1,40
40	17,3	6,5	10,0	1,61
41	18,0	7,0	8,4	2,30
42	18,7	6,5	8,8	2,43
43	19,3	7,0	8,3	4,65
44	20,0	6,5	7,6	8,15
45	6,0	7,9	9,2	20,00
46	6,7	7,4	8,5	20,00
47	7,3	7,9	10,0	3,94
48	8,0	7,4	10,1	2,62
49	8,7	7,9	10,8	1,77
50	9,3	7,4	10,0	1,80
51	10,0	7,9	10,8	1,53



52	10,7	7,4	10,9	1,35
53	11,3	7,9	11,6	1,38
54	12,0	7,4	12,9	1,27
55	12,7	7,9	12,5	1,26
56	13,3	7,4	12,6	1,21
57	14,0	7,9	12,2	1,20
58	14,7	7,4	11,5	1,21
59	15,3	7,9	12,2	1,22
60	16,0	7,4	11,4	1,28
61	16,7	7,9	10,9	1,42
62	17,3	7,4	10,1	1,58
63	18,0	7,9	8,6	3,10
64	18,7	7,4	9,0	2,96
65	19,3	7,9	8,5	5,56
66	20,0	7,4	7,8	15,59
67	6,7	8,4	9,2	20,00
68	7,3	8,9	9,2	20,00
69	8,0	8,4	10,8	2,80
70	8,7	8,9	11,6	1,92
71	9,3	8,4	11,6	1,51
72	10,0	8,9	12,4	1,40
73	10,7	8,4	11,5	1,42
74	11,3	8,9	12,3	1,37
75	12,0	8,4	11,3	1,39
76	12,7	8,9	14,3	1,19
77	13,3	8,4	14,1	1,20
78	14,0	8,9	12,6	1,17
79	14,7	8,4	11,8	1,20
80	15,3	8,9	11,4	1,25
81	16,0	8,4	10,6	1,35
82	16,7	8,9	10,2	1,56
83	17,3	8,4	9,4	2,05
84	18,0	8,9	10,0	2,17
85	18,7	8,4	8,2	8,85
86	19,3	8,9	8,8	7,59
87	20,0	8,4	4,8	20,00
88	6,7	9,4	10,1	20,00
89	7,3	9,8	10,0	20,00
90	8,0	9,4	9,9	20,00
91	8,7	9,8	11,5	3,83
92	9,3	9,4	12,3	1,61
93	10,0	9,8	12,2	1,65
94	10,7	9,4	12,2	1,49
95	11,3	9,8	13,0	1,43
96	12,0	9,4	14,1	1,26
97	12,7	9,8	14,9	1,19
98	13,3	9,4	13,3	1,18
99	14,0	9,8	13,0	1,16
100	14,7	9,4	12,2	1,19
101	15,3	9,8	12,8	1,25
102	16,0	9,4	11,0	1,40
103	16,7	9,8	11,6	1,46
104	17,3	9,4	9,8	2,28
105	18,0	9,8	10,4	2,38
106	18,7	9,4	9,6	3,66
107	19,3	9,8	5,5	6,36
108	20,0	9,4	5,6	20,00
109	6,7	10,3	10,9	20,00

110	7,3	10,8	10,9	20,00
111	8,0	10,3	12,3	3,02
112	8,7	10,8	13,0	2,05
113	9,3	10,3	13,1	1,69
114	10,0	10,8	12,9	1,79
115	10,7	10,3	12,9	1,50
116	11,3	10,8	13,7	1,49
117	12,0	10,3	13,7	1,41
118	12,7	10,8	14,5	1,17
119	13,3	10,3	13,7	1,14
120	14,0	10,8	14,4	1,16
121	14,7	10,3	13,6	1,20
122	15,3	10,8	12,2	1,35
123	16,0	10,3	11,4	1,50
124	16,7	10,8	12,0	1,51
125	17,3	10,3	11,2	1,93
126	18,0	10,8	10,9	3,08
127	18,7	10,3	10,0	5,97
128	19,3	10,8	9,7	19,08
129	20,0	10,3	6,1	20,00
130	6,7	11,3	11,7	20,00
131	7,3	11,8	11,7	20,00
132	8,0	11,3	13,1	3,43
133	8,7	11,8	13,8	2,18
134	9,3	11,3	13,8	1,69
135	10,0	11,8	13,7	1,94
136	10,7	11,3	13,7	1,61
137	11,3	11,8	14,4	1,58
138	12,0	11,3	15,5	1,20
139	12,7	11,8	15,0	1,15
140	13,3	11,3	14,2	1,15
141	14,0	11,8	14,8	1,16
142	14,7	11,3	14,0	1,19
143	15,3	11,8	12,7	2,01
144	16,0	11,3	11,9	2,40
145	16,7	11,8	12,5	1,54
146	17,3	11,3	11,7	2,04
147	18,0	11,8	7,7	20,00
148	18,7	11,3	6,9	4,31
149	19,3	11,8	10,3	9,43
150	20,0	11,3	6,8	8,98
151	6,0	12,8	13,4	20,00
152	6,7	12,3	12,6	20,00
153	7,3	12,8	12,6	20,00
154	8,0	12,3	13,9	3,94
155	8,7	12,8	13,9	5,58
156	9,3	12,3	13,8	2,44
157	10,0	12,8	15,4	1,70
158	10,7	12,3	15,3	1,49
159	11,3	12,8	15,2	1,61
160	12,0	12,3	15,2	1,53
161	12,7	12,8	15,4	1,14
162	13,3	12,3	15,6	1,14
163	14,0	12,8	14,3	1,53
164	14,7	12,3	14,5	1,20
165	15,3	12,8	14,1	1,29
166	16,0	12,3	13,3	1,40
167	16,7	12,8	13,0	1,86

168	17,3	12,3	12,2	2,28
169	18,0	12,8	9,2	20,00
170	18,7	12,3	11,1	5,91
171	19,3	12,8	8,2	6,28
172	20,0	12,3	8,3	20,00
173	6,0	13,7	14,3	20,00
174	6,7	13,2	13,5	20,00
175	7,3	13,7	14,2	20,00
176	8,0	13,2	14,7	3,72
177	8,7	13,7	14,7	5,23
178	9,3	13,2	14,6	2,76
179	10,0	13,7	16,1	1,68
180	10,7	13,2	16,1	1,57
181	11,3	13,7	16,9	1,26
182	12,0	13,2	16,9	1,16
183	12,7	13,7	15,9	1,36
184	13,3	13,2	15,1	1,42
185	14,0	13,7	15,8	1,17
186	14,7	13,2	14,9	1,21
187	15,3	13,7	14,7	1,33
188	16,0	13,2	13,8	1,57
189	16,7	13,7	13,6	2,36
190	17,3	13,2	9,1	20,00
191	18,0	13,7	12,6	6,47
192	18,7	13,2	9,0	20,00
193	19,3	13,7	9,8	20,00
194	20,0	13,2	9,0	20,00
195	6,7	14,2	14,4	20,00
196	7,3	14,7	15,1	20,00
197	8,0	14,2	15,6	4,14
198	8,7	14,7	15,6	6,01
199	9,3	14,2	15,4	3,10
200	10,0	14,7	16,9	1,75
201	10,7	14,2	16,9	1,65
202	11,3	14,7	16,8	1,78
203	12,0	14,2	17,6	1,13
204	12,7	14,7	17,4	1,13
205	13,3	14,2	15,6	1,94
206	14,0	14,7	15,4	2,95
207	14,7	14,2	14,6	3,94
208	15,3	14,7	15,2	1,60
209	16,0	14,2	10,8	20,00
210	16,7	14,7	14,2	3,49
211	17,3	14,2	10,7	20,00
212	18,0	14,7	13,2	7,92
213	18,7	14,2	9,7	4,51
214	19,3	14,7	10,5	20,00
215	20,0	14,2	9,7	7,87
216	6,0	15,7	16,1	20,00
217	6,7	15,2	15,3	20,00
218	7,3	15,7	15,9	20,00
219	8,0	15,2	16,4	4,47
220	8,7	15,7	17,2	2,70
221	9,3	15,2	17,0	2,12
222	10,0	15,7	17,8	1,85
223	10,7	15,2	17,7	1,71
224	11,3	15,7	18,4	1,14
225	12,0	15,2	17,3	1,68

226	12,7	15,7	18,0	1,13
227	13,3	15,2	17,1	1,15
228	14,0	15,7	16,0	4,04
229	14,7	15,2	16,1	1,40
230	15,3	15,7	15,8	1,99
231	16,0	15,2	15,0	2,51
232	16,7	15,7	12,1	20,00
233	17,3	15,2	11,3	20,00
234	18,0	15,7	11,2	3,54
235	18,7	15,2	11,3	20,00
236	19,3	15,7	11,2	5,59
237	20,0	15,2	11,3	20,00
238	6,0	16,6	17,1	20,00
239	6,7	16,1	16,2	20,00
240	7,3	16,6	16,8	20,00
241	8,0	16,1	15,2	20,00
242	8,7	16,6	18,0	2,91
243	9,3	16,1	17,1	3,35
244	10,0	16,6	17,8	2,71
245	10,7	16,1	18,5	1,78
246	11,3	16,6	18,3	2,05
247	12,0	16,1	17,8	1,99
248	12,7	16,6	18,5	1,15
249	13,3	16,1	16,8	3,03
250	14,0	16,6	17,5	1,51
251	14,7	16,1	15,8	14,54
252	15,3	16,6	16,5	2,58
253	16,0	16,1	15,7	3,58
254	16,7	16,6	12,8	20,00
255	17,3	16,1	12,0	20,00
256	18,0	16,6	12,8	20,00
257	18,7	16,1	12,0	20,00
258	19,3	16,6	11,9	6,90
259	20,0	16,1	12,0	20,00
260	6,0	17,6	18,0	20,00
261	6,7	17,1	16,5	20,00
262	7,3	17,6	17,7	20,00
263	8,0	17,1	18,2	4,46
264	8,7	17,6	18,9	3,12
265	9,3	17,1	18,7	2,25
266	10,0	17,6	18,7	2,91
267	10,7	17,1	19,3	1,79
268	11,3	17,6	20,0	1,15
269	12,0	17,1	19,3	1,12
270	12,7	17,6	18,2	3,18
271	13,3	17,1	17,4	4,18
272	14,0	17,6	17,2	15,78
273	14,7	17,1	17,3	2,09
274	15,3	17,6	14,4	20,00
275	16,0	17,1	16,3	7,26
276	16,7	17,6	13,5	20,00
277	17,3	17,1	12,7	2,97
278	18,0	17,6	13,5	20,00
279	18,7	17,1	12,7	4,26
280	19,3	17,6	13,6	20,00
281	20,0	17,1	12,8	20,00
282	6,7	18,1	17,4	20,00
283	7,3	18,6	18,7	20,00

284	8,0	18,1	17,0	20,00
285	8,7	18,6	19,8	3,32
286	9,3	18,1	18,9	4,10
287	10,0	18,6	19,6	2,89
288	10,7	18,1	20,2	1,88
289	11,3	18,6	20,8	1,19
290	12,0	18,1	19,0	2,69
291	12,7	18,6	18,8	4,23
292	13,3	18,1	18,9	1,56
293	14,0	18,6	15,2	20,00
294	14,7	18,1	17,9	2,71
295	15,3	18,6	15,1	20,00
296	16,0	18,1	17,0	10,82
297	16,7	18,6	15,1	20,00
298	17,3	18,1	14,3	20,00
299	18,0	18,6	14,2	20,00
300	18,7	18,1	13,4	4,95
301	19,3	18,6	14,3	20,00
302	20,0	18,1	13,6	6,79
303	5,3	19,0	19,2	20,00
304	6,7	19,0	18,3	20,00
305	7,3	19,5	18,3	20,00
306	8,0	19,0	20,0	5,25
307	8,7	19,5	20,0	12,75
308	9,3	19,0	20,5	2,50
309	10,0	19,5	21,2	2,29
310	10,7	19,0	20,1	2,70
311	11,3	19,5	21,4	1,31
312	12,0	19,0	20,6	1,36
313	12,7	19,5	19,5	6,52
314	13,3	19,0	19,6	1,86
315	14,0	19,5	19,4	3,00
316	14,7	19,0	18,6	4,22
317	15,3	19,5	15,8	20,00
318	16,0	19,0	15,0	20,00
319	16,7	19,5	15,8	20,00
320	17,3	19,0	15,0	20,00
321	18,0	19,5	15,0	3,90
322	18,7	19,0	15,1	20,00
323	19,3	19,5	15,1	5,10
324	20,0	19,0	14,4	7,77
325	6,7	20,0	19,2	20,00
326	8,0	20,0	20,9	5,76
327	9,3	20,0	20,6	5,14
328	10,7	20,0	21,8	1,71
329	12,0	20,0	21,2	1,53
330	13,3	20,0	16,7	20,00
331	14,7	20,0	19,3	10,68
332	16,0	20,0	16,6	20,00
333	17,3	20,0	15,8	20,00
334	18,7	20,0	15,9	20,00
335	20,0	20,0	15,2	8,94

7.10 All.to 10 - Tabulati di calcolo (Verifica Din. S.D.P. – Falda a +1.20 slmm)

**Risultati analisi pendio [A2+M2+R2] - Numero di superfici esaminate (335)**

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	6,0	6,0	7,7	20,00
2	6,7	5,5	7,0	20,00
3	7,3	6,0	6,9	20,00
4	8,0	5,5	8,8	10,48
5	8,7	6,0	6,7	20,00
6	9,3	5,5	9,8	3,61
7	10,0	6,0	10,6	2,15
8	10,7	5,5	9,7	2,01
9	11,3	6,0	10,4	1,77
10	12,0	5,5	10,6	1,56
11	12,7	6,0	11,4	1,40
12	13,3	5,5	10,9	1,39
13	14,0	6,0	10,1	1,26
14	14,7	5,5	9,6	1,27
15	15,3	6,0	9,3	1,18
16	16,0	5,5	8,6	1,18
17	16,7	6,0	9,3	1,17
18	17,3	5,5	8,9	1,24
19	18,0	6,0	8,4	1,39
20	18,7	5,5	7,8	1,69
21	19,3	6,0	8,1	1,86
22	20,0	5,5	7,5	2,48
23	6,0	7,0	8,4	20,00
24	6,7	6,5	7,7	20,00
25	7,3	7,0	7,6	20,00
26	8,0	6,5	6,7	20,00
27	8,7	7,0	10,2	4,19
28	9,3	6,5	10,4	2,72
29	10,0	7,0	10,1	2,60
30	10,7	6,5	11,4	1,82
31	11,3	7,0	9,9	1,73
32	12,0	6,5	11,2	1,61
33	12,7	7,0	11,9	1,37
34	13,3	6,5	13,2	1,35
35	14,0	7,0	10,7	1,23
36	14,7	6,5	10,0	1,24
37	15,3	7,0	10,8	1,15
38	16,0	6,5	10,0	1,14
39	16,7	7,0	9,5	1,13
40	17,3	6,5	8,9	1,20
41	18,0	7,0	8,4	1,42
42	18,7	6,5	8,8	1,50
43	19,3	7,0	8,3	2,15
44	20,0	6,5	7,6	3,07
45	6,0	7,9	9,2	20,00
46	6,7	7,4	8,5	20,00
47	7,3	7,9	8,4	20,00
48	8,0	7,4	7,5	20,00
49	8,7	7,9	10,8	5,96
50	9,3	7,4	10,0	6,12
51	10,0	7,9	10,8	2,31

52	10,7	7,4	10,9	1,73
53	11,3	7,9	11,6	1,62
54	12,0	7,4	12,9	1,51
55	12,7	7,9	12,5	1,37
56	13,3	7,4	12,6	1,24
57	14,0	7,9	11,1	1,24
58	14,7	7,4	10,4	1,15
59	15,3	7,9	11,1	1,12
60	16,0	7,4	10,3	1,10
61	16,7	7,9	9,8	1,11
62	17,3	7,4	10,1	1,17
63	18,0	7,9	8,6	1,70
64	18,7	7,4	9,0	1,64
65	19,3	7,9	8,5	2,41
66	20,0	7,4	7,8	4,16
67	6,7	8,4	9,2	20,00
68	7,3	8,9	9,2	20,00
69	8,0	8,4	8,3	20,00
70	8,7	8,9	11,6	3,86
71	9,3	8,4	11,6	2,30
72	10,0	8,9	12,4	1,84
73	10,7	8,4	11,5	1,85
74	11,3	8,9	12,3	1,60
75	12,0	8,4	11,3	1,65
76	12,7	8,9	14,3	1,33
77	13,3	8,4	12,9	1,22
78	14,0	8,9	12,6	1,17
79	14,7	8,4	11,8	1,08
80	15,3	8,9	11,4	1,04
81	16,0	8,4	10,6	1,10
82	16,7	8,9	10,2	1,10
83	17,3	8,4	9,4	1,33
84	18,0	8,9	10,0	1,39
85	18,7	8,4	8,2	3,15
86	19,3	8,9	8,8	2,91
87	20,0	8,4	8,1	6,33
88	6,7	9,4	10,1	20,00
89	7,3	9,8	10,0	20,00
90	8,0	9,4	9,9	20,00
91	8,7	9,8	9,8	20,00
92	9,3	9,4	12,3	2,49
93	10,0	9,8	12,2	3,20
94	10,7	9,4	12,2	1,97
95	11,3	9,8	13,0	1,68
96	12,0	9,4	14,1	1,35
97	12,7	9,8	14,9	1,22
98	13,3	9,4	13,3	1,18
99	14,0	9,8	13,0	1,05
100	14,7	9,4	12,2	1,07
101	15,3	9,8	11,8	1,04
102	16,0	9,4	11,0	1,05
103	16,7	9,8	11,6	1,08
104	17,3	9,4	9,8	1,44
105	18,0	9,8	10,4	1,44
106	18,7	9,4	9,6	1,95
107	19,3	9,8	9,2	6,72
108	20,0	9,4	8,4	13,98
109	6,7	10,3	10,9	20,00

110	7,3	10,8	10,9	20,00
111	8,0	10,3	10,7	20,00
112	8,7	10,8	13,0	6,66
113	9,3	10,3	13,1	2,66
114	10,0	10,8	12,9	2,53
115	10,7	10,3	12,9	2,24
116	11,3	10,8	13,7	1,85
117	12,0	10,3	13,7	1,52
118	12,7	10,8	14,5	1,15
119	13,3	10,3	13,7	1,11
120	14,0	10,8	13,4	1,05
121	14,7	10,3	12,6	1,08
122	15,3	10,8	12,2	1,10
123	16,0	10,3	11,4	1,12
124	16,7	10,8	12,0	1,08
125	17,3	10,3	11,2	1,29
126	18,0	10,8	10,9	1,77
127	18,7	10,3	10,0	2,67
128	19,3	10,8	9,7	5,18
129	20,0	10,3	6,1	20,00
130	6,7	11,3	11,7	20,00
131	7,3	11,8	11,7	20,00
132	8,0	11,3	11,6	20,00
133	8,7	11,8	13,8	4,11
134	9,3	11,3	13,8	3,23
135	10,0	11,8	13,7	2,82
136	10,7	11,3	13,7	1,95
137	11,3	11,8	14,4	1,65
138	12,0	11,3	15,5	1,32
139	12,7	11,8	15,0	1,10
140	13,3	11,3	14,2	1,13
141	14,0	11,8	13,8	1,05
142	14,7	11,3	13,0	1,03
143	15,3	11,8	12,7	1,49
144	16,0	11,3	11,9	1,65
145	16,7	11,8	12,5	1,11
146	17,3	11,3	11,7	1,34
147	18,0	11,8	7,7	20,00
148	18,7	11,3	10,6	3,31
149	19,3	11,8	10,3	3,83
150	20,0	11,3	6,8	9,68
151	6,0	12,8	13,4	20,00
152	6,7	12,3	12,6	20,00
153	7,3	12,8	12,6	20,00
154	8,0	12,3	12,4	20,00
155	8,7	12,8	12,3	20,00
156	9,3	12,3	13,8	8,75
157	10,0	12,8	15,4	1,96
158	10,7	12,3	15,3	1,89
159	11,3	12,8	15,2	1,75
160	12,0	12,3	15,2	1,71
161	12,7	12,8	15,4	1,10
162	13,3	12,3	15,6	1,12
163	14,0	12,8	14,3	1,39
164	14,7	12,3	14,5	1,01
165	15,3	12,8	14,1	1,01
166	16,0	12,3	13,3	1,07
167	16,7	12,8	13,0	1,26



