

Regione
Toscana



Provincia di
Firenze



Comune di
Montelupo Fiorentino



Interventi per il declassamento della diga di Sammontana nel
Comune di Montelupo Fiorentino (FI)

PROGETTO PRELIMINARE

CODICE:

DG.01

ELABORATO:

Relazione tecnico-illustrativa

SCALA

-

**WEST
Systems**

West Systems s.r.l. divisione PHYSIS
- Ingegneria per l'ambiente

Viale Donato Giannotti, 24 - 50126 - FI
Tel. 055 461429 / 055 4684253

Fax. 055 0460426

Email. info@westsystems.com

Pec. amministrazione@pec.westsystems.it

PROGETTISTA:

Ing. David Settesoldi

COLLABORATORI TECNICI:

Ing. Michele Catella
Geom. Daniele Natali

COMMITTENTE:

Dott. Matteo Dzieduszycki
Via di Sammontana, 8
50056 Montelupo F.no (FI)

02					
01					
00	PRIMA EMISSIONE	16/07/2018	Geom. Daniele Natali	Ing. Michele Catella	Ing. David Settesoldi
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
REVISIONE			DATA		
00			16/07/2018		

INDICE

1	PREMESSA	6
2	LA DIGA DI SAMMONTANA	11
2.1	<i>La geometria e le principali opere</i>	12
2.1.1	Coronamento	12
2.1.2	Altezza della diga	12
2.1.3	Paramento lato monte.....	12
2.1.4	Paramento lato valle.....	12
2.1.5	Sfioratore di superficie e canale fugatore.....	12
2.1.6	Aste idrometriche	12
2.1.7	Sifoni	13
2.1.8	Pilastrini di misura	13
2.1.9	Scaricatore di fondo.....	14
2.2	<i>Le caratteristiche geomeccaniche dei terreni</i>	14
3	QUADRO CONOSCITIVO	16
3.1	<i>I dati topografici</i>	16
3.2	<i>I dati geotecnici</i>	16
4	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	18
4.1	<i>Interventi di miglioramento sismico</i>	18
4.1.1	Caratteristiche dei terreni di rinfianco	18
4.1.2	Messa in opera del terreno di rinfianco	19
4.1.3	La protezione del rilevato a lavori ultimati	19
4.1.4	Il sistema di monitoraggio del rilevato durante i lavori.....	19
4.2	<i>Interventi di miglioramento idraulico</i>	19
4.3	<i>Adeguamento del canale fugatore</i>	21
4.4	<i>La vasca di dissipazione</i>	21
4.5	<i>Ristrutturazione del drenaggio</i>	22
4.6	<i>Scarico di fondo e sifoni</i>	22
4.7	<i>Piezometri</i>	23
5	VERIFICA DELL'INTERVENTO.....	24
5.1	<i>Analisi idrologiche</i>	24
5.1.1	Caratteristiche del modello afflussi-deflussi.....	24
5.1.2	Caratteristiche geografiche.....	25
5.1.3	Calcolo delle portate di piena.....	25
5.2	<i>Analisi idrauliche dello sfioratore</i>	26
5.2.1	Calcolo del franco minimo regolamentare	26
5.2.2	Verifica del franco di sicurezza	26
5.2.3	Capacità di laminazione.....	29
5.3	<i>Capacità di smaltimento tratto di valle</i>	32
5.4	<i>Analisi idrauliche del canale fugatore</i>	34
5.4.1	Descrizione del modello numerico	34
5.4.2	Verifiche idrauliche	35

5.4.3	Risultati delle verifiche idrauliche.....	35
5.5	<i>Verifiche di stabilità</i>	35
5.5.1	Profilo della falda freatica.....	35
5.5.2	Parametri geotecnici caratteristici.....	37
5.5.3	Parametri sismici	37
5.5.4	Normative di riferimento.....	39
5.5.5	Metodo di calcolo.....	39
5.5.6	Verifica dell'ipotesi di intervento	40
6	INSERIMENTO CATASTALE.....	43
A.	APPENDICE Documentazione fotografica	44
B.	APPENDICE Tabulati verifiche idrauliche	52
C.	APPENDICE Tabulati verifiche di stabilità.....	60
	Dati	61
	Verifica di stabilità 01	67
	Verifica di stabilità 02	70
	Verifica di stabilità 03	74
	Verifica di stabilità 04	78
	Verifica di stabilità 05	81
	Verifica di stabilità 06	84
	Verifica di stabilità 07	88
	Verifica di stabilità 08	91
	Verifica di stabilità 09	94
D.	APPENDICE Planimetria catastale e visure	98

ELENCO FIGURE

Figura 2-1 – Schema planimetrico della diga di Sammontana nello stato attuale	11
Figura 2-2– Andamento della portata scaricata dai due sifoni in funzione dei livello idrometrico.....	13
Figura 2-3 – Andamento della portata dello scaricatore di fondo in funzione del livello idrometrico ...	15
Figura 4-1 - Tipologia del rivestimento dei muri in sponda destra e sinistra	20
Figura 4-2 – Tempi di svuotamento dell'invaso.....	23
Figura 5-1 – Idrogrammi di piena per i tempi di ritorno di 30, 50, 200, 500 e 1000 anni	26
Figura 5-2 – Curva volumi-altezze caratteristica dell'invaso.....	27
Figura 5-3 – Laminazione del serbatoio per $Tr=1000$ anni e $d=2$ ore nello stato di progetto nella condizione di massima regolazione.....	28
Figura 5-4 – Laminazione del serbatoio per $Tr = 100$ anni nello stato di progetto	29
Figura 5-5 – Laminazione del serbatoio per $Tr = 30$ anni nello stato di progetto	30
Figura 5-6 – Laminazione del serbatoio per $Tr = 50$ anni nello stato di progetto	30
Figura 5-7 – Laminazione del serbatoio per $Tr = 200$ anni nello stato di progetto	31
Figura 5-8 – Laminazione del serbatoio per $Tr = 500$ anni nello stato di progetto	31
Figura 5-9 – Reticolo idrografico oggetto di studio	33
Figura 5-10 – Idrogramma di piena evento $Tr=1000$ anni	36
Figura 5-11 – Moto di filtrazione nell'argine.	36
Figura 12 – Maglia di appartenenza.....	38
Figura 5-13 – Verifica di stabilità del paramento di valle (condizione di invaso pieno e condizioni sismiche SLV).....	41
Figura 5-14 – Verifica di stabilità del paramento di monte (condizione di svaso rapido)	41
Figura A-1 – Vista del paramento di monte.	45
Figura A-2 – Vista del paramento di valle.	45
Figura A-3 – Vista dal coronamento verso valle.	46
Figura A-4 – Vista dal coronamento verso valle.	46
Figura A-5 – Vista del coronamento dalla soglia di sfioro.	47
Figura A-6 – Canale fugatore (vista monte-valle).	47
Figura A-7 – Canale fugatore (vista valle- monte).	48
Figura A-8 – Sponda destra del lago.	48
Figura A-9 – Sponda sinistra del lago.	49
Figura A-10 – Vista del lago dal guado sul Rio di Sammontana.....	49
Figura A-11 – Dettaglio della sponda sinistra del lago.....	50
Figura A-12 –Pilastrino di misura sul coronamento della diga.....	50
Figura A-13 – Sifoni sul paramento di valle.....	51
Figura A-14 – Tratto terminale canale fugatore.....	51
Figura C-1 – Superficie critica verifica di stabilità 01	69
Figura C-2 – Superficie critica verifica di stabilità 02	73
Figura C-3 – Superficie critica verifica di stabilità 03	77
Figura C-4 – Superficie critica verifica di stabilità 04	80
Figura C-5 – Superficie critica verifica di stabilità 05	83
Figura C-6 – Superficie critica verifica di stabilità 06.....	87

Figura C-7 – Superficie critica verifica di stabilità 07	90
Figura C-8 – Superficie critica verifica di stabilità 08	93
Figura C-9 – Superficie critica verifica di stabilità 09	97

ELENCO TABELLE

Tabella 2-1– Caratteristiche dei sifoni.	13
Tabella 2-2 – Quote e coordinate dei pilastri e delle stazioni di misura.....	14
Tabella 3-1 – Parametri verifiche a lungo termine.....	16
Tabella 3-2 – Parametri verifiche a breve termine.....	17
Tabella 3-3 – Risultati delle prove geotecniche	17
Tabella 4-1 – Piezometri di progetto.	23
Tabella 5-1 – Portate al colmo in funzione dei tempi di ritorno	25
Tabella 5-2– Calcolo del franco idraulico minimo regolamentare.....	26
Tabella 5-3 – Parametri della curva di invaso	27
Tabella 5-4 – Parametri della scala di deflusso	28
Tabella 5-5 – Portate al colmo in ingresso e uscita dal serbatoio e franco idraulico per il tempo di ritorno di 1000 anni e le durate di 0.56, 1, 2, 3, 6, 9, 12, 18, 24 e 36 ore.....	29
Tabella 5-6 – Effetti di laminazione per i vari periodi di ritorno.....	32
Tabella 5-7 – Parametri geotecnici caratteristici.	37
Tabella 5-8 – Vita nominale e vita di riferimento relativamente alla diga di Sammontana.	38
Tabella 5-9 – Parametri sismici SLO, SLD, SLV e SLC.....	38
Tabella 5-10 – Parametri sismici SLV	39
Tabella 5-11 – Parametri sismici SLC.....	39
Tabella 5-12 – Verifiche di stabilità dello stato di progetto condotte secondo D.M. 26/06/2014.....	42
Tabella B-1 – Tabulati verifiche idrauliche per $Tr = 30$ anni.....	54
Tabella B-2 – Tabulati verifiche idrauliche per $Tr = 200$ anni.....	56
Tabella B-3 – Tabulati verifiche idrauliche per $Tr = 1000$ anni.....	58

ELENCO ELABORATI

Relazioni

- DG.01 Relazione tecnico-illustrativa
- DG.02 Calcolo sommario della spesa e quadro economico di progetto

Elaborati grafici

- ER.01 Planimetria stato attuale [scala 1:200]
- ER.02 Planimetria stato di progetto [scala 1:200]
- ER.03 Sezioni coronamento [scala 1:200]
- ER.04 Profilo longitudinale e sezioni canale fugatore stato di progetto [scala varie]
- ER.05 Particolari strutturali [scala varie]

Elaborati idraulica

- ID.01 Relazione idrologica-idraulica
- ID.02 Planimetria modello idraulico [scala 1:5'000]
- ID.03 Tabulati verifica idraulica in assenza invaso
- ID.04 Tabulati verifica idraulica declassamento diga
- ID.05a Profili longitudinali verifica idraulica in assenza invaso [scala varie]
- ID.05b Profili longitudinali verifica idraulica in assenza invaso [scala varie]
- ID.06a Profili longitudinali verifica idraulica declassamento [scala varie]
- ID.06b Profili longitudinali verifica idraulica declassamento [scala varie]
- ID.07 Sezioni fluviali verifica idraulica in assenza invaso [scala varie]
- ID.08 Sezioni Sezioni fluviali verifica idraulica declassamento diga [scala varie]
- ID.09 Battenti idrometrici di esondazione e velocità di propagazione verifica idraulica in assenza invaso $Tr=30$ anni [scala 1:5'000]
- ID.10 Battenti Battenti idrometrici di esondazione e velocità di propagazione verifica idraulica declassamento diga $Tr=30$ anni [scala 1:5'000]
- ID.11 Battenti idrometrici di esondazione e velocità di propagazione verifica idraulica in assenza invaso $Tr=200$ anni [scala 1:5'000]
- ID.12 Battenti idrometrici di esondazione e velocità di propagazione verifica idraulica declassamento diga $Tr=200$ anni [scala 1:5'000]

1 PREMESSA

La diga di Sammontana nel Comune di Montelupo Fiorentino (Prov. FI) (n. arch. 933) è classificata, ai sensi del D.M. 24/03/1982, come diga in terra omogenea.

La diga presenta un'altezza pari a 18.33 m ai sensi dell'art. 1 della L. n. 584 del 21/10/94. Avendo un'altezza maggiore di 15 m lo sbarramento è classificato come "grande diga" e soggetto alla vigilanza statale per quanto attiene alla sicurezza.

I proprietari e gestori sono gli eredi del Sig, M. Dzieduszycki, con sede nella Fattoria di Sammontana nel Comune di Montelupo Fiorentino (Prov. FI).

La concessione alla derivazione a sanatoria è stata richiesta dal Sig, Matteo Dzieduszycki al Circondario Empolese-Valdelsa in data 30/06/2003 (prot. n. 9393).

Il progetto originario della diga risale al 1959 e fu assentito dalla IV Sezione del Consiglio LL.PP. (nota prot. n. 1923 del 12/12/1959) con un franco idraulico ridotto di 0.70 m, in applicazione parziale della normativa vigente all'epoca, in quanto lo sbarramento fu ritenuto per le sue caratteristiche "caso di minore importanza".

La costruzione è iniziata nel 1960 e ultimata nel novembre del 1961. Non esiste una comunicazione ufficiale di fine lavori. Nel 1963 è stato dato avviso agli invasi sperimentali, tuttavia mai completato con il collaudo tecnico regolamentare.

La diga dalla sua costruzione ha sempre funzionato in regime transitorio.

Nel giugno 1995 veniva presentato un primo progetto a sanatoria a seguito della emanazione della legge 21/10/1994, n. 584 (riferimento art. 3) dove si prevedeva nella sostanza di adeguare lo scarico di superficie per riportare il franco a quello di progetto.

Il progetto veniva aggiornato più volte: nell'aprile 1997, nel dicembre 1999, nel novembre 2000 e nel maggio 2001 a seguito delle varie osservazioni del Servizio Nazionale Dighe (Ufficio Coordinamento istruttoria Progetti e Vigilanza Lavori) e della IV Sezione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Il progetto veniva infine approvato dal Servizio Nazionale Dighe che provvedeva a comunicare le modalità di esecuzione dei lavori.

Ad ogni revisione venivano richiesti nuovi approfondimenti e integrazioni che hanno portato al progetto alla stesura finale ove, oltre che all'intervento sullo scaricatore di superficie, era previsto anche l'adeguamento del paramento di valle e la realizzazione di una spalletta di contenimento sul coronamento.

Negli anni sono stati condotti alcuni lavori sulla diga tra cui ricordiamo:

- ripristino dello scaricatore di fondo;
- posa in opera di due scaricatori ausiliari a sifone;
- regolarizzazione del coronamento;
- adeguamento delle sommità dei muretti dell'attuale canale fuggatore.

Gli ultimi lavori si sono chiusi nell'ottobre 1999.

A partire dalla richiesta di sanatoria sono state redatte tre perizie giurate attestanti la non pericolosità della diga stante le attuali limitazioni di invaso, luglio 1995, aprile 1999 e dicembre 1999.

È stato redatto il Foglio per l'Esercizio e la Manutenzione che impone, in questa fase transitoria, una limitazione di invaso a quota 62.0 m s.l.m. (aumentati a 63.0 m s.l.m. durante gli eventi meteorici) a fronte di una quota attuale dello sfioratore di 67.9 m s.l.m. ovvero 5.9 m al disotto della quota di massima regolazione.

Tale limitazione di invaso, che scaturisce anche da una serie di analisi condotte nel giugno 1998, maggio 1999 e ottobre 1999, comporta l'attivazione di tutta una serie di procedure qualora si vadano a superare i valori imposti con comunicazioni alla Prefettura, al Servizio Nazionale Dighe e al Comune.

A questo proposito ricordiamo, inoltre, che è stato redatto anche lo studio sugli effetti causati dal collasso della diga redatto a fini di protezione civile.

Ogni sei mesi assieme alla comunicazione dei livelli raggiunti nell'invaso ed ad altri parametri viene prodotta dall'ingegnere responsabile una relazione di asseverazione delle buone condizioni di stabilità del diga come previsto dal Foglio per l'Esercizio e la Manutenzione.

A seguito di mutate esigenze della Proprietà nel 2007 veniva avviata la progettazione di un intervento che prevedeva la riduzione della altezza della diga al disotto dei 15 m, in modo da declassare l'opera di sbarramento e farla rientrare tra le "piccole dighe" di competenza regionale. In tal modo, infatti, la diga sarebbe stata soggetta ad una diversa normativa come previsto dalla Legge 21/10/94 n. 584 data la modesta entità dell'invaso già oggi inferiore a 1'000'000 m³.

In tal senso venivano presi contatti con i tecnici del Circondario Empolese-Valdelsa che avrebbero dovuto assumere le competenze di sorveglianza sulla diga.

Nel Marzo 2007 veniva redatto il "*Progetto preliminare dell'intervento di sbassamento della diga di Sammontana*", con una successiva integrazione redatta nel Settembre 2007 riguardante un intervento di sistemazione delle sponde dell'invaso.

Il progetto veniva trasmesso per un parere preventivo nell'aprile 2008 al R.I.D. e al Circondario Empolese-Valdelsa. Con nota del 24/04/2008 il RID richiedeva di effettuare un rilievo per stabilire l'esatta altezza della diga, dato che l'altezza della diga indicata nel progetto preliminare era di 18.4 m mentre quella riportata nel Foglio di Condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione era pari a 20.0 m.

A seguito di tale discordanza veniva condotto un sopralluogo congiunto con i tecnici del RID e del Circondario Empolese nel maggio 2007 da cui era emerso che il punto più depresso del paramento di valle poteva essere assunto a quota 51,215 m s.l.m.. Pertanto, assumendo la quota del coronamento (basetta sinistra) pari a 69,541 m s.l.m. si ricavava un'altezza della diga allo stato attuale di 18.33 m.

Inoltre, veniva attivata la procedura ex art. 11 L.R. 79/98 presso la Regione Toscana – Area di Coordinamento Programmazione e Controllo – Settore Valutazione di Impatto Ambientale per valutare la necessità o meno di sottoporre le opere a valutazione di impatto ambientale.

La procedura si concludeva con decreto n. 5485 del novembre 2007 ove si escludeva l'opera dalla valutazione di impatto ambientale e si davano delle prescrizioni da recepire nelle successive fasi progettuali.

Con nota prot. n. 637/UCPL del 23/01/2008 e successiva precisazione prot. n. 400 del 15/04/2008 il RID esprimeva alcune osservazioni di carattere tecnico sul progetto preliminare osservando, peraltro, che il parere finale spetta all'Autorità competente sull'opera modificata.

Nel febbraio 2008 sulla base delle prescrizioni della VIA e delle osservazioni del RID veniva redatto il progetto definitivo. Tale progetto veniva inviato al Circondario Empolese-Valdelsa per il parere di competenza.

Il Circondario Empolese-Valdelsa rispondeva con nota prot. n. 18047 del 01/10/2009 esprimendo un parere favorevole sul progetto preliminare con alcune prescrizioni in parte già recepite nel progetto definitivo.

A seguito del parere del Circondario Empolese-Valdelsa veniva avviata la progettazione esecutiva dello sbassamento.

Durante la redazione del progetto esecutivo veniva emanata la normativa regionale (L.R. 64 del 05/11/2009) per gli sbarramenti di altezza inferiore a 15.0 e invaso inferiore a 1'000'000 m³ e, successivamente, il regolamento di attuazione 18/R del 25/02/2010.

Inoltre, veniva accertato che il trattamento delle terre provenienti dalla demolizione della diga come rifiuto speciale (punto 4 e contributo ARPAT prot. n. 11645 del 04/09/2007) aumentava in modo consistente i costi dello sbassamento.

La Proprietà decideva, pertanto, di non procedere con il progetto di sbassamento della diga.

Nel dicembre 2010 veniva redatto il *“Progetto preliminare di adeguamento della diga di Sammontana con limitazione di invaso”*, che sviluppava una soluzione progettuale che prevedeva la gestione ordinaria con una limitazione della quota di invaso a 62.0 m s.l.m. e la realizzazione delle opere necessarie per garantire lo stesso grado di sicurezza in termini di franco e stabilità del rilevato previsto nel progetto *“Interventi di adeguamento della diga di Sammontana”* (Maggio 2001) approvato con nota SDI/7268/UCPL del 19/11/2001.

Il progetto preliminare riceveva il parere positivo dell'Ufficio Dighe di Firenze nella nota del UTDF/112 del 31/01/2011 con la quale il progetto veniva trasmesso all'Ufficio Dighe di Roma.

Con nota prot. n. 14635 del 13/12/2012 il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti esprimeva parere negativo sul progetto preliminare.

Con nota prot. n. 8435 del 26/06/2013 il MIT inseriva lo sbarramento di Sammontana tra le dighe per le quali è necessario ed urgente la progettazione e la realizzazione di interventi di adeguamento della sicurezza ai sensi dell'art. 43, comma 7, del D.L. 201/2011 convertito con L. 214/2011, con termini di attuazione fissati al 30/06/2016.

Con nota del 22/06/2016 n. 13456 il MIT richiedeva la presentazione di un progetto esecutivo da sottoporre ad approvazione entro 10 giorni.

Il gestore inviava in data 01/07/2016 una nota nella quale comunicava di essere intenzionato a valutare la possibilità di dismettere l'invaso. Nei mesi successivi furono presi contatti con l'amministrazione comunale al fine di valutare la possibilità di incrementare la redditività dell'invaso valutando la possibilità di realizzare un invaso per la pesca sportiva in derivazione dal Rio di Sammontana.

Il 10/01/2017 l'ufficio Dighe di Roma convocava una riunione per il 17/01/2017.

Durante l'incontro emerse che non era possibile addivenire al collaudo della diga con una limitazione di invaso permanente così come da soluzione progettuale di cui al progetto preliminare del dicembre 2010, che prevedeva la gestione ordinaria con una limitazione della quota di invaso a 62.0 m s.l.m. e la realizzazione delle opere necessarie per garantire lo stesso grado di sicurezza in termini di franco e stabilità del rilevato previste nel progetto *“Interventi di adeguamento della diga di Sammontana”* (Maggio 2001) approvato con nota SDI/7268/UCPL del 19 novembre 2001.