168	17,3	12,3	12,2	1,44
169	18,0	12,8	9,2	20,00
170	18,7	12,3	11,1	2,76
171	19,3	12,8	8,2	6,77
172	20,0	12,3	10,1	17,83
173	6,0	13,7	14,3	20,00
174	6,7	13,2	13,5	20,00
175	7,3	13,7	14,2	20,00
176	8,0	13,2	12,5	20,00
177	8,7	13,7	13,2	20,00
178	9,3	13,2	14,6	5,10
179	10,0	13,7	16,1	2,05
180	10,7	13,2	16,1	1,95
181	11,3	13,7	16,9	1,39
182	12,0	13,2	16,9	1,15
183	12,7	13,7	15,9	1,36
184	13,3	13,2	15,1	1,26
185	14,0	13,7	15,8	1,06
186	14,7	13,2	14,9	1,01
187	15,3	13,7	14,7	1,03
188	16,0	13,2	13,8	1,13
189	16,7	13,7	13,6	1,56
190	17,3	13,2	9,1	20,00
191	18,0	13,7	12,6	3,08
192	18,7	13,2	9,0	20,00
193	19,3	13,7	11,6	19,18
194	20,0	13,2	9,0	20,00
195	6,7	14,2	14,4	20,00
196	7,3	14,7	15,1	20,00
197	8,0	14,2	13,4	20,00
198	8,7	14,7	14,8	20,00
199	9,3	14,2	15,4	6,36
200	10,0	14,7	16,9	2,16
201	10,7	14,2	16,9	1,73
202	11,3	14,7	16,8	2,09
203	12,0	14,2	17,6	1,09
204	12,7	14,7	17,4	1,10
205	13,3	14,2	15,6	1,74
206	14,0	14,7	15,4	2,45
207	14,7	14,2	14,6	2,93
208	15,3	14,7	15,2	1,23
209	16,0	14,2	10,8	20,00
210	16,7	14,7	14,2	2,14
211	17,3	14,2	10,7	20,00
212	18,0	14,7	13,2	3,60
213	18,7	14,2	9,7	4,86
214	19,3	14,7	10,5	20,00
215	20,0	14,2	9,7	8,48
216	6,0	15,7	16,1	20,00
217	6,7	15,2	15,3	20,00
218	7,3	15,7	15,9	20,00
219	8,0	15,2	14,3	20,00
220	8,7	15,7	17,2	4,79
221	9,3	15,2	17,0	3,36
222	10,0	15,7	17,8	2,46
223	10,7	15,2	17,7	1,81
224	11,3	15,7	18,4	1,19
225	12,0	15,2	17,3	1,62

226	12,7	15,7	18,0	1,09
227	13,3	15,2	17,1	1,02
228	14,0	15,7	16,0	3,48
229	14,7	15,2	16,1	1,09
230	15,3	15,7	15,8	1,43
231	16,0	15,2	15,0	1,70
232	16,7	15,7	12,1	20,00
233	17,3	15,2	11,3	20,00
234	18,0	15,7	11,2	3,82
235	18,7	15,2	11,3	20,00
236	19,3	15,7	11,2	6,02
237	20,0	15,2	11,3	20,00
238	6,0	16,6	17,1	20,00
239	6,7	16,1	16,2	20,00
240	7,3	16,6	16,8	20,00
241	8,0	16,1	15,2	20,00
242	8,7	16,6	18,0	5,48
243	9,3	16,1	17,1	13,33
244	10,0	16,6	17,8	4,42
245	10,7	16,1	18,5	1,88
246	11,3	16,6	18,3	1,98
247	12,0	16,1	17,8	1,98
248	12,7	16,6	18,5	1,01
249	13,3	16,1	16,8	3,03
250	14,0	16,6	17,5	1,23
251	14,7	16,1	15,8	9,92
252	15,3	16,6	16,5	1,86
253	16,0	16,1	15,7	2,33
254	16,7	16,6	12,8	20,00
255	17,3	16,1	12,0	20,00
256	18,0	16,6	12,8	20,00
257	18,7	16,1	12,0	20,00
258	19,3	16,6	11,9	7,43
259	20,0	16,1	12,0	20,00
260	6,0	17,6	18,0	20,00
261	6,7	17,1	16,5	20,00
262	7,3	17,6	17,7	20,00
263	8,0	17,1	18,2	18,93
264	8,7	17,6	18,9	7,43
265	9,3	17,1	18,7	2,97
266	10,0	17,6	18,7	3,26
267	10,7	17,1	19,3	2,11
268	11,3	17,6	20,0	1,09
269	12,0	17,1	19,3	1,10
270	12,7	17,6	18,2	3,01
271	13,3	17,1	17,4	3,61
272	14,0	17,6	17,2	16,99
273	14,7	17,1	17,3	1,60
274	15,3	17,6	14,4	20,00
275	16,0	17,1	16,3	4,20
276	16,7	17,6	13,5	20,00
277	17,3	17,1	12,7	3,19
278	18,0	17,6	13,5	20,00
279	18,7	17,1	12,7	4,54
280	19,3	17,6	13,6	20,00
281	20,0	17,1	12,8	20,00
282	6,7	18,1	17,4	20,00
283	7,3	18,6	18,7	20,00

284	8,0	18,1	17,0	20,00
285	8,7	18,6	19,8	4,53
286	9,3	18,1	18,9	8,26
287	10,0	18,6	19,6	3,56
288	10,7	18,1	20,2	2,17
289	11,3	18,6	20,8	1,12
290	12,0	18,1	19,0	2,93
291	12,7	18,6	18,8	4,91
292	13,3	18,1	18,9	1,28
293	14,0	18,6	15,2	20,00
294	14,7	18,1	17,9	1,97
295	15,3	18,6	15,1	20,00
296	16,0	18,1	17,0	5,82
297	16,7	18,6	15,1	20,00
298	17,3	18,1	14,3	20,00
299	18,0	18,6	14,2	20,00
300	18,7	18,1	13,4	5,34
301	19,3	18,6	14,3	20,00
302	20,0	18,1	13,6	7,31
303	5,3	19,0	19,2	20,00
304	6,7	19,0	18,3	20,00
305	7,3	19,5	18,3	20,00
306	8,0	19,0	18,0	20,00
307	8,7	19,5	17,9	20,00
308	9,3	19,0	20,5	3,73
309	10,0	19,5	21,2	2,46
310	10,7	19,0	20,1	3,42
311	11,3	19,5	21,4	1,22
312	12,0	19,0	20,6	1,29
313	12,7	19,5	19,5	6,25
314	13,3	19,0	19,6	1,52
315	14,0	19,5	19,4	2,35
316	14,7	19,0	18,6	3,13
317	15,3	19,5	15,8	20,00
318	16,0	19,0	15,0	20,00
319	16,7	19,5	15,8	20,00
320	17,3	19,0	15,0	20,00
321	18,0	19,5	15,0	4,20
322	18,7	19,0	15,1	20,00
323	19,3	19,5	15,1	5,41
324	20,0	19,0	14,4	8,37
325	6,7	20,0	19,2	20,00
326	8,0	20,0	18,9	20,00
327	9,3	20,0	17,8	20,00
328	10,7	20,0	21,8	1,64
329	12,0	20,0	21,2	1,33
330	13,3	20,0	16,7	20,00
331	14,7	20,0	19,3	6,98
332	16,0	20,0	16,6	20,00
333	17,3	20,0	15,8	20,00
334	18,7	20,0	15,9	20,00
335	20,0	20,0	15,2	9,64

7.11 All.to 11 - Tabulati di calcolo (Verifica Din. S.D.P. agli S.L.D.)

**Risultati analisi pendio [A2+M2+R2] - Numero di superfici esaminate (335)**

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	6,0	6,0	7,7	20,00
2	6,7	5,5	7,0	20,00
3	7,3	6,0	8,6	6,74
4	8,0	5,5	8,8	3,05
5	8,7	6,0	8,6	3,22
6	9,3	5,5	8,8	1,79
7	10,0	6,0	9,5	1,55
8	10,7	5,5	8,5	1,52
9	11,3	6,0	9,2	1,52
10	12,0	5,5	8,1	1,43
11	12,7	6,0	12,7	1,37
12	13,3	5,5	12,2	1,39
13	14,0	6,0	11,4	1,35
14	14,7	5,5	10,9	1,37
15	15,3	6,0	10,6	1,34
16	16,0	5,5	9,8	1,40
17	16,7	6,0	9,3	1,52
18	17,3	5,5	8,9	1,70
19	18,0	6,0	8,4	2,36
20	18,7	5,5	7,8	3,63
21	19,3	6,0	8,1	4,10
22	20,0	5,5	7,5	8,16
23	6,0	7,0	8,4	20,00
24	6,7	6,5	7,7	20,00
25	7,3	7,0	9,3	11,41
26	8,0	6,5	9,4	5,39
27	8,7	7,0	10,2	2,06
28	9,3	6,5	9,4	2,03
29	10,0	7,0	10,1	1,67
30	10,7	6,5	9,1	1,53
31	11,3	7,0	9,9	1,45
32	12,0	6,5	10,0	1,46
33	12,7	7,0	13,2	1,34
34	13,3	6,5	13,2	1,35
35	14,0	7,0	11,9	1,33
36	14,7	6,5	11,2	1,34
37	15,3	7,0	10,8	1,34
38	16,0	6,5	11,2	1,40
39	16,7	7,0	10,7	1,46
40	17,3	6,5	10,0	1,69
41	18,0	7,0	8,4	2,33
42	18,7	6,5	8,8	2,53
43	19,3	7,0	8,3	6,57
44	20,0	6,5	2,9	20,00
45	6,0	7,9	9,2	20,00
46	6,7	7,4	8,5	20,00
47	7,3	7,9	10,0	8,07
48	8,0	7,4	10,1	3,94
49	8,7	7,9	10,8	2,23
50	9,3	7,4	10,0	2,37
51	10,0	7,9	11,8	1,67

52	10,7	7,4	10,9	1,53
53	11,3	7,9	11,6	1,55
54	12,0	7,4	12,9	1,43
55	12,7	7,9	12,5	1,41
56	13,3	7,4	12,6	1,34
57	14,0	7,9	12,2	1,31
58	14,7	7,4	11,5	1,30
59	15,3	7,9	11,1	1,31
60	16,0	7,4	11,4	1,36
61	16,7	7,9	10,9	1,46
62	17,3	7,4	10,1	1,62
63	18,0	7,9	8,6	3,57
64	18,7	7,4	9,0	3,38
65	19,3	7,9	8,5	8,79
66	20,0	7,4	3,5	20,00
67	6,7	8,4	9,2	20,00
68	7,3	8,9	9,2	20,00
69	8,0	8,4	10,8	5,06
70	8,7	8,9	11,6	2,60
71	9,3	8,4	11,6	1,80
72	10,0	8,9	12,4	1,61
73	10,7	8,4	11,5	1,66
74	11,3	8,9	12,3	1,58
75	12,0	8,4	11,3	1,53
76	12,7	8,9	14,3	1,33
77	13,3	8,4	12,9	1,30
78	14,0	8,9	12,6	1,26
79	14,7	8,4	11,8	1,26
80	15,3	8,9	11,4	1,29
81	16,0	8,4	10,6	1,37
82	16,7	8,9	10,2	1,60
83	17,3	8,4	9,4	2,17
84	18,0	8,9	10,0	2,25
85	18,7	8,4	5,2	20,00
86	19,3	8,9	8,8	16,15
87	20,0	8,4	4,8	20,00
88	6,7	9,4	10,1	20,00
89	7,3	9,8	10,0	20,00
90	8,0	9,4	9,9	20,00
91	8,7	9,8	11,5	4,74
92	9,3	9,4	12,3	2,01
93	10,0	9,8	12,2	1,95
94	10,7	9,4	12,2	1,60
95	11,3	9,8	13,0	1,64
96	12,0	9,4	14,1	1,37
97	12,7	9,8	14,9	1,32
98	13,3	9,4	13,3	1,28
99	14,0	9,8	13,0	1,22
100	14,7	9,4	12,2	1,26
101	15,3	9,8	12,8	1,29
102	16,0	9,4	11,0	1,43
103	16,7	9,8	11,6	1,48
104	17,3	9,4	9,8	2,58
105	18,0	9,8	10,4	2,60
106	18,7	9,4	9,6	4,81
107	19,3	9,8	5,5	12,10
108	20,0	9,4	5,6	20,00
109	6,7	10,3	10,9	20,00

110	7,3	10,8	10,9	20,00
111	8,0	10,3	12,3	4,76
112	8,7	10,8	13,0	2,64
113	9,3	10,3	13,1	1,83
114	10,0	10,8	12,9	2,24
115	10,7	10,3	12,9	1,71
116	11,3	10,8	13,7	1,69
117	12,0	10,3	13,7	1,57
118	12,7	10,8	14,5	1,27
119	13,3	10,3	13,7	1,22
120	14,0	10,8	13,4	1,23
121	14,7	10,3	13,6	1,26
122	15,3	10,8	12,2	1,37
123	16,0	10,3	11,4	1,52
124	16,7	10,8	12,0	1,56
125	17,3	10,3	11,2	2,03
126	18,0	10,8	10,9	3,56
127	18,7	10,3	10,0	10,10
128	19,3	10,8	7,0	20,00
129	20,0	10,3	6,1	20,00
130	6,7	11,3	11,7	20,00
131	7,3	11,8	11,7	20,00
132	8,0	11,3	13,1	6,82
133	8,7	11,8	13,8	3,08
134	9,3	11,3	13,8	2,02
135	10,0	11,8	13,7	2,14
136	10,7	11,3	13,7	1,87
137	11,3	11,8	14,4	1,73
138	12,0	11,3	15,5	1,33
139	12,7	11,8	15,0	1,21
140	13,3	11,3	14,2	1,22
141	14,0	11,8	14,8	1,22
142	14,7	11,3	14,0	1,26
143	15,3	11,8	12,7	2,19
144	16,0	11,3	11,9	2,68
145	16,7	11,8	12,5	1,56
146	17,3	11,3	11,7	2,11
147	18,0	11,8	7,7	20,00
148	18,7	11,3	6,9	6,49
149	19,3	11,8	7,6	20,00
150	20,0	11,3	6,8	20,00
151	6,0	12,8	13,4	20,00
152	6,7	12,3	12,6	20,00
153	7,3	12,8	12,6	20,00
154	8,0	12,3	13,9	5,05
155	8,7	12,8	12,3	20,00
156	9,3	12,3	13,8	3,23
157	10,0	12,8	15,4	1,87
158	10,7	12,3	15,3	1,75
159	11,3	12,8	15,2	1,84
160	12,0	12,3	15,2	1,74
161	12,7	12,8	15,4	1,22
162	13,3	12,3	15,6	1,22
163	14,0	12,8	14,3	1,65
164	14,7	12,3	14,5	1,25
165	15,3	12,8	14,1	1,32
166	16,0	12,3	13,3	1,41
167	16,7	12,8	13,0	1,95

168	17,3	12,3	12,2	2,47
169	18,0	12,8	9,2	20,00
170	18,7	12,3	11,1	9,45
171	19,3	12,8	8,2	12,04
172	20,0	12,3	8,3	20,00
173	6,0	13,7	14,3	20,00
174	6,7	13,2	13,5	20,00
175	7,3	13,7	14,2	20,00
176	8,0	13,2	14,7	6,46
177	8,7	13,7	14,7	11,74
178	9,3	13,2	14,6	4,15
179	10,0	13,7	16,1	1,97
180	10,7	13,2	16,1	1,85
181	11,3	13,7	16,9	1,39
182	12,0	13,2	16,9	1,27
183	12,7	13,7	15,9	1,49
184	13,3	13,2	15,1	1,53
185	14,0	13,7	15,8	1,23
186	14,7	13,2	14,9	1,26
187	15,3	13,7	14,7	1,38
188	16,0	13,2	13,8	1,63
189	16,7	13,7	13,6	2,53
190	17,3	13,2	9,1	20,00
191	18,0	13,7	12,6	11,56
192	18,7	13,2	9,0	20,00
193	19,3	13,7	9,8	20,00
194	20,0	13,2	9,0	20,00
195	6,7	14,2	14,4	20,00
196	7,3	14,7	15,1	20,00
197	8,0	14,2	15,6	10,01
198	8,7	14,7	15,6	17,00
199	9,3	14,2	15,4	4,70
200	10,0	14,7	16,9	2,17
201	10,7	14,2	16,9	1,93
202	11,3	14,7	16,8	2,11
203	12,0	14,2	17,6	1,22
204	12,7	14,7	17,4	1,21
205	13,3	14,2	15,6	2,22
206	14,0	14,7	15,4	3,68
207	14,7	14,2	14,6	5,36
208	15,3	14,7	15,2	1,67
209	16,0	14,2	10,8	20,00
210	16,7	14,7	14,2	4,30
211	17,3	14,2	10,7	20,00
212	18,0	14,7	13,2	17,81
213	18,7	14,2	9,7	6,97
214	19,3	14,7	10,5	20,00
215	20,0	14,2	9,7	19,30
216	6,0	15,7	16,1	20,00
217	6,7	15,2	15,3	20,00
218	7,3	15,7	15,9	20,00
219	8,0	15,2	16,4	10,25
220	8,7	15,7	17,2	4,08
221	9,3	15,2	17,0	2,41
222	10,0	15,7	17,8	2,28
223	10,7	15,2	17,7	1,90
224	11,3	15,7	18,4	1,24
225	12,0	15,2	17,3	1,86

226	12,7	15,7	18,0	1,21
227	13,3	15,2	17,1	1,21
228	14,0	15,7	16,0	5,69
229	14,7	15,2	16,1	1,46
230	15,3	15,7	15,8	2,15
231	16,0	15,2	15,0	2,82
232	16,7	15,7	12,1	20,00
233	17,3	15,2	11,3	20,00
234	18,0	15,7	11,2	4,96
235	18,7	15,2	11,3	20,00
236	19,3	15,7	11,2	9,81
237	20,0	15,2	11,3	20,00
238	6,0	16,6	17,1	20,00
239	6,7	16,1	16,2	20,00
240	7,3	16,6	16,8	20,00
241	8,0	16,1	15,2	20,00
242	8,7	16,6	18,0	4,37
243	9,3	16,1	17,1	4,96
244	10,0	16,6	17,8	3,22
245	10,7	16,1	18,5	1,99
246	11,3	16,6	18,3	2,46
247	12,0	16,1	17,8	2,38
248	12,7	16,6	18,5	1,21
249	13,3	16,1	16,8	3,85
250	14,0	16,6	17,5	1,60
251	14,7	16,1	13,0	20,00
252	15,3	16,6	16,5	2,92
253	16,0	16,1	15,7	4,37
254	16,7	16,6	12,8	20,00
255	17,3	16,1	12,0	20,00
256	18,0	16,6	12,8	20,00
257	18,7	16,1	12,0	20,00
258	19,3	16,6	11,9	14,59
259	20,0	16,1	12,0	20,00
260	6,0	17,6	18,0	20,00
261	6,7	17,1	16,5	20,00
262	7,3	17,6	17,7	20,00
263	8,0	17,1	18,2	8,53
264	8,7	17,6	18,9	4,66
265	9,3	17,1	18,7	2,85
266	10,0	17,6	18,7	3,53
267	10,7	17,1	19,3	2,11
268	11,3	17,6	20,0	1,24
269	12,0	17,1	19,3	1,20
270	12,7	17,6	18,2	4,22
271	13,3	17,1	17,4	5,98
272	14,0	17,6	14,5	20,00
273	14,7	17,1	17,3	2,31
274	15,3	17,6	14,4	20,00
275	16,0	17,1	16,3	15,58
276	16,7	17,6	13,5	20,00
277	17,3	17,1	12,7	3,94
278	18,0	17,6	13,5	20,00
279	18,7	17,1	12,7	6,40
280	19,3	17,6	13,6	20,00
281	20,0	17,1	12,8	20,00
282	6,7	18,1	17,4	20,00
283	7,3	18,6	18,7	20,00



284	8,0	18,1	17,0	20,00
285	8,7	18,6	19,8	4,17
286	9,3	18,1	18,9	7,44
287	10,0	18,6	19,6	3,88
288	10,7	18,1	20,2	2,29
289	11,3	18,6	20,8	1,29
290	12,0	18,1	19,0	3,24
291	12,7	18,6	18,8	6,35
292	13,3	18,1	18,9	1,68
293	14,0	18,6	15,2	20,00
294	14,7	18,1	17,9	3,18
295	15,3	18,6	15,1	20,00
296	16,0	18,1	14,3	20,00
297	16,7	18,6	15,1	20,00
298	17,3	18,1	14,3	20,00
299	18,0	18,6	14,2	20,00
300	18,7	18,1	13,4	8,08
301	19,3	18,6	14,3	20,00
302	20,0	18,1	13,6	14,06
303	5,3	19,0	19,2	20,00
304	6,7	19,0	18,3	20,00
305	7,3	19,5	18,3	20,00
306	8,0	19,0	20,0	15,17
307	8,7	19,5	17,9	20,00
308	9,3	19,0	20,5	3,38
309	10,0	19,5	21,2	2,66
310	10,7	19,0	20,1	3,53
311	11,3	19,5	21,4	1,39
312	12,0	19,0	20,6	1,48
313	12,7	19,5	19,5	13,25
314	13,3	19,0	19,6	2,05
315	14,0	19,5	19,4	3,67
316	14,7	19,0	18,6	5,96
317	15,3	19,5	15,8	20,00
318	16,0	19,0	15,0	20,00
319	16,7	19,5	15,8	20,00
320	17,3	19,0	15,0	20,00
321	18,0	19,5	15,0	5,66
322	18,7	19,0	15,1	20,00
323	19,3	19,5	15,1	8,44
324	20,0	19,0	14,4	18,99
325	6,7	20,0	19,2	20,00
326	8,0	20,0	20,9	17,30
327	9,3	20,0	20,6	7,92
328	10,7	20,0	21,8	2,00
329	12,0	20,0	21,2	1,64
330	13,3	20,0	16,7	20,00
331	14,7	20,0	16,6	20,00
332	16,0	20,0	16,6	20,00
333	17,3	20,0	15,8	20,00
334	18,7	20,0	15,9	20,00
335	20,0	20,0	15,2	20,00

7.12 All.to 12 - Tabulati di calcolo (Ver. in condizioni di possibile liquefazione)

**Risultati analisi pendio - Numero di superfici esaminate (335)**

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	6,0	6,0	7,7	19,05
2	6,7	5,5	7,0	19,05
3	7,3	6,0	8,6	4,40
4	8,0	5,5	8,8	2,40
5	8,7	6,0	8,6	2,45
6	9,3	5,5	8,8	1,50
7	10,0	6,0	9,5	1,32
8	10,7	5,5	8,5	1,29
9	11,3	6,0	9,2	1,28
10	12,0	5,5	8,1	1,20
11	12,7	6,0	8,8	1,19
12	13,3	5,5	8,3	1,17
13	14,0	6,0	8,8	1,23
14	14,7	5,5	8,3	1,24
15	15,3	6,0	9,3	1,18
16	16,0	5,5	8,6	1,27
17	16,7	6,0	9,3	1,26
18	17,3	5,5	8,9	1,39
19	18,0	6,0	8,4	1,81
20	18,7	5,5	7,8	2,54
21	19,3	6,0	8,1	2,79
22	20,0	5,5	7,5	4,42
23	6,0	7,0	8,4	19,05
24	6,7	6,5	7,7	19,05
25	7,3	7,0	9,3	6,04
26	8,0	6,5	9,4	3,74
27	8,7	7,0	10,2	1,69
28	9,3	6,5	9,4	1,66
29	10,0	7,0	10,1	1,39
30	10,7	6,5	9,1	1,27
31	11,3	7,0	9,9	1,21
32	12,0	6,5	10,0	1,23
33	12,7	7,0	9,4	1,27
34	13,3	6,5	9,2	1,20
35	14,0	7,0	10,7	1,21
36	14,7	6,5	10,0	1,14
37	15,3	7,0	9,6	1,16
38	16,0	6,5	10,0	1,20
39	16,7	7,0	9,5	1,27
40	17,3	6,5	10,0	1,37
41	18,0	7,0	8,4	1,80
42	18,7	6,5	8,8	1,92
43	19,3	7,0	8,3	3,77
44	20,0	6,5	7,6	6,88
45	6,0	7,9	9,2	19,05
46	6,7	7,4	8,5	19,05
47	7,3	7,9	10,0	4,72
48	8,0	7,4	10,1	2,87
49	8,7	7,9	10,8	1,79
50	9,3	7,4	10,0	1,90
51	10,0	7,9	11,8	1,50

52	10,7	7,4	10,9	1,28
53	11,3	7,9	10,5	1,30
54	12,0	7,4	10,6	1,25
55	12,7	7,9	11,3	1,24
56	13,3	7,4	11,3	1,26
57	14,0	7,9	11,1	1,15
58	14,7	7,4	10,4	1,13
59	15,3	7,9	11,1	1,10
60	16,0	7,4	10,3	1,16
61	16,7	7,9	10,9	1,21
62	17,3	7,4	10,1	1,32
63	18,0	7,9	8,6	2,47
64	18,7	7,4	9,0	2,38
65	19,3	7,9	8,5	4,45
66	20,0	7,4	7,8	12,90
67	6,7	8,4	9,2	19,05
68	7,3	8,9	9,2	19,05
69	8,0	8,4	10,8	3,49
70	8,7	8,9	11,6	2,04
71	9,3	8,4	11,6	1,48
72	10,0	8,9	12,4	1,34
73	10,7	8,4	11,5	1,37
74	11,3	8,9	12,3	1,31
75	12,0	8,4	11,3	1,25
76	12,7	8,9	13,1	1,27
77	13,3	8,4	11,7	1,20
78	14,0	8,9	12,6	1,11
79	14,7	8,4	11,8	1,06
80	15,3	8,9	11,4	1,08
81	16,0	8,4	10,6	1,14
82	16,7	8,9	10,2	1,29
83	17,3	8,4	9,4	1,67
84	18,0	8,9	10,0	1,73
85	18,7	8,4	8,2	6,77
86	19,3	8,9	8,8	5,92
87	20,0	8,4	4,8	19,05
88	6,7	9,4	10,1	19,05
89	7,3	9,8	10,0	19,05
90	8,0	9,4	9,9	19,05
91	8,7	9,8	11,5	3,13
92	9,3	9,4	12,3	1,63
93	10,0	9,8	12,2	1,56
94	10,7	9,4	12,2	1,31
95	11,3	9,8	13,0	1,34
96	12,0	9,4	11,9	1,30
97	12,7	9,8	13,8	1,21
98	13,3	9,4	13,3	1,16
99	14,0	9,8	13,0	1,03
100	14,7	9,4	12,2	1,05
101	15,3	9,8	12,8	1,08
102	16,0	9,4	11,0	1,17
103	16,7	9,8	11,6	1,21
104	17,3	9,4	9,8	1,91
105	18,0	9,8	10,4	1,94
106	18,7	9,4	9,6	3,06
107	19,3	9,8	5,5	6,24
108	20,0	9,4	5,6	19,05
109	6,7	10,3	10,9	19,05

110	7,3	10,8	10,9	19,05
111	8,0	10,3	12,3	3,22
112	8,7	10,8	13,0	2,02
113	9,3	10,3	13,1	1,48
114	10,0	10,8	12,9	1,75
115	10,7	10,3	12,9	1,38
116	11,3	10,8	13,7	1,38
117	12,0	10,3	13,7	1,29
118	12,7	10,8	14,5	1,12
119	13,3	10,3	13,7	1,03
120	14,0	10,8	13,4	1,03
121	14,7	10,3	12,6	1,05
122	15,3	10,8	12,2	1,13
123	16,0	10,3	11,4	1,24
124	16,7	10,8	12,0	1,26
125	17,3	10,3	11,2	1,58
126	18,0	10,8	10,9	2,46
127	18,7	10,3	10,0	4,71
128	19,3	10,8	9,7	15,15
129	20,0	10,3	6,1	19,05
130	6,7	11,3	11,7	19,05
131	7,3	11,8	11,7	19,05
132	8,0	11,3	13,1	4,13
133	8,7	11,8	13,8	2,29
134	9,3	11,3	13,8	1,61
135	10,0	11,8	13,7	1,66
136	10,7	11,3	13,7	1,49
137	11,3	11,8	14,4	1,38
138	12,0	11,3	15,5	1,24
139	12,7	11,8	15,0	1,02
140	13,3	11,3	14,2	1,03
141	14,0	11,8	14,8	1,03
142	14,7	11,3	14,0	1,05
143	15,3	11,8	12,7	1,65
144	16,0	11,3	11,9	1,95
145	16,7	11,8	12,5	1,27
146	17,3	11,3	11,7	1,63
147	18,0	11,8	7,7	19,05
148	18,7	11,3	6,9	4,23
149	19,3	11,8	10,3	7,69
150	20,0	11,3	6,8	8,82
151	6,0	12,8	13,4	19,05
152	6,7	12,3	12,6	19,05
153	7,3	12,8	12,6	19,05
154	8,0	12,3	13,9	3,26
155	8,7	12,8	13,9	6,99
156	9,3	12,3	13,8	2,33
157	10,0	12,8	15,4	1,49
158	10,7	12,3	15,3	1,42
159	11,3	12,8	15,2	1,46
160	12,0	12,3	15,2	1,40
161	12,7	12,8	15,4	1,02
162	13,3	12,3	14,6	1,02
163	14,0	12,8	14,3	1,31
164	14,7	12,3	14,5	1,04
165	15,3	12,8	14,1	1,09
166	16,0	12,3	13,3	1,16
167	16,7	12,8	13,0	1,52

168	17,3	12,3	12,2	1,85
169	18,0	12,8	9,2	19,05
170	18,7	12,3	11,1	4,66
171	19,3	12,8	8,2	6,17
172	20,0	12,3	8,3	19,05
173	6,0	13,7	14,3	19,05
174	6,7	13,2	13,5	19,05
175	7,3	13,7	14,2	19,05
176	8,0	13,2	14,7	3,84
177	8,7	13,7	14,7	5,20
178	9,3	13,2	14,6	2,83
179	10,0	13,7	16,1	1,56
180	10,7	13,2	16,1	1,48
181	11,3	13,7	16,9	1,15
182	12,0	13,2	16,9	1,13
183	12,7	13,7	15,9	1,22
184	13,3	13,2	15,1	1,24
185	14,0	13,7	15,8	1,03
186	14,7	13,2	14,9	1,05
187	15,3	13,7	14,7	1,13
188	16,0	13,2	13,8	1,30
189	16,7	13,7	13,6	1,89
190	17,3	13,2	9,1	19,05
191	18,0	13,7	12,6	5,06
192	18,7	13,2	9,0	19,05
193	19,3	13,7	9,8	19,05
194	20,0	13,2	9,0	19,05
195	6,7	14,2	14,4	19,05
196	7,3	14,7	15,1	19,05
197	8,0	14,2	15,6	5,04
198	8,7	14,7	15,6	6,11
199	9,3	14,2	15,4	3,07
200	10,0	14,7	16,9	1,69
201	10,7	14,2	16,9	1,53
202	11,3	14,7	16,8	1,64
203	12,0	14,2	17,6	1,03
204	12,7	14,7	17,4	1,02
205	13,3	14,2	15,6	1,69
206	14,0	14,7	15,4	2,44
207	14,7	14,2	14,6	3,15
208	15,3	14,7	15,2	1,33
209	16,0	14,2	10,8	19,05
210	16,7	14,7	14,2	2,78
211	17,3	14,2	10,7	19,05
212	18,0	14,7	13,2	6,14
213	18,7	14,2	9,7	4,43
214	19,3	14,7	10,5	19,05
215	20,0	14,2	9,7	7,72
216	6,0	15,7	16,1	19,05
217	6,7	15,2	15,3	19,05
218	7,3	15,7	15,9	19,05
219	8,0	15,2	16,4	5,05
220	8,7	15,7	17,2	2,79
221	9,3	15,2	17,0	1,83
222	10,0	15,7	17,8	1,76
223	10,7	15,2	17,7	1,50
224	11,3	15,7	18,4	1,05
225	12,0	15,2	17,3	1,46

226	12,7	15,7	18,0	1,02
227	13,3	15,2	17,1	1,01
228	14,0	15,7	16,0	3,29
229	14,7	15,2	16,1	1,19
230	15,3	15,7	15,8	1,63
231	16,0	15,2	15,0	2,04
232	16,7	15,7	12,1	19,05
233	17,3	15,2	11,3	19,05
234	18,0	15,7	11,2	3,48
235	18,7	15,2	11,3	19,05
236	19,3	15,7	11,2	5,49
237	20,0	15,2	11,3	19,05
238	6,0	16,6	17,1	19,05
239	6,7	16,1	16,2	19,05
240	7,3	16,6	16,8	19,05
241	8,0	16,1	15,2	19,05
242	8,7	16,6	18,0	2,92
243	9,3	16,1	17,1	3,11
244	10,0	16,6	17,8	2,26
245	10,7	16,1	18,5	1,55
246	11,3	16,6	18,3	1,85
247	12,0	16,1	17,8	1,80
248	12,7	16,6	18,5	1,02
249	13,3	16,1	16,8	2,54
250	14,0	16,6	17,5	1,29
251	14,7	16,1	15,8	10,18
252	15,3	16,6	16,5	2,10
253	16,0	16,1	15,7	2,83
254	16,7	16,6	12,8	19,05
255	17,3	16,1	12,0	19,05
256	18,0	16,6	12,8	19,05
257	18,7	16,1	12,0	19,05
258	19,3	16,6	11,9	6,77
259	20,0	16,1	12,0	19,05
260	6,0	17,6	18,0	19,05
261	6,7	17,1	16,5	19,05
262	7,3	17,6	17,7	19,05
263	8,0	17,1	18,2	4,40
264	8,7	17,6	18,9	3,04
265	9,3	17,1	18,7	2,08
266	10,0	17,6	18,7	2,42
267	10,7	17,1	19,3	1,63
268	11,3	17,6	20,0	1,04
269	12,0	17,1	19,3	1,01
270	12,7	17,6	18,2	2,74
271	13,3	17,1	17,4	3,36
272	14,0	17,6	17,2	10,84
273	14,7	17,1	17,3	1,74
274	15,3	17,6	14,4	19,05
275	16,0	17,1	16,3	5,50
276	16,7	17,6	13,5	19,05
277	17,3	17,1	12,7	2,92
278	18,0	17,6	13,5	19,05
279	18,7	17,1	12,7	4,18
280	19,3	17,6	13,6	19,05
281	20,0	17,1	12,8	19,05
282	6,7	18,1	17,4	19,05
283	7,3	18,6	18,7	19,05

284	8,0	18,1	17,0	19,05
285	8,7	18,6	19,8	2,76
286	9,3	18,1	18,9	4,05
287	10,0	18,6	19,6	2,60
288	10,7	18,1	20,2	1,75
289	11,3	18,6	20,8	1,07
290	12,0	18,1	19,0	2,25
291	12,7	18,6	18,8	3,52
292	13,3	18,1	18,9	1,34
293	14,0	18,6	15,2	19,05
294	14,7	18,1	17,9	2,22
295	15,3	18,6	15,1	19,05
296	16,0	18,1	17,0	7,85
297	16,7	18,6	15,1	19,05
298	17,3	18,1	14,3	19,05
299	18,0	18,6	14,2	19,05
300	18,7	18,1	13,4	4,86
301	19,3	18,6	14,3	19,05
302	20,0	18,1	13,6	6,66
303	5,3	19,0	19,2	19,05
304	6,7	19,0	18,3	19,05
305	7,3	19,5	18,3	19,05
306	8,0	19,0	20,0	5,89
307	8,7	19,5	17,9	19,05
308	9,3	19,0	20,5	2,39
309	10,0	19,5	21,2	1,96
310	10,7	19,0	20,1	2,44
311	11,3	19,5	21,4	1,14
312	12,0	19,0	20,6	1,21
313	12,7	19,5	19,5	5,04
314	13,3	19,0	19,6	1,58
315	14,0	19,5	19,4	2,47
316	14,7	19,0	18,6	3,39
317	15,3	19,5	15,8	19,05
318	16,0	19,0	15,0	19,05
319	16,7	19,5	15,8	19,05
320	17,3	19,0	15,0	19,05
321	18,0	19,5	15,0	3,83
322	18,7	19,0	15,1	19,05
323	19,3	19,5	15,1	5,00
324	20,0	19,0	14,4	7,63
325	6,7	20,0	19,2	19,05
326	8,0	20,0	20,9	6,17
327	9,3	20,0	20,6	4,08
328	10,7	20,0	21,8	1,56
329	12,0	20,0	21,2	1,31
330	13,3	20,0	16,7	19,05
331	14,7	20,0	19,3	7,90
332	16,0	20,0	16,6	19,05
333	17,3	20,0	15,8	19,05
334	18,7	20,0	15,9	19,05
335	20,0	20,0	15,2	8,78

7.13 All.to 13- Tabulati di calcolo (Verifiche Tieback and Compound.)

Di seguito si riportano le verifiche di *Tieback* e *Compound* per il blocco rinforzato in condizioni sismiche ordinarie.

**Risultati analisi pendio [A2+M2+R2] - Numero di superfici esaminate (1343)**

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	6,7	5,5	8,6	5,58
2	6,7	6,5	9,3	11,41
3	10,7	6,5	12,5	1,41
4	12,0	6,5	13,6	1,32
5	6,0	7,9	9,9	20,00
6	8,7	7,9	11,7	1,89
7	10,0	7,9	12,8	1,44
8	12,7	7,9	14,9	1,18
9	6,0	8,9	10,7	20,00
10	7,3	8,9	11,5	3,12
11	8,0	8,4	11,6	1,88
12	11,3	8,9	14,4	1,26
13	6,0	9,8	11,5	20,00
14	8,7	9,8	13,1	1,59
15	9,3	9,4	13,2	1,67
16	6,0	10,8	12,4	20,00
17	6,7	10,3	12,3	20,00
18	9,3	10,3	13,9	1,43
19	11,3	10,8	15,7	1,22
20	12,0	10,3	15,8	1,16
21	11,3	11,8	16,3	1,20
22	12,0	11,3	16,5	1,17
23	11,3	12,8	17,1	1,14
24	5,3	13,2	14,3	20,00
25	10,7	13,2	17,0	1,34
26	12,0	13,2	17,9	1,18
27	6,7	14,2	15,7	16,60
28	12,0	14,2	18,6	1,17
29	7,3	15,7	17,3	3,62
30	10,7	15,2	18,5	1,09
31	5,3	16,1	17,0	20,00
32	7,3	16,6	18,2	4,36
33	9,3	16,1	18,6	1,64
34	11,3	16,6	20,1	1,08
35	8,0	17,1	18,9	2,42
36	8,7	17,6	19,6	2,11
37	10,0	17,6	20,2	1,67
38	10,7	17,1	20,2	1,03
39	10,7	18,1	21,0	1,05
40	4,7	19,5	20,1	20,00
41	6,7	19,0	20,2	19,37
42	8,0	20,0	21,5	2,85
43	10,7	20,0	22,7	1,08
44	6,7	5,5	8,6	5,58
45	6,7	6,5	9,3	11,41



46	10,7	6,5	12,5	1,41
47	12,0	6,5	13,6	1,32
48	6,0	7,9	9,9	20,00
49	8,7	7,9	11,7	1,89
50	10,0	7,9	12,8	1,44
51	12,7	7,9	14,9	1,18
52	6,0	8,9	10,7	20,00
53	7,3	8,9	11,5	3,12
54	8,0	8,4	11,6	1,88
55	11,3	8,9	14,4	1,26
56	6,0	9,8	11,5	20,00
57	8,7	9,8	13,1	1,59
58	9,3	9,4	13,2	1,67
59	6,0	10,8	12,4	20,00
60	6,7	10,3	12,3	20,00
61	9,3	10,3	13,9	1,43
62	11,3	10,8	15,7	1,22
63	12,0	10,3	15,8	1,16
64	11,3	11,8	16,3	1,20
65	12,0	11,3	16,5	1,17
66	11,3	12,8	17,1	1,14
67	5,3	13,2	14,3	20,00
68	10,7	13,2	17,0	1,34
69	12,0	13,2	17,9	1,18
70	6,7	14,2	15,7	16,60
71	12,0	14,2	18,6	1,17
72	7,3	15,7	17,3	3,62
73	10,7	15,2	18,5	1,09
74	5,3	16,1	17,0	20,00
75	7,3	16,6	18,2	4,36
76	9,3	16,1	18,6	1,64
77	11,3	16,6	20,1	1,08
78	8,0	17,1	18,9	2,42
79	8,7	17,6	19,6	2,11
80	10,0	17,6	20,2	1,67
81	10,7	17,1	20,2	1,03
82	10,7	18,1	21,0	1,05
83	4,7	19,5	20,1	20,00
84	6,7	19,0	20,2	19,37
85	8,0	20,0	21,5	2,85
86	10,7	20,0	22,7	1,08
87	6,7	5,5	8,6	5,58
88	6,7	6,5	9,3	11,41
89	10,7	6,5	12,5	1,41
90	12,0	6,5	13,6	1,32
91	6,0	7,9	9,9	20,00
92	8,7	7,9	11,7	1,89
93	10,0	7,9	12,8	1,44
94	12,7	7,9	14,9	1,18
95	6,0	8,9	10,7	20,00
96	7,3	8,9	11,5	3,12
97	8,0	8,4	11,6	1,88
98	11,3	8,9	14,4	1,26
99	6,0	9,8	11,5	20,00
100	8,7	9,8	13,1	1,59
101	9,3	9,4	13,2	1,67
102	6,0	10,8	12,4	20,00
103	6,7	10,3	12,3	20,00