Con nota del 03/02/2017 a seguito della riunione del 17/01/2017 il MIT richiedeva la presentazione di un progetto definitivo di adeguamento secondo le prescrizioni progettuali indicate (riduzione della quota massima di regolazione e adeguamento del franco) e di un progetto preliminare di dismissione, richiedendo, inoltre, di mantenere quanto più basso possibile il livello dell'invaso entro il 28/02/2017.

Nella stessa nota l'ufficio Dighe comunicava che a seguito della presentazione dei progetti avrebbe provveduto a convocare una riunione con la Regione Toscana e il Comune di Montelupo F.no.

A detta nota veniva risposto in data 13/02/2017 richiedendo di presentare due progetti preliminari. Inoltre, si comunicava di non poter procedere allo svaso completo nelle more della redazione di un Piano Operativo di Svaso e stante la presenza dei pesci all'interno dell'invaso.

Si comunicava, peraltro, che l'invaso sarebbe stato abbassato di 50 cm rispetto alla precedente limitazione di invasione.

Il 24/02/2017 l'ufficio Dighe di Roma accoglieva la proposta di consegnare due preliminari e prescriveva di presentare il Piano Operativo per lo Svaso entro 15 giorni alla Regione Toscana e all'ufficio Dighe di Firenze.

Nella stessa nota si richiedeva all'ufficio Dighe di Firenze di convocare una riunione con la Regione Toscana e il Comune di Montelupo e adottare l'atto di revoca dell'autorizzazione agli invasi sperimentali.

Entro il 28/02/2017 venivano consegnati all'Ufficio Dighe di Roma e agli altri Enti i progetti preliminari. Entro i 15 giorni veniva consegnato il Piano Operativo per lo svaso.

Il 31/03/2017 il gestore richiedeva al RID di mantenere la quota di invasione a 60 m s.l.m. nelle more di realizzare i lavori di adeguamento o di dismissione.

L'Ufficio tecnico per le dighe di Firenze, con atto n. 13312 del 05/06/2017, recante la revoca degli invasi sperimentali, invitava "il gestore a regolare i livelli d'invasione non oltre la quota idrica nel serbatoio di 60 m s.l.m.. Quanto sopra nelle more della definizione dei procedimenti in corso".

Con nota dell'Ufficio dighe n. 23284 del 17/10/2017 veniva dato parere favorevole da parte del RID al progetto preliminare di dismissione dell'invaso.

Con decreto n. 76 del 08/01/2018 la Regione Toscana approvava il Piano Operativo di Svaso.

Con nota prot. n. 9121 del 16/04/2018 Il RID di Firenze, a seguito della revoca degli invasi sperimentali e dell'approvazione del Piano Operativo, invitava il Gestore a procedere allo svuotamento dell'invaso di Sammontana.

Nel corso di varie riunioni tenutesi con il Comune di Montelupo, la Regione Toscana e il RID di Firenze veniva più volte manifestato l'interesse a mantenere operativo l'invaso di Sammontana sia per scopi ludico ricreativi sia per una funzione di laminazione delle piene del Rio di Sammontana.

L'interesse della Regione Toscana a mantenere l'invaso di Sammontana veniva confermato con la mozione n. 918 approvata all'unanimità il 17/04/2018 nel corso della seduta n. 109 della Quarta Commissione del Consiglio Regionale.

Il 03/05/2018 il Gestore richiedeva di sospendere il provvedimento di svaso in attesa che le Amministrazioni interessate adottassero le proprie determinazioni definitive mantenendo le modalità di gestione indicate nell'atto del 05/06/2017 (ovvero: regolazione della quota a 60 m. s.l.m.).

Il 03/07/2018 si è tenuta una riunione al Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti alla quale ha partecipato anche la Regione Toscana. Durante la riunione veniva presentata un'ulteriore ipotesi progettuale, oltre a quelle prodotte a febbraio 2017 (dismissione e miglioramento), che consisteva nel

declassamento della diga di Sammontana con trasformazione della stessa in un vaso a scopo multiplo per la laminazione delle piene e lo svolgimento di attività ludico-ricreative.

Per tutte e tre le ipotesi progettuali venivano esaminati gli effetti a valle in termini di pericolosità idraulica.

Il comune di Montelupo si è dichiarato a favore della ipotesi di declassamento dell'invaso proponendosi quale Ente attuatore degli interventi.

La Regione Toscana, preso atto che l'intervento di declassamento con laminazione delle portate di piena comporta la permanenza di un rischio residuo a valle, si è dichiarata disponibile a finanziare gli interventi di messa in sicurezza idraulica necessari con particolare riferimento al tratto compreso tra la diga di Sammontana e la ferrovia FI-PI.

Il gestore oggi proprietario si è dichiarato favorevole a finanziare la progettazione degli interventi di declassamento della diga e a cedere la proprietà dell'invaso e delle sue pertinenze.

Il presente progetto preliminare individua, pertanto, gli interventi per il declassamento. La diga una volta declassata avrà un'altezza inferiore a 15 m.

L'intervento di declassamento è previsto al punto H.2.4 del D.M. 26/06/2014. Tale intervento "comporta l'obbligo di realizzare interventi di miglioramento ovvero di adeguamento per conseguire i livelli di sicurezza previsti dalle vigenti norme". **Nel caso specifico sono stati previsti i necessari interventi di** miglioramento per aumentare la sicurezza attuale della diga così come definito al cap. H.2 del D.M. 26/06/2014.

Secondo quanto riportato al cap. H.2.2. del D.M. 26/06/2014 sono previsti sia interventi di miglioramento idraulico che interventi di miglioramento sismico:

[...]

È fatto obbligo di procedere almeno ad interventi di miglioramento idraulico, in conseguenza alla valutazione della sicurezza idraulica in base ai criteri di cui al cap. H.3.4., se il tempo di ritorno della portata di piena scaricabile rispettando il franco idraulico indicato al cap. C.1 risulti inferiore a 500 anni per le dighe in calcestruzzo e a 1000 anni per le dighe in materiali sciolti.

È fatto obbligo di procedere almeno ad interventi di miglioramento sismico quando le analisi svolte come prescritto ai capp. H3 e H4 per valutare la verifica sismica lascino prevedere il raggiungimento di uno SLU (SLV/SLC).

[...]

2.1 La geometria e le principali opere

Attraverso il rilievo topografico effettuato nel Settembre 1999 è stato possibile definire in modo dettagliato le caratteristiche geometriche dello sbarramento in terra (elaborato ER.01).

Il rilievo topografico è stato realizzato prendendo come riferimento altimetrico la quota attuale della soglia di sfioro posta a 67.9 m s.l.m..

2.1.1 Coronamento

Le quote della sommità del coronamento variano tra 69.9 m s.l.m. e 69.6 m s.l.m..

La larghezza minima del coronamento è circa 3.0 m, mentre quella massima supera i 4.0 m in corrispondenza delle spalle del rilevato.

2.1.2 Altezza della diga

Il Foglio di Condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione riporta come altezza della diga 20.0 m sia in riferimento al D.M. 20/03/82 che in riferimento alla legge 21/10/94 n. 584.

Si osserva, peraltro, che il D.M. 20/03/82 definisce l'altezza della diga in modo diverso rispetto alla legge 21/10/94 n. 584. L'altezza della diga nel D.M. 20/03/82 è infatti definita come il "*dislivello tra la quota del piano di coronamento e quella del punto più basso della superficie di fondazione*".

L'altezza di 20.0 m scaturisce dall'aver assunto come punto più depresso del paramento di valle non il punto di incontro del paramento con il piano campagna, ma il fondo del vecchio alveo del Rio Sammontana a valle della diga, ove recapita lo scaricatore di fondo.

A seguito del sopralluogo congiunto con i tecnici del RID e del Circondario Empolese, eseguito in data 22/05/2007, è stato accertato che il punto più depresso del paramento di valle può essere assunto a quota 51.215 m s.l.m.. Essendo la quota del coronamento (basetta sinistra) pari a 69.541 m s.l.m., si ricava un'altezza della diga allo stato attuale di 18.33 m.

2.1.3 Paramento lato monte

Il paramento lato monte della diga ha una pendenza piuttosto dolce variabile tra 1:2.44 e 1:2.95.

2.1.4 Paramento lato valle

Il paramento lato valle della diga ha una pendenza più accentuata, variabile tra 1:2.14 in corrispondenza della sezione corrispondente alla massima altezza e 1:2.10 in prossimità della spalla destra del rilevato.

2.1.5 Sfiatore di superficie e canale fuggatore

La soglia di sfioro attuale si trova alla quota di 67.9 m s.l.m. ed ha una larghezza di circa 5.5 m.

Il canale fuggatore a valle della soglia ha una larghezza progressivamente decrescente, fino a raggiungere 2.9 m in corrispondenza della sezione terminale del tratto rivestito in calcestruzzo. Complessivamente il tratto rivestito in calcestruzzo ha una lunghezza di circa 65.0 m ed arriva alla quota di 59.36 m s.l.m..

2.1.6 Aste idrometriche

Ci sono due aste idrometriche. Una si trova all'interno del lago con zero alla quota di 58.0 m s.l.m. e una graduazione relativa. Dal momento che quest'asta non è ben visibile a meno di utilizzare un binocolo, è stata posta un'altra asta graduata sul paramento di monte (elaborato ER.01) di facile lettura ed accessibilità.

2.1.7 Sifoni

Ci sono due sifoni a cavaliere sul corpo diga, muniti degli opportuni organi accessori:

- pigna di presa e filtro sull'estremità di monte;
- valvola di carico sul coronamento della diga;
- valvole di intercettazione a valle del coronamento.

Nella Figura 2-2 è riportata la portata dei sifoni in funzione del livello idrometrico, mentre nella Tabella 2-1 si riportano le caratteristiche dei sifoni.

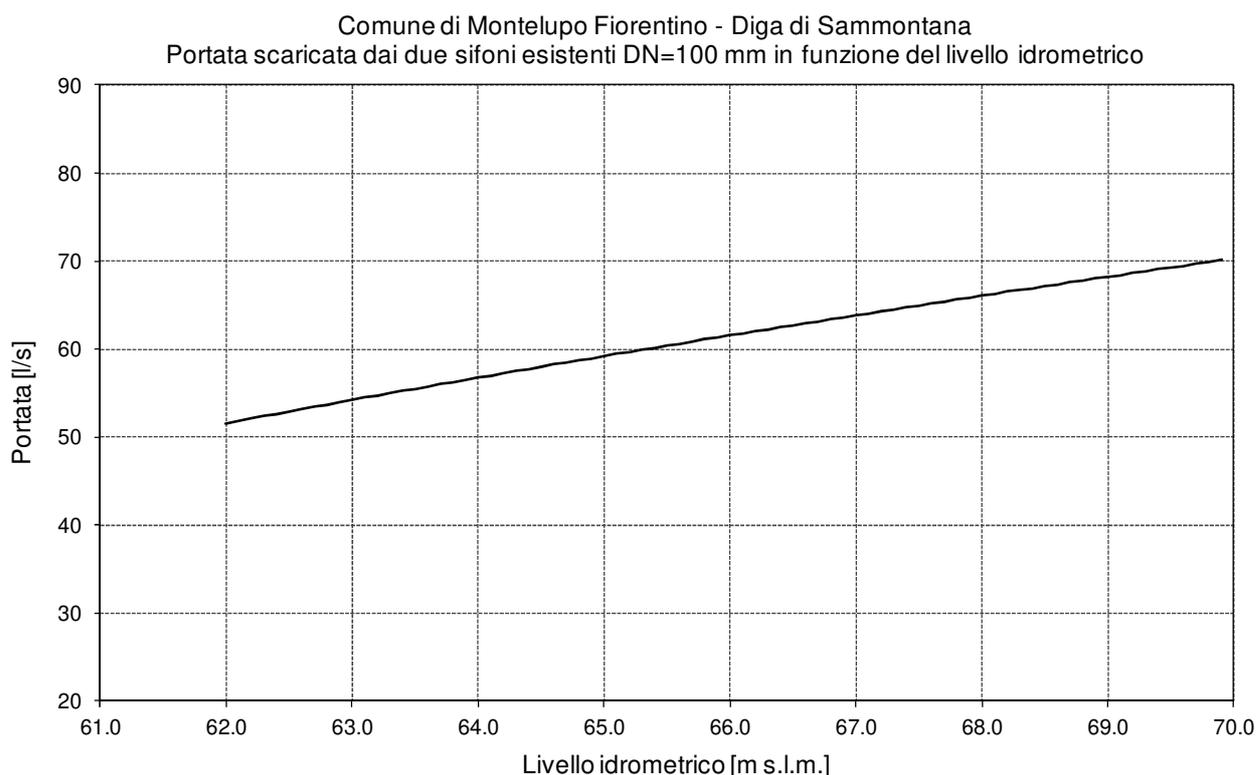


Figura 2-2– Andamento della portata scaricata dai due sifoni in funzione dei livello idrometrico.

Diametro	100 mm
Lunghezza	70.0 m
Quota di presa	62.00 m s.l.m.
Quota valvole di carico in sommità	69.12 m s.l.m.
Quota valvole di manovra	58.26 m s.l.m.
Quota di scarico	51.60 m s.l.m.

Tabella 2-1– Caratteristiche dei sifoni.

2.1.8 Pilastrini di misura

Esistono 2 pilastrini per l'esecuzione di rilievi topografici e di controllo dell'opera di sbarramento. Ciascuno dei due pilastrini è stato approssimativamente posto in corrispondenza del terzo medio del coronamento.

Al fine di eseguire le opportune triangolazioni topografiche, sono stati realizzati altri due pilastrini esterni al corpo diga.

Ciascun pilastrino si compone di un pozzetto prefabbricato 0.40 m × 0.40 m, posto su di un sottofondo di magrone 0.60 m × 0.60 m, dallo spessore di 0.10 m, armato con rete elettrosaldata. I pozzetti messi in opera sono stati quindi riempiti con calcestruzzo, nel quale è stato annegato un chiodo di acciaio per misure topografiche.

Si riportano nella Tabella 2-2 le coordinate, in un sistema di riferimento relativo, e le quote assolute dei chiodi dei 2 pilastrini di controllo e delle 2 stazioni di misura.

Denominazione	Quota chiodo [m s.l.m.]	X [Gauss-Boaga]	Y [Gauss-Boaga]
Pilastrino di misura CS1	69.5035	1661975.356	4842339.110
Pilastrino di misura CS2	69.682	1661975.269	4842319.153
Pilastrino di misura CS3	69.581	1661976.007	4842285.153
Stazione di Controllo CS5	70.805	1662021.766	4842288.091

Tabella 2-2 – Quote e coordinate dei pilastrini e delle stazioni di misura.

2.1.9 Scaricatore di fondo

La tubazione di scarico è in acciaio del diametro di 200 mm e ha una presa galleggiante all'interno del lago.

Il pozzetto contenente la valvola di manovra si trova al piede della diga. L'uscita dello scarico si trova a circa 51.40 m s.l.m..

Le portate defluite a valvola completamente aperta variano da 152 l/s, per livelli idrometrici nel lago di 67.90 m s.l.m., a 120 l/s per livelli idrometrici di 62.0 m s.l.m..

In Figura 2-3 si riporta la portata dello scaricatore di fondo in funzione del livello idrometrico.

2.2 Le caratteristiche geomeccaniche dei terreni

Il rilevato è composto essenzialmente da un ammasso omogeneo di terreno con una abbondante percentuale di materiale limo-argilloso, la cui componente oscilla tra il 50% e il 75 % del fuso granulometrico.

Il materiale può essere considerato appartenente alla categoria A-7-6 della classificazione AASHO (*Association of State Highway Officials*), ovvero un'argilla con un elevato indice di plasticità.

Gli studi sulla stabilità del rilevato effettuati in questi anni sono stati condotti definendo differenti strati all'interno del rilevato in modo da dettagliare per quanto possibile le caratteristiche del terreno ed evidenziare gli orizzonti con caratteristiche geomeccaniche "peggiori".

I materiali limo-argillosi, grazie alla capacità coesiva, forniscono un'ottima risposta alle sollecitazioni transitorie, quali quelle dovute all'azione del sisma e al rapido svuotamento, mentre risultano più instabili nei confronti delle sollecitazioni a lungo termine.

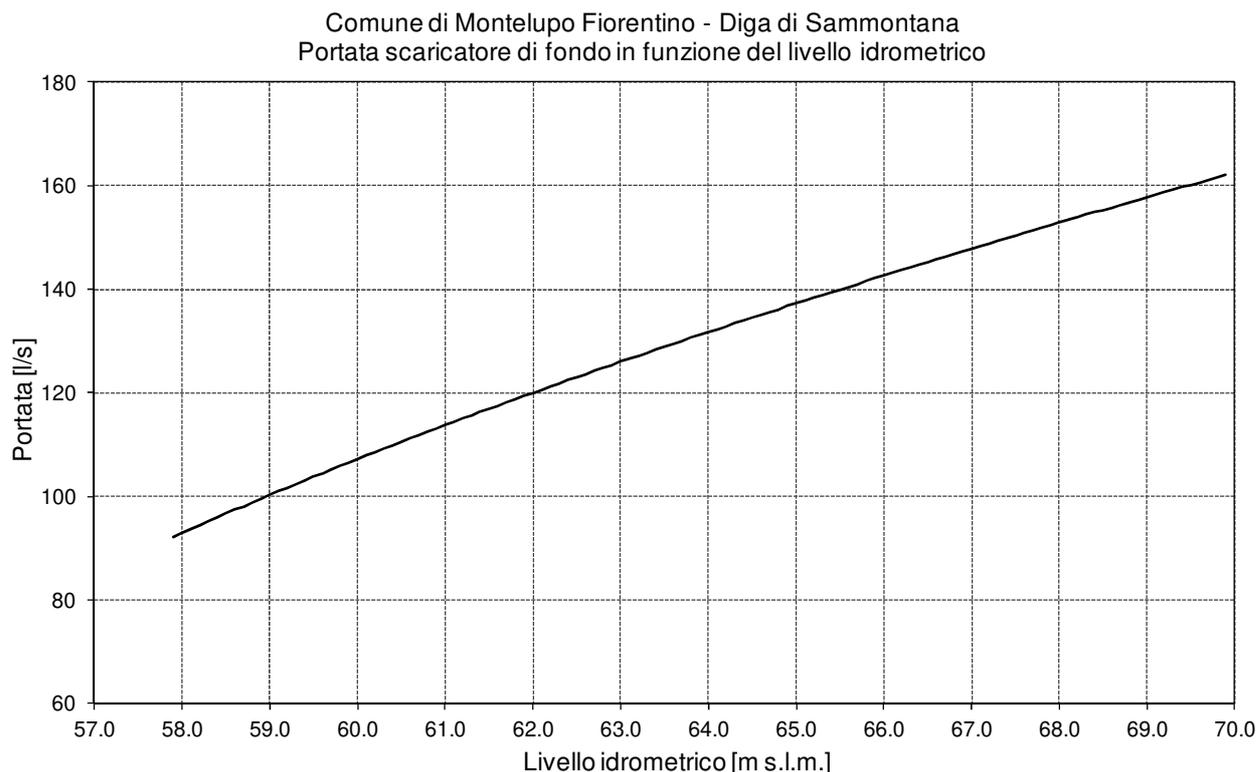


Figura 2-3 – Andamento della portata dello scaricatore di fondo in funzione del livello idrometrico

Infatti, valori piuttosto bassi dell'angolo di resistenza al taglio (mediamente di 28°), in condizioni drenate, possono dare luogo a fenomeni di instabilità qualora la pendenza del paramento non sia sufficientemente dolce.

È opportuno sottolineare che esternamente lo sbarramento si trova in ottime condizioni di stabilità, ovvero non evidenzia particolari movimenti dei paramenti.

Negli anni ha probabilmente subito alcuni assestamenti, soprattutto in corrispondenza della sezione di maggiore altezza. In tale sezione, infatti, è stato possibile rilevare negli anni passati un abbassamento di circa 0.50 m, in parte dovuto probabilmente ai lavori di installazione dei sifoni a cavaliere e delle reti di recinzione.

Sui paramenti è possibile notare delle leggere ondulazioni, anch'esse probabilmente dovute a fenomeni di assestamento nel corso degli anni.

Nei 55 anni dalla costruzione della diga non sono stati effettuati interventi di stabilizzazione o rinfianco dei paramenti, eccetto che un ricarico nel tratto precedentemente citato.

In ogni caso le indagini geotecniche hanno evidenziato una buona compattazione del rilevato con valori variabili tra 82% e 91.70%, il minore dei quali riferibile al livello individuato come meno consistente ed opportunamente schematizzato nelle verifiche di stabilità.

3 QUADRO CONOSCITIVO

3.1 I dati topografici

Il progetto è stato redatto utilizzando i seguenti dati topografici:

- Settembre 1999;
- Marzo 2007;
- Settembre 2007.

Il rilievo del Settembre 2007 è riferito allo sbarramento e allo scaricatore di superficie.

Nel Marzo 2007, in occasione della redazione del progetto preliminare dello sbassamento, è stato condotto un rilievo integrativo del canale a valle dello scaricatore.

Nel Settembre 2007 per la redazione delle integrazioni al progetto preliminare dello sbassamento è stato redatto un rilievo delle sponde del lago con alcune sezioni batimentriche.

È stato inoltre acquisito ed informatizzato il rilievo del lago eseguito per la redazione del progetto originario della diga.

3.2 I dati geotecnici

Le caratteristiche dei terreni componenti il rilevato della diga, sono state indagate a più riprese in questi anni attraverso le seguenti prove geotecniche in sito ed in laboratorio:

- Ottobre 1994;
- Maggio 1999.