104	9,3	10,3	13,9	1,43
105	11,3	10,8	15,7	1,22
106	12,0	10,3	15,8	1,16
107	11,3	11,8	16,3	1,20
108	12,0	11,3	16,5	1,17
109	11,3	12,8	17,1	1,14
110	5,3	13,2	14,3	20,00
111	10,7	13,2	17,0	1,34
112	12,0	13,2	17,9	1,18
113	6,7	14,2	15,7	16,60
114	12,0	14,2	18,6	1,17
115	7,3	15,7	17,3	3,62
116	10,7	15,2	18,5	1,09
117	5,3	16,1	17,0	20,00
118	7,3	16,6	18,2	4,36
119	9,3	16,1	18,6	1,64
120	11,3	16,6	20,1	1,08
121	8,0	17,1	18,9	2,42
122	8,7	17,6	19,6	2,11
123	10,0	17,6	20,2	1,67
124	10,7	17,1	20,2	1,03
125	10,7	18,1	21,0	1,05
126	4,7	19,5	20,1	20,00
127	6,7	19,0	20,2	19,37
128	8,0	20,0	21,5	2,85
129	10,7	20,0	22,7	1,08
130	6,7	5,5	8,6	5,58
131	6,7	6,5	9,3	11,41
132	10,7	6,5	12,5	1,41
133	12,0	6,5	13,6	1,32
134	6,0	7,9	9,9	20,00
135	8,7	7,9	11,7	1,89
136	10,0	7,9	12,8	1,44
137	12,7	7,9	14,9	1,18
138	6,0	8,9	10,7	20,00
139	7,3	8,9	11,5	3,12
140	8,0	8,4	11,6	1,88
141	11,3	8,9	14,4	1,26
142	6,0	9,8	11,5	20,00
143	8,7	9,8	13,1	1,59
144	9,3	9,4	13,2	1,67
145	6,0	10,8	12,4	20,00
146	6,7	10,3	12,3	20,00
147	9,3	10,3	13,9	1,43
148	11,3	10,8	15,7	1,22
149	12,0	10,3	15,8	1,16
150	11,3	11,8	16,3	1,20
151	12,0	11,3	16,5	1,17
152	11,3	12,8	17,1	1,14
153	5,3	13,2	14,3	20,00
154	10,7	13,2	17,0	1,34
155	12,0	13,2	17,9	1,18
156	6,7	14,2	15,7	16,60
157	12,0	14,2	18,6	1,17
158	7,3	15,7	17,3	3,62
159	10,7	15,2	18,5	1,09
160	5,3	16,1	17,0	20,00
161	7,3	16,6	18,2	4,36

162	9,3	16,1	18,6	1,64
163	11,3	16,6	20,1	1,08
164	8,0	17,1	18,9	2,42
165	8,7	17,6	19,6	2,11
166	10,0	17,6	20,2	1,67
167	10,7	17,1	20,2	1,03
168	10,7	18,1	21,0	1,05
169	4,7	19,5	20,1	20,00
170	6,7	19,0	20,2	19,37
171	8,0	20,0	21,5	2,85
172	10,7	20,0	22,7	1,08
173	6,7	5,5	8,6	5,58
174	6,7	6,5	9,3	11,41
175	10,7	6,5	12,5	1,41
176	12,0	6,5	13,6	1,32
177	6,0	7,9	9,9	20,00
178	8,7	7,9	11,7	1,89
179	10,0	7,9	12,8	1,44
180	12,7	7,9	14,9	1,18
181	6,0	8,9	10,7	20,00
182	7,3	8,9	11,5	3,12
183	8,0	8,4	11,6	1,88
184	11,3	8,9	14,4	1,26
185	6,0	9,8	11,5	20,00
186	8,7	9,8	13,1	1,59
187	9,3	9,4	13,2	1,67
188	6,0	10,8	12,4	20,00
189	6,7	10,3	12,3	20,00
190	9,3	10,3	13,9	1,43
191	11,3	10,8	15,7	1,22
192	12,0	10,3	15,8	1,16
193	11,3	11,8	16,3	1,20
194	12,0	11,3	16,5	1,17
195	11,3	12,8	17,1	1,14
196	5,3	13,2	14,3	20,00
197	10,7	13,2	17,0	1,34
198	12,0	13,2	17,9	1,18
199	6,7	14,2	15,7	16,60
200	12,0	14,2	18,6	1,17
201	7,3	15,7	17,3	3,62
202	10,7	15,2	18,5	1,09
203	5,3	16,1	17,0	20,00
204	7,3	16,6	18,2	4,36
205	9,3	16,1	18,6	1,64
206	11,3	16,6	20,1	1,08
207	8,0	17,1	18,9	2,42
208	8,7	17,6	19,6	2,11
209	10,0	17,6	20,2	1,67
210	10,7	17,1	20,2	1,03
211	10,7	18,1	21,0	1,05
212	4,7	19,5	20,1	20,00
213	6,7	19,0	20,2	19,37
214	8,0	20,0	21,5	2,85
215	10,7	20,0	22,7	1,08
216	6,7	5,5	8,6	5,58
217	6,7	6,5	9,3	11,41
218	10,7	6,5	12,5	1,41
219	12,0	6,5	13,6	1,32

220	6,0	7,9	9,9	20,00
221	8,7	7,9	11,7	1,89
222	10,0	7,9	12,8	1,44
223	12,7	7,9	14,9	1,18
224	6,0	8,9	10,7	20,00
225	7,3	8,9	11,5	3,12
226	8,0	8,4	11,6	1,88
227	11,3	8,9	14,4	1,26
228	6,0	9,8	11,5	20,00
229	8,7	9,8	13,1	1,59
230	9,3	9,4	13,2	1,67
231	6,0	10,8	12,4	20,00
232	6,7	10,3	12,3	20,00
233	9,3	10,3	13,9	1,43
234	11,3	10,8	15,7	1,22
235	12,0	10,3	15,8	1,16
236	11,3	11,8	16,3	1,20
237	12,0	11,3	16,5	1,17
238	11,3	12,8	17,1	1,14
239	5,3	13,2	14,3	20,00
240	10,7	13,2	17,0	1,34
241	12,0	13,2	17,9	1,18
242	6,7	14,2	15,7	16,60
243	12,0	14,2	18,6	1,17
244	7,3	15,7	17,3	3,62
245	10,7	15,2	18,5	1,09
246	5,3	16,1	17,0	20,00
247	7,3	16,6	18,2	4,36
248	9,3	16,1	18,6	1,64
249	11,3	16,6	20,1	1,08
250	8,0	17,1	18,9	2,42
251	8,7	17,6	19,6	2,11
252	10,0	17,6	20,2	1,67
253	10,7	17,1	20,2	1,03
254	10,7	18,1	21,0	1,05
255	4,7	19,5	20,1	20,00
256	6,7	19,0	20,2	19,37
257	8,0	20,0	21,5	2,85
258	10,7	20,0	22,7	1,08
259	6,7	5,5	8,6	5,58
260	6,7	6,5	9,3	11,41
261	10,7	6,5	12,5	1,41
262	12,0	6,5	13,6	1,32
263	6,0	7,9	9,9	20,00
264	8,7	7,9	11,7	1,89
265	10,0	7,9	12,8	1,44
266	12,7	7,9	14,9	1,18
267	6,0	8,9	10,7	20,00
268	7,3	8,9	11,5	3,12
269	8,0	8,4	11,6	1,88
270	11,3	8,9	14,4	1,26
271	6,0	9,8	11,5	20,00
272	8,7	9,8	13,1	1,59
273	9,3	9,4	13,2	1,67
274	6,0	10,8	12,4	20,00
275	6,7	10,3	12,3	20,00
276	9,3	10,3	13,9	1,43
277	11,3	10,8	15,7	1,22

278	12,0	10,3	15,8	1,16
279	11,3	11,8	16,3	1,20
280	12,0	11,3	16,5	1,17
281	11,3	12,8	17,1	1,14
282	5,3	13,2	14,3	20,00
283	10,7	13,2	17,0	1,34
284	12,0	13,2	17,9	1,18
285	6,7	14,2	15,7	16,60
286	12,0	14,2	18,6	1,17
287	7,3	15,7	17,3	3,62
288	10,7	15,2	18,5	1,09
289	5,3	16,1	17,0	20,00
290	7,3	16,6	18,2	4,36
291	9,3	16,1	18,6	1,64
292	11,3	16,6	20,1	1,08
293	8,0	17,1	18,9	2,42
294	8,7	17,6	19,6	2,11
295	10,0	17,6	20,2	1,67
296	10,7	17,1	20,2	1,03
297	10,7	18,1	21,0	1,05
298	4,7	19,5	20,1	20,00
299	6,7	19,0	20,2	19,37
300	8,0	20,0	21,5	2,85
301	10,7	20,0	22,7	1,08
302	6,7	5,5	8,6	5,58
303	6,7	6,5	9,3	11,41
304	10,7	6,5	12,5	1,41
305	12,0	6,5	13,6	1,32
306	6,0	7,9	9,9	20,00
307	8,7	7,9	11,7	1,89
308	10,0	7,9	12,8	1,44
309	12,7	7,9	14,9	1,18
310	6,0	8,9	10,7	20,00
311	7,3	8,9	11,5	3,12
312	8,0	8,4	11,6	1,88
313	11,3	8,9	14,4	1,26
314	6,0	9,8	11,5	20,00
315	8,7	9,8	13,1	1,59
316	9,3	9,4	13,2	1,67
317	6,0	10,8	12,4	20,00
318	6,7	10,3	12,3	20,00
319	9,3	10,3	13,9	1,43
320	11,3	10,8	15,7	1,22
321	12,0	10,3	15,8	1,16
322	11,3	11,8	16,3	1,20
323	12,0	11,3	16,5	1,17
324	11,3	12,8	17,1	1,14
325	5,3	13,2	14,3	20,00
326	10,7	13,2	17,0	1,34
327	12,0	13,2	17,9	1,18
328	6,7	14,2	15,7	16,60
329	12,0	14,2	18,6	1,17
330	7,3	15,7	17,3	3,62
331	10,7	15,2	18,5	1,09
332	5,3	16,1	17,0	20,00
333	7,3	16,6	18,2	4,36
334	9,3	16,1	18,6	1,64
335	11,3	16,6	20,1	1,08

336	8,0	17,1	18,9	2,42
337	8,7	17,6	19,6	2,11
338	10,0	17,6	20,2	1,67
339	10,7	17,1	20,2	1,03
340	10,7	18,1	21,0	1,05
341	4,7	19,5	20,1	20,00
342	6,7	19,0	20,2	19,37
343	8,0	20,0	21,5	2,85
344	10,7	20,0	22,7	1,08
345	6,7	5,5	8,6	5,58
346	6,7	6,5	9,3	11,41
347	10,7	6,5	12,5	1,41
348	12,0	6,5	13,6	1,32
349	6,0	7,9	9,9	20,00
350	8,7	7,9	11,7	1,89
351	10,0	7,9	12,8	1,44
352	12,7	7,9	14,9	1,18
353	6,0	8,9	10,7	20,00
354	7,3	8,9	11,5	3,12
355	8,0	8,4	11,6	1,88
356	11,3	8,9	14,4	1,26
357	6,0	9,8	11,5	20,00
358	8,7	9,8	13,1	1,59
359	9,3	9,4	13,2	1,67
360	6,0	10,8	12,4	20,00
361	6,7	10,3	12,3	20,00
362	9,3	10,3	13,9	1,43
363	11,3	10,8	15,7	1,22
364	12,0	10,3	15,8	1,16
365	11,3	11,8	16,3	1,20
366	12,0	11,3	16,5	1,17
367	11,3	12,8	17,1	1,14
368	5,3	13,2	14,3	20,00
369	10,7	13,2	17,0	1,34
370	12,0	13,2	17,9	1,18
371	6,7	14,2	15,7	16,60
372	12,0	14,2	18,6	1,17
373	7,3	15,7	17,3	3,62
374	10,7	15,2	18,5	1,09
375	5,3	16,1	17,0	20,00
376	7,3	16,6	18,2	4,36
377	9,3	16,1	18,6	1,64
378	11,3	16,6	20,1	1,08
379	8,0	17,1	18,9	2,42
380	8,7	17,6	19,6	2,11
381	10,0	17,6	20,2	1,67
382	10,7	17,1	20,2	1,03
383	10,7	18,1	21,0	1,05
384	4,7	19,5	20,1	20,00
385	6,7	19,0	20,2	19,37
386	8,0	20,0	21,5	2,85
387	10,7	20,0	22,7	1,08
388	6,7	5,5	8,6	5,58
389	6,7	6,5	9,3	11,41
390	10,7	6,5	12,5	1,41
391	12,0	6,5	13,6	1,32
392	6,0	7,9	9,9	20,00
393	8,7	7,9	11,7	1,89

394	10,0	7,9	12,8	1,44
395	12,7	7,9	14,9	1,18
396	6,0	8,9	10,7	20,00
397	7,3	8,9	11,5	3,12
398	8,0	8,4	11,6	1,88
399	11,3	8,9	14,4	1,26
400	6,0	9,8	11,5	20,00
401	8,7	9,8	13,1	1,59
402	9,3	9,4	13,2	1,67
403	6,0	10,8	12,4	20,00
404	6,7	10,3	12,3	20,00
405	9,3	10,3	13,9	1,43
406	11,3	10,8	15,7	1,22
407	12,0	10,3	15,8	1,16
408	11,3	11,8	16,3	1,20
409	12,0	11,3	16,5	1,17
410	11,3	12,8	17,1	1,14
411	5,3	13,2	14,3	20,00
412	10,7	13,2	17,0	1,34
413	12,0	13,2	17,9	1,18
414	6,7	14,2	15,7	16,60
415	12,0	14,2	18,6	1,17
416	7,3	15,7	17,3	3,62
417	10,7	15,2	18,5	1,09
418	5,3	16,1	17,0	20,00
419	7,3	16,6	18,2	4,36
420	9,3	16,1	18,6	1,64
421	11,3	16,6	20,1	1,08
422	8,0	17,1	18,9	2,42
423	8,7	17,6	19,6	2,11
424	10,0	17,6	20,2	1,67
425	10,7	17,1	20,2	1,03
426	10,7	18,1	21,0	1,05
427	4,7	19,5	20,1	20,00
428	6,7	19,0	20,2	19,37
429	8,0	20,0	21,5	2,85
430	10,7	20,0	22,7	1,08
431	11,3	6,0	5,1	20,00
432	12,0	5,5	4,7	20,00
433	12,7	6,0	5,3	20,00
434	13,3	5,5	5,1	20,00
435	14,0	6,0	5,8	6,02
436	15,3	6,0	6,5	2,56
437	18,0	6,0	8,4	1,84
438	18,7	5,5	8,7	1,90
439	11,3	7,0	6,1	20,00
440	12,0	6,5	5,7	20,00
441	12,7	7,0	6,2	20,00
442	13,3	6,5	6,0	20,00
443	14,0	7,0	6,7	9,87
444	15,3	7,0	7,3	3,10
445	16,7	7,0	8,1	2,66
446	17,3	6,5	8,2	1,64
447	12,0	7,4	6,6	20,00
448	12,7	7,9	7,2	20,00
449	15,3	7,9	8,1	3,72
450	16,0	7,4	8,1	2,76
451	17,3	7,4	8,9	1,54

452	18,0	7,9	9,7	1,60
453	11,3	8,9	8,0	20,00
454	12,0	8,4	7,6	20,00
455	13,3	8,4	7,8	20,00
456	14,7	8,4	8,2	6,34
457	15,3	8,9	9,0	4,16
458	16,7	8,9	9,6	2,29
459	18,0	8,9	10,4	1,72
460	11,3	9,8	9,0	20,00
461	12,0	9,4	8,5	20,00
462	12,7	9,8	9,1	20,00
463	14,0	9,8	9,4	20,00
464	14,7	9,4	9,1	7,32
465	15,3	9,8	9,8	5,10
466	16,7	9,8	10,4	1,81
467	17,3	9,4	10,4	1,61
468	18,0	9,8	11,2	1,68
469	11,3	10,8	10,0	20,00
470	12,0	10,3	9,5	20,00
471	12,7	10,8	10,1	20,00
472	14,0	10,8	10,3	20,00
473	14,7	10,3	10,0	8,20
474	15,3	10,8	10,7	5,76
475	16,0	10,3	10,6	4,12
476	16,7	10,8	11,3	1,57
477	17,3	10,3	11,2	1,61
478	10,7	11,3	10,5	20,00
479	11,3	11,8	10,9	20,00
480	12,0	11,3	10,5	20,00
481	12,7	11,8	11,0	20,00
482	13,3	11,3	10,6	20,00
483	14,0	11,8	11,3	20,00
484	16,0	11,3	11,4	4,75
485	17,3	11,3	12,0	1,62
486	11,3	12,8	11,9	20,00
487	12,0	12,3	11,4	20,00
488	13,3	12,3	11,6	20,00
489	14,0	12,8	12,2	20,00
490	14,7	12,3	11,9	10,95
491	15,3	12,8	12,6	7,03
492	16,7	12,8	13,0	1,55
493	17,3	12,3	12,9	1,43
494	10,7	13,2	12,4	20,00
495	12,7	13,7	12,9	20,00
496	13,3	13,2	12,5	20,00
497	14,0	13,7	13,1	20,00
498	14,7	13,2	12,8	13,03
499	15,3	13,7	13,5	7,74
500	12,7	14,7	13,9	20,00
501	13,3	14,2	13,5	20,00
502	14,0	14,7	14,1	20,00
503	15,3	14,7	14,4	8,26
504	16,0	14,2	14,1	2,16
505	16,7	14,7	14,8	1,60
506	9,3	15,2	14,5	20,00
507	11,3	15,7	14,8	20,00
508	12,0	15,2	14,3	20,00
509	12,7	15,7	14,9	20,00



510	13,3	15,2	14,5	20,00
511	14,7	15,2	14,7	17,97
512	16,0	15,2	15,1	1,99
513	16,7	15,7	15,7	1,61
514	10,7	16,1	15,3	20,00
515	12,0	16,1	15,3	20,00
516	12,7	16,6	15,8	20,00
517	13,3	16,1	15,4	20,00
518	14,0	16,6	16,0	20,00
519	14,7	16,1	15,6	20,00
520	15,3	16,6	16,3	3,61
521	16,0	16,1	16,0	1,88
522	3,3	17,6	18,6	20,00
523	10,7	17,1	16,3	20,00
524	12,7	17,6	16,8	20,00
525	13,3	17,1	16,4	20,00
526	14,0	17,6	16,9	20,00
527	14,7	17,1	16,6	20,00
528	16,0	17,1	16,9	1,86
529	3,3	18,6	19,4	20,00
530	10,7	18,1	17,2	20,00
531	11,3	18,6	17,7	20,00
532	12,7	18,6	17,8	20,00
533	13,3	18,1	17,3	20,00
534	14,0	18,6	17,9	20,00
535	14,7	18,1	17,5	15,45
536	16,0	18,1	17,8	1,89
537	10,7	19,0	18,2	20,00
538	11,3	19,5	18,7	20,00
539	12,0	19,0	18,2	20,00
540	12,7	19,5	18,7	20,00
541	14,0	19,5	18,9	20,00
542	14,7	19,0	18,5	7,95
543	15,3	19,5	19,1	2,34
544	10,7	20,0	19,2	20,00
545	12,0	20,0	19,2	20,00
546	13,3	20,0	19,3	20,00
547	14,7	20,0	19,4	4,19
548	12,7	6,0	4,6	20,00
549	13,3	5,5	4,3	20,00
550	14,0	6,0	5,0	20,00
551	14,7	5,5	4,9	20,00
552	15,3	6,0	5,7	10,72
553	16,0	5,5	5,7	3,74
554	16,7	6,0	6,5	3,81
555	17,3	5,5	6,7	3,19
556	18,0	6,0	7,5	2,59
557	18,7	5,5	7,8	2,36
558	19,3	6,0	8,6	2,47
559	12,0	6,5	5,0	20,00
560	12,7	7,0	5,6	20,00
561	13,3	6,5	5,2	20,00
562	14,0	7,0	5,9	20,00
563	14,7	6,5	5,7	20,00
564	15,3	7,0	6,5	20,00
565	16,0	6,5	6,4	6,81
566	16,7	7,0	7,2	4,74
567	17,3	6,5	7,3	3,44