Nella campagna geognostica dell'Ottobre 1994 sono stati eseguiti i seguenti sondaggi:

- S1 sondaggio a carotaggio continuo condotto sul coronamento della diga con prelievo di tre campioni (C1, C2 e C3) e installazione di due piezometri tipo Casagrande;
- S2 sondaggio a carotaggio continuo condotto al piede della diga con prelievo di un campione (C1) e installazione di un piezometro con tubo microfessurato;
- prova penetrometrica C.T.P. condotta sul coronamento della diga e installazione di un piezometro con tubo microfessurato;
- S3 sondaggio a distruzione con prelievo di due campioni (C1 e C2).

Nella campagna del Maggio 1999 sono stati eseguiti i seguenti sondaggi:

- S1 condotto sul coronamento della diga con prelievo di due campioni (C1 e C2)

Si riportano in Tabella 3-1 e in Tabella 3-2 la sintesi dei principali parametri geotecnici relativi alla diga nel suo stato attuale.

Strato	Peso saturo [t/m ³]	Coesione [t/m ²]	Angolo di attrito [°]	Quote [m s.l.m.]
1	2.00	0.30	28°	69.7 – 66.1
2	2.10	0.00	28°	66.1 – 63.9
3	2.10	0.30	28°	63.9 – 56.6
4	2.10	0.00	33°	< 56.6

Tabella 3-1 – Parametri verifiche a lungo termine

Strato	Peso saturo [t/m ³]	Coesione [t/m ²]	Angolo di attrito [°]	Quote [m s.l.m.]
1	2.00	7.90	0°	69.7 – 66.1
2	2.10	3.70	0°	66.1 – 63.9
3	2.10	7.90	0°	63.9 – 56.6
4	2.10	0.00	33°	< 56.6

Tabella 3-2 – Parametri verifiche a breve termine

Il terreno in corrispondenza dello sfioratore è stato caratterizzato effettuando due prove di laboratorio su un campione prelevato nel dicembre 1999 a circa 1.0 m di profondità in corrispondenza dell'attuale soglia sfiorante.

Il terreno in corrispondenza dello sfioratore è costituito da sabbie limo argillose con presenza di ghiaie grossolane e si presenta parzialmente diagenizzato con presenza di cemento carbonatico.

Le prove sono state realizzate su un campione rimaneggiato utilizzando il solo materiale passante al setaccio di 2 mm e di conseguenza non sono stati considerati gli effetti della parziale diagenesi.

Le prove condotte sul campione sono le seguenti:

- prova a taglio diretto in condizioni di terreno saturo e non drenato CUS, in termini di tensioni totali a breve termine;
- prova a taglio diretto in condizioni di terreno saturo e drenato CDS in termini di tensioni efficaci a lungo termine.

I risultati delle prove sono riportati nella Tabella 3-3.

Prova	Coesione [kg/cm ²]	Angolo di attrito [°]
CUS	0.63	24
CDS	0.00	32

Tabella 3-3 – Risultati delle prove geotecniche

4 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Gli interventi previsti nel presente progetto preliminare sono riportati negli elaborati ER.02 e ER.03 e comprendono in sintesi:

- abbassamento della quota del coronamento;
- rinfianco del paramento di valle dello sbarramento;
- abbassamento della soglia di sfioro del canale fugatore;
- adeguamento della sezione bagnata del canale fugatore;
- completamento del canale fugatore;
- ristrutturazione del drenaggio;
- rimozione dei sifoni esistenti;
- ristrutturazione piezometri.

Gli interventi di progetto consistono in interventi di ristrutturazione mediante lavori e opere di trasformazione finalizzati al declassamento dello sbarramento e atti ad aumentare la sicurezza attuale della diga, pur senza raggiungere i livelli richiesti per le nuove costruzioni, così come definito al cap. H.2 del D.M. 26/06/2014.

Di seguito è riportata una descrizione di dettaglio dei suddetti interventi.

4.1 Interventi di miglioramento sismico

È necessario procedere ad interventi di miglioramento sismico secondo quanto riportato al cap. H.2.2. del D.M. 26/06/2014, in quanto le verifiche di stabilità, condotte come prescritto ai capp. H.3 e H.4, mostrano il raggiungimento di uno SLU (SLV e SLC).

Lo studio della stabilità della diga ha messo in evidenza alcuni problemi inerenti il raggiungimento dei coefficienti di sicurezza previsti dalla normativa.

Dal rilievo del settembre 1999 (elaborato ER.01) si evidenzia che la pendenza del paramento di valle è 1:2.15 a fronte di una pendenza del progetto originario di 1:2.5.

Per il raggiungimento di un più elevato coefficiente di sicurezza in termini di tensioni efficaci del paramento di valle nella verifica a lungo termine si prevede di ridurre la quota della sommità del coronamento della diga e di realizzare un rinfianco del paramento di valle.

La sommità del coronamento della diga viene abbassata di 3.4 m dalla quota di 69.9 m s.l.m. alla quota di 66.5 m s.l.m.. La larghezza minima del coronamento passa da circa 3.0 m a 14.47 m.

Il ricarico del paramento di valle viene eseguito dal piede fino alla banca intermedia, prevista alla quota di 58.75 m s.l.m. e con una larghezza in testa di 7.0 m. La sommità della banca è posta 7.75 m al disotto della sommità del coronamento di progetto.

L'altezza complessiva del rinfianco passa da un massimo di 7.15 m in corrispondenza dell'impluvio naturale del corso d'acqua, ad un minimo di 1.85 m in corrispondenza della spalla in destra del rilevato. Il piede del rilevato si trova, infatti, a quote progressivamente crescenti procedendo verso il versante in destra.

Contestualmente all'abbassamento del coronamento della diga viene riprofilato il paramento di valle per ottenere una pendenza costante di 1:2.5 come da progetto originario (elaborati ER.02 e ER.03).

4.1.1 Caratteristiche dei terreni di rinfianco

Il terreno utilizzato per il rinfianco della diga dovrà avere le caratteristiche previste nelle verifiche di stabilità.

In particolare, il terreno utilizzato per il rinterro è assunto con le stesse caratteristiche di quelle del corpo diga in quanto è ipotizzato che sia realizzato con il materiale rimosso dalla sommità della diga nel corso delle operazioni di sbassamento.

Una volta messo in opera, il terreno avrà, pertanto, un angolo di attrito di almeno 28°, un peso insaturo di circa 1.8 t/m³ e un peso saturo di circa 2.0 t/m³ con una resistenza al taglio in termini di tensioni totali di 7.9 t/m² e una resistenza in termini di tensioni efficaci di 0.3 t/m².

4.1.2 Messa in opera del terreno di rinfianco

La densità relativa ottenuta in loco dovrà essere almeno il 90% di quella determinata all'ottimo delle prove Proctor standard (ASTM D-698 e AASHTO T-99) effettuate sul materiale da porre in opera.

Il costipamento dovrà avvenire utilizzando rulli a masse vibranti. L'effetto di costipamento del rullo vibrante risulta di maggiore efficacia a profondità variabili tra 40 cm e 80 cm, per cui si prevede di porre il materiale a strati di 40 cm.

La verifica del raggiungimento della densità relativa prevista dovrà essere effettuato con misure di densità in numero di almeno 1 ogni 500 m³ di materiale posto in opera.

Eventuali variazioni sulle caratteristiche del materiale dovranno essere opportunamente verificate attraverso nuove verifiche di stabilità del rilevato.

Il rinfianco verrà ammorsato nel terreno di fondazione attraverso un taglione di 1.0 m di profondità e 2.0 m di larghezza posto in corrispondenza dell'estremità di valle. L'ammorsamento nel rilevato esistente verrà realizzato mediante incassi con due superfici di taglio a 45°.

Il terreno di riempimento degli incassi dovrà avere le stesse caratteristiche del rinfianco.

4.1.3 La protezione del rilevato a lavori ultimati

A ultimazione dei lavori è importante provvedere alla protezione del nuovo paramento del rinfianco, al fine di scongiurare fenomeni erosivi dovuti al dilavamento.

Per questo motivo il paramento del rinfianco verrà ricoperto con uno stato di terreno vegetale con forti componenti limo-argillose.

Il terreno dovrà essere seminato a spaglio e protetto con una biostuoia composta da fibre naturali biodegradabili, opportunamente ammorsata in sommità ed alla base e picchettata per il fissaggio al paramento.

Si prevede, inoltre, la posa in opera di canali di drenaggio delle acque superficiali alla base delle scarpate superiore e inferiore, nonché la posa in opera di embrici ai lati del corpo diga.

4.1.4 Il sistema di monitoraggio del rilevato durante i lavori

La realizzazione degli scavi di ammorsamento costituisce una fase piuttosto delicata dell'intervento, soprattutto in corrispondenza dello scaricatore di fondo, ove la sezione della diga presenta la massima altezza.

Nel corso dei lavori il livello idrometrico del lago dovrà essere mantenuto al di sotto della quota di 60.0 m s.l.m. in modo da mantenere convenientemente basso il livello della falda del rilevato e scongiurare il rischio di sifonamento.

Durante i lavori il coronamento dovrà essere monitorato con frequenti misure topografiche per evidenziare eventuali situazioni di cedimento.

4.2 Interventi di miglioramento idraulico

È necessario procedere ad interventi di miglioramento idraulico secondo quanto riportato al cap. H.2.2. del D.M. 26/06/2014, in quanto il tempo di ritorno della portata di piena scaricabile rispettando il franco idraulico indicato al cap. C.1 è inferiore a 1000 anni.

Gli interventi di adeguamento previsti hanno lo scopo di ripristinare una capacità di smaltimento che migliori sensibilmente il livello di sicurezza attuale della diga.

La soluzione progettuale è sviluppata tenendo conto del vincolo imposto dal regolamento dighe circa la necessità di smaltire la portata millenaria interamente con scaricatori di superficie a soglia fissa a partire da una condizione iniziale di invaso corrispondente alla massima regolazione.

Lo stato di progetto consentirà alla piena con **tempo di ritorno 1000 anni** di essere evacuata con una **quota di massimo invaso di 64.53 m s.l.m.** e quindi con un **franco idraulico di 1.97 m**, superiore al franco minimo regolamentare calcolato secondo quanto riportato ai capp. C.1 e C.2 del D.M. 26/06/2014.

L'ipotesi progettuale proposta consiste nel procedere all'abbassamento della quota di stramazzo attuale e alla conseguente riprofilatura del fondo e delle sezioni trasversali del canale fagatore.

L'abbassamento della soglia di sfioro costituisce un intervento di miglioramento idraulico necessario per rispettare il **franco idraulico minimo regolamentare di 1.9 m** calcolato secondo gli artt. C.1 e C.2 del D.M. Infrastrutture e Trasporti 26 giugno 2014.

La soglia di sfioro verrà posta alla quota di 61.5 m s.l.m., ovvero abbassata di 6.4 m rispetto alla soglia di sfioro attuale (67.9 m s.l.m.).

L'abbassamento verrà realizzato sul fianco sinistro dello sfioratore attuale come evidenziato nella planimetria dell'elaborato ER.02.

Come si evince dalle sezioni trasversali, il nuovo sfioratore è completamente realizzato fuori dal corpo diga.

Il nuovo sfioratore sarà costituito da uno scatolare rettangolare in c.a. largo 3.0 m e muri laterali con altezza massima di circa 5.0 m, all'interno del quale sarà realizzata una bacca tarata larga 1.2 m al fine di potenziare gli effetti di laminazione esercitati dall'invaso.

La finitura dei muri laterali sarà realizzata mediante lastre rivestite in pietrame ad *opus incertum* secondo la tipologia riportata nella Figura 4-1, mentre il fondo alveo sarà mantenuto in calcestruzzo.



Figura 4-1 - Tipologia del rivestimento dei muri in sponda destra e sinistra

4.3 Adeguamento del canale fuggatore

In ragione della realizzazione della nuova soglia dello sfioratore sarà necessario procedere alla realizzazione di un nuovo canale fuggatore (elaborato ER.04).

Il nuovo canale fuggatore avrà una lunghezza di circa 111 m, come mostrato nel profilo longitudinale e nelle sezioni trasversali riportate nell'elaborato ER.04.

Lato versante (sponda destra) verrà mantenuto il muro dell'attuale sfioratore, sul quale verrà addossato il materiale scavato con il fine di ripristinare la pendenza naturale delle scarpate, alla base del quali sarà realizzata la viabilità di accesso al coronamento della diga.

Il nuovo canale fuggatore sarà costituito da uno scatolare rettangolare in c.a. largo 3.0 m e muri laterali con altezza massima di circa 5.0 m, analogamente allo sfioratore.

Le fasi di lavoro prevedono di realizzare il canale fuggatore procedendo da valle verso monte realizzando degli scavi a 45° opportunamente rivestiti con uno strato di spritz-beton per stabilizzare la superficie ed evitare fenomeni di dilavamento. Il rivestimento sarà realizzato con uno spessore di 10 cm di calcestruzzo armato con un foglio di rete Ø10 mm con maglia 20×20 cm, che verrà demolito prima di realizzare i rinfianchi in terra.

Sul coronamento attuale della diga sarà realizzata, prima dell'inizio dei lavori del nuovo canale fuggatore, una paratia di pali compenetrati Ø600 mm armati uno sì e uno no profondi 21.0 m con un cordolo di collegamento largo 1.2 m e alto 1.0 m. La paratia avrà un'estensione di 25.0 m e sarà messa in opera in asse al nuovo sfioratore. I pali saranno realizzati prima di eseguire lo scavo per la realizzazione dello sfioratore sul coronamento in modo da contenere i livelli di invaso in caso di eventi di piena. I pali verranno demoliti fino alla quota di 66.2 m s.l.m. una volta completato lo sfioratore e verrà realizzato un nuovo cordolo di collegamento largo 1.0 m e alto 0.6 m. La paratia di pali di grosso diametro costituirà così un setto impermeabile per contrastare i fenomeni di filtrazione intorno alla nuova opera di sfioro.

La finitura di tutti i muri sarà in lastre rivestite in pietrame ad *opus incertum* secondo la tipologia riportata nella Figura 4-1, analogamente alla finitura dello sfioratore. Il fondo alveo sarà in calcestruzzo.

Le portate scaricate nelle condizioni di massima regolazione transiteranno con un franco idraulico minimo di 1.6 m per il tempo di ritorno di 1000 anni e di 1.7 m per il tempo di ritorno di 200 anni. Per maggiori dettagli in merito alle metodologie adottate e ai risultati ottenuti con l'analisi idrologica e idraulica si rimanda all'elaborato ER.04 e ai tabulati delle verifiche idrauliche condotte in moto permanente riportate nell'Appendice B.

Il nuovo tratto del canale fuggatore sarà affiancato sul lato esterno da un argine largo in sommità 3.5 m. Il paramento dell'argine sarà inerbito con idrosemia.

4.4 La vasca di dissipazione

A valle del canale fuggatore la corrente deve essere rallentata e dissipare parte del carico. È prevista, pertanto, la realizzazione di un opportuno manufatto di dissipazione con funzione di raccordo con il canale in terra del fosso presente a valle della diga.

Il manufatto in questione si compone di una vasca ove il canale fuggatore si immette senza salto di fondo. La sezione di uscita dalla vasca è opportunamente dimensionata per mantenere nella stessa una corrente lenta in grado di provocare la dissipazione dell'energia cinetica attraverso un risalto idraulico.

Per la vasca è previsto un franco idraulico di 1.35 m per l'evento con tempo di ritorno millenario e di 1.8 m per quello duecentennale.

La vasca di dissipazione, a sezione rettangolare, avrà un'altezza minima di 4.0 m, una larghezza di 5.50 m e una lunghezza di 20.0 m. La vasca sarà depressa di 80 cm rispetto al canale di valle.

La vasca di dissipazione sarà realizzata in c.a. con le pareti perimetrali costituite da lastre rivestite in pietrame ad *opus incertum* secondo la tipologia riportata nella Figura 4-1, analogamente al canale fugatore. Il fondo alveo sarà mantenuto in calcestruzzo.

A valle della vasca di dissipazione verrà realizzato il raccordo della medesima con il corpo idrico recettore che sarà riprofilato per un primo tratto con una forma trapezia larga al fondo 1.5 m e sponde con pendenza 3:2.

Per un primo tratto di 10.0 m il canale recettore sarà protetto con massi di diametro 80 cm.

Nell'elaborato ER.04 sono riportate le sezioni del canale fugatore e della vasca di dissipazione, indicate nella planimetria dell'elaborato ER.02.

4.5 Ristrutturazione del drenaggio

In corrispondenza del rinfianco verrà posto in opera un tappeto drenante dallo spessore di 50 cm in pietrisco omogeneo di cava, dal diametro di 60÷70 mm (elaborati ER.02 e ER.03). Il materasso verrà protetto sia inferiormente che superiormente da un filtro in tessuto non tessuto.

L'estensione del dreno varia da circa 13.0 m in corrispondenza dello scaricatore di fondo a 6.0 m verso la sponda destra. Il tappeto drenante dovrà avere una pendenza verso valle del 2%.

All'estremità di valle del tappeto verrà posto un tubo drenante del diametro di 200 mm, alloggiato all'interno di una trincea alta 1.0 m per 1.0 m di larghezza, realizzata con lo stesso pietrame.

Un altro tubo di drenaggio verrà posto a sinistra della tubazione dello scaricatore di fondo al fine di intercettare le acque della sorgiva esistente.

Le acque drenate dal tappeto di pietrame posto alla base della diga e quelle provenienti dall'intercettazione della sorgiva saranno convogliate in due distinti pozzetti.

4.6 Scarico di fondo e sifoni

Il raccordo dello scaricatore di fondo con il nuovo paramento della diga, verrà realizzato attraverso un manufatto in scogliera in massi ciclopici spessa 80 cm intasata con calcestruzzo.

I massi verranno posti in opera su geotessile, mentre sul lato del drenaggio verrà posto un materassino impermeabilizzante composto da un doppio strato di geotessile contenente bentonite preattivata.

La tubazione dello scaricatore di fondo verrà protetta attraverso un rinfianco in calcestruzzo di 80×80 cm.

Gli attuali sifoni a cavallo della diga saranno rimossi e non saranno sostituiti.

Nella Figura 4-2 si riporta il grafico del tempo di svuotamento delle acque invase dalla diga a partire dalla quota di massimo invaso pari a 64.6 m s.l.m..

Il tempo necessario allo svuotamento completo dell'invaso è di circa 6 giorni, mentre il tempo necessario per ripristinare la quota di massima ritenuta a 61.5 ms.l.m. è di circa 4 giorni.

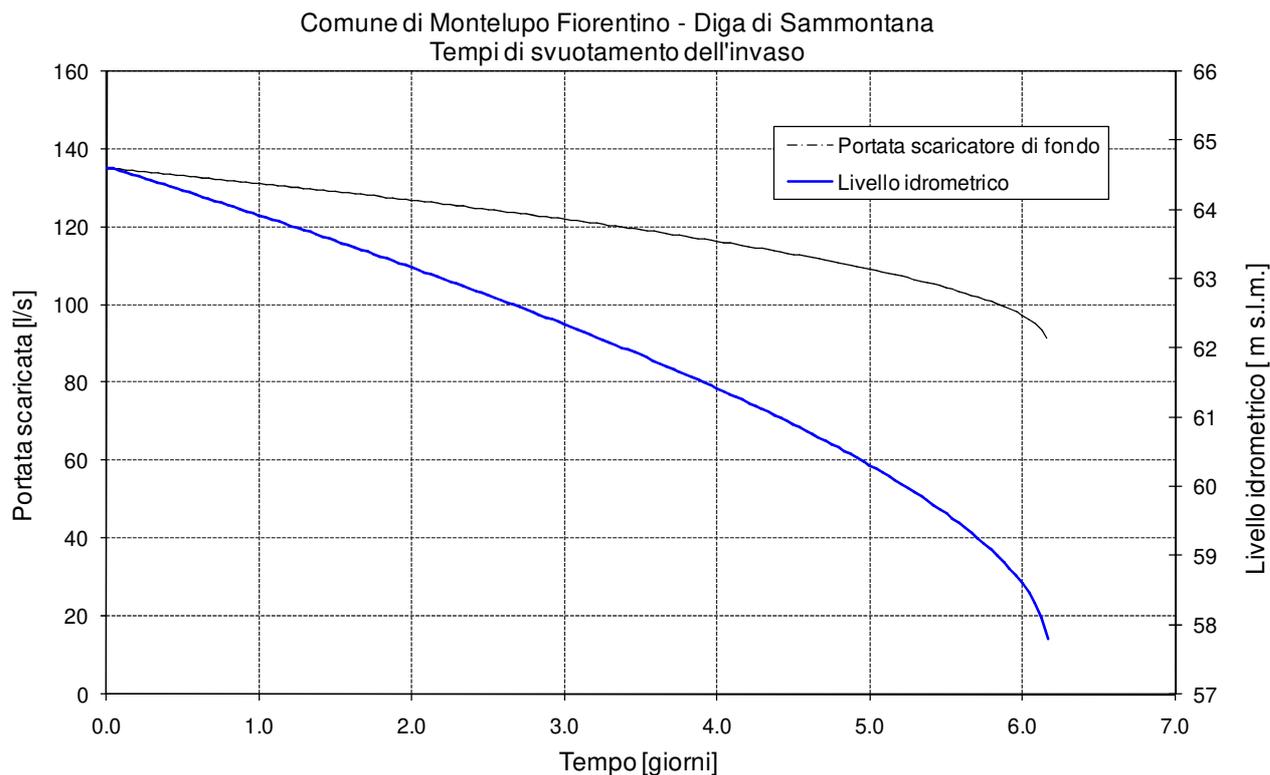


Figura 4-2 – Tempi di svuotamento dell'invaso.

4.7 Piezometri

Verranno predisposti 3 nuovi piezometri, per cui complessivamente saranno disponibili 2 piezometri posti sul coronamento, compreso quello esistente, e 2 sulla banca di rinfianco (elaborato ER.02).

Complessivamente al termine dei lavori la diga sarà dotata dei piezometri riportati nella Tabella 4-1.

Piezometro	Posizione	Profondità trivellazione	Profondità cella 1	Profondità cella 2
1	Banca	5.5	4.5	-
2	Banca	8.5	7.5	-
3	Sommità	15.5	14.5	8.0
4	Sommità	-	12.5	7.0

Tabella 4-1 – Piezometri di progetto.

5 VERIFICA DELL'INTERVENTO

5.1 *Analisi idrologiche*

L'analisi idrologica è condotta mediante l'applicazione di un modello idrologico a parametri distribuiti, che prevede la schematizzazione a celle del bacino, per ciascuna delle quali viene attribuito un set di parametri che ne caratterizzano la risposta idrologica.

Il modello è in grado di simulare sia il fenomeno della formazione dell'onda di piena che quello del suo trasferimento a scala di bacino e consente la ricostruzione dei deflussi di piena da utilizzare come *input* per le verifiche idrauliche.

Il modello idrologico utilizzato (*software* PIENE 4.13) è descritto in nell'elaborato ID.01.

5.1.1 Caratteristiche del modello afflussi-deflussi

Il modello idrologico utilizzato può essere classificato come distribuito in quanto i parametri sono definiti per ognuna delle singole celle. Dal punto di vista concettuale il modello valuta dapprima la formazione del deflusso superficiale mediante la simulazione del fenomeno dell'intercettazione e, successivamente, il trasferimento di tale deflusso sino alla sezione di chiusura.

Il modello che simula il fenomeno dell'intercettazione calcola il deflusso superficiale di ciascuna cella, considerando sia la capacità di ritenuta del suolo che la velocità di infiltrazione a saturazione (percolazione). Il modello mette in conto anche la componente di deflusso ipodermico che raggiunge il reticolo con tempi maggiori rispetto al deflusso superficiale.

Le curve di possibilità pluviometrica adottate sono quelle dello studio "*Analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme. Macroattività B - Modellazione idrologica. Attività B1 - Regionalizzazione precipitazioni*", redatto nell'ambito dell'accordo di collaborazione scientifica tra Regione Toscana e Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze (Caporali E., Chiarello V. e Rossi G., marzo 2014).

La capacità di ritenuta e la velocità di filtrazione a saturazione sono state ricavate dal DB idrologico realizzato nell'ambito dello studio "*Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC. Addendum: Parametrizzazione HMS. Macroattività B - Modellazione idrologica. Attività B2 - Modellazione idrologica caso pilota*", redatto nell'ambito dell'accordo di collaborazione scientifica tra Regione Toscana e Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze (Castelli F., novembre 2014).

La simulazione delle modalità di trasferimento del deflusso superficiale si basa sulla schematizzazione del fenomeno mediante una componente di tipo cinematico e una di tipo "serbatoio lineare" (modello tipo *Clark*).

L'applicazione di un modello a parametri distribuiti prevede la schematizzazione a celle del bacino, per ciascuna delle quali viene definito un set di parametri che ne caratterizzano la risposta idrologica.

Il modello necessita, quindi, di una serie di mappe relative alle grandezze idrologiche e geografiche.

Le mappe che forniscono la parametrizzazione dei processi di formazione e trasferimento dei deflussi sul bacino in esame sono:

1. *mappa dei puntatori*;
2. *mappa degli ordini di calcolo*;
3. *mappa dei bacini*;
4. *mappa delle velocità*;

5. mappa dei tempi di trasferimento;
6. mappa della capacità di ritenuta (GRAV – contenuto di acqua gravimetrica)
7. mappa della velocità di filtrazione a saturazione (percolazione) (KSAT-150 conducibilità satura intero suolo)

5.1.2 Caratteristiche geografiche

Le basi di dati cartografici, in formato digitale (*raster*), sono costituite da:

- modello digitale del terreno con maglia 10×10 m adeguata a consentire l'individuazione delle linee di impluvio ed una corretta individuazione dei bacini imbriferi;
- mappa della capacità di ritenuta;
- mappa della velocità di filtrazione a saturazione.

Il *raster* dei “puntatori idrologici e dei tempi di trasferimento” sono elaborati a partire dal DTM 10×10 m. Il *raster* dei puntatori indica la direzione del deflusso superficiale e viene ricavato assumendo che ogni cella versi nella cella vicina a quota minore.

I tempi di trasferimento sono valutati nell'ipotesi che la velocità di trasferimento nella singola sezione sia proporzionale all'area del bacino a monte elevata all'esponente 0.15 e alla pendenza locale elevata alla 0.2.

Il legame funzionale è del seguente tipo:

- $v = 1.85 \times A^{0.15} \times J^{0.2}$ per le acque alte;
- $v = 0.85 \times A^{0.15} \times J^{0.2}$ per le acque basse;

dove v è la velocità di trasferimento [m/s], A l'area del bacino [km²] e J la pendenza locale per la rete delle acque alte.

5.1.3 Calcolo delle portate di piena

Nella Tabella 5-1 si riportano i valori della portata al colmo per ciascun tempo di ritorno, mentre nella Figura 5-1 sono raffigurati gli idrogrammi di piena.

Tempo di ritorno [anni]	Q_{max} [m ³ /s]
30	8.71
50	10.79
200	17.09
500	22.35
1000	26.23

Tabella 5-1 – Portate al colmo in funzione dei tempi di ritorno

Le portate afferenti al lago calcolate nel presente progetto risultano superiori rispetto a quelle calcolate nel progetto preliminare del dicembre 2010 e comparabili con quelle calcolate nel progetto del marzo 2001. Tale differenza è dovuta alle diverse linee segnalatrici di possibilità pluviometrica utilizzate.

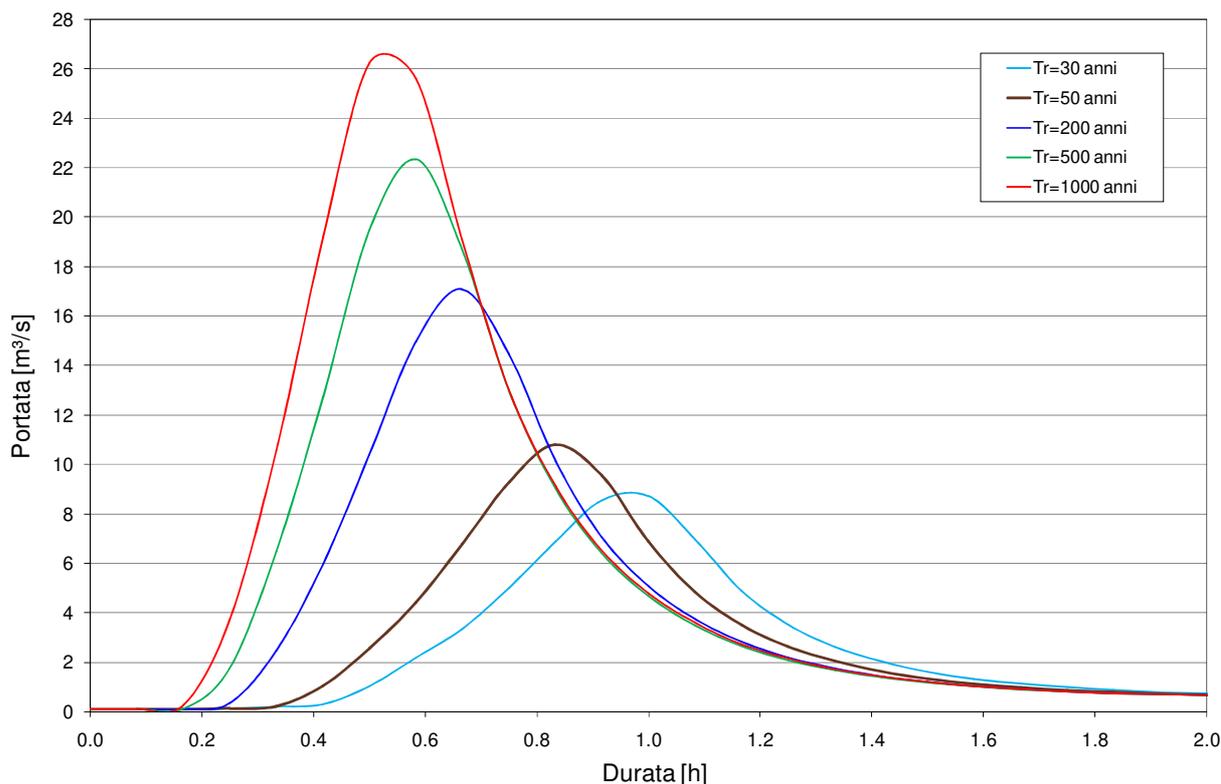


Figura 5-1 – Idrogrammi di piena per i tempi di ritorno di 30, 50, 200, 500 e 1000 anni

5.2 Analisi idrauliche dello sfioratore

5.2.1 Calcolo del franco minimo regolamentare

Si riportano di seguito le determinazioni per il calcolo del franco idraulico minimo regolamentare secondo la procedura riportata ai capp. C.1 e C.2 del D.M. del 26 giugno 2014.

Il franco netto è 1.5 m essendo l'altezza della diga pari a 15 m.

L'abbassamento massimo dovuto al sisma è pari a 0.075 m.

Il valore dell'ampiezza d'onda minimo per *Fetch* 1 km e velocità del vento pari a 100 km/h per la zona 3 vale 0.27 m, mentre la risalita contro il paramento dello sbarramento è pari a 0.033 m.

Il franco idraulico minimo regolamentare è, pertanto, pari a **1.9 m** (Tabella 5-2).

Altezza diga Sammontana	15 m
Franco netto Sammontana	1.5 m
Abbassamento da sisma	0.0 m
Franco minimo sisma	0.075 m
Franco onda	0.27 m
Franco <i>run up</i>	0.033 m
Franco minimo totale	1.9 m

Tabella 5-2– Calcolo del franco idraulico minimo regolamentare

5.2.2 Verifica del franco di sicurezza

La verifica idraulica è finalizzata a valutare la portata evacuata dallo scarico di superficie e il franco di sicurezza per l'evento con tempo di ritorno di 1000 anni nell'ipotesi che all'inizio dell'evento il livello nell'invaso corrisponda alla quota di massima regolazione di progetto ovvero pari a 61.50 m s.l.m..

Per tenere in considerazione l'effetto di laminazione esercitato dall'invaso sugli idrogrammi in ingresso, la variazione dei livelli idrometrici nel tempo è calcolata effettuando un bilancio ad istanti successivi fra volumi entranti, invasati e fuoriusciti.

A tale scopo è necessario conoscere la relazione che lega l'altezza di acqua presente nell'invaso al volume invasato.

I parametri della curva di invaso, ricostruita a partire dal rilievo batimetrico effettuato nel 2007, sono riportati nella Tabella 5-3.

a	1910.81
H ₀ [m s.l.m.]	57.80
b	1.83

Tabella 5-3 – Parametri della curva di invaso

La simulazione della laminazione è eseguita, dunque, utilizzando la seguente curva altezze-volumi:

$$V = 1910.81 \cdot (H - 57.80)^{1.83} \quad [5.5]$$

calcolando la variazione dei livelli idrometrici nel tempo dovuta agli apporti in volume dell'idrogramma di piena in ingresso. La curva di invaso utilizzata è rappresentata nella Figura 5-2.

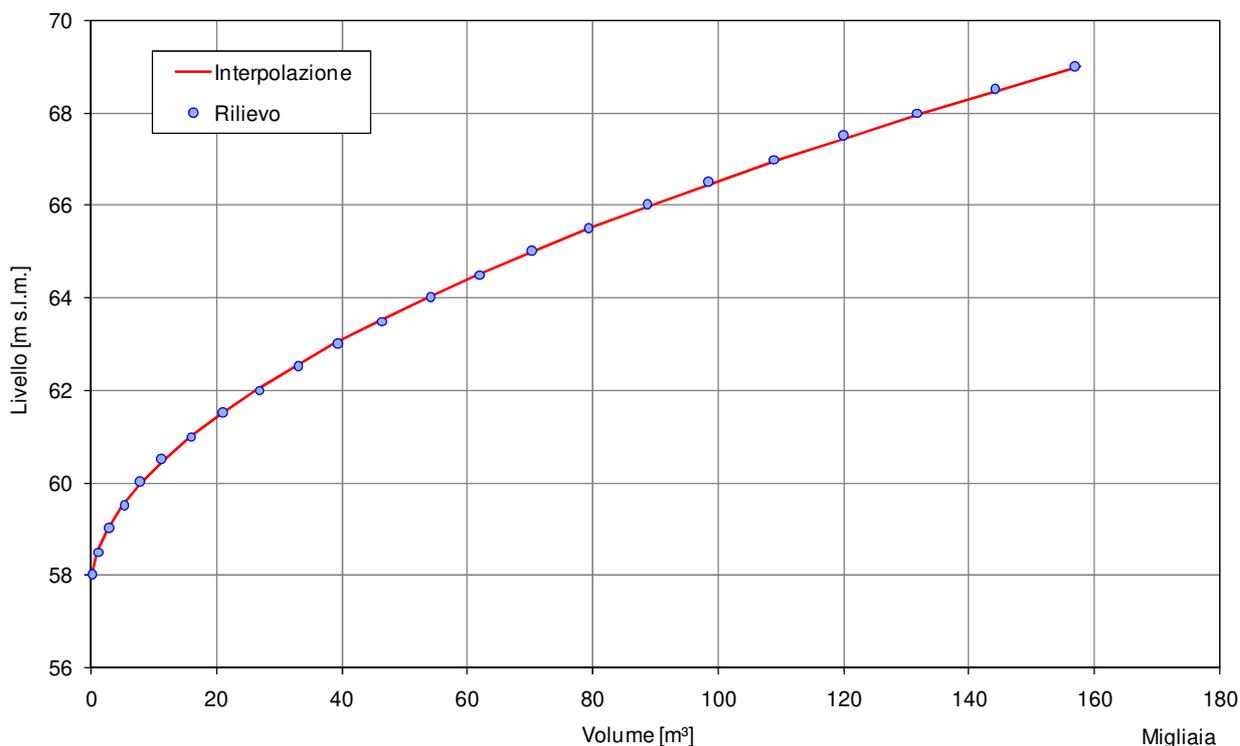


Figura 5-2 – Curva volumi-altezze caratteristica dell'invaso

La scala di deflusso per la schematizzazione dello scarico di superficie è ricavata dai tabulati di calcolo delle verifiche idrauliche condotte in moto permanente in corrente mista del sistema "soglia sfiorante-canale fagatore". I parametri caratteristici della scala di deflusso sono riportati nella Tabella 5-4.

a	1.813
H ₀ [m s.l.m.]	61.50
b	1.506

Tabella 5-4 – Parametri della scala di deflusso

La scala di deflusso adottata per schematizzare la soglia è:

$$Q = 1.813 \cdot (H - 61.50)^{1.506} \quad [5.6]$$

La soglia di sfioro si trova ad una quota di 61.50 m s.l.m. Il livello idrometrico iniziale è fatto coincidere con la quota di massima regolazione di progetto ovvero pari a 61.50 m s.l.m.

Nella simulazione numerica, in accordo alle modalità di scarico previste dal D.M. 24/03/1982, la portata è evacuata unicamente utilizzando lo scarico di superficie. È stato dunque ignorato il contributo dello scaricatore di fondo.

La massima portata evacuata si verifica per l'evento meteorico di durata pari a 2 ore e risulta pari a 9.6 m³/s con un livello idrometrico nell'invaso di 64.53 m s.l.m. (3.03 m rispetto alla soglia di sfioro posta a 61.50m s.l.m.) a cui corrisponde un franco di 1.97 m.

Nella Figura 5-3 è rappresentato l'effetto di laminazione della portata millenaria operato dal serbatoio nel caso in cui il livello idrometrico iniziale coincida con la quota di massima regolazione.

Nella Figura 5-4 sono riportati, al variare della durata dell'evento, l'andamento dei valori massimi delle portate affluite al lago e di quelle scaricate, nonché l'andamento del franco minimo di sicurezza per il tempo di ritorno di 1000 anni.

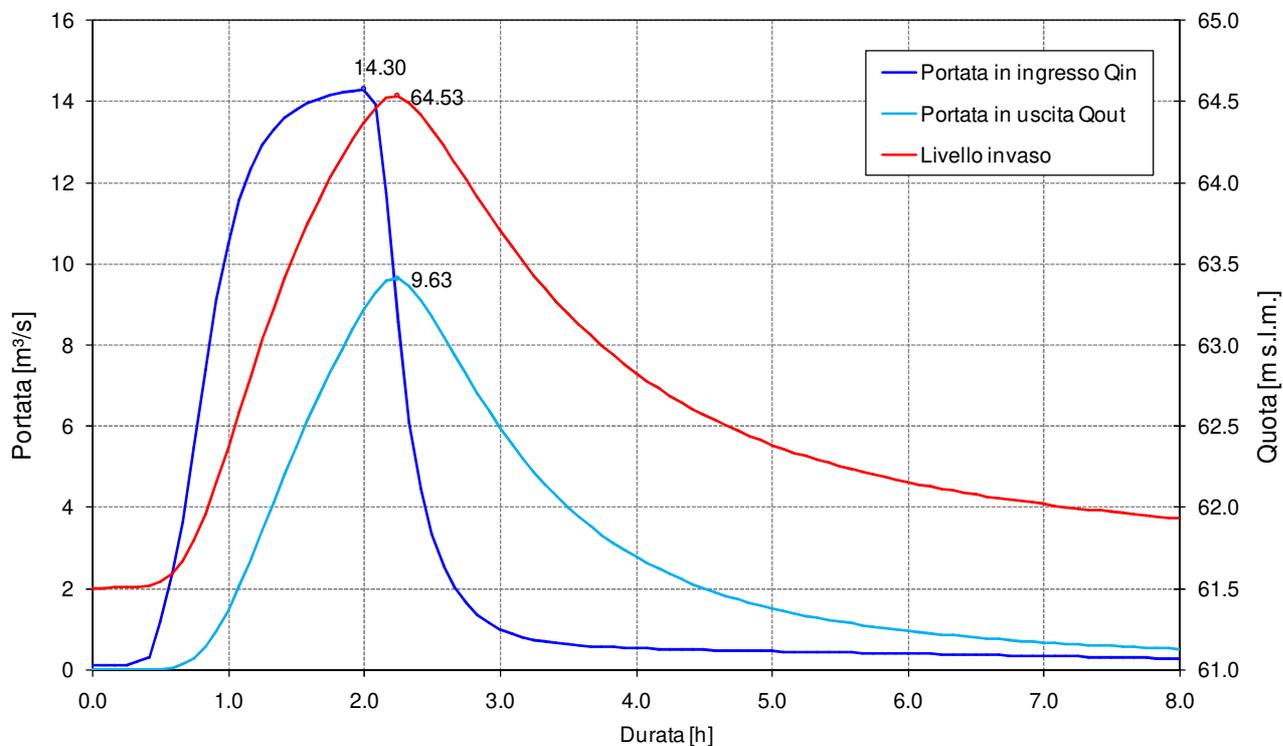


Figura 5-3 – Laminazione del serbatoio per Tr=1000 anni e d=2 ore nello stato di progetto nella condizione di massima regolazione

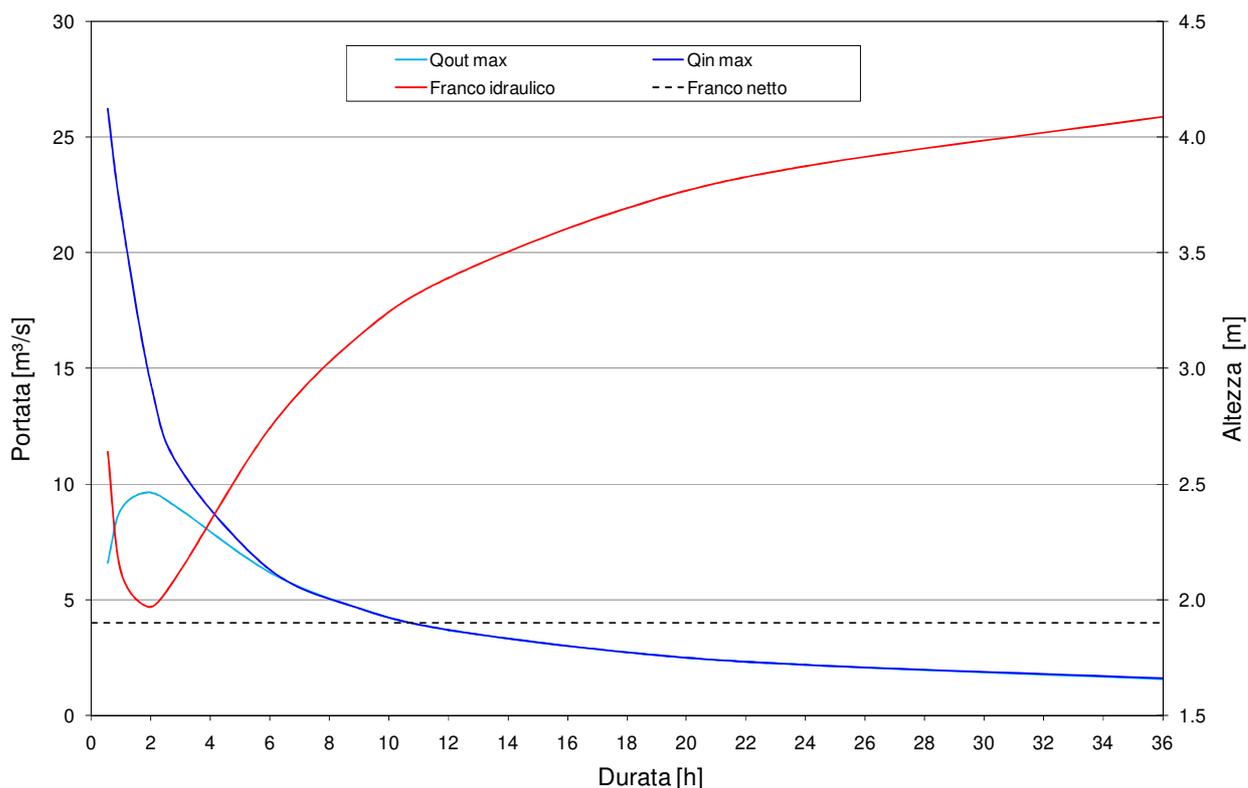


Figura 5-4 – Laminazione del serbatoio per $T_r = 100$ anni nello stato di progetto

Nella Tabella 5-5 è riportato il confronto tra i valori delle portate al colmo in arrivo al serbatoio, calcolati con il modello idrologico, e quelli laminati dall'invaso, stimati secondo la procedura precedentemente descritta, per il tempo di ritorno di 1000 anni e per le durate di 0.56 (durata critica), 1, 2, 3, 6, 9, 12, 18, 24 e 36 ore.