568	18,0	7,0	8,2	2,41
569	18,7	6,5	8,4	2,48
570	11,3	7,9	6,5	20,00
571	12,0	7,4	6,0	20,00
572	12,7	7,9	6,5	20,00
573	13,3	7,4	6,1	20,00
574	14,0	7,9	6,8	20,00
575	14,7	7,4	6,6	20,00
576	15,3	7,9	7,3	20,00
577	16,0	7,4	7,2	10,91
578	16,7	7,9	8,0	6,75
579	17,3	7,4	8,0	3,85
580	18,0	7,9	8,8	2,30
581	18,7	7,4	9,0	2,17
582	10,7	8,4	7,1	20,00
583	11,3	8,9	7,5	20,00
584	12,0	8,4	7,0	20,00
585	12,7	8,9	7,5	20,00
586	13,3	8,4	7,1	20,00
587	14,0	8,9	7,7	20,00
588	14,7	8,4	7,5	20,00
589	15,3	8,9	8,2	20,00
590	16,0	8,4	8,0	20,00
591	16,7	8,9	8,8	8,37
592	17,3	8,4	8,8	3,82
593	18,0	8,9	9,6	2,00
594	18,7	8,4	9,7	2,13
595	10,0	9,8	8,6	20,00
596	10,7	9,4	8,0	20,00
597	11,3	9,8	8,4	20,00
598	12,0	9,4	7,9	20,00
599	12,7	9,8	8,4	20,00
600	13,3	9,4	8,0	20,00
601	14,0	9,8	8,7	20,00
602	14,7	9,4	8,4	20,00
603	15,3	9,8	9,1	20,00
604	16,0	9,4	8,9	20,00
605	16,7	9,8	9,6	11,93
606	17,3	9,4	9,6	3,18
607	18,0	9,8	10,3	1,99
608	18,7	9,4	10,4	2,11
609	10,7	10,3	9,0	20,00
610	11,3	10,8	9,4	20,00
611	12,0	10,3	8,9	20,00
612	12,7	10,8	9,4	20,00
613	13,3	10,3	9,0	20,00
614	14,0	10,8	9,6	20,00
615	14,7	10,3	9,3	20,00
616	15,3	10,8	10,0	20,00
617	16,0	10,3	9,8	20,00
618	16,7	10,8	10,5	20,00
619	17,3	10,3	10,4	2,46
620	18,0	10,8	11,1	1,99
621	9,3	11,3	10,2	20,00
622	10,0	11,8	10,5	20,00
623	10,7	11,3	9,9	20,00
624	11,3	11,8	10,4	20,00
625	12,0	11,3	9,9	20,00

626	12,7	11,8	10,4	20,00
627	13,3	11,3	10,0	20,00
628	14,0	11,8	10,5	20,00
629	14,7	11,3	10,2	20,00
630	15,3	11,8	10,9	20,00
631	16,0	11,3	10,7	20,00
632	16,7	11,8	11,4	20,00
633	17,3	11,3	11,2	2,21
634	18,0	11,8	12,0	2,36
635	8,7	12,8	11,8	20,00
636	9,3	12,3	11,1	20,00
637	10,0	12,8	11,5	20,00
638	10,7	12,3	10,9	20,00
639	11,3	12,8	11,3	20,00
640	12,0	12,3	10,8	20,00
641	12,7	12,8	11,3	20,00
642	13,3	12,3	10,9	20,00
643	14,0	12,8	11,5	20,00
644	14,7	12,3	11,2	20,00
645	15,3	12,8	11,8	20,00
646	16,0	12,3	11,6	20,00
647	16,7	12,8	12,2	20,00
648	17,3	12,3	12,1	2,23
649	18,0	12,8	12,8	2,38
650	8,0	13,2	12,4	20,00
651	8,7	13,7	12,7	20,00
652	9,3	13,2	12,1	20,00
653	10,0	13,7	12,4	20,00
654	10,7	13,2	11,9	20,00
655	11,3	13,7	12,3	20,00
656	12,0	13,2	11,8	20,00
657	12,7	13,7	12,3	20,00
658	13,3	13,2	11,9	20,00
659	14,0	13,7	12,4	20,00
660	14,7	13,2	12,1	20,00
661	15,3	13,7	12,7	20,00
662	16,0	13,2	12,5	20,00
663	16,7	13,7	13,1	6,94
664	17,3	13,2	13,0	2,34
665	7,3	14,7	14,0	20,00
666	8,0	14,2	13,4	20,00
667	8,7	14,7	13,7	20,00
668	9,3	14,2	13,0	20,00
669	10,0	14,7	13,4	20,00
670	10,7	14,2	12,8	20,00
671	11,3	14,7	13,3	20,00
672	12,0	14,2	12,8	20,00
673	12,7	14,7	13,3	20,00
674	13,3	14,2	12,8	20,00
675	14,0	14,7	13,4	20,00
676	14,7	14,2	13,0	20,00
677	15,3	14,7	13,7	20,00
678	16,0	14,2	13,4	20,00
679	16,7	14,7	14,1	3,77
680	17,3	14,2	13,8	2,38
681	7,3	15,7	14,9	20,00
682	8,0	15,2	14,3	20,00
683	8,7	15,7	14,6	20,00

684	9,3	15,2	14,0	20,00
685	10,0	15,7	14,3	20,00
686	10,7	15,2	13,8	20,00
687	11,3	15,7	14,2	20,00
688	12,0	15,2	13,7	20,00
689	12,7	15,7	14,2	20,00
690	13,3	15,2	13,8	20,00
691	14,0	15,7	14,4	20,00
692	14,7	15,2	14,0	20,00
693	15,3	15,7	14,6	20,00
694	16,0	15,2	14,3	20,00
695	16,7	15,7	15,0	3,43
696	17,3	15,2	14,7	2,35
697	7,3	16,6	15,9	20,00
698	8,0	16,1	15,2	20,00
699	8,7	16,6	15,5	20,00
700	9,3	16,1	14,9	20,00
701	10,0	16,6	15,3	20,00
702	10,7	16,1	14,8	20,00
703	11,3	16,6	15,2	20,00
704	12,0	16,1	14,7	20,00
705	12,7	16,6	15,2	20,00
706	13,3	16,1	14,8	20,00
707	14,0	16,6	15,3	20,00
708	14,7	16,1	14,9	20,00
709	15,3	16,6	15,5	20,00
710	16,0	16,1	15,2	19,43
711	16,7	16,6	15,9	3,20
712	6,7	17,1	16,5	20,00
713	7,3	17,6	16,8	20,00
714	8,0	17,1	16,2	20,00
715	8,7	17,6	16,5	20,00
716	9,3	17,1	15,9	20,00
717	10,0	17,6	16,3	20,00
718	10,7	17,1	15,7	20,00
719	11,3	17,6	16,2	20,00
720	12,0	17,1	15,7	20,00
721	12,7	17,6	16,2	20,00
722	13,3	17,1	15,7	20,00
723	14,0	17,6	16,3	20,00
724	14,7	17,1	15,9	20,00
725	15,3	17,6	16,5	20,00
726	16,0	17,1	16,2	7,76
727	16,7	17,6	16,8	3,30
728	6,7	18,1	17,5	20,00
729	7,3	18,6	17,7	20,00
730	8,0	18,1	17,1	20,00
731	8,7	18,6	17,4	20,00
732	9,3	18,1	16,8	20,00
733	10,0	18,6	17,2	20,00
734	10,7	18,1	16,7	20,00
735	11,3	18,6	17,1	20,00
736	12,0	18,1	16,6	20,00
737	12,7	18,6	17,1	20,00
738	13,3	18,1	16,7	20,00
739	14,0	18,6	17,2	20,00
740	14,7	18,1	16,8	20,00
741	15,3	18,6	17,4	20,00

742	16,0	18,1	17,1	4,36
743	16,7	18,6	17,7	3,35
744	6,7	19,0	18,4	20,00
745	7,3	19,5	18,7	20,00
746	8,0	19,0	18,0	20,00
747	8,7	19,5	18,4	20,00
748	9,3	19,0	17,8	20,00
749	10,0	19,5	18,2	20,00
750	10,7	19,0	17,6	20,00
751	11,3	19,5	18,1	20,00
752	12,0	19,0	17,6	20,00
753	12,7	19,5	18,1	20,00
754	13,3	19,0	17,6	20,00
755	14,0	19,5	18,2	20,00
756	14,7	19,0	17,8	20,00
757	15,3	19,5	18,4	20,00
758	16,0	19,0	18,0	3,44
759	6,7	20,0	19,3	20,00
760	8,0	20,0	19,0	20,00
761	9,3	20,0	18,7	20,00
762	10,7	20,0	18,6	20,00
763	12,0	20,0	18,6	20,00
764	13,3	20,0	18,6	20,00
765	14,7	20,0	18,8	20,00
766	16,0	20,0	19,0	3,43
767	14,0	6,0	4,2	20,00
768	14,7	5,5	4,0	20,00
769	15,3	6,0	4,8	20,00
770	16,0	5,5	4,9	20,00
771	16,7	6,0	5,7	20,00
772	17,3	5,5	5,9	6,99
773	18,0	6,0	6,7	5,73
774	18,7	5,5	7,0	3,18
775	19,3	6,0	7,8	3,35
776	20,0	5,5	8,2	3,50
777	13,3	6,5	4,5	20,00
778	14,0	7,0	5,1	20,00
779	14,7	6,5	4,9	20,00
780	15,3	7,0	5,6	20,00
781	16,0	6,5	5,6	20,00
782	16,7	7,0	6,4	20,00
783	17,3	6,5	6,5	13,02
784	18,0	7,0	7,3	7,71
785	18,7	6,5	7,5	3,50
786	19,3	7,0	8,4	3,25
787	12,7	7,9	5,9	20,00
788	13,3	7,4	5,4	20,00
789	14,0	7,9	6,0	20,00
790	14,7	7,4	5,8	20,00
791	15,3	7,9	6,5	20,00
792	16,0	7,4	6,4	20,00
793	16,7	7,9	7,2	20,00
794	17,3	7,4	7,2	20,00
795	18,0	7,9	8,0	8,47
796	18,7	7,4	8,1	3,09
797	19,3	7,9	9,0	3,20
798	12,7	8,9	6,8	20,00
799	13,3	8,4	6,4	20,00

800	14,0	8,9	7,0	20,00
801	14,7	8,4	6,7	20,00
802	15,3	8,9	7,4	20,00
803	16,0	8,4	7,2	20,00
804	16,7	8,9	8,0	20,00
805	17,3	8,4	7,9	20,00
806	18,0	8,9	8,7	7,64
807	18,7	8,4	8,8	3,07
808	19,3	8,9	9,6	3,18
809	12,0	9,4	7,3	20,00
810	12,7	9,8	7,8	20,00
811	13,3	9,4	7,4	20,00
812	14,0	9,8	7,9	20,00
813	14,7	9,4	7,6	20,00
814	15,3	9,8	8,3	20,00
815	16,0	9,4	8,1	20,00
816	16,7	9,8	8,8	20,00
817	17,3	9,4	8,7	20,00
818	18,0	9,8	9,5	5,69
819	18,7	9,4	9,5	3,17
820	11,3	10,8	8,9	20,00
821	12,0	10,3	8,3	20,00
822	12,7	10,8	8,8	20,00
823	13,3	10,3	8,3	20,00
824	14,0	10,8	8,9	20,00
825	14,7	10,3	8,6	20,00
826	15,3	10,8	9,2	20,00
827	16,0	10,3	9,0	20,00
828	16,7	10,8	9,7	20,00
829	17,3	10,3	9,6	20,00
830	18,0	10,8	10,3	3,69
831	18,7	10,3	10,3	3,18
832	11,3	11,8	9,8	20,00
833	12,0	11,3	9,3	20,00
834	12,7	11,8	9,7	20,00
835	13,3	11,3	9,3	20,00
836	14,0	11,8	9,8	20,00
837	14,7	11,3	9,5	20,00
838	15,3	11,8	10,1	20,00
839	16,0	11,3	9,9	20,00
840	16,7	11,8	10,6	20,00
841	17,3	11,3	10,4	20,00
842	18,0	11,8	11,2	4,66
843	18,7	11,3	11,1	4,33
844	10,7	12,3	10,4	20,00
845	11,3	12,8	10,8	20,00
846	12,0	12,3	10,2	20,00
847	12,7	12,8	10,7	20,00
848	13,3	12,3	10,3	20,00
849	14,0	12,8	10,8	20,00
850	14,7	12,3	10,4	20,00
851	15,3	12,8	11,1	20,00
852	16,0	12,3	10,8	20,00
853	16,7	12,8	11,5	20,00
854	17,3	12,3	11,3	20,00
855	18,0	12,8	12,0	4,84
856	18,7	12,3	11,9	4,45
857	10,0	13,7	12,0	20,00

858	10,7	13,2	11,4	20,00
859	11,3	13,7	11,7	20,00
860	12,0	13,2	11,2	20,00
861	12,7	13,7	11,7	20,00
862	13,3	13,2	11,2	20,00
863	14,0	13,7	11,8	20,00
864	14,7	13,2	11,4	20,00
865	15,3	13,7	12,0	20,00
866	16,0	13,2	11,7	20,00
867	16,7	13,7	12,4	20,00
868	17,3	13,2	12,2	20,00
869	18,0	13,7	12,9	2,74
870	10,0	14,7	12,9	20,00
871	10,7	14,2	12,3	20,00
872	11,3	14,7	12,7	20,00
873	12,0	14,2	12,2	20,00
874	12,7	14,7	12,6	20,00
875	13,3	14,2	12,2	20,00
876	14,0	14,7	12,7	20,00
877	14,7	14,2	12,3	20,00
878	15,3	14,7	12,9	20,00
879	16,0	14,2	12,6	20,00
880	16,7	14,7	13,3	20,00
881	17,3	14,2	13,1	20,00
882	18,0	14,7	13,8	3,31
883	9,3	15,2	13,5	20,00
884	10,0	15,7	13,9	20,00
885	10,7	15,2	13,3	20,00
886	11,3	15,7	13,7	20,00
887	12,0	15,2	13,1	20,00
888	12,7	15,7	13,6	20,00
889	13,3	15,2	13,1	20,00
890	14,0	15,7	13,7	20,00
891	14,7	15,2	13,3	20,00
892	15,3	15,7	13,9	20,00
893	16,0	15,2	13,6	20,00
894	16,7	15,7	14,2	20,00
895	17,3	15,2	14,0	8,02
896	18,0	15,7	14,7	2,80
897	8,7	16,6	15,1	20,00
898	9,3	16,1	14,5	20,00
899	10,0	16,6	14,8	20,00
900	10,7	16,1	14,2	20,00
901	11,3	16,6	14,6	20,00
902	12,0	16,1	14,1	20,00
903	12,7	16,6	14,6	20,00
904	13,3	16,1	14,1	20,00
905	14,0	16,6	14,6	20,00
906	14,7	16,1	14,2	20,00
907	15,3	16,6	14,8	20,00
908	16,0	16,1	14,5	20,00
909	16,7	16,6	15,1	20,00
910	17,3	16,1	14,9	5,80
911	8,7	17,6	16,0	20,00
912	9,3	17,1	15,4	20,00
913	10,0	17,6	15,8	20,00
914	10,7	17,1	15,2	20,00
915	11,3	17,6	15,6	20,00

916	12,0	17,1	15,1	20,00
917	12,7	17,6	15,5	20,00
918	13,3	17,1	15,1	20,00
919	14,0	17,6	15,6	20,00
920	14,7	17,1	15,2	20,00
921	15,3	17,6	15,8	20,00
922	16,0	17,1	15,4	20,00
923	16,7	17,6	16,1	20,00
924	17,3	17,1	15,8	5,80
925	8,0	18,1	16,7	20,00
926	8,7	18,6	17,0	20,00
927	9,3	18,1	16,4	20,00
928	10,0	18,6	16,7	20,00
929	10,7	18,1	16,1	20,00
930	11,3	18,6	16,6	20,00
931	12,0	18,1	16,0	20,00
932	12,7	18,6	16,5	20,00
933	13,3	18,1	16,0	20,00
934	14,0	18,6	16,6	20,00
935	14,7	18,1	16,2	20,00
936	15,3	18,6	16,7	20,00
937	16,0	18,1	16,4	20,00
938	16,7	18,6	17,0	17,96
939	17,3	18,1	16,7	5,72
940	7,3	19,5	18,2	20,00
941	8,0	19,0	17,6	20,00
942	8,7	19,5	17,9	20,00
943	9,3	19,0	17,3	20,00
944	10,0	19,5	17,7	20,00
945	10,7	19,0	17,1	20,00
946	11,3	19,5	17,5	20,00
947	12,0	19,0	17,0	20,00
948	12,7	19,5	17,5	20,00
949	13,3	19,0	17,0	20,00
950	14,0	19,5	17,5	20,00
951	14,7	19,0	17,1	20,00
952	15,3	19,5	17,7	20,00
953	16,0	19,0	17,3	20,00
954	16,7	19,5	17,9	9,78
955	17,3	19,0	17,6	5,21
956	8,0	20,0	18,5	20,00
957	9,3	20,0	18,3	20,00
958	10,7	20,0	18,1	20,00
959	12,0	20,0	18,0	20,00
960	13,3	20,0	18,0	20,00
961	14,7	20,0	18,1	20,00
962	16,0	20,0	18,3	20,00
963	14,7	5,5	3,2	20,00
964	15,3	6,0	4,0	20,00
965	16,0	5,5	4,0	20,00
966	16,7	6,0	4,8	20,00
967	17,3	5,5	5,0	20,00
968	18,0	6,0	5,9	20,00
969	18,7	5,5	6,2	7,85
970	19,3	6,0	7,0	5,01
971	20,0	5,5	7,4	5,32
972	14,0	7,0	4,4	20,00
973	14,7	6,5	4,1	20,00



974	15,3	7,0	4,8	20,00
975	16,0	6,5	4,8	20,00
976	16,7	7,0	5,5	20,00
977	17,3	6,5	5,7	20,00
978	18,0	7,0	6,5	20,00
979	18,7	6,5	6,7	20,00
980	19,3	7,0	7,5	5,15
981	20,0	6,5	7,8	4,92
982	14,0	7,9	5,3	20,00
983	14,7	7,4	5,0	20,00
984	15,3	7,9	5,7	20,00
985	16,0	7,4	5,6	20,00
986	16,7	7,9	6,3	20,00
987	17,3	7,4	6,3	20,00
988	18,0	7,9	7,2	20,00
989	18,7	7,4	7,3	18,17
990	19,3	7,9	8,1	5,76
991	20,0	7,4	8,3	4,72
992	13,3	8,4	5,8	20,00
993	14,0	8,9	6,3	20,00
994	14,7	8,4	6,0	20,00
995	15,3	8,9	6,6	20,00
996	16,0	8,4	6,4	20,00
997	16,7	8,9	7,2	20,00
998	17,3	8,4	7,1	20,00
999	18,0	8,9	7,9	20,00
1000	18,7	8,4	8,0	20,00
1001	19,3	8,9	8,8	6,09
1002	20,0	8,4	8,9	5,08
1003	12,7	9,8	7,2	20,00
1004	13,3	9,4	6,7	20,00
1005	14,0	9,8	7,3	20,00
1006	14,7	9,4	6,9	20,00
1007	15,3	9,8	7,5	20,00
1008	16,0	9,4	7,3	20,00
1009	16,7	9,8	8,0	20,00
1010	17,3	9,4	7,9	20,00
1011	18,0	9,8	8,7	20,00
1012	18,7	9,4	8,7	15,63
1013	19,3	9,8	9,5	13,46
1014	12,7	10,8	8,2	20,00
1015	13,3	10,3	7,7	20,00
1016	14,0	10,8	8,2	20,00
1017	14,7	10,3	7,8	20,00
1018	15,3	10,8	8,5	20,00
1019	16,0	10,3	8,2	20,00
1020	16,7	10,8	8,9	20,00
1021	17,3	10,3	8,7	20,00
1022	18,0	10,8	9,5	20,00
1023	18,7	10,3	9,5	5,05
1024	19,3	10,8	10,2	7,32
1025	12,7	11,8	9,2	20,00
1026	13,3	11,3	8,7	20,00
1027	14,0	11,8	9,2	20,00
1028	14,7	11,3	8,8	20,00
1029	15,3	11,8	9,4	20,00
1030	16,0	11,3	9,1	20,00
1031	16,7	11,8	9,8	20,00

1032	17,3	11,3	9,6	20,00
1033	18,0	11,8	10,3	20,00
1034	18,7	11,3	10,3	8,64
1035	19,3	11,8	11,0	20,00
1036	12,0	12,3	9,7	20,00
1037	12,7	12,8	10,1	20,00
1038	13,3	12,3	9,6	20,00
1039	14,0	12,8	10,1	20,00
1040	14,7	12,3	9,7	20,00
1041	15,3	12,8	10,3	20,00
1042	16,0	12,3	10,0	20,00
1043	16,7	12,8	10,7	20,00
1044	17,3	12,3	10,5	20,00
1045	18,0	12,8	11,2	20,00
1046	18,7	12,3	11,1	5,04
1047	11,3	13,7	11,2	20,00
1048	12,0	13,2	10,7	20,00
1049	12,7	13,7	11,1	20,00
1050	13,3	13,2	10,6	20,00
1051	14,0	13,7	11,1	20,00
1052	14,7	13,2	10,7	20,00
1053	15,3	13,7	11,3	20,00
1054	16,0	13,2	11,0	20,00
1055	16,7	13,7	11,6	20,00
1056	17,3	13,2	11,4	20,00
1057	18,0	13,7	12,1	20,00
1058	18,7	13,2	11,9	11,19
1059	11,3	14,7	12,2	20,00
1060	12,0	14,2	11,6	20,00
1061	12,7	14,7	12,1	20,00
1062	13,3	14,2	11,6	20,00
1063	14,0	14,7	12,1	20,00
1064	14,7	14,2	11,7	20,00
1065	15,3	14,7	12,2	20,00
1066	16,0	14,2	11,9	20,00
1067	16,7	14,7	12,5	20,00
1068	17,3	14,2	12,3	20,00
1069	18,0	14,7	13,0	20,00
1070	18,7	14,2	12,8	5,43
1071	11,3	15,7	13,1	20,00
1072	12,0	15,2	12,6	20,00
1073	12,7	15,7	13,0	20,00
1074	13,3	15,2	12,5	20,00
1075	14,0	15,7	13,0	20,00
1076	14,7	15,2	12,6	20,00
1077	15,3	15,7	13,2	20,00
1078	16,0	15,2	12,8	20,00
1079	16,7	15,7	13,5	20,00
1080	17,3	15,2	13,2	20,00
1081	18,0	15,7	13,9	20,00
1082	18,7	15,2	13,7	5,05
1083	10,7	16,1	13,7	20,00
1084	11,3	16,6	14,1	20,00
1085	12,0	16,1	13,5	20,00
1086	12,7	16,6	14,0	20,00
1087	13,3	16,1	13,5	20,00
1088	14,0	16,6	14,0	20,00
1089	14,7	16,1	13,6	20,00