Durata [h]	Q_{IN} [m³/s]	Q_{OUT} [m³/s]	Frango [m]
0.56	26.23	6.61	2.640
1	21.71	8.94	2.115
2	14.30	9.63	1.968
3	10.61	8.88	2.127
6	6.29	6.17	2.745
9	4.62	4.61	3.142
12	3.71	3.70	3.393
18	2.71	2.71	3.694
24	2.17	2.17	3.874
36	1.58	1.58	4.089

Tabella 5-5 – Portate al colmo in ingresso e uscita dal serbatoio e franco idraulico per il tempo di ritorno di 1000 anni e le durate di 0.56, 1, 2, 3, 6, 9, 12, 18, 24 e 36 ore

5.2.3 Capacità di laminazione

Nel presente paragrafo vengono illustrati i risultati delle verifiche idrauliche della capacità di laminazione dell'invaso per i tempi di ritorno di 30, 50, 200 e 500 anni.

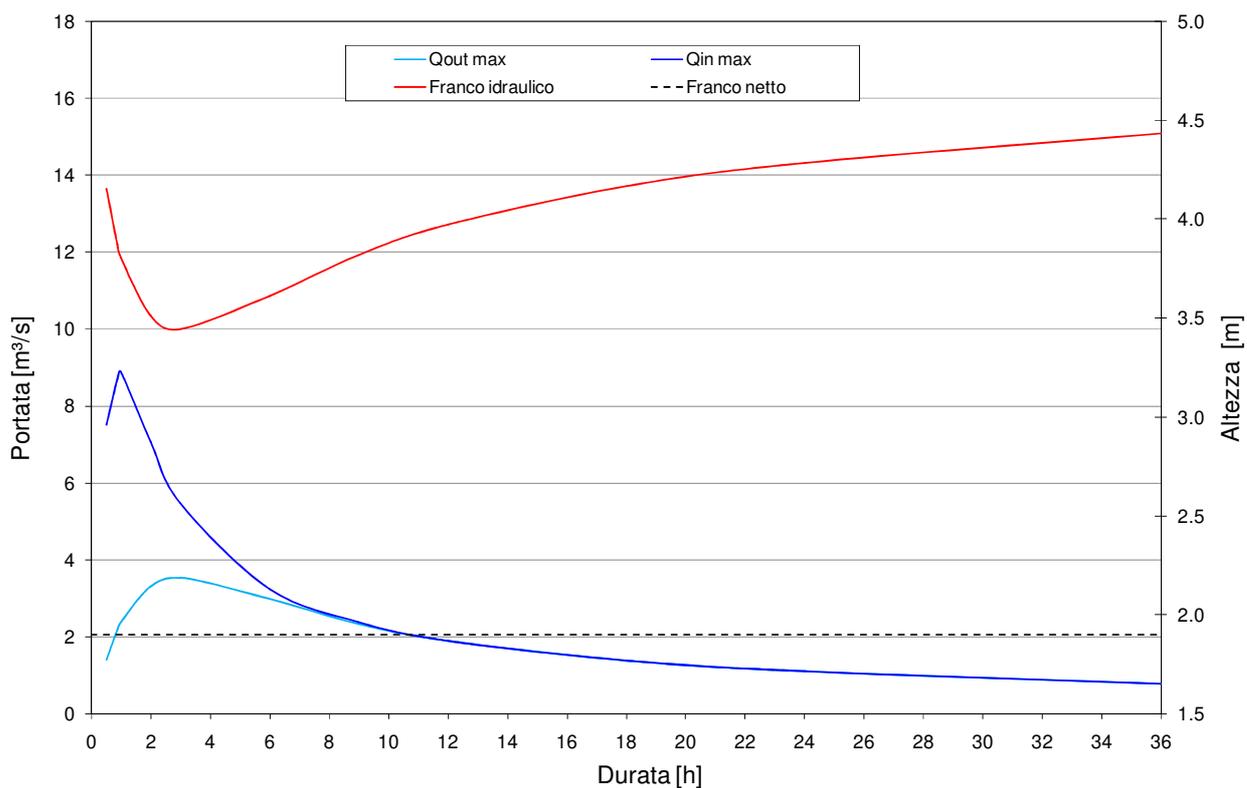


Figura 5-5 – Laminazione del serbatoio per $Tr = 30$ anni nello stato di progetto

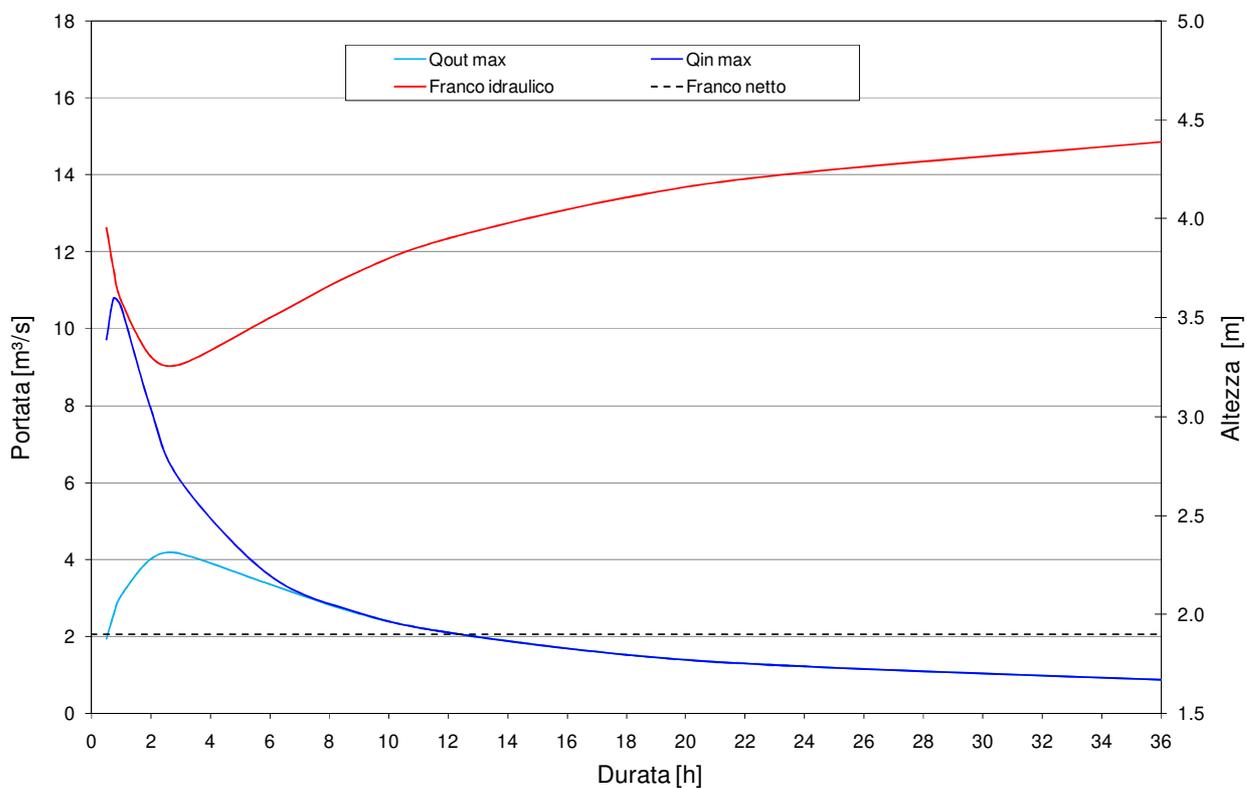


Figura 5-6 – Laminazione del serbatoio per $Tr = 50$ anni nello stato di progetto

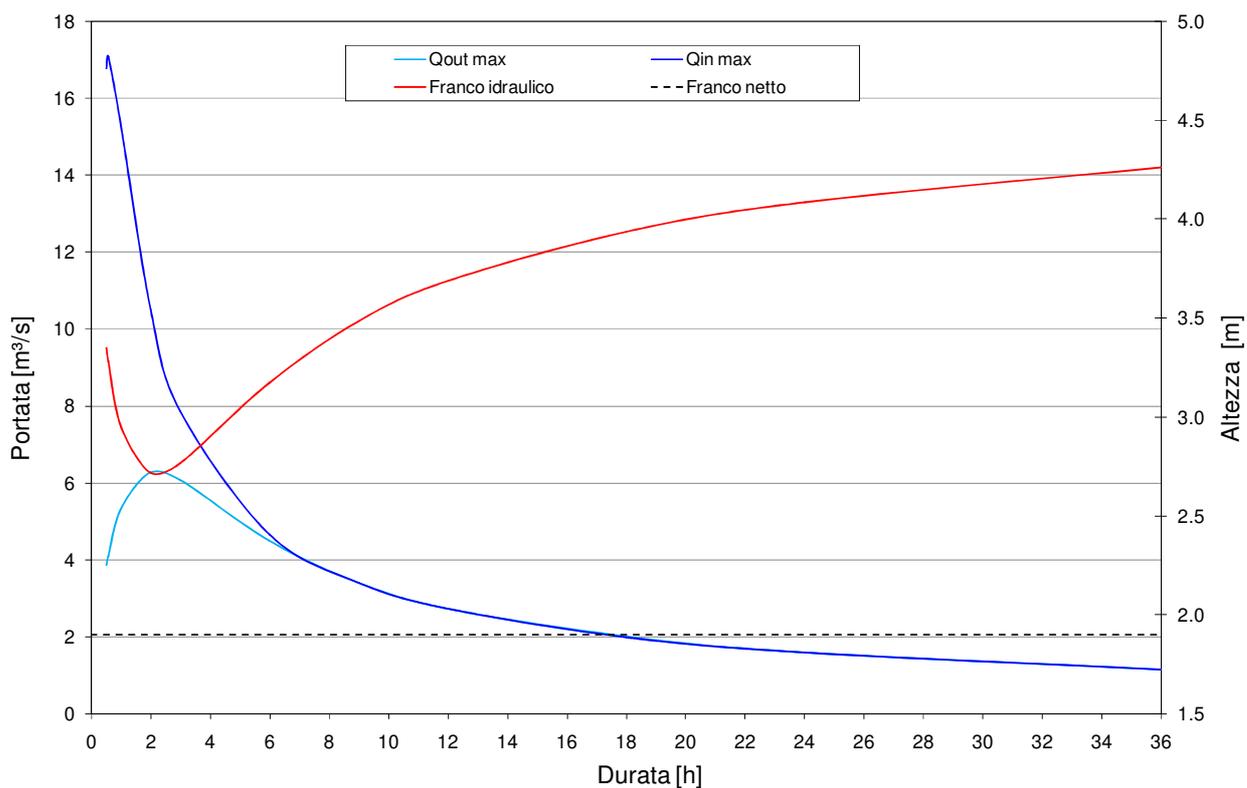


Figura 5-7 – Laminazione del serbatoio per $Tr = 200$ anni nello stato di progetto

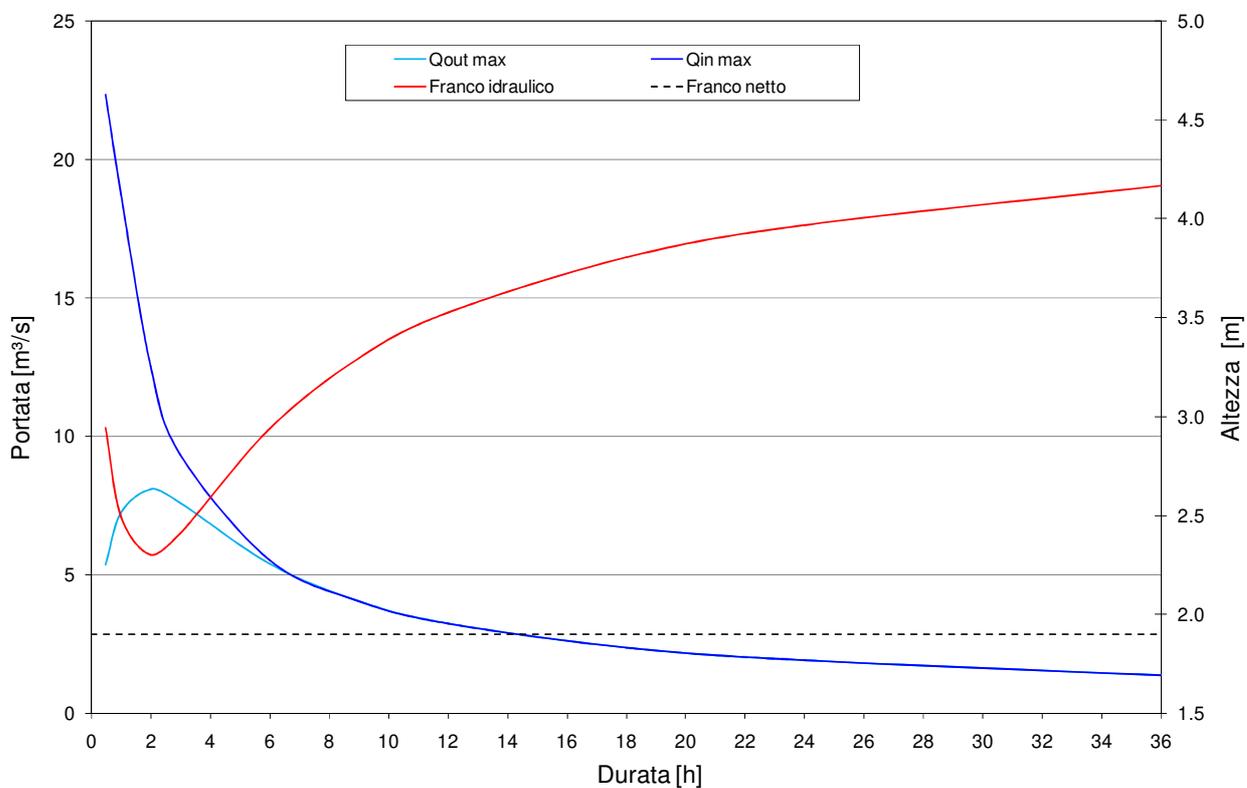


Figura 5-8 – Laminazione del serbatoio per $Tr = 500$ anni nello stato di progetto

Nella Figura 5-5, Figura 5-6, Figura 5-7 e Figura 5-8 sono riportati, al variare della durata dell'evento, l'andamento dei valori massimi delle portate affluite al lago e di quelle scaricate, nonché l'andamento del franco minimo di sicurezza rispettivamente per i tempi di ritorno di 30, 50, 200 e 500 anni.

La sintesi dei risultati delle elaborazioni relative alla laminazione operata dal serbatoio sugli eventi di piena per i tempi di ritorno di 30, 50, 200, 500 e 1000 anni sono riportati nella Tabella 5-6.

La massima portata evacuata non corrisponde a quella associata all'evento di durata critica, ma presenta una durata tanto maggiore quanto minore è il periodo di ritorno.

Tempo di ritorno [anni]	Durata critica portata uscita [ore]	Portata in arrivo [m ³ /s]	Portata uscita [m ³ /s]	Quota livello inizio evento [m s.l.m.]	Quota livello max. evento [m s.l.m.]	Battente max. sopra soglia [m]	Franco idraulico [m]
30	3	5.47	3.53	61.50	63.06	1.56	3.443
50	3	6.04	4.15	61.50	63.23	1.73	3.266
200	2	10.52	6.28	61.50	63.78	2.28	2.717
500	2	12.54	8.09	61.50	64.20	2.70	2.301

Tabella 5-6 – Effetti di laminazione per i vari periodi di ritorno

5.3 Capacità di smaltimento tratto di valle

Nello studio "Valutazione della massima portata transitabile in alveo a valle dello sbarramento di Sammontana (Circolare DSTN/2/22806 del 13/12/95 – GU n. 56 del 7/3/96)", redatto nel novembre 2005, è stato valutato che il tratto a valle della diga è in grado di smaltire una portata di circa 5.0 m³/s ad eccezione del tratto del guado che è in grado di smaltire circa 1.0 m³/s.

Il tratto indagato nel suddetto studio ha interessato la porzione di reticolo idrografico compresa tra lo sbarramento e la sezione di chiusura ubicata poco a valle della strada di grande comunicazione (SGC) Firenze-Pisa-Livorno.

A supporto della presente progettazione è condotto uno studio idrologico e idraulico per la stima del rischio idraulico residuo nella porzione di territorio a valle dello sbarramento in seguito agli interventi di progetto.

I tratti oggetto di studio sono rappresentati nella Figura 5-9 e sono: Rio di Sammontana; Fosso Montecuccoli; Rio Citerna; Rio Grande Sammontana; Borro della Fornace (o Rio Budella); Fosso Maestro di Cortenuova; Fosso di Fibbiana.

I risultati delle verifiche idrauliche mettono in luce che il tratto di Rio Sammontana a valle della diga è in grado di far defluire in sicurezza una portata di circa 2.5 m³/s ad esclusione del tratto del guado che è in grado di smaltire una portata ancora inferiore.

Le portate in transito a valle dello sbarramento non sono compatibili, già per il tempo di ritorno di 30 anni, con la capacità di deflusso del Rio di Sammontana, per il quale sono necessari interventi di adeguamento fino all'attraversamento della SGC Firenze-Pisa-Livorno.

I dettagli delle suddette analisi sono riportati nell'elaborato ID.01



Figura 5-9 – Reticolo idrografico oggetto di studio

5.4 Analisi idrauliche del canale fagatore

La verifica del canale fagatore è condotta nello stato di progetto con le portate laminate dall'invaso nella condizione idrometrica di massima regolazione per i tempi di ritorno di 30, 200 e 1000 anni.

Nell'elaborato ER.04 sono riportate le sezioni trasversali e il profilo del canale fagatore nello stato di progetto.

Il deflusso delle portate all'interno del canale fagatore è studiato con un modello numerico in moto permanente, in grado di fornire i livelli idrometrici e le principali grandezze idrauliche nelle sezioni utilizzate nella simulazione.

Lo stato di progetto è simulato mediante 49 sezioni dalla sezione CF00__ alla sezione SA4006__.

5.4.1 Descrizione del modello numerico

Il modello integra le equazioni fondamentali che governano il moto di una corrente a pelo libero, in forma differenziale che, nel caso generale di moto vario, si scrivono rispettivamente:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad [5.7a]$$

$$\frac{\partial H}{\partial x} = -J - \frac{\partial(Q/gA)}{\partial t} \quad [5.7b]$$

dove: Q è portata liquida [mc/s]; A l'area della sezione liquida [m²]; H il carico totale della corrente [m]; J le perdite distribuite [m/m]; g l'accelerazione di gravità [m/s²]; x l'ascissa corrente [m]; t il tempo [s].

Le equazioni di moto e di continuità, per il caso di moto permanente si riducono alla sola dipendenza dalla coordinata spaziale secondo la forma:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad [5.8a]$$

$$\frac{\partial H}{\partial x} = -J \quad [5.8b]$$

La risoluzione delle equazioni è stata condotta ricorrendo alla schematizzazione delle differenze finite e introducendo l'equazione di Manning per la stima delle resistenze distribuite:

$$U = C \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2} \quad [5.9]$$

dove: U è la velocità media della corrente = Q/A [m/s]; R il raggio idraulico della corrente [m]; c il coefficiente di *Gauckler-Strickler* [s/m^{1/3}].

Per quanto riguarda le perdite concentrate, queste sono computate, nei tratti ove si verificano, proporzionalmente al carico di velocità secondo la seguente espressione:

$$dH = \xi \cdot \Delta \left(\frac{U^2}{2g} \right) \quad [5.10]$$

dove ξ può variare in dipendenza del tipo di perdita (restringimento, allargamento, cambio di direzione, etc.).

I coefficienti delle perdite per espansione e contrazione in assenza di ponti sono assunti rispettivamente pari a 0.2 e 0.1, mentre in prossimità dei ponti sono impiegati dei coefficienti di 0.5 per la contrazione e 0.8 per l'espansione.

5.4.2 Verifiche idrauliche

Il calcolo dei profili idrometrici è fatto assumendo che il moto della corrente possa avvenire in corrente lenta o veloce.

È simulato lo stato di progetto con la portata di 3.53 m³/s, 6.28 m³/s e 9.63 m³/s corrispondenti rispettivamente ai tempi di ritorno di 30, 200 e 1000 anni.

I profili idrometrici e le sezioni dello stato di progetto sono ricostruiti graficamente nell'elaborato ER.04. I tabulati numerici sono riportate nell'Appendice B.