1090	15,3	16,6	14,1	20,00
1091	16,0	16,1	13,8	20,00
1092	16,7	16,6	14,4	20,00
1093	17,3	16,1	14,1	20,00
1094	18,0	16,6	14,8	20,00
1095	18,7	16,1	14,6	5,24
1096	10,7	17,1	14,7	20,00
1097	11,3	17,6	15,1	20,00
1098	12,0	17,1	14,5	20,00
1099	12,7	17,6	15,0	20,00
1100	13,3	17,1	14,5	20,00
1101	14,0	17,6	15,0	20,00
1102	14,7	17,1	14,5	20,00
1103	15,3	17,6	15,1	20,00
1104	16,0	17,1	14,7	20,00
1105	16,7	17,6	15,3	20,00
1106	17,3	17,1	15,0	20,00
1107	18,0	17,6	15,7	20,00
1108	10,0	18,6	16,2	20,00
1109	10,7	18,1	15,6	20,00
1110	11,3	18,6	16,0	20,00
1111	12,0	18,1	15,5	20,00
1112	12,7	18,6	15,9	20,00
1113	13,3	18,1	15,4	20,00
1114	14,0	18,6	15,9	20,00
1115	14,7	18,1	15,5	20,00
1116	15,3	18,6	16,1	20,00
1117	16,0	18,1	15,7	20,00
1118	16,7	18,6	16,3	20,00
1119	17,3	18,1	16,0	20,00
1120	18,0	18,6	16,6	12,53
1121	10,0	19,5	17,2	20,00
1122	10,7	19,0	16,6	20,00
1123	11,3	19,5	17,0	20,00
1124	12,0	19,0	16,4	20,00
1125	12,7	19,5	16,9	20,00
1126	13,3	19,0	16,4	20,00
1127	14,0	19,5	16,9	20,00
1128	14,7	19,0	16,5	20,00
1129	15,3	19,5	17,0	20,00
1130	16,0	19,0	16,6	20,00
1131	16,7	19,5	17,2	20,00
1132	17,3	19,0	16,9	20,00
1133	18,0	19,5	17,6	9,95
1134	9,3	20,0	17,8	20,00
1135	10,7	20,0	17,5	20,00
1136	12,0	20,0	17,4	20,00
1137	13,3	20,0	17,4	20,00
1138	14,7	20,0	17,4	20,00
1139	16,0	20,0	17,6	20,00
1140	17,3	20,0	17,9	20,00
1141	15,3	6,0	3,2	20,00
1142	16,0	5,5	3,2	20,00
1143	16,7	6,0	4,0	20,00
1144	17,3	5,5	4,2	20,00
1145	18,0	6,0	5,0	20,00
1146	18,7	5,5	5,4	20,00
1147	19,3	6,0	6,2	20,00

1148	20,0	5,5	6,6	12,73
1149	15,3	7,0	4,0	20,00
1150	16,0	6,5	3,9	20,00
1151	16,7	7,0	4,7	20,00
1152	17,3	6,5	4,8	20,00
1153	18,0	7,0	5,6	20,00
1154	18,7	6,5	5,9	20,00
1155	19,3	7,0	6,7	20,00
1156	20,0	6,5	7,0	13,23
1157	14,7	7,4	4,3	20,00
1158	15,3	7,9	4,9	20,00
1159	16,0	7,4	4,7	20,00
1160	16,7	7,9	5,5	20,00
1161	17,3	7,4	5,5	20,00
1162	18,0	7,9	6,3	20,00
1163	18,7	7,4	6,4	20,00
1164	19,3	7,9	7,3	20,00
1165	20,0	7,4	7,5	19,05
1166	14,7	8,4	5,2	20,00
1167	15,3	8,9	5,9	20,00
1168	16,0	8,4	5,6	20,00
1169	16,7	8,9	6,3	20,00
1170	17,3	8,4	6,3	20,00
1171	18,0	8,9	7,1	20,00
1172	18,7	8,4	7,1	20,00
1173	19,3	8,9	7,9	20,00
1174	20,0	8,4	8,1	20,00
1175	14,0	9,8	6,6	20,00
1176	14,7	9,4	6,2	20,00
1177	15,3	9,8	6,8	20,00
1178	16,0	9,4	6,5	20,00
1179	16,7	9,8	7,2	20,00
1180	17,3	9,4	7,1	20,00
1181	18,0	9,8	7,8	20,00
1182	18,7	9,4	7,8	20,00
1183	19,3	9,8	8,6	20,00
1184	20,0	9,4	8,7	20,00
1185	14,0	10,8	7,6	20,00
1186	14,7	10,3	7,1	20,00
1187	15,3	10,8	7,7	20,00
1188	16,0	10,3	7,4	20,00
1189	16,7	10,8	8,1	20,00
1190	17,3	10,3	7,9	20,00
1191	18,0	10,8	8,7	20,00
1192	18,7	10,3	8,6	20,00
1193	19,3	10,8	9,4	20,00
1194	20,0	10,3	9,4	18,02
1195	14,0	11,8	8,5	20,00
1196	14,7	11,3	8,1	20,00
1197	15,3	11,8	8,7	20,00
1198	16,0	11,3	8,4	20,00
1199	16,7	11,8	9,0	20,00
1200	17,3	11,3	8,8	20,00
1201	18,0	11,8	9,5	20,00
1202	18,7	11,3	9,4	20,00
1203	19,3	11,8	10,2	8,91
1204	20,0	11,3	10,2	20,00
1205	14,0	12,8	9,5	20,00

1206	14,7	12,3	9,1	20,00
1207	15,3	12,8	9,6	20,00
1208	16,0	12,3	9,3	20,00
1209	16,7	12,8	9,9	20,00
1210	17,3	12,3	9,7	20,00
1211	18,0	12,8	10,4	20,00
1212	18,7	12,3	10,3	20,00
1213	19,3	12,8	11,0	10,08
1214	20,0	12,3	11,0	20,00
1215	13,3	13,2	10,0	20,00
1216	14,0	13,7	10,5	20,00
1217	14,7	13,2	10,0	20,00
1218	15,3	13,7	10,6	20,00
1219	16,0	13,2	10,2	20,00
1220	16,7	13,7	10,9	20,00
1221	17,3	13,2	10,6	20,00
1222	18,0	13,7	11,3	20,00
1223	18,7	13,2	11,1	20,00
1224	19,3	13,7	11,9	11,30
1225	13,3	14,2	11,0	20,00
1226	14,0	14,7	11,4	20,00
1227	14,7	14,2	11,0	20,00
1228	15,3	14,7	11,5	20,00
1229	16,0	14,2	11,2	20,00
1230	16,7	14,7	11,8	20,00
1231	17,3	14,2	11,5	20,00
1232	18,0	14,7	12,2	20,00
1233	18,7	14,2	12,0	20,00
1234	19,3	14,7	12,7	13,11
1235	13,3	15,2	11,9	20,00
1236	14,0	15,7	12,4	20,00
1237	14,7	15,2	12,0	20,00
1238	15,3	15,7	12,5	20,00
1239	16,0	15,2	12,1	20,00
1240	16,7	15,7	12,7	20,00
1241	17,3	15,2	12,4	20,00
1242	18,0	15,7	13,1	20,00
1243	18,7	15,2	12,9	20,00
1244	19,3	15,7	13,6	12,58
1245	13,3	16,1	12,9	20,00
1246	14,0	16,6	13,4	20,00
1247	14,7	16,1	12,9	20,00
1248	15,3	16,6	13,5	20,00
1249	16,0	16,1	13,1	20,00
1250	16,7	16,6	13,7	20,00
1251	17,3	16,1	13,4	20,00
1252	18,0	16,6	14,0	20,00
1253	18,7	16,1	13,8	20,00
1254	19,3	16,6	14,5	4,97
1255	12,7	17,6	14,4	20,00
1256	13,3	17,1	13,9	20,00
1257	14,0	17,6	14,3	20,00
1258	14,7	17,1	13,9	20,00
1259	15,3	17,6	14,4	20,00
1260	16,0	17,1	14,0	20,00
1261	16,7	17,6	14,6	20,00
1262	17,3	17,1	14,3	20,00
1263	18,0	17,6	15,0	20,00

1264	18,7	17,1	14,7	20,00
1265	19,3	17,6	15,4	15,41
1266	12,7	18,6	15,4	20,00
1267	13,3	18,1	14,8	20,00
1268	14,0	18,6	15,3	20,00
1269	14,7	18,1	14,9	20,00
1270	15,3	18,6	15,4	20,00
1271	16,0	18,1	15,0	20,00
1272	16,7	18,6	15,6	20,00
1273	17,3	18,1	15,2	20,00
1274	18,0	18,6	15,9	20,00
1275	18,7	18,1	15,6	20,00
1276	12,7	19,5	16,3	20,00
1277	13,3	19,0	15,8	20,00
1278	14,0	19,5	16,3	20,00
1279	14,7	19,0	15,8	20,00
1280	15,3	19,5	16,4	20,00
1281	16,0	19,0	15,9	20,00
1282	16,7	19,5	16,5	20,00
1283	17,3	19,0	16,2	20,00
1284	18,0	19,5	16,8	20,00
1285	18,7	19,0	16,5	20,00
1286	13,3	20,0	16,8	20,00
1287	14,7	20,0	16,8	20,00
1288	16,0	20,0	16,9	20,00
1289	17,3	20,0	17,1	20,00
1290	18,7	20,0	17,5	20,00
1291	18,0	6,0	2,7	20,00
1292	18,7	5,5	2,8	20,00
1293	19,3	6,0	3,6	20,00
1294	20,0	5,5	3,9	20,00
1295	18,0	7,0	3,6	20,00
1296	18,7	6,5	3,5	20,00
1297	19,3	7,0	4,3	20,00
1298	18,0	7,9	4,4	20,00
1299	18,7	7,4	4,3	20,00
1300	19,3	7,9	5,1	20,00
1301	18,0	8,9	5,4	20,00
1302	18,7	8,4	5,2	20,00
1303	19,3	8,9	5,9	20,00
1304	20,0	8,4	5,8	20,00
1305	18,7	9,4	6,0	20,00
1306	16,0	10,3	6,6	20,00
1307	16,7	10,8	7,1	20,00
1308	17,3	10,3	6,6	20,00
1309	20,0	10,3	7,5	20,00
1310	16,7	11,8	8,0	20,00
1311	18,0	11,8	8,2	20,00
1312	18,7	11,3	7,9	20,00
1313	20,0	11,3	8,3	20,00
1314	16,7	12,8	9,0	20,00
1315	17,3	12,3	8,6	20,00
1316	18,7	12,3	8,8	20,00
1317	20,0	12,3	9,2	20,00
1318	16,7	13,7	10,0	20,00
1319	17,3	13,2	9,5	20,00
1320	18,7	13,2	9,7	20,00
1321	19,3	13,7	10,4	20,00

1322	16,0	14,2	10,5	20,00
1323	17,3	14,2	10,5	20,00
1324	19,3	14,7	11,3	20,00
1325	16,0	15,2	11,4	20,00
1326	17,3	15,2	11,5	20,00
1327	18,0	15,7	12,0	20,00
1328	18,7	15,2	11,6	20,00
1329	20,0	15,2	12,0	20,00
1330	18,0	16,6	13,0	20,00
1331	18,7	16,1	12,6	20,00
1332	19,3	16,6	13,2	20,00
1333	17,3	17,1	13,4	20,00
1334	18,7	17,1	13,5	20,00
1335	19,3	17,6	14,1	20,00
1336	16,7	18,6	14,8	20,00
1337	18,0	18,6	14,9	20,00
1338	18,7	18,1	14,5	20,00
1339	20,0	18,1	14,8	20,00
1340	18,7	19,0	15,4	20,00
1341	20,0	19,0	15,7	20,00
1342	18,7	20,0	16,4	20,00
1343	20,0	20,0	16,6	20,00

[Questa pagina è intenzionalmente vuota]



## **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

- A.W.Bishop. *Geotechnique, Vol.5, The Use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes*. n.d.
- A.W.Bishop, N.Morgenstern. *Geotechnique, Vol. 10, Stability Coefficients for Earth Slopes*. n.d.
- AA.VV. *Guide to reinforced fill structure and slope design*. Hong Kong: Special Administrative Region, 2002.
- Alex Galindo, First Central American and Caribbean Landslide Congress. *Design of reinforced soil: Comparative analysis between FHWA, BS and EBGeo*. 2012.
- Associazione Geotecnica Italiana. *Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini*. 1997.
- Barocini, E. *Aspetti progettuali ed esecutivi nella costruzione e nella gestione delle arginature e delle difese di sponda di fiumi e canali*. Udine: Corso AGI-DESEC-CISM, 1993.
- Belloni, G., A. Marando, and M. Nart. *Il rialzo arginale mediante manufatti in terre rinforzate*. Strade e Autostrade, Marzo 2006.
- Bonaparte, R., and Schmertmann G.R. *Reinforcement extensibility in soil wall design. The application of Plymeric Reinforcement in soil retaining structures*. Research Workshop Kingston: Kluwer Academic Publisher, 1988.
- Comendini, M., and P. Rimoldi. *Terre Rinforzate - Applicazioni, Tecnologie, Dimensionamento*. Ed. Dario Flaccovio, 2013.
- FHWA. *Design of mechanically stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes*. 2009.
- Geostru. *Manuale Operativo Slope*. 2014.
- Giorgio, Belloni, Morando Angelo, and Massimiliano Nart. *Il rialzo arginale mediante manufatti in terre rinforzate*. 2006.
- IAGIG. "Raccolta Seminari - 3." 2012.
- Mangiavacchi, Nova, and Pellegrini. *Analisi di stabilità dei muri in terra rinforzata*. -.
- Mottadelli, Ing. L. *Progettazione geotecnica secondo le NTC2008 - Opere in terre rinforzate con geogriglie*. Pistoia, 13-24 Giugno 2011.
- Nart, M. *Progettare le opere di sostegno in terra rinforzata alla luce delle NTC2008*. Brissogne, Giugno 2013.
- P. Colombo, Simonini P. *Stabilità degli argini e delle sponde di fiumi e canali*. Udine: Corso AGI-DESEG-CISM, 1993.
- Society, German Geotechnical. *Recommendations for Design and Analysis of Earth Structures using Geosynthetic Reinforcement*. Ernst & Sohn GmbH & Co., 2011.

Standards, British. *Code of practice for strenghtened/reinforced soils and other fills*. 2010.

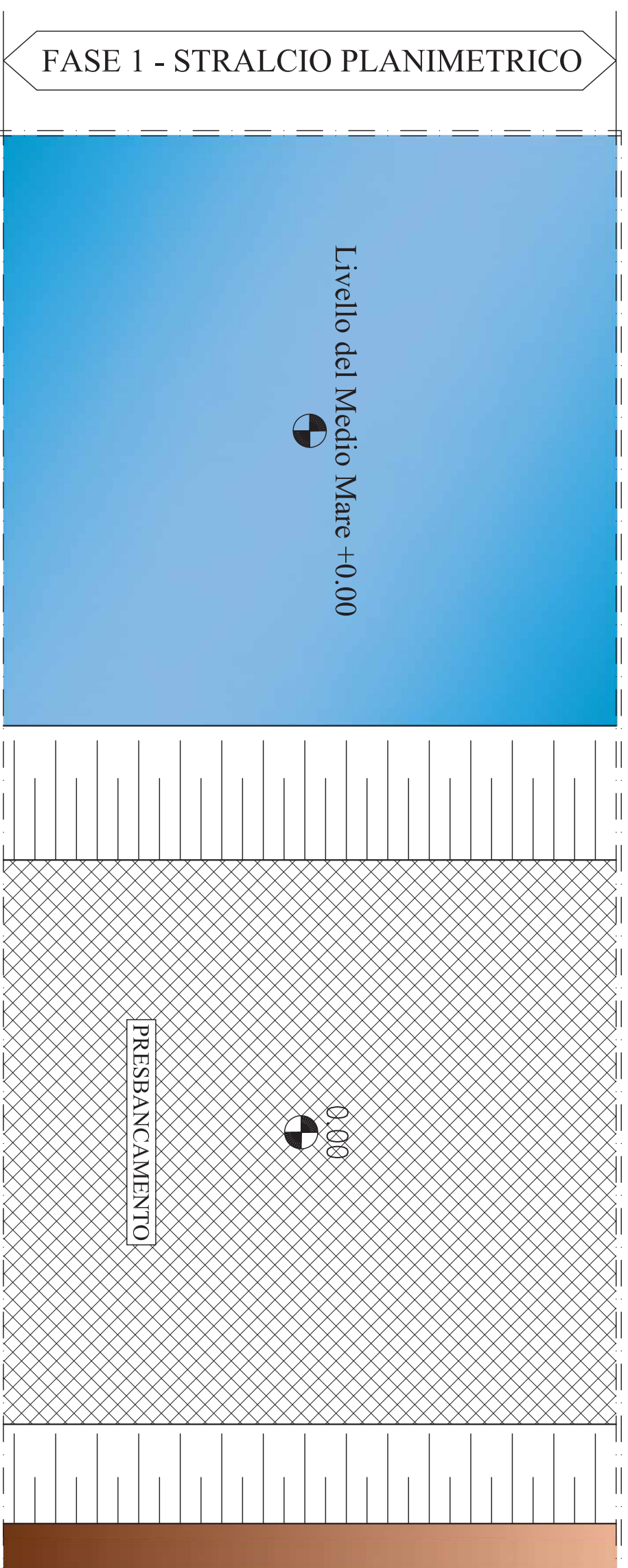
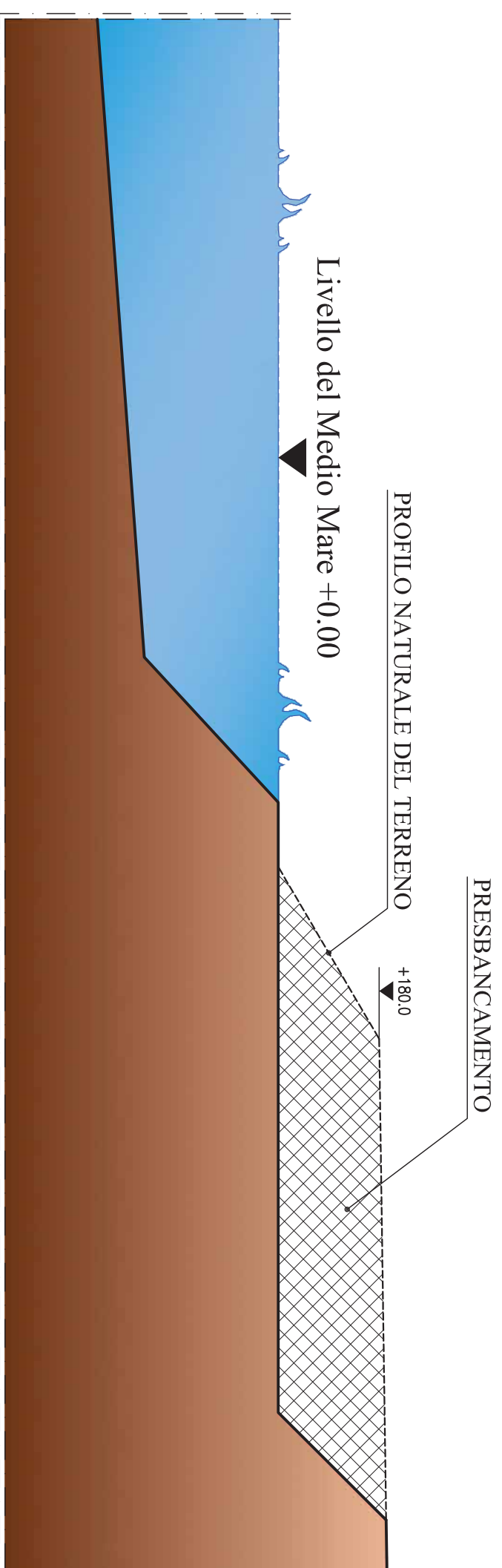
Tanzini, M. *Fenomeni franosi e opere di stabilizzazione*. Ed. Dario Flaccovio, Ottobre 2002.