La scabrezza del canale è stimata uniformemente pari a 50 m^{1/3}s⁻¹, dal momento che le pareti del canale fugatore sono in calcestruzzo in buone condizioni.

5.4.3 Risultati delle verifiche idrauliche

I profili idraulici studiati subiscono immediatamente un brusco abbassamento in corrispondenza della sezione CAO_020.

Il carico statico del serbatoio si trasforma parzialmente in carico cinetico con conseguente abbassamento del livello idrometrico.

I livelli idrometrici si abbassano ulteriormente verso valle a causa della forte pendenza del canale fugatore.

Le portate scaricate nelle condizioni di massima regolazione transitano con un franco idraulico minimo di 160 cm per il tempo di ritorno di 1000 anni e di 170 cm per il tempo di ritorno di 200 anni.

Nello stato di progetto la vasca di dissipazione è in grado di rallentare la corrente. Il franco nella vasca di dissipazione è di circa 135 cm per il tempo di ritorno di 1000 anni e di 180 cm per il tempo di ritorno di 200 anni.

5.5 Verifiche di stabilità

Le verifiche di stabilità sono state condotte con il D.M. del 26 giugno 2014 "*Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)*".

5.5.1 Profilo della falda freatica

La determinazione della superficie freatica all'interno del corpo diga è condotta considerando l'idrogramma dei livelli idrometrici riportato in Figura 5-10, a cui corrisponde la quota di massimo invaso di 64.53 m s.l.m..

La ricostruzione del profilo è eseguita adottando le ipotesi di Casagrande per la risoluzione dell'equazione del moto di filtrazione, semplificata con le ipotesi di Dupuit, per la valutazione del profilo a regime e un modello di filtrazione in moto vario per simulare le condizioni di piena.

Il moto di filtrazione all'interno di un ammasso poroso può essere descritto completamente tenendo conto:

- interazione tra fluido interstiziale e particelle solide (principio degli sforzi efficaci);
- equazione di continuità;
- equazione di stato;
- equazione dell'equilibrio dinamico.

Il caso di moto di filtrazione all'interno di uno sbarramento rientra nella casistica di moto non confinato, ovvero un moto di filtrazione le cui superfici non sono completamente definite. I punti appartenenti alla superficie libera devono soddisfare le condizioni di essere a pressione atmosferica, ovvero il carico statico e la quota geometrica devono coincidere.

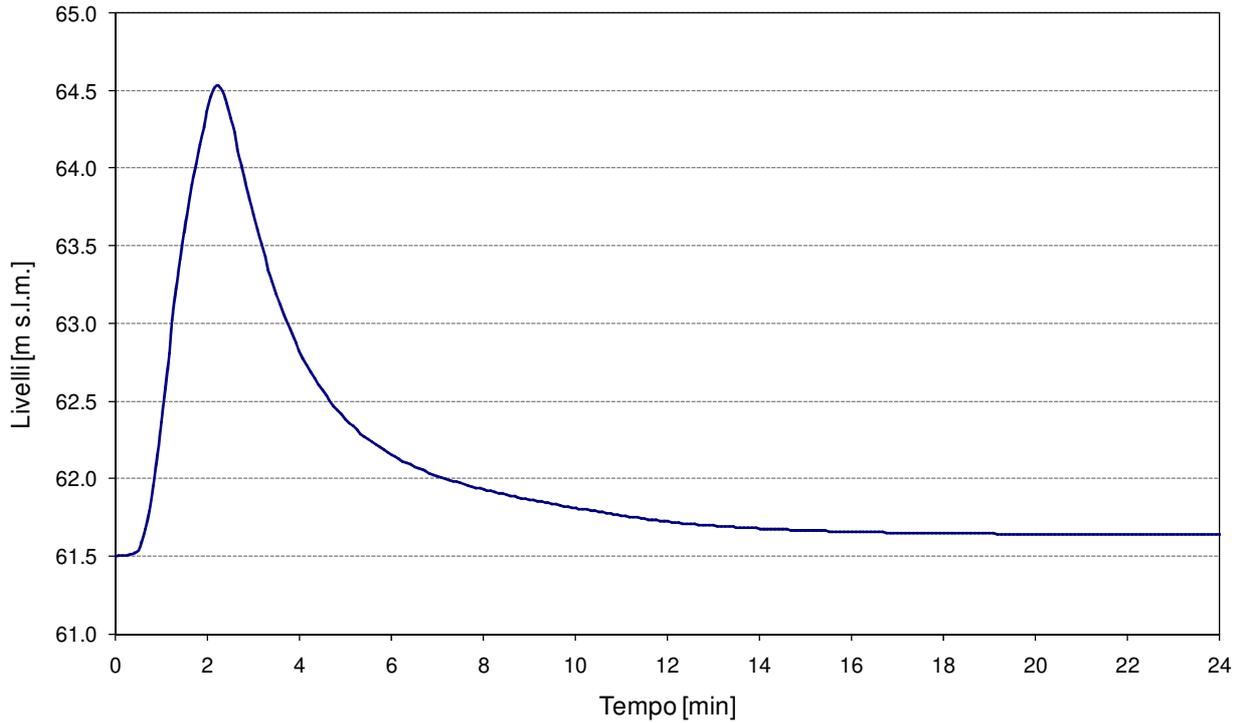


Figura 5-10 – Idrogramma di piena evento $Tr=1000$ anni

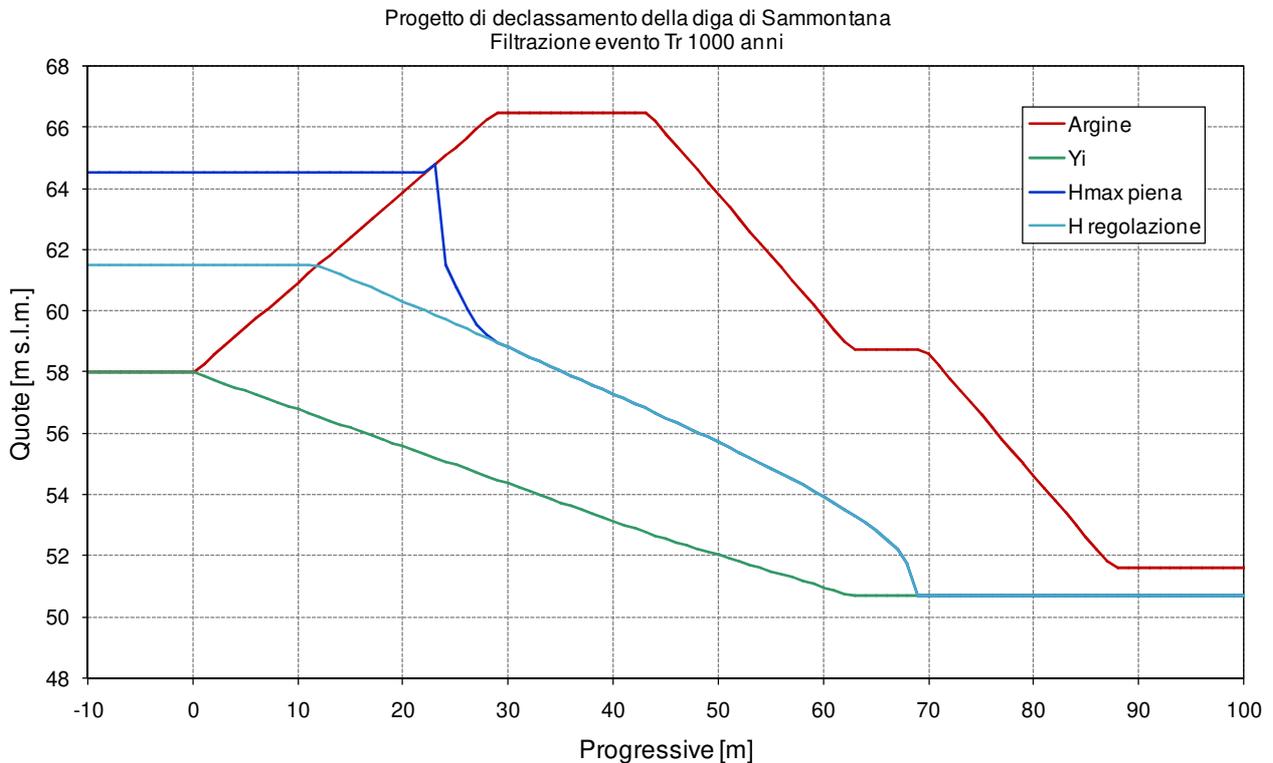


Figura 5-11 – Moto di filtrazione nell'argine.

Le ipotesi di Casagrande per la determinazione della superficie freatica richiedono la conoscenza delle dimensioni del dreno di valle ed in particolare la sua estensioni rispetto al piede del rilevato.

La sezione in cui sono condotte le verifiche di stabilità e, quindi, il calcolo della superficie freatica corrisponde a quella di massima altezza ubicata in corrispondenza del pozzetto di uscita della condotta di scarico.

In tale sezione il dreno è posto alla quota di 50.7 m s.l.m. ed è esteso per 13.8 m all'interno del corpo arginale a partire dall'estremità di monte del taglione di progetto e per circa 20.2 m se si considera come origine l'unghia di valle del paramento di progetto.

La parabola intercetta il dreno a 18.5 m dall'unghia di valle del paramento di progetto.

Nella Figura 5-11 è riportata la linea di filtrazione.

5.5.2 Parametri geotecnici caratteristici

Nella presente progettazione per la caratterizzazione dei parametri geotecnici del corpo diga sono utilizzati i parametri adottati nel progetto "Interventi di adeguamento della diga di Sammontana" (Maggio 2001) approvato con nota SDI/7268/UCPL del 19/11/2001 come definiti nelle relazioni sulle indagini geotecniche a cura del Dott. Geol. Franco Ceccarini.

Dal punto di vista geotecnico la diga è suddivisa in n.5 unità:

- unità 1 – corpo diga strato superiore (quote ≥ 66.10 m s.l.m.);
- unità 2 – corpo diga strato intermedio (63.90 m s.l.m. \leq quote < 66.10 m s.l.m.);
- unità 3 – corpo diga strato inferiore (quote < 63.90 m s.l.m.);
- unità 4 – fondazione che rappresenta il substrato;
- unità 5 – terreno di riporto.

Il terreno utilizzato per il rinterro è assunto con le stesse caratteristiche di quelle del corpo diga.

I parametri geotecnici caratteristici impiegati nelle verifiche di stabilità sono riassunti nella Tabella 5-7.

Parametri geotecnici	Unità di misura	Unità 1 Corpo diga	Unità 2 Corpo diga	Unità 3 Corpo diga	Unità 4 Fondazione	Unità 5 Rinterro
Peso di volume	kg/mc	1880	2050	2050	2050	1800
Peso di volume saturo	kg/mc	2000	2100	2100	2100	2000
ϕ'	(°)	28	28	28	33	28
c'	kg/cm ²	0.03	0	0.03	0	0.03
ϕ_u	(°)	0	0	0	33	0
cu	kg/cm ²	0.79	0.37	0.79	0	0.79

Tabella 5-7 – Parametri geotecnici caratteristici.

5.5.3 Parametri sismici

I parametri sismici del sito sono calcolati in base a quanto prescritto dal D.M. del 26 Giugno 2014 relativamente agli interventi eseguiti su dighe esistenti come indicato nel cap. H.3.4.1.

Per la definizione della azioni sismiche, la diga di Sammontana è considerata come una diga rilevante.

La vita nominale V_N è assunta pari a 50 anni e il coefficiente d'uso C_U pari a 1.5, di conseguenza la vita di riferimento V_R è pari a 75 anni in coerenza con le tabelle H.1 e H.2 del succitato Decreto (Tabella 5-8).

I parametri a_g , F_0 e T_c sono ricavati per le seguenti coordinate:

- Longitudine: 11.011311 (ED50) 11.010324 (WGS84) 1661973.34 (Gauss Boaga)
- Latitudine: 43.717297 (ED50) 43.716336 (WGS84) 4842347.29 (Gauss Boaga)

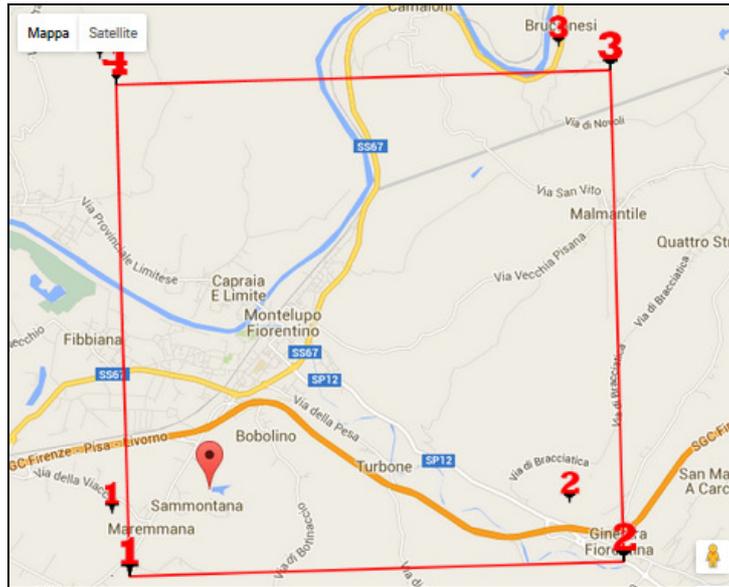


Figura 12 – Maglia di appartenenza

I parametri sismici risultanti sono riassunti nelle tabelle seguenti (Tabella 5-9, Tabella 5-10 e Tabella 5-11). Il suolo assunto è in **classe 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 Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s), mentre la **categoria topografica** impiegata è **T1** (superficie pianeggiante).

Tipo Opera

Tipo di costruzione

Opere provvisorie

Opere ordinarie, opere infrastrutturali di importanza normale

Grandi opere di importanza strategica

Vita Nominale - V_N anni

Classe d'uso

I - Presenza occasionale di persone

II - Normali affollamenti, industrie non pericolose

III - Affollamenti significativi, industrie pericolose

IV - Opere strategiche, industrie molto pericolose

Vita di Riferimento - V_R anni

Tabella 5-8 – Vita nominale e vita di riferimento relativamente alla diga di Sammontana.

Parametri sismici	T_R [anni]	a_g [m/s ²]	F_0 [--]	T_C^x [s]
SLO	45	0,499	2,584	0,256
SLD	75	0,593	2,616	0,271
SLV	712	1,382	2,412	0,294
SLC	1462	1,745	2,396	0,301

	ID Punto 1 = 20277	
	ID Punto 2 = 20278	
	ID Punto 3 = 20056	
	ID Punto 4 = 20055	

Dati sismici rilevati correttamente.

Tabella 5-9 – Parametri sismici SLO, SLD, SLV e SLC.

N.T.C. 2008	
Accelerazione al suolo a_g [m/s ²] ag/g = 0.141	1.382
Massimo fattore amplificazione spettro orizz. F0	2.412
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante Tc*	0.294
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico S _s	Tipo C ▼ 1.496
Coeff. amplificazione topografica S _T	T1 ▼ 1.00
Coefficiente di riduzione (β _s)	C 1.00
Coeff. di intensità sismica orizzontale - Kh [%] = 21.08	
Intensità sismica verticale/Orizzontale	0.50

Tabella 5-10 – Parametri sismici SLV.

N.T.C. 2008	
Accelerazione al suolo a_g [m/s ²] ag/g = 0.178	1.745
Massimo fattore amplificazione spettro orizz. F0	2.396
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante Tc*	0.301
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico S _s	Tipo C ▼ 1.444
Coeff. amplificazione topografica S _T	T1 ▼ 1.00
Coefficiente di riduzione (β _s)	C 1.00
Coeff. di intensità sismica orizzontale - Kh [%] = 25.69	
Intensità sismica verticale/Orizzontale	0.61

Tabella 5-11 – Parametri sismici SLC.

5.5.4 Normative di riferimento

- Legge n. 64 del 02/02/1974
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)
- Circolare 617 del 02/02/2009
Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008

5.5.5 Metodo di calcolo

Le verifiche di stabilità sono condotte con il programma STAP 14.0 della Aztec.

Tutte le verifiche sono condotte nel rispetto della normativa dighe vigente ed eseguite con il metodo di *Bishop*.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di *Bishop* semplificato è espresso secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i \left[\frac{c_i b_i + (N_i / \cos(\alpha_i) - u_i b_i) \tan(\phi_i)}{m} \right]}{\sum_i W_i \sin(\alpha_i)} \quad [5.11]$$

dove il termine m è espresso da:

$$m = \left(1 + \frac{\tan(\phi_i) \cdot \tan(\alpha_i)}{F} \right) \cos(\alpha_i) \quad [5.12]$$

in cui n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i -esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i -esima, c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia e u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di *Bishop* semplificato contiene al secondo membro il termine m che è funzione di F .

Quindi, essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per F da inserire nell'espressione di m ed iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

5.5.6 Verifica dell'ipotesi di intervento

Gli interventi volti a garantire la stabilità del corpo diga prevedono il ricarico del paramento di valle, in modo da addolcire il pendio ed appesantire il corpo diga al piede.

In particolare, si prevede di ridurre la quota della sommità del coronamento della diga di 3.4 m, di realizzare un rinfianco del paramento di valle dal piede fino alla banca intermedia posta alla quota di 58.75 m s.l.m. e di riprofilare il paramento di valle per ottenere una pendenza costante di 1:2.5.

Le verifiche sono eseguite per entrambi i paramenti di monte e di valle sia a lungo termine che a breve termine in presenza di sisma e di svasso rapido dell'invaso.

Le verifiche sismiche sono condotte tenendo conto delle forze sismiche agenti sulle masse dei materiali e dell'acqua in essi interclusa, supponendo che l'azione dinamica dell'acqua dell'invaso sia applicata sul paramento di monte.

È considerato, inoltre, un carico accidentale sul coronamento di 1000 kg/m².

I risultati delle verifiche di stabilità per i paramenti di monte e di valle (Figura 5-13 e Figura 5-14) sono riassunti nella Tabella 5-12.

Dall'analisi dei risultati si evince che **a seguito degli interventi il corpo diga rispetta i coefficienti di sicurezza previsti dal D.M. del 26 giugno 2014.**

Nelle condizioni sismiche (SLV e SLC) si verificano spostamenti complessivamente molto contenuti.

I valori più elevati degli spostamenti si evidenziano nelle verifiche in condizioni sismiche SLC e risultano dell'ordine del millimetro.

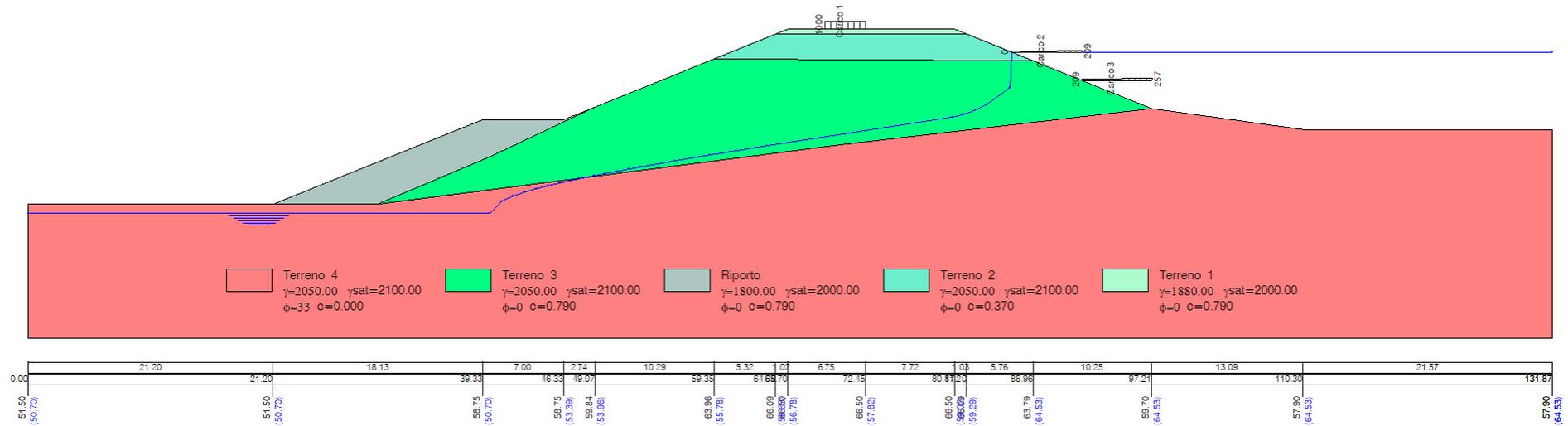


Figura 5-13 – Verifica di stabilità del paramento di valle (condizione di invaso pieno e condizioni sismiche SLV)

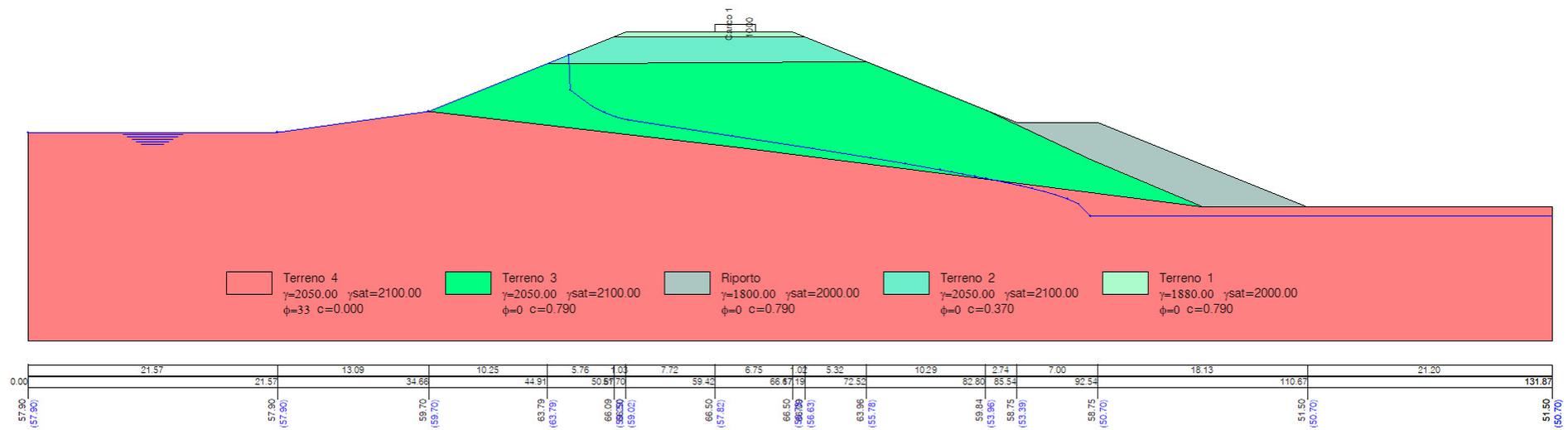


Figura 5-14 – Verifica di stabilità del paramento di monte (condizione di svaso rapido)

n.	Area	Cond. idrauliche	Sisma	Condizioni	Coefficienti di sicurezza <i>Bishop</i>	<i>Newmark</i>		D.M. 2014
						Vel. max [m/s]	Spost. max [m]	γ_R
01	Valle	Invaso Pieno	Senza	Drenate	1.367	-	-	1.2
02	Valle	Invaso Pieno	SLV	Non drenate	0.926	0.000098	0.000001	-
03	Valle	Invaso Pieno	SLC	Non drenate	0.812	0.016964	0.001041	-
04	Monte	Invaso Pieno	Senza	Drenate	1.491	-	-	1.2
05	Monte	Invaso Pieno	SLV	Non drenate	1.092	0.000000	0.000000	
06	Monte	Invaso Pieno	SLC	Non drenate	0.928	0.000000	0.000000	
07	Monte	Svaso Rapido	Senza	Non drenate	1.701	-	-	1.1
08	Monte	Svaso Rapido	SLV	Non drenate	0.903	0.002191	0.000049	
09	Monte	Svaso Rapido	SLC	Non drenate	0.793	0.026262	0.001968	

Tabella 5-12 – Verifiche di stabilità dello stato di progetto condotte secondo D.M. 26/06/2014

6 INSERIMENTO CATASTALE

In Appendice D si riportano gli interventi previsti su planimetria catastale.