Tecnici, Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi. *Atlante delle opere di sistemazione fluviale*. Roma: APAT - 27/2003 ISBN 88-448-0118-3, 2003.

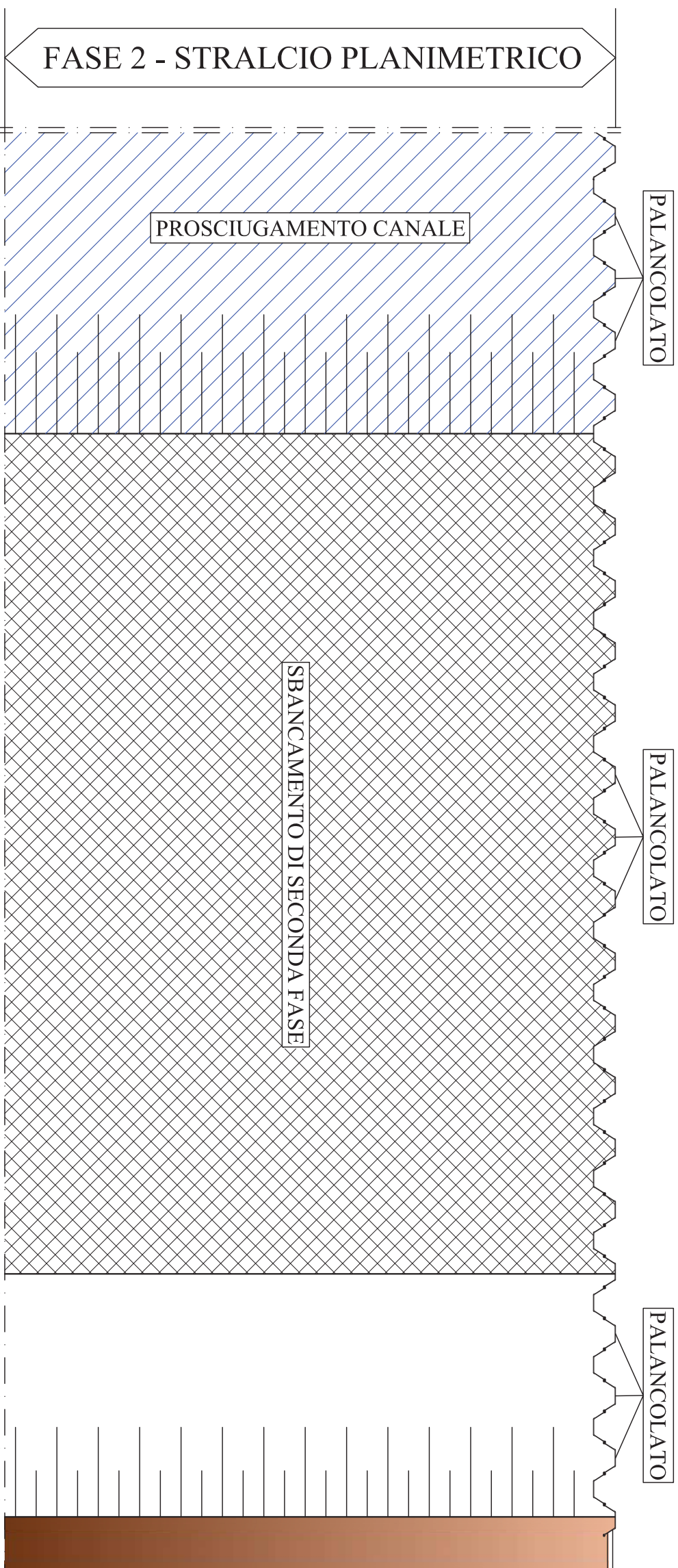
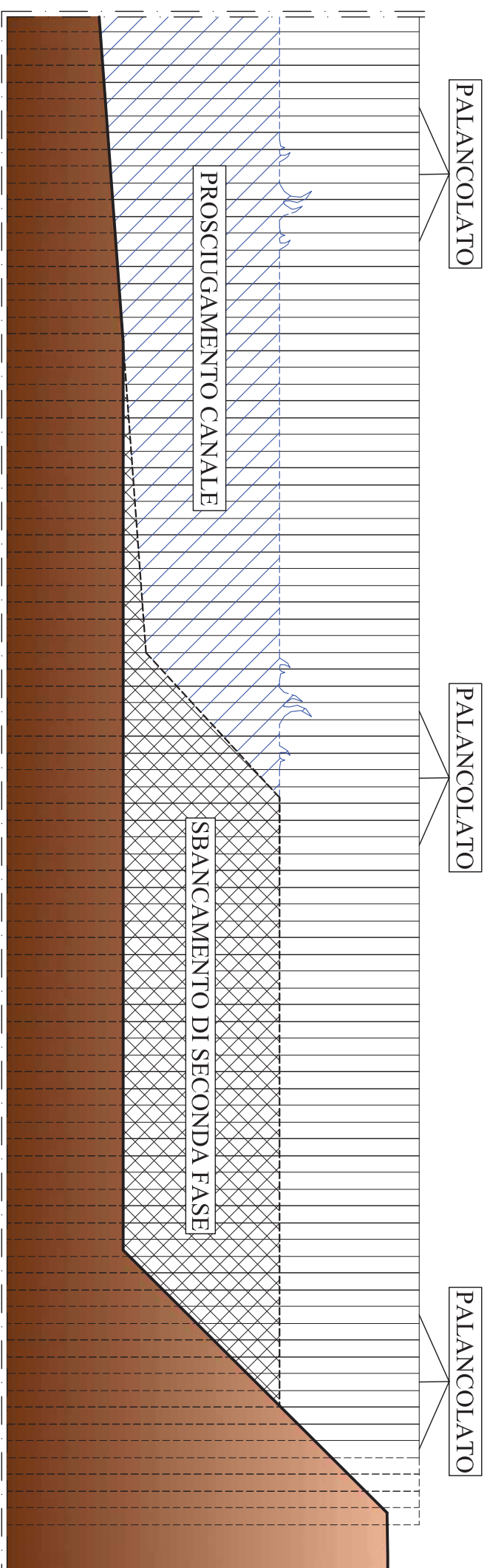
***ELABORATI GRAFICI***

[Questa pagina è intenzionalmente vuota]

*FASI ESECUTIVE CONSOLIDAMENTO SPONDALE*  
**FASE "1" - PRESBANCAMENTO ED APPRONTAMENTO PISTE DI CANTIERE**  
**SPONDA IN DESTRA IDRAULICA - SCALA 1:100**

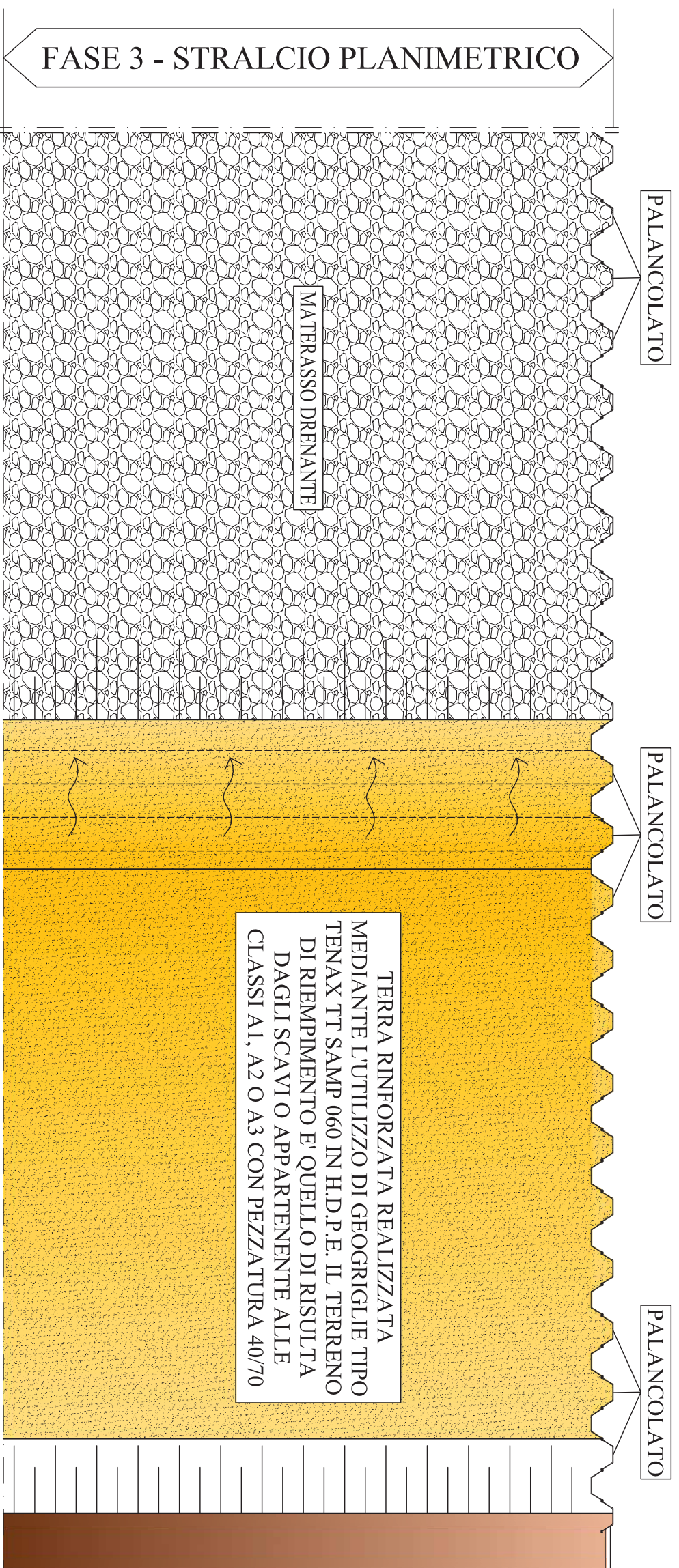
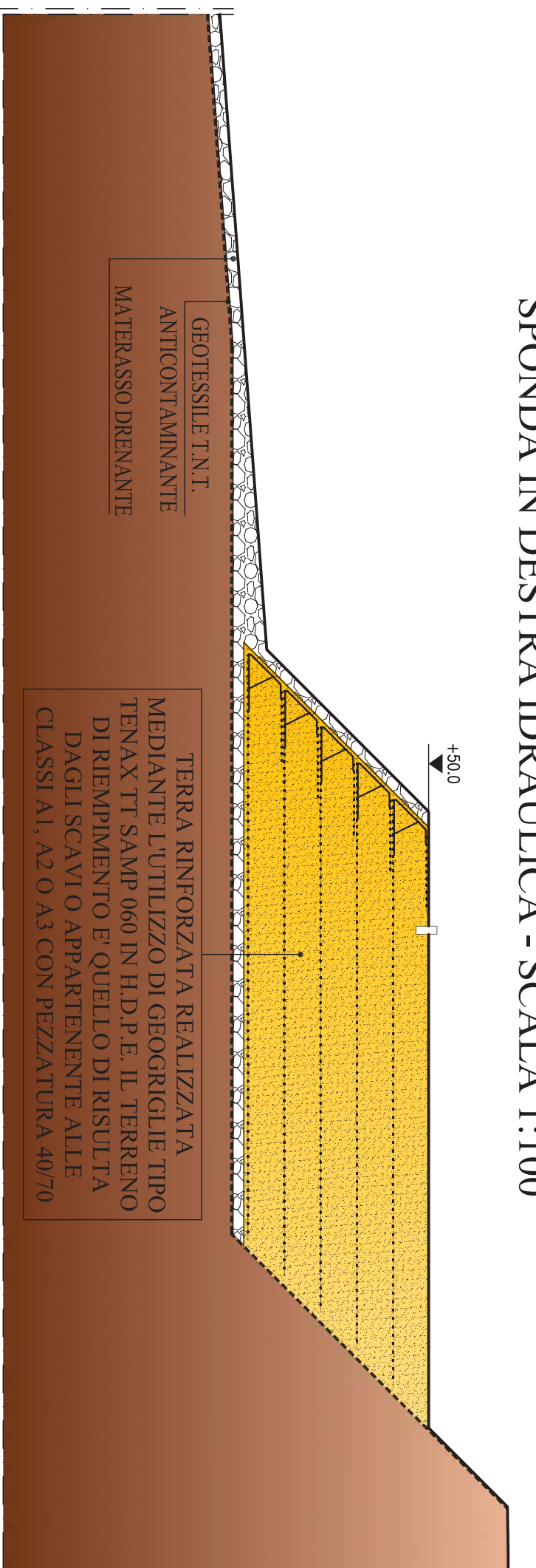


*FASI ESECUTIVE CONSOLIDAMENTO SPONDALE*  
**FASE "2" - INSTALLAZIONE PALANCOLE, PROSCIUGAMENTO CANALE  
E SBANCAMENTO DI SECONDA FASE**  
SPONDA IN DESTRA IDRAULICA - SCALA 1:100



### *FASI ESECUTIVE CONSOLIDAMENTO SPONDALE*

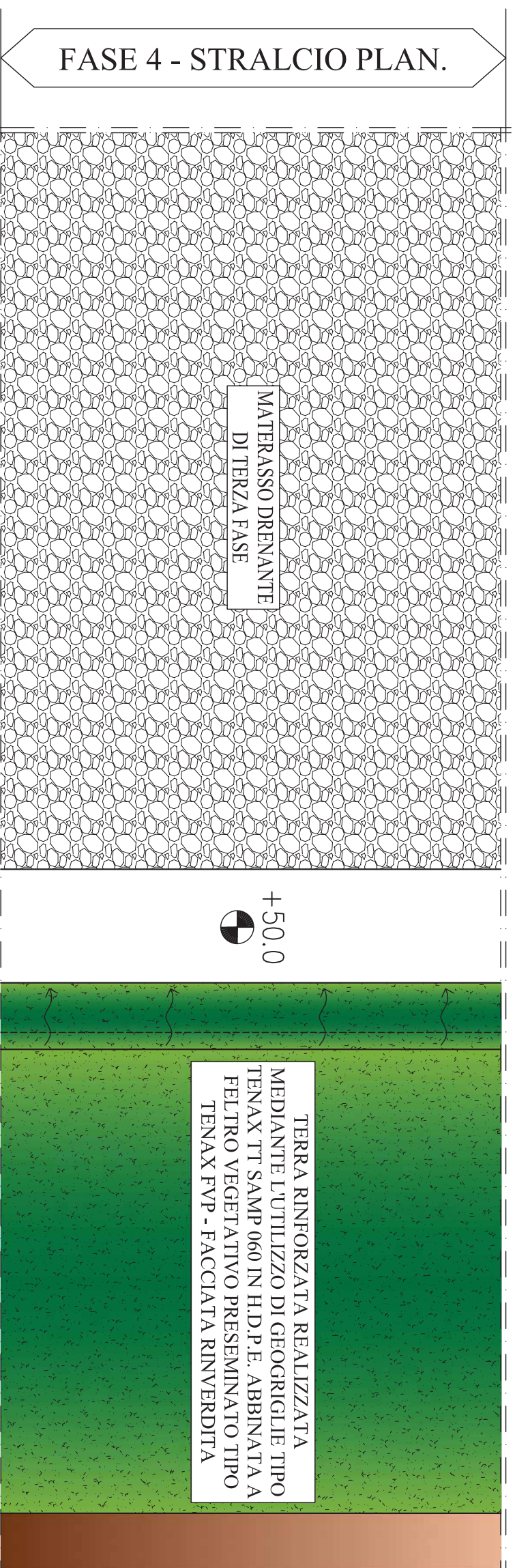
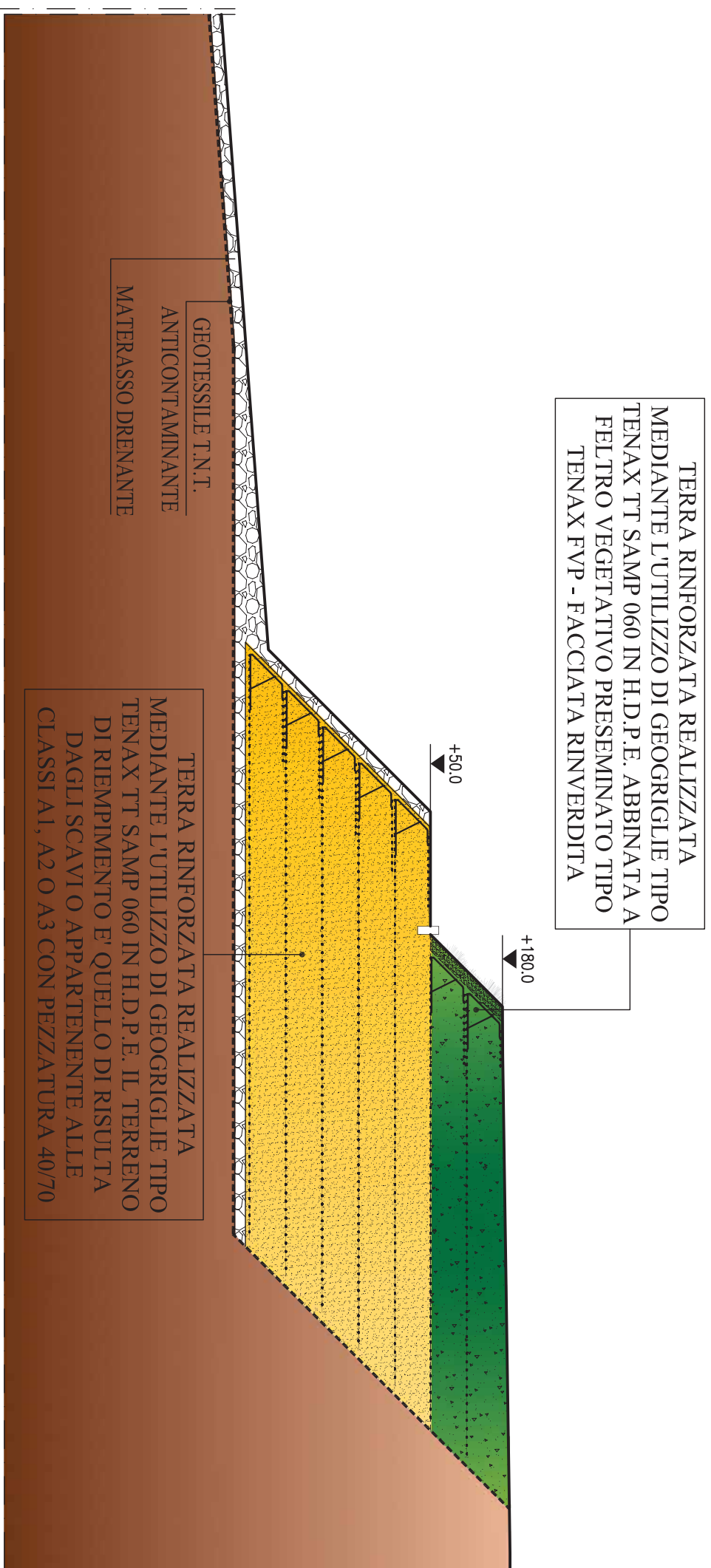
FASE "3" - RICOSTRUZIONE DELLA SPONDA SOMMERSA PREVIA POSA DEL GEOTESSINTE T.N.T. ANTICONTAMINANTE E DEL MATERASSO DRENANTE SPONDA IN DESTRA IDRAULICA - SCALA 1:100