Si osserva che tutti gli interventi ricadono su terreni di proprietà del Concessionario con l'esclusione di una piccola area in sponda sinistra di proprietà della società UNICOOP Firenze.

A. APPENDICE
Documentazione fotografica



Figura A-1 – Vista del paramento di monte.



Figura A-2 – Vista del paramento di valle.



Figura A-3 – Vista dal coronamento verso valle.



Figura A-4 – Vista dal coronamento verso valle.



Figura A-5 – Vista del coronamento dalla soglia di sfioro.



Figura A-6 – Canale fuggatore (vista monte-valle).



Figura A-7 – Canale fugatore (vista valle- monte).



Figura A-8 – Sponda destra del lago.



Figura A-9 – Sponda sinistra del lago.



Figura A-10 – Vista del lago dal guado sul Rio di Sammontana.



Figura A-11 – Dettaglio della sponda sinistra del lago.



Figura A-12 –Pilastrino di misura sul coronamento della diga.



Figura A-13 – Sifoni sul paramento di valle.



Figura A-14 – Tratto terminale canale fuggatore.

B. APPENDICE
Tabulati verifiche idrauliche

Sezioni	P [m]	q [m ³ /s]	s [m ³ /s]	h [m]	y [m]	V [m/s]	Fr	Et [m]	Ev [m]	Sp [t]	ym [m]	b [m]	bt [m]	B [m]	Pb [m]	A [dmq]	At [dmq]	R [m]	C2	β	α
CF00__	-30.7	3.5	0.00	63.06	5.06	0.02	0.00	63.06	0.00	434.44	3.56	55.88	55.88	57.49	2.18	19.88	19.88	3.46	385.03	1.00	1.00
CF00a_	-25.3	3.5	0.00	63.05	1.55	0.25	0.08	63.05	0.00	8.73	0.93	15.42	15.42	15.81	0.60	1.44	1.44	0.91	246.14	1.00	1.00
CF01c_	-9.0	3.5	0.00	63.02	1.52	0.77	0.20	63.05	0.03	3.74	1.52	3.00	3.00	6.04	0.76	0.46	0.46	0.75	231.70	1.00	1.00
CF01__	-8.6	3.5	0.00	63.02	1.52	0.77	0.20	63.05	0.03	3.75	1.52	3.01	3.01	6.04	0.76	0.46	0.46	0.76	334.02	1.00	1.00
CF01b_	-6.6	3.5	0.00	63.02	1.52	0.77	0.20	63.05	0.03	3.74	1.52	3.00	3.00	6.04	0.76	0.46	0.46	0.75	333.88	1.00	1.00
CF01d_	-6.0	3.5	0.00	63.02	1.52	0.77	0.20	63.05	0.03	3.74	1.52	3.00	3.00	6.04	0.76	0.46	0.46	0.75	231.68	1.00	1.00
CF01e_	-0.7	3.5	0.00	63.02	1.52	0.78	0.20	63.05	0.03	3.73	1.52	3.00	3.00	6.03	0.76	0.45	0.45	0.75	231.63	1.00	1.00
CF01a_	-0.2	3.5	0.00	62.65	1.15	2.55	0.76	62.99	0.33	1.72	1.15	1.20	1.20	3.51	0.58	0.14	0.14	0.39	186.70	1.00	1.00
CF02__	0.0	3.5	0.00	62.46	0.96	3.07	1.00	62.94	0.48	1.66	0.96	1.20	1.20	3.12	0.48	0.12	0.12	0.37	182.63	1.00	1.00
CF02a_	0.5	3.5	0.00	61.76	0.26	4.53	2.84	62.81	1.05	1.73	0.26	3.00	3.00	3.52	0.13	0.08	0.08	0.22	153.10	1.00	1.00
CF03__	7.6	3.5	0.00	61.74	0.32	3.63	2.03	62.41	0.67	1.46	0.32	3.00	3.00	3.65	0.16	0.10	0.10	0.27	161.60	1.00	1.00
CF03a_	9.9	3.5	0.00	61.71	0.34	3.50	1.93	62.33	0.62	1.43	0.34	3.00	3.00	3.67	0.17	0.10	0.10	0.27	165.51	1.00	1.00
CF04__	12.9	3.5	0.00	61.61	0.33	3.55	1.97	62.25	0.64	1.44	0.33	3.00	3.00	3.67	0.17	0.10	0.10	0.27	164.83	1.00	1.00
CF04a_	17.2	3.5	0.00	61.42	0.32	3.67	2.07	62.11	0.69	1.48	0.32	3.00	3.00	3.64	0.16	0.10	0.10	0.26	162.72	1.00	1.00
CF05__	22.0	3.5	0.00	61.13	0.30	3.96	2.32	61.93	0.80	1.56	0.30	3.00	3.00	3.60	0.15	0.09	0.09	0.25	158.46	1.00	1.00
CF05a_	27.5	3.5	0.00	60.75	0.28	4.23	2.57	61.67	0.91	1.64	0.28	3.00	3.00	3.56	0.14	0.08	0.08	0.23	155.05	1.00	1.00
CF05b_	33.1	3.5	0.00	60.27	0.26	4.56	2.87	61.33	1.06	1.74	0.26	3.00	3.00	3.52	0.13	0.08	0.08	0.22	151.68	1.00	1.00
CF05c_	37.8	3.5	0.00	59.81	0.24	4.82	3.12	60.99	1.18	1.82	0.24	3.00	3.00	3.49	0.12	0.07	0.07	0.21	149.22	1.00	1.00
CF06__	42.6	3.5	0.00	59.29	0.23	5.06	3.35	60.60	1.30	1.90	0.23	3.00	3.00	3.46	0.12	0.07	0.07	0.20	147.22	1.00	1.00
CF06a_	47.5	3.5	0.00	58.67	0.22	5.31	3.60	60.11	1.44	1.98	0.22	3.00	3.00	3.44	0.11	0.07	0.07	0.19	145.18	1.00	1.00
CF06b_	52.5	3.5	0.00	57.99	0.21	5.53	3.82	59.55	1.56	2.06	0.21	3.00	3.00	3.42	0.11	0.06	0.06	0.19	143.63	1.00	1.00
CF06c_	56.4	3.5	0.00	57.43	0.21	5.68	3.99	59.08	1.65	2.11	0.21	3.00	3.00	3.41	0.10	0.06	0.06	0.18	142.63	1.00	1.00
CF07__	57.4	3.5	0.00	57.27	0.21	5.74	4.04	58.94	1.68	2.13	0.21	3.00	3.00	3.41	0.10	0.06	0.06	0.18	142.33	1.00	1.00
CF07a_	62.1	3.5	0.00	56.50	0.20	5.92	4.24	58.29	1.79	2.19	0.20	3.00	3.00	3.40	0.10	0.06	0.06	0.18	141.83	1.00	1.00
CF07b_	65.0	3.5	0.00	56.00	0.20	6.03	4.36	57.85	1.85	2.23	0.20	3.00	3.00	3.39	0.10	0.06	0.06	0.17	141.76	1.00	1.00
CF08__	67.5	3.5	0.00	55.55	0.19	6.12	4.46	57.46	1.91	2.26	0.19	3.00	3.00	3.39	0.10	0.06	0.06	0.17	140.85	1.00	1.00
CF09__	72.0	3.5	0.00	54.71	0.19	6.27	4.62	56.71	2.00	2.31	0.19	3.00	3.00	3.38	0.09	0.06	0.06	0.17	139.58	1.00	1.00
CF10__	76.6	3.5	0.00	53.78	0.18	6.41	4.78	55.88	2.10	2.36	0.18	3.00	3.00	3.37	0.09	0.06	0.06	0.16	138.56	1.00	1.00
CF11a_	82.0	3.5	0.00	52.61	0.18	6.58	4.97	54.82	2.21	2.42	0.18	3.00	3.00	3.36	0.09	0.05	0.05	0.16	137.49	1.00	1.00

Sezioni	P [m]	q [m³/s]	s [m³/s]	h [m]	y [m]	V [m/s]	Fr	Et [m]	Ev [m]	Sp [t]	ym [m]	b [m]	bt [m]	B [m]	Pb [m]	A [dmq]	At [dmq]	R [m]	C2	β	α
CF11__	84.2	3.5	0.00	52.12	0.18	6.64	5.03	54.36	2.24	2.44	0.18	3.00	3.00	3.35	0.09	0.05	0.05	0.16	137.03	1.00	1.00
CF12__	84.3	3.5	0.00	52.00	0.10	6.74	6.98	54.31	2.32	2.45	0.10	5.50	5.50	5.69	0.05	0.05	0.05	0.09	113.58	1.00	1.00
CF12a_	87.0	3.5	0.00	51.40	0.11	5.96	5.79	53.21	1.81	2.18	0.11	5.50	5.50	5.72	0.05	0.06	0.06	0.10	110.27	1.00	1.00
CF13__	89.0	3.5	0.00	51.70	0.88	0.73	0.25	51.73	0.03	2.40	0.88	5.50	5.50	7.27	0.44	0.49	0.49	0.67	222.59	1.00	1.00
CF13a_	91.5	3.5	0.00	51.72	1.51	0.43	0.11	51.73	0.01	6.39	1.51	5.50	5.50	8.51	0.75	0.83	0.83	0.97	252.21	1.00	1.00
CF14__	94.0	3.5	0.00	51.72	1.78	0.36	0.09	51.73	0.01	8.84	1.78	5.50	5.50	9.06	0.89	0.98	0.98	1.08	261.21	1.00	1.00
CF14a_	96.5	3.5	0.00	51.72	1.78	0.36	0.09	51.73	0.01	8.84	1.78	5.50	5.50	9.06	0.89	0.98	0.98	1.08	261.20	1.00	1.00
CF14b_	99.0	3.5	0.00	51.72	1.78	0.36	0.09	51.73	0.01	8.84	1.78	5.50	5.50	9.06	0.89	0.98	0.98	1.08	261.20	1.00	1.00
CF14c_	101.5	3.5	0.00	51.72	1.79	0.36	0.09	51.73	0.01	8.90	1.79	5.50	5.50	9.07	0.89	0.98	0.98	1.08	261.40	1.00	1.00
CF14d_	104.3	3.5	0.00	51.72	1.78	0.36	0.09	51.73	0.01	8.83	1.78	5.50	5.50	9.06	0.89	0.98	0.98	1.08	261.20	1.00	1.00
CF15__	104.4	3.5	0.00	51.50	0.77	2.01	0.76	51.71	0.21	1.35	0.70	2.50	2.50	3.58	0.36	0.18	0.18	0.49	200.90	1.00	1.00
CF15a_	104.5	3.5	0.00	51.38	0.66	2.40	1.00	51.68	0.29	1.31	0.59	2.50	2.50	3.34	0.30	0.15	0.15	0.44	278.82	1.00	1.00
CF16a_	109.9	3.5	0.00	50.88	0.48	3.43	1.70	51.48	0.60	1.46	0.41	2.50	2.50	2.99	0.22	0.10	0.10	0.34	256.31	1.00	1.00
CF16__	110.0	3.5	0.00	50.85	0.46	3.49	1.88	51.47	0.62	1.46	0.35	2.87	2.87	3.15	0.20	0.10	0.10	0.32	76.98	1.00	1.00
CF17__	120.0	3.5	0.00	50.22	0.44	3.70	2.03	50.92	0.70	1.52	0.34	2.82	2.82	3.09	0.20	0.10	0.10	0.31	76.32	1.00	1.00
CF17a__	130.0	3.5	0.00	49.60	0.44	3.75	2.07	50.31	0.72	1.53	0.34	2.81	2.81	3.07	0.20	0.09	0.09	0.31	76.26	1.00	1.00
CF18__	141.8	3.5	0.00	48.88	0.44	3.75	2.07	49.59	0.72	1.53	0.34	2.81	2.81	3.08	0.20	0.09	0.09	0.31	76.25	1.00	1.00
SA1008__	177.8	3.5	0.00	46.56	0.39	3.83	2.01	47.31	0.75	1.55	0.37	2.49	2.49	3.06	0.19	0.09	0.09	0.30	75.78	1.00	1.00
SA1007__	207.7	3.5	0.00	46.15	0.77	1.98	1.00	46.35	0.20	1.26	0.40	4.45	4.45	5.03	0.31	0.18	0.18	0.35	80.16	1.00	1.00
SA1006__	239.7	3.5	0.00	45.23	0.59	2.91	1.42	45.66	0.43	1.33	0.43	2.84	2.84	3.31	0.23	0.12	0.12	0.37	80.91	1.00	1.00

Tabella B-1 – Tabulati verifiche idrauliche per Tr = 30 anni.

Sezioni	P [m]	q [m³/s]	s [m³/s]	h [m]	y [m]	V [m/s]	Fr	Et [m]	Ev [m]	Sp [t]	ym [m]	b [m]	bt [m]	B [m]	Pb [m]	A [dmq]	At [dmq]	R [m]	C2	β	α
CF00__	-30.7	6.3	0.00	63.78	5.78	0.03	0.00	63.78	0.00	593.82	3.95	61.06	61.06	62.88	2.46	24.13	24.13	3.84	398.57	1.00	1.00
CF00a_	-25.3	6.3	0.00	63.78	2.28	0.23	0.06	63.78	0.00	23.74	1.30	21.22	21.22	21.79	0.85	2.76	2.76	1.27	275.42	1.00	1.00
CF01c_	-9.0	6.3	0.00	63.73	2.23	0.94	0.20	63.77	0.04	8.05	2.23	3.00	3.00	7.46	1.11	0.67	0.67	0.90	245.47	1.00	1.00
CF01__	-8.6	6.3	0.00	63.73	2.23	0.94	0.20	63.77	0.04	8.07	2.23	3.01	3.01	7.46	1.11	0.67	0.67	0.90	353.86	1.00	1.00
CF01b_	-6.6	6.3	0.00	63.73	2.23	0.94	0.20	63.77	0.05	8.05	2.23	3.00	3.00	7.46	1.11	0.67	0.67	0.90	353.72	1.00	1.00
CF01d_	-6.0	6.3	0.00	63.73	2.23	0.94	0.20	63.77	0.05	8.05	2.23	3.00	3.00	7.46	1.11	0.67	0.67	0.90	245.46	1.00	1.00
CF01e_	-0.7	6.3	0.00	63.73	2.23	0.94	0.20	63.77	0.05	8.03	2.23	3.00	3.00	7.45	1.11	0.67	0.67	0.90	245.43	1.00	1.00
CF01a_	-0.2	6.3	0.00	63.19	1.69	3.09	0.76	63.68	0.49	3.70	1.69	1.20	1.20	4.59	0.85	0.20	0.20	0.44	194.09	1.00	1.00
CF02__	0.0	6.3	0.00	62.91	1.41	3.72	1.00	63.61	0.70	3.57	1.41	1.20	1.20	4.02	0.70	0.17	0.17	0.42	190.77	1.00	1.00
CF02a_	0.5	6.3	0.00	61.88	0.38	5.51	2.85	63.43	1.55	3.74	0.38	3.00	3.00	3.76	0.19	0.11	0.11	0.30	168.83	1.00	1.00
CF03__	7.6	6.3	0.00	61.86	0.44	4.74	2.28	63.00	1.15	3.33	0.44	3.00	3.00	3.88	0.22	0.13	0.13	0.34	177.60	1.00	1.00
CF03a_	9.9	6.3	0.00	61.83	0.46	4.60	2.17	62.91	1.08	3.25	0.46	3.00	3.00	3.91	0.23	0.14	0.14	0.35	178.68	1.00	1.00
CF04__	12.9	6.3	0.00	61.73	0.46	4.58	2.16	62.80	1.07	3.24	0.46	3.00	3.00	3.92	0.23	0.14	0.14	0.35	178.90	1.00	1.00
CF04a_	17.2	6.3	0.00	61.56	0.45	4.63	2.20	62.65	1.09	3.27	0.45	3.00	3.00	3.90	0.23	0.14	0.14	0.35	178.33	1.00	1.00
CF05__	22.0	6.3	0.00	61.27	0.43	4.84	2.35	62.46	1.19	3.38	0.43	3.00	3.00	3.87	0.22	0.13	0.13	0.34	176.12	1.00	1.00
CF05a_	27.5	6.3	0.00	60.89	0.41	5.09	2.53	62.21	1.32	3.51	0.41	3.00	3.00	3.83	0.21	0.12	0.12	0.32	173.79	1.00	1.00
CF05b_	33.1	6.3	0.00	60.40	0.39	5.41	2.78	61.90	1.49	3.69	0.39	3.00	3.00	3.77	0.19	0.12	0.12	0.31	171.05	1.00	1.00
CF05c_	37.8	6.3	0.00	59.93	0.37	5.70	3.01	61.59	1.66	3.85	0.37	3.00	3.00	3.74	0.18	0.11	0.11	0.29	168.69	1.00	1.00
CF06__	42.6	6.3	0.00	59.41	0.35	5.98	3.23	61.23	1.82	4.01	0.35	3.00	3.00	3.70	0.18	0.10	0.10	0.28	166.62	1.00	1.00
CF06a_	47.5	6.3	0.00	58.78	0.33	6.29	3.48	60.80	2.02	4.19	0.33	3.00	3.00	3.66	0.17	0.10	0.10	0.27	164.35	1.00	1.00
CF06b_	52.5	6.3	0.00	58.10	0.32	6.57	3.71	60.30	2.20	4.36	0.32	3.00	3.00	3.64	0.16	0.10	0.10	0.26	162.34	1.00	1.00
CF06c_	56.4	6.3	0.00	57.53	0.31	6.77	3.89	59.87	2.34	4.48	0.31	3.00	3.00	3.62	0.15	0.09	0.09	0.26	160.93	1.00	1.00
CF07__	57.4	6.3	0.00	57.37	0.31	6.84	3.94	59.75	2.38	4.52	0.31	3.00	3.00	3.61	0.15	0.09	0.09	0.25	160.53	1.00	1.00
CF07a_	62.1	6.3	0.00	56.60	0.30	7.08	4.16	59.15	2.56	4.66	0.30	3.00	3.00	3.59	0.15	0.09	0.09	0.25	159.28	1.00	1.00
CF07b_	65.0	6.3	0.00	56.09	0.29	7.22	4.28	58.75	2.66	4.75	0.29	3.00	3.00	3.58	0.14	0.09	0.09	0.24	158.83	1.00	1.00
CF08__	67.5	6.3	0.00	55.64	0.29	7.34	4.39	58.39	2.75	4.82	0.28	3.00	3.00	3.57	0.14	0.09	0.09	0.24	157.94	1.00	1.00
CF09__	72.0	6.3	0.00	54.80	0.28	7.55	4.57	57.70	2.90	4.95	0.28	3.00	3.00	3.55	0.14	0.08	0.08	0.23	156.56	1.00	1.00
CF10__	76.6	6.3	0.00	53.87	0.27	7.74	4.75	56.92	3.05	5.06	0.27	3.00	3.00	3.54	0.14	0.08	0.08	0.23	155.45	1.00	1.00