FASE 3 - STRALCIO PLANIMETRICO

*FASI ESECUTIVE CONSOLIDAMENTO SPONDALE*

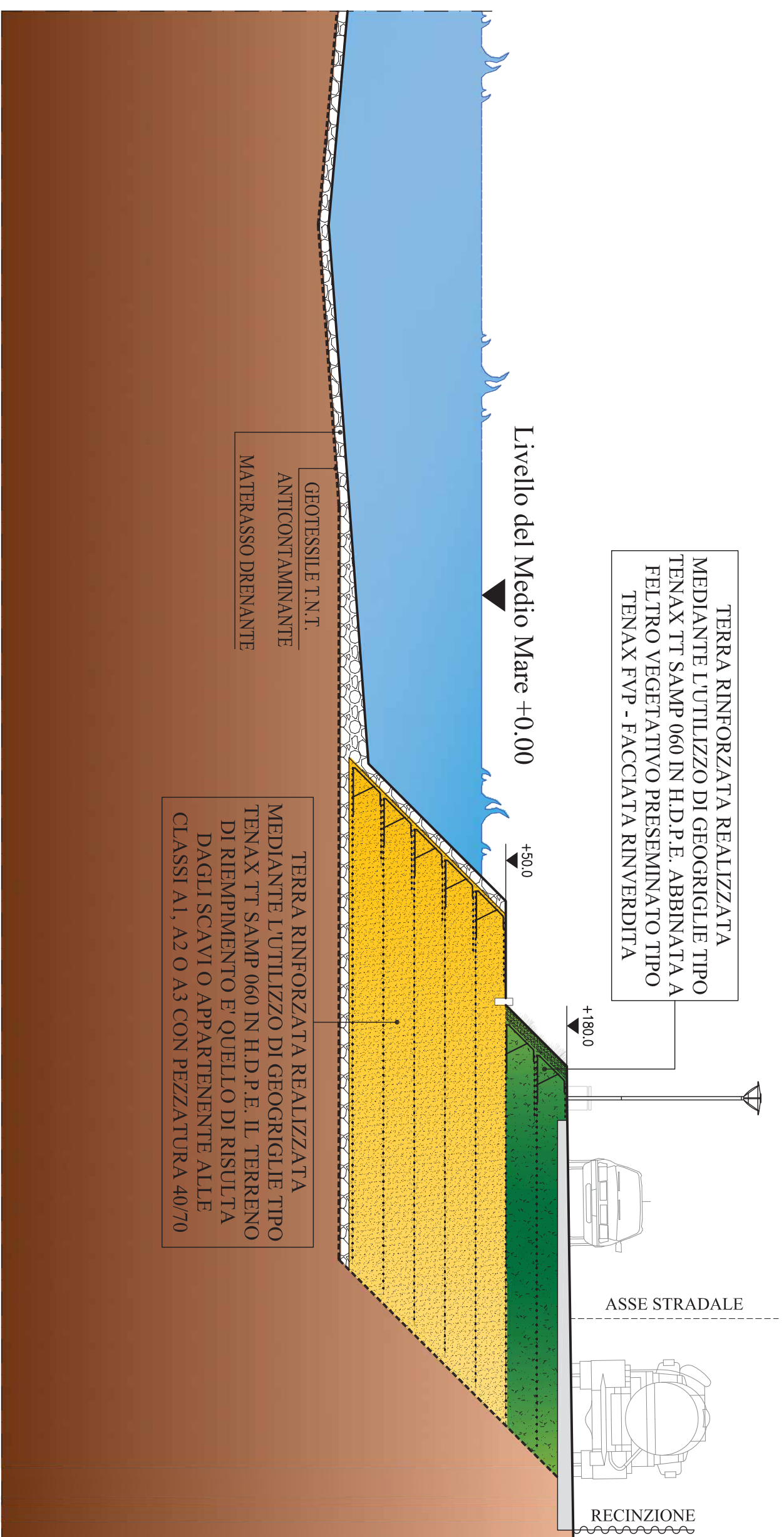
FASE "4" - RICOSTRUZIONE DELLA SPONDA EMERSA, RIMOZIONE PALANCOLATO, SUCCESSIVA COSTRUZIONE DI STRADA E INSTALLAZIONE SOTTOSERVIZI E FINITURE SPONDA IN DESTRA IDRAULICA - SCALA 1:100



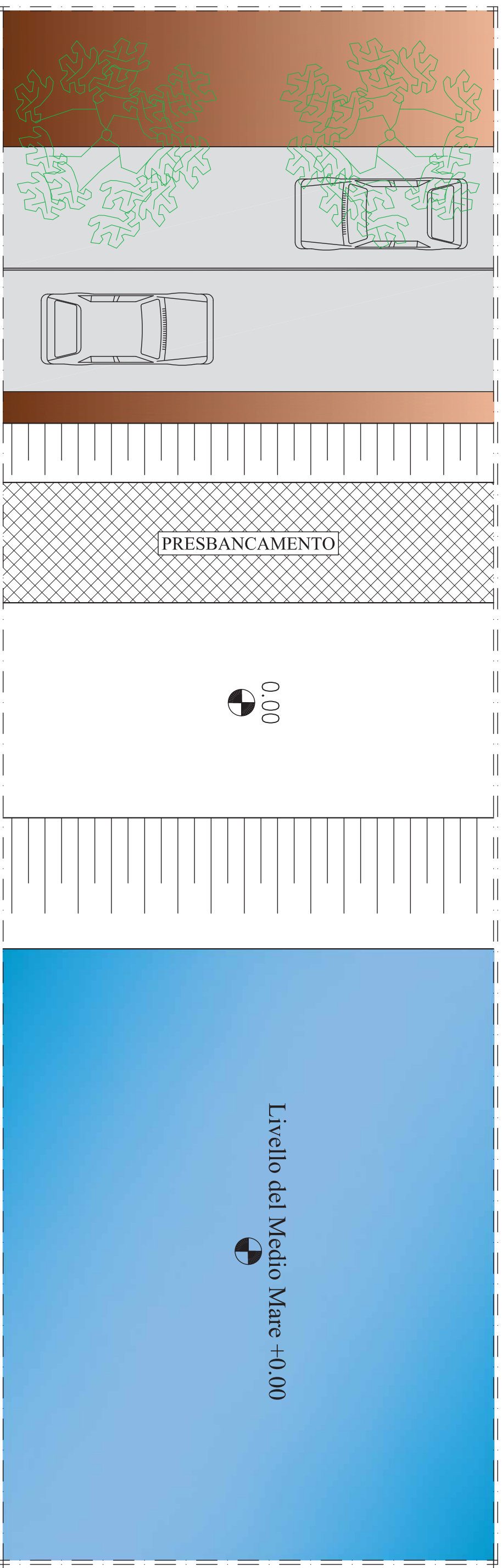
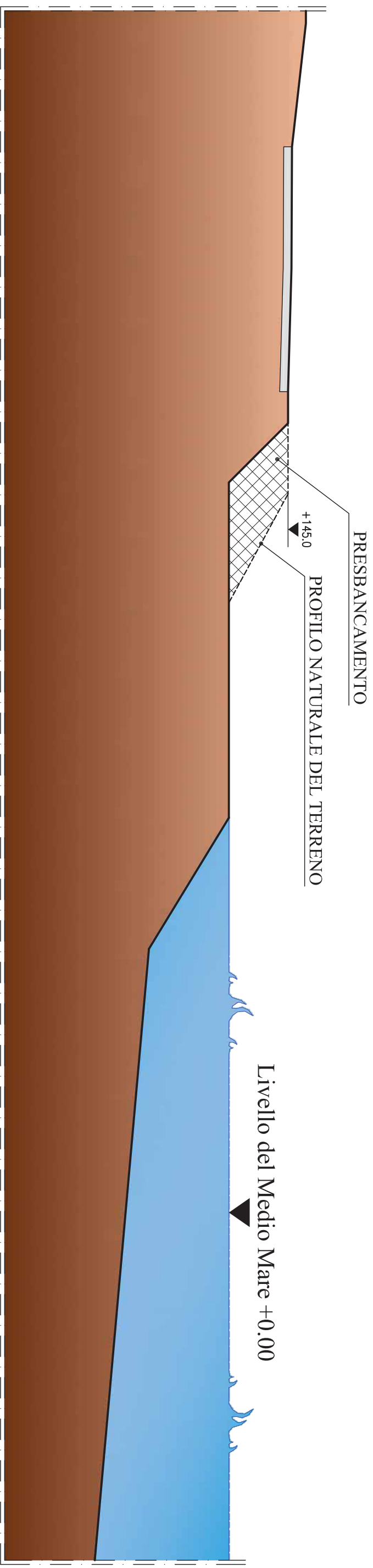


# CONFIGURAZIONE DEFINITIVA SEZIONE IN DESTRA IDRAULICA

- SCALA 1:100 -

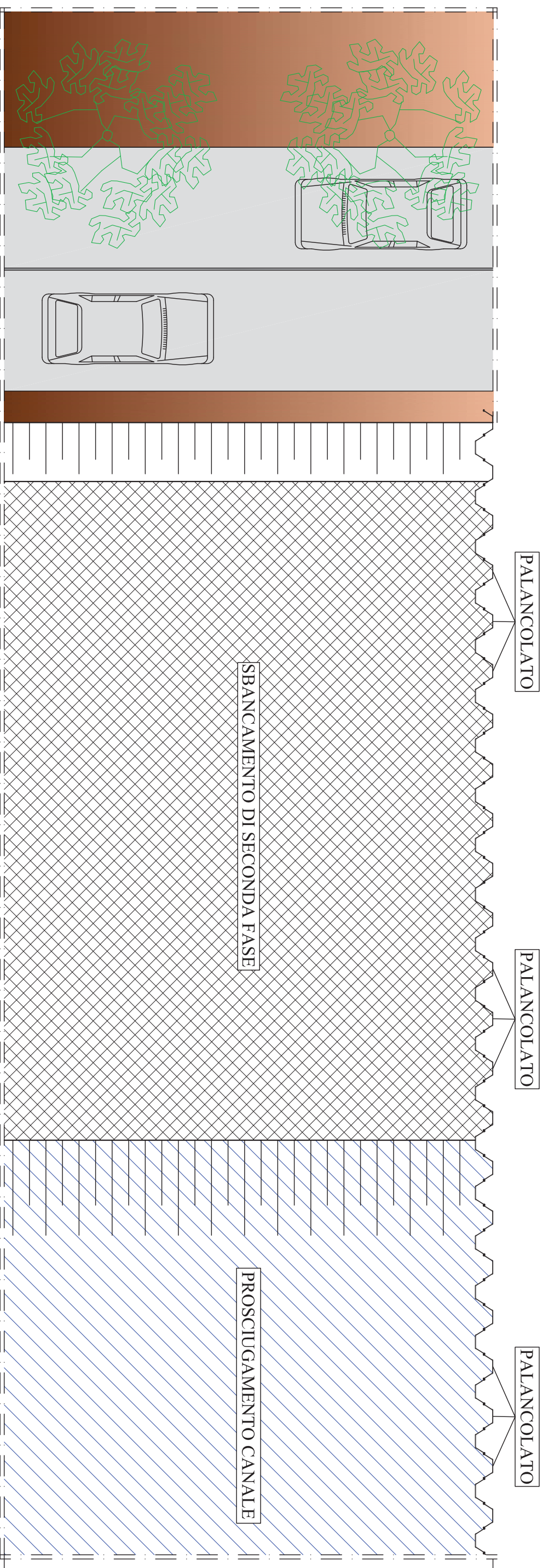
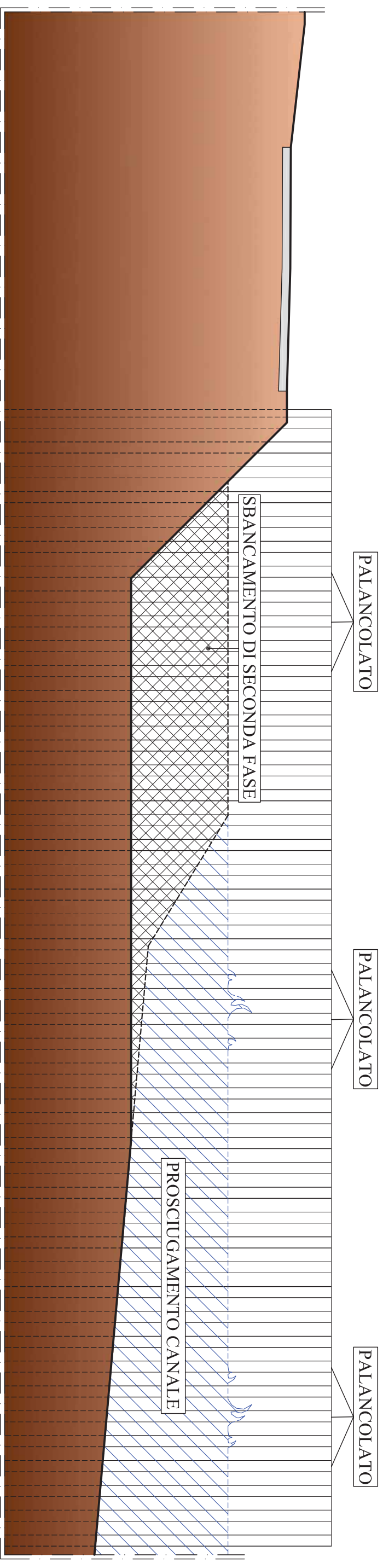


*FASI ESECUTIVE CONSOLIDAMENTO SPONDALE*  
**FASE "1" - PRESBANCAMENTO ED APPRONTAMENTO PISTE DI CANTIERE**  
**SPONDA IN SINISTRA IDRAULICA - SCALA 1:100**



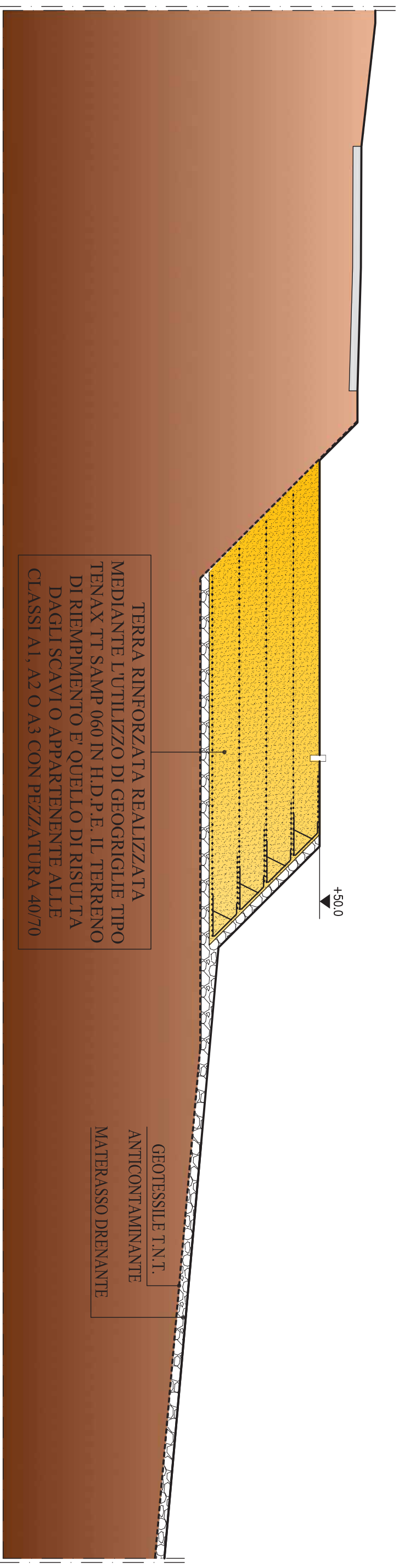
**FASE 1 - STRALCIO PLANIMETRICO**

*FASI ESECUTIVE CONSOLIDAMENTO SPONDALE*  
**FASE "2" - INSTALLAZIONE PALANCOLE, PROSCIUGAMENTO CANALE  
E SBANCAMENTO DI SECONDA FASE**  
SPONDA IN SINISTRA IDRAULICA - SCALA 1:100



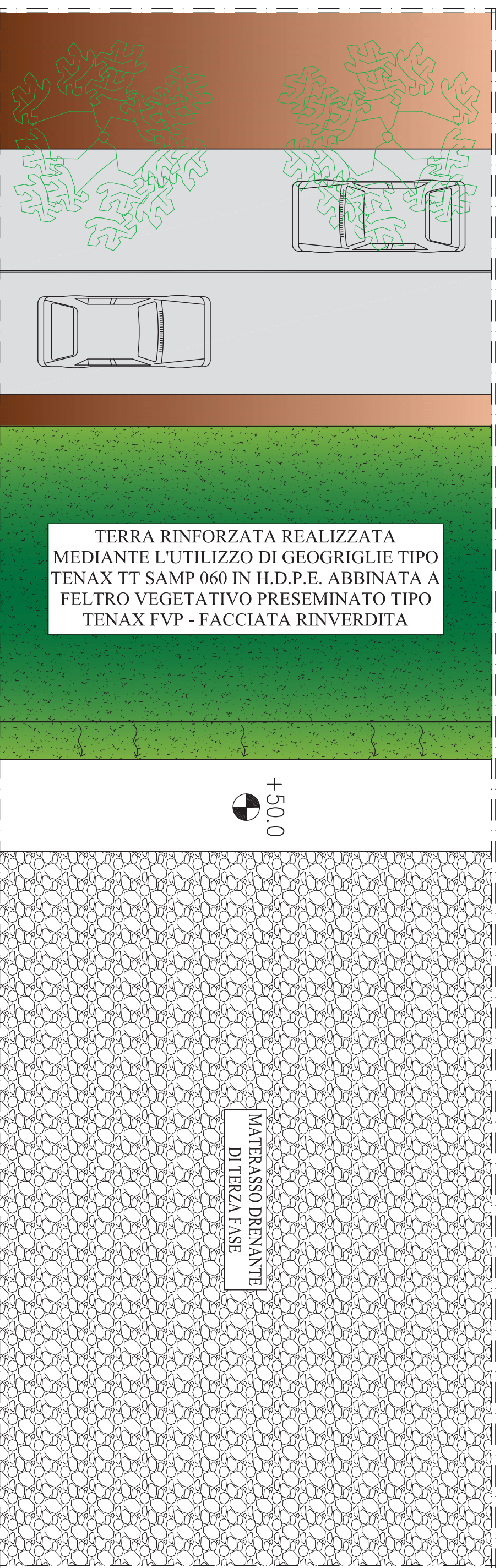
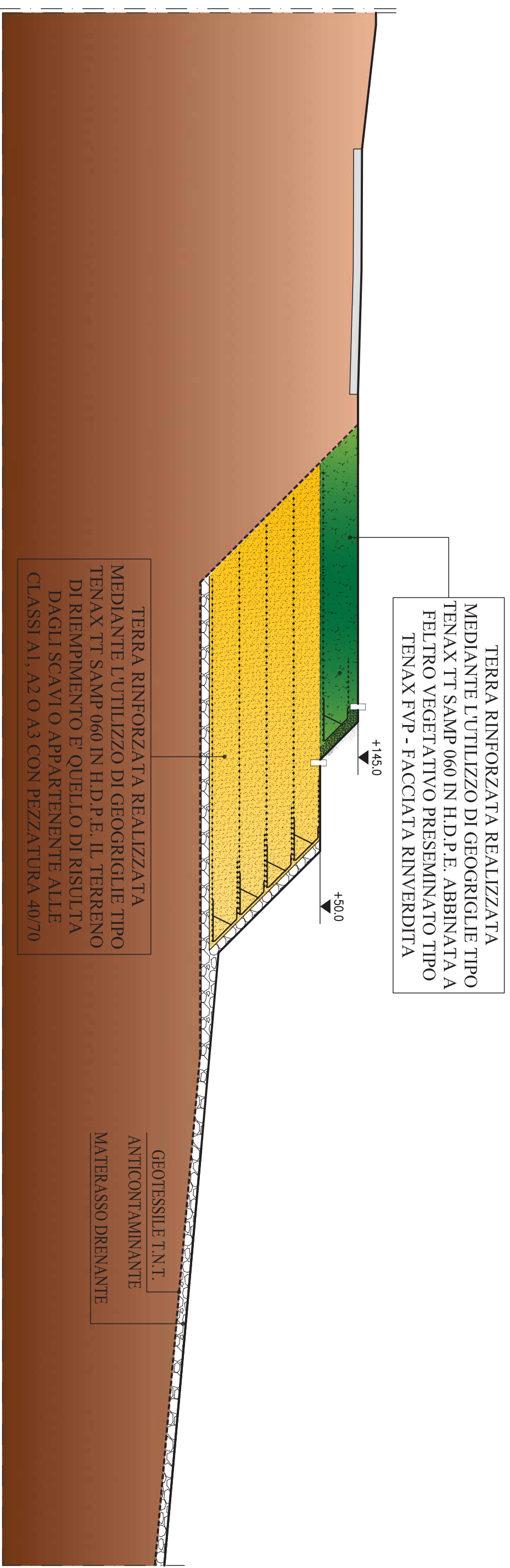
**FASE 2 - STRALCIO PLANIMETRICO**

*FASI ESECUTIVE CONSOLIDAMENTO SPONDALE*  
 FASE "3" - RICOSTRUZIONE DELLA SPONDA SOMMERSA PREVIA POSA DEL  
 GEOTESSINTE T.N.T. ANTICONTAMINANTE E DEL MATERASSO DRENANTE  
 SPONDA IN SINISTRA IDRAULICA - SCALA 1:100



FASE 3 - STRALCIO PLANIMETRICO

*FASI ESECUTIVE CONSOLIDAMENTO SPONDALE*  
**FASE "4" - RICOSTRUZIONE DELLA SPONDA EMERSA, RIMOZIONE PALANCOLATO, SUCCESSIVA COSTRUZIONE DI STRADA E INSTALLAZIONE SOTTOSERVIZI E FINITURE**  
**SPONDA IN SINISTRA IDRAULICA - SCALA 1:100**



**FASE 4 - STRALCIO PLANIMETRICO**

# CONFIGURAZIONE DEFINITIVA SEZIONE IN SINISTRA IDRAULICA

- SCALA 1:100 -