Sezioni	P [m]	q [m ³ /s]	s [m ³ /s]	h [m]	y [m]	V [m/s]	Fr	Et [m]	Ev [m]	Sp [t]	ym [m]	b [m]	bt [m]	B [m]	Pb [m]	A [dmq]	At [dmq]	R [m]	C2	β	α
CF11a_	82.0	6.3	0.00	52.69	0.26	7.97	4.96	55.93	3.24	5.20	0.26	3.00	3.00	3.53	0.13	0.08	0.08	0.22	154.21	1.00	1.00
CF11__	84.2	6.3	0.00	52.20	0.26	8.05	5.04	55.50	3.30	5.25	0.26	3.00	3.00	3.52	0.13	0.08	0.08	0.22	153.55	1.00	1.00
CF12__	84.3	6.3	0.00	52.04	0.14	8.18	6.99	55.45	3.41	5.29	0.14	5.50	5.50	5.78	0.07	0.08	0.08	0.13	128.16	1.00	1.00
CF12a_	87.0	6.3	0.00	51.44	0.15	7.63	6.30	54.41	2.97	4.95	0.15	5.50	5.50	5.80	0.07	0.08	0.08	0.14	131.50	1.00	1.00
CF13__	89.0	6.3	0.00	52.13	1.31	0.87	0.24	52.17	0.04	5.26	1.31	5.50	5.50	8.11	0.65	0.72	0.72	0.89	244.50	1.00	1.00
CF13a_	91.5	6.3	0.00	52.14	1.93	0.59	0.14	52.16	0.02	10.65	1.93	5.50	5.50	9.36	0.97	1.06	1.06	1.13	265.58	1.00	1.00
CF14__	94.0	6.3	0.00	52.15	2.21	0.52	0.11	52.16	0.01	13.73	2.21	5.50	5.50	9.91	1.10	1.21	1.21	1.22	272.36	1.00	1.00
CF14a_	96.5	6.3	0.00	52.15	2.21	0.52	0.11	52.16	0.01	13.73	2.21	5.50	5.50	9.91	1.10	1.21	1.21	1.22	272.36	1.00	1.00
CF14b_	99.0	6.3	0.00	52.15	2.21	0.52	0.11	52.16	0.01	13.73	2.21	5.50	5.50	9.91	1.10	1.21	1.21	1.22	272.36	1.00	1.00
CF14c_	101.5	6.3	0.00	52.15	2.21	0.52	0.11	52.16	0.01	13.81	2.21	5.50	5.50	9.93	1.11	1.22	1.22	1.23	272.51	1.00	1.00
CF14d_	104.3	6.3	0.00	52.15	2.21	0.52	0.11	52.16	0.01	13.72	2.21	5.50	5.50	9.91	1.10	1.21	1.21	1.22	272.35	1.00	1.00
CF15__	104.4	6.3	0.00	51.83	1.10	2.43	0.76	52.13	0.30	2.90	1.03	2.50	2.50	4.23	0.52	0.26	0.26	0.61	215.92	1.00	1.00
CF15a_	104.5	6.3	0.00	51.66	0.93	2.91	1.00	52.09	0.43	2.81	0.86	2.50	2.50	3.89	0.44	0.22	0.22	0.55	301.32	1.00	1.00
CF16a_	109.9	6.3	0.00	51.12	0.72	3.87	1.54	51.88	0.76	3.02	0.65	2.50	2.50	3.47	0.33	0.16	0.16	0.47	284.51	1.00	1.00
CF16__	110.0	6.3	0.00	51.02	0.63	4.05	1.91	51.86	0.84	3.02	0.46	3.39	3.39	3.77	0.27	0.15	0.15	0.41	83.84	1.00	1.00
CF17__	120.0	6.3	0.00	50.38	0.61	4.29	2.06	51.32	0.94	3.13	0.44	3.32	3.32	3.68	0.26	0.15	0.15	0.40	83.00	1.00	1.00
CF17a_	130.0	6.3	0.00	49.76	0.60	4.38	2.12	50.73	0.98	3.18	0.44	3.29	3.29	3.65	0.26	0.14	0.14	0.39	82.74	1.00	1.00
CF18__	141.8	6.3	0.00	49.03	0.60	4.40	2.13	50.02	0.99	3.19	0.43	3.29	3.29	3.65	0.26	0.14	0.14	0.39	82.72	1.00	1.00
SA1008__	177.8	6.3	0.00	46.74	0.57	4.54	1.99	47.79	1.05	3.29	0.53	2.62	2.62	3.45	0.28	0.14	0.14	0.40	83.46	1.00	1.00
SA1007__	207.7	6.3	0.00	46.33	0.95	2.26	1.07	46.59	0.26	2.39	0.45	6.16	6.16	6.88	0.34	0.28	0.28	0.40	83.64	1.00	1.00
SA1006__	239.7	6.3	0.00	45.50	0.86	3.08	1.22	45.99	0.48	2.70	0.65	3.13	3.13	3.93	0.36	0.20	0.20	0.52	90.89	1.00	1.00

Tabella B-2 – Tabulati verifiche idrauliche per Tr = 200 anni.

Sezioni	P [m]	q [m³/s]	s [m³/s]	h [m]	y [m]	V [m/s]	Fr	Et [m]	Ev [m]	Sp [t]	ym [m]	b [m]	bt [m]	B [m]	Pb [m]	A [dmq]	At [dmq]	R [m]	C2	β	α
CF00__	-30.7	9.6	0.00	64.53	6.53	0.03	0.01	64.53	0.00	792.35	4.33	66.84	66.84	68.85	2.74	28.92	28.92	4.20	410.78	1.00	1.00
CF00a_	-25.3	9.6	0.00	64.53	3.03	0.21	0.05	64.53	0.00	51.05	1.68	27.22	27.22	27.98	1.11	4.58	4.58	1.64	300.00	1.00	1.00
CF01c_	-9.0	9.6	0.00	64.46	2.96	1.08	0.20	64.52	0.06	14.22	2.96	3.00	3.00	8.92	1.48	0.89	0.89	1.00	254.24	1.00	1.00
CF01__	-8.6	9.6	0.00	64.46	2.96	1.08	0.20	64.52	0.06	14.25	2.96	3.01	3.01	8.93	1.48	0.89	0.89	1.00	366.55	1.00	1.00
CF01b_	-6.6	9.6	0.00	64.46	2.96	1.08	0.20	64.52	0.06	14.22	2.96	3.00	3.00	8.92	1.48	0.89	0.89	1.00	366.39	1.00	1.00
CF01d_	-6.0	9.6	0.00	64.46	2.96	1.08	0.20	64.52	0.06	14.22	2.96	3.00	3.00	8.92	1.48	0.89	0.89	1.00	254.23	1.00	1.00
CF01e_	-0.7	9.6	0.00	64.46	2.96	1.09	0.20	64.52	0.06	14.19	2.96	3.00	3.00	8.92	1.48	0.89	0.89	1.00	254.21	1.00	1.00
CF01a_	-0.2	9.6	0.00	63.75	2.25	3.57	0.76	64.40	0.65	6.54	2.25	1.20	1.20	5.70	1.13	0.27	0.27	0.47	198.46	1.00	1.00
CF02__	0.0	9.6	0.00	63.37	1.87	4.29	1.00	64.31	0.94	6.31	1.87	1.20	1.20	4.94	0.94	0.22	0.22	0.45	195.74	1.00	1.00
CF02a_	0.5	9.6	0.00	62.00	0.50	6.36	2.86	64.06	2.06	6.62	0.50	3.00	3.00	4.01	0.25	0.15	0.15	0.38	183.64	1.00	1.00
CF03__	7.6	9.6	0.00	61.98	0.57	5.68	2.41	63.62	1.64	6.05	0.57	3.00	3.00	4.13	0.28	0.17	0.17	0.41	188.48	1.00	1.00
CF03a_	9.9	9.6	0.00	61.95	0.58	5.53	2.32	63.51	1.56	5.93	0.58	3.00	3.00	4.16	0.29	0.17	0.17	0.42	190.00	1.00	1.00
CF04__	12.9	9.6	0.00	61.86	0.59	5.48	2.29	63.39	1.53	5.89	0.59	3.00	3.00	4.17	0.29	0.18	0.18	0.42	190.39	1.00	1.00
CF04a_	17.2	9.6	0.00	61.69	0.59	5.49	2.29	63.22	1.53	5.90	0.59	3.00	3.00	4.17	0.29	0.18	0.18	0.42	190.35	1.00	1.00
CF05__	22.0	9.6	0.00	61.40	0.57	5.64	2.39	63.02	1.62	6.02	0.57	3.00	3.00	4.14	0.28	0.17	0.17	0.41	189.10	1.00	1.00
CF05a_	27.5	9.6	0.00	61.02	0.55	5.85	2.53	62.77	1.75	6.20	0.55	3.00	3.00	4.10	0.27	0.16	0.16	0.40	187.48	1.00	1.00
CF05b_	33.1	9.6	0.00	60.54	0.52	6.16	2.72	62.47	1.93	6.45	0.52	3.00	3.00	4.04	0.26	0.16	0.16	0.39	185.29	1.00	1.00
CF05c_	37.8	9.6	0.00	60.06	0.50	6.44	2.92	62.18	2.12	6.70	0.50	3.00	3.00	4.00	0.25	0.15	0.15	0.37	183.20	1.00	1.00
CF06__	42.6	9.6	0.00	59.54	0.48	6.73	3.11	61.85	2.31	6.95	0.48	3.00	3.00	3.95	0.24	0.14	0.14	0.36	181.26	1.00	1.00
CF06a_	47.5	9.6	0.00	58.90	0.45	7.06	3.34	61.45	2.54	7.24	0.45	3.00	3.00	3.91	0.23	0.14	0.14	0.35	179.03	1.00	1.00
CF06b_	52.5	9.6	0.00	58.22	0.44	7.37	3.57	60.99	2.77	7.52	0.44	3.00	3.00	3.87	0.22	0.13	0.13	0.34	176.93	1.00	1.00
CF06c_	56.4	9.6	0.00	57.64	0.42	7.61	3.74	60.60	2.95	7.74	0.42	3.00	3.00	3.84	0.21	0.13	0.13	0.33	175.39	1.00	1.00
CF07__	57.4	9.6	0.00	57.48	0.42	7.68	3.79	60.49	3.01	7.80	0.42	3.00	3.00	3.84	0.21	0.13	0.13	0.33	174.96	1.00	1.00
CF07a_	62.1	9.6	0.00	56.70	0.40	7.97	4.01	59.94	3.24	8.07	0.40	3.00	3.00	3.81	0.20	0.12	0.12	0.32	173.47	1.00	1.00
CF07b_	65.0	9.6	0.00	56.20	0.39	8.14	4.14	59.57	3.38	8.22	0.39	3.00	3.00	3.79	0.20	0.12	0.12	0.31	172.69	1.00	1.00
CF08__	67.5	9.6	0.00	55.74	0.39	8.28	4.25	59.24	3.50	8.36	0.39	3.00	3.00	3.78	0.19	0.12	0.12	0.31	171.74	1.00	1.00
CF09__	72.0	9.6	0.00	54.89	0.38	8.53	4.44	58.60	3.71	8.58	0.38	3.00	3.00	3.75	0.19	0.11	0.11	0.30	170.38	1.00	1.00
CF10__	76.6	9.6	0.00	53.97	0.37	8.77	4.63	57.89	3.92	8.81	0.37	3.00	3.00	3.73	0.18	0.11	0.11	0.29	169.25	1.00	1.00

Sezioni	P [m]	q [m ³ /s]	s [m ³ /s]	h [m]	y [m]	V [m/s]	Fr	Et [m]	Ev [m]	Sp [t]	ym [m]	b [m]	bt [m]	B [m]	Pb [m]	A [dmq]	At [dmq]	R [m]	C2	β	α
CF11a_	82.0	9.6	0.00	52.78	0.35	9.05	4.85	56.96	4.18	9.07	0.35	3.00	3.00	3.71	0.18	0.11	0.11	0.29	167.87	1.00	1.00
CF11__	84.2	9.6	0.00	52.29	0.35	9.15	4.93	56.56	4.27	9.17	0.35	3.00	3.00	3.70	0.18	0.11	0.11	0.28	167.07	1.00	1.00
CF12__	84.3	9.6	0.00	52.09	0.19	9.31	6.86	56.51	4.42	9.24	0.19	5.50	5.50	5.88	0.09	0.10	0.10	0.18	142.31	1.00	1.00
CF12a_	87.0	9.6	0.00	51.49	0.20	8.93	6.44	55.55	4.07	8.88	0.20	5.50	5.50	5.89	0.10	0.11	0.11	0.18	142.67	1.00	1.00
CF13__	89.0	9.6	0.00	52.56	1.74	1.00	0.24	52.62	0.05	9.35	1.74	5.50	5.50	8.99	0.87	0.96	0.96	1.07	260.19	1.00	1.00
CF13a_	91.5	9.6	0.00	52.58	2.37	0.74	0.15	52.61	0.03	16.19	2.37	5.50	5.50	10.24	1.19	1.30	1.30	1.27	275.96	1.00	1.00
CF14__	94.0	9.6	0.00	52.59	2.65	0.66	0.13	52.61	0.02	19.93	2.65	5.50	5.50	10.80	1.32	1.46	1.46	1.35	281.34	1.00	1.00
CF14a_	96.5	9.6	0.00	52.59	2.65	0.66	0.13	52.61	0.02	19.92	2.65	5.50	5.50	10.80	1.32	1.46	1.46	1.35	281.34	1.00	1.00
CF14b_	99.0	9.6	0.00	52.59	2.65	0.66	0.13	52.61	0.02	19.92	2.65	5.50	5.50	10.79	1.32	1.46	1.46	1.35	281.33	1.00	1.00
CF14c_	101.5	9.6	0.00	52.59	2.65	0.66	0.13	52.61	0.02	20.02	2.65	5.50	5.50	10.81	1.33	1.46	1.46	1.35	281.46	1.00	1.00
CF14d_	104.3	9.6	0.00	52.59	2.65	0.66	0.13	52.61	0.02	19.92	2.65	5.50	5.50	10.79	1.32	1.46	1.46	1.35	281.32	1.00	1.00
CF15__	104.4	9.6	0.00	52.17	1.44	2.81	0.76	52.57	0.40	5.12	1.37	2.50	2.50	4.91	0.69	0.34	0.34	0.70	225.86	1.00	1.00
CF15a_	104.5	9.6	0.00	51.94	1.22	3.36	1.00	52.52	0.57	4.95	1.15	2.50	2.50	4.46	0.58	0.29	0.29	0.64	316.60	1.00	1.00
CF16a_	109.9	9.6	0.00	51.37	0.97	4.26	1.43	52.30	0.93	5.22	0.90	2.50	2.50	3.97	0.46	0.23	0.23	0.57	303.66	1.00	1.00
CF16__	110.0	9.6	0.00	51.17	0.78	4.61	1.99	52.25	1.08	5.22	0.54	3.84	3.84	4.31	0.33	0.21	0.21	0.49	88.68	1.00	1.00
CF17__	120.0	9.6	0.00	50.54	0.76	4.80	2.10	51.71	1.17	5.36	0.53	3.78	3.78	4.24	0.32	0.20	0.20	0.47	88.07	1.00	1.00
CF17a_	130.0	9.6	0.00	49.91	0.75	4.89	2.15	51.13	1.22	5.43	0.53	3.75	3.75	4.20	0.32	0.20	0.20	0.47	87.88	1.00	1.00
CF18__	141.8	9.6	0.00	49.18	0.74	4.93	2.18	50.42	1.24	5.46	0.52	3.74	3.74	4.19	0.32	0.20	0.20	0.47	87.72	1.00	1.00
SA1008__	177.8	9.6	0.00	47.04	0.87	4.24	1.65	47.96	0.91	5.09	0.67	3.39	5.64	6.90	0.41	0.23	0.23	0.33	78.10	1.00	1.00
SA1007__	207.7	9.6	0.00	46.51	1.13	2.44	1.00	46.81	0.30	3.96	0.61	6.48	6.48	7.37	0.40	0.39	0.39	0.53	91.82	1.00	1.00
SA1006__	239.7	9.6	0.00	45.78	1.14	2.95	1.21	46.23	0.44	4.33	0.60	5.41	6.54	7.66	0.44	0.33	0.33	0.43	85.14	1.00	1.00

Tabella B-3 – Tabulati verifiche idrauliche per $Tr = 1000$ anni.

LEGENDA		
Simbolo	Descrizione	S.I.
P	progressiva da monte	[m]
q	portata	[m ³ /s]
s	portata sfiorata	[m ³ /s]
h	livello idrometrico	[m]
y	altezza d'acqua	[m]
V	velocità media	[m/s]
Fr	numero di Froude	
Et	carico totale	[m]
Ev	carico cinematico	[m]
Sp	spinta totale	[t]
ym	profondità media	[m]
b	larghezza pelo libero alveo attivo	[m]
bt	larghezza pelo libero totale	[m]
B	perimetro bagnato	[m]
Pb	profondità del baricentro	[m]
A	area della sezione alveo attivo	[dmq]
At	area della sezione totale	[dmq]
R	raggio idraulico	[m]
C2	quadrato del coefficiente adimensionale di Chezy	
β	coefficiente di ragguaglio della quantità di moto	
α	coefficiente di ragguaglio del carico cinetico	

C. APPENDICE
Tabulati verifiche di stabilità

Dati

Dati normativa

Normativa:

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	γ_{stav}	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{stasv}	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{ctav}	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{ctasv}	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno verifiche a lungo termine:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi}$	1.25	1.25
Coesione efficace	γ_c	1.25	1.25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.40	1.40
Peso dell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno verifiche a breve termine:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi}$	1.25	1.25
Coesione efficace	γ_c	1.40	1.40
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.40	1.40
Peso dell'unità di volume	γ_r	1.00	1.00

Dati zona sismica

Identificazione del sito

Latitudine	43.717297
Longitudine	11.011311
Comune	Montelupo F.no
Provincia	Firenze
Regione	Toscana
Punti di interpolazione del reticolo	20277 - 20278 - 20056 - 20055

Tipo di opera

Tipo di costruzione	Opera ordinaria
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	III - Affollamenti significativi e industrie non pericolose
Vita di riferimento	75 anni

Stato limite SLV

Accelerazione al suolo a_g	1.382 [m/s ²]
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F0	2.41
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante Tc*	0.29
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.50
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione pendio naturale (β_s)	1.00
Coefficiente riduzione fronti di scavo (β_s)	0.38
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Pendio naturale	
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S) = 21.08$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 10.54$
Fronti di scavo	
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S) = 21.08$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 10.54$

Stato limite SLC

Accelerazione al suolo a_g	1.745 [m/s ²]
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F0	2.40
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante Tc*	0.30
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.44
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione pendio naturale (β_s)	1.00
Coefficiente riduzione fronti di scavo (β_s)	0.38

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Pendio naturale	
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (per cento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S) = 25.69$
Coefficiente di intensità sismica verticale (per cento)	$k_v=0.50 * k_h = 12.85$
Fronti di scavo	
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (per cento)	$k_h=(a_g/g*\beta_s*St*S) = 25.69$
Coefficiente di intensità sismica verticale (per cento)	$k_v=0.50 * k_h = 12.85$

Descrizione terreno verifiche a lungo termine

n°	Descrizione	γ [kg/mc]	γ_{sat} [kg/mc]	ϕ' [°]	c' [kg/cmqa]
1	Terreno 1	1880	2000	28.00	0.030
2	Terreno 2	2050	2100	28.00	0.000
3	Terreno 3	2050	2100	28.00	0.030
4	Terreno 4	2050	2100	33.00	0.000
5	Riporto	1800	2000	28.00	0.030

Descrizione terreno verifiche a breve termine

n°	Descrizione	γ [kg/mc]	γ_{sat} [kg/mc]	ϕ' [°]	c' [kg/cmqa]
1	Terreno 1	1880	2000	0.00	0.790
2	Terreno 2	2050	2100	0.00	0.790
3	Terreno 3	2050	2100	0.00	0.790
4	Terreno 4	2050	2100	33.00	0.000
5	Riporto	1800	2000	0.00	0.790

Paramento di valle

Profilo del piano campagna

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	51.50
2	21.20	51.50
3	39.33	58.75
4	46.33	58.75
5	49.07	59.84
6	59.35	63.96
7	64.68	66.09
8	65.70	66.50
9	72.45	66.50
10	80.17	66.50
11	81.20	66.09
12	86.96	63.79
13	97.21	59.70
14	110.30	57.90
15	131.87	57.90

Descrizione stratigrafia

Strato N° **1** costituito da terreno n° 4 (Terreno 4)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	21.20	51.50
2	0.00	51.50
3	0.00	40.00
4	131.87	40.00
5	131.87	57.90
6	110.30	57.90
7	97.21	59.70
8	70.24	56.59
9	30.20	51.50

Strato N° **2** costituito da terreno n° 3 (Terreno 3)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	59.35	63.96
2	49.07	59.84
3	39.89	55.55
4	30.20	51.50
5	70.24	56.59
6	97.21	59.70
7	86.96	63.79

Strato N° 3 costituito da terreno n° 5 (Riporto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	49.07	59.84
2	46.33	58.75
3	39.33	58.75
4	21.20	51.50
5	30.20	51.50
6	39.89	55.55

Strato N° 4 costituito da terreno n° 2 (Terreno 2)

Coordinate dei vertici dello strato n° 4

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	64.68	66.09
2	59.35	63.96
3	86.96	63.79
4	81.20	66.09

Strato N° 5 costituito da terreno n° 1 (Terreno 1)

Coordinate dei vertici dello strato n° 5

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	81.20	66.09
2	80.17	66.50
3	72.45	66.50
4	65.70	66.50
5	64.68	66.09

Descrizione falda

Livello di falda

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0.00	50.70
2	39.97	50.70
3	40.97	51.76
4	41.97	52.20
5	42.97	52.54
6	43.97	52.83
7	44.97	53.08
8	45.97	53.31
9	46.97	53.53
10	47.97	53.74
11	48.97	53.94
12	49.97	54.13
13	50.97	54.32
14	51.97	54.51
15	52.97	54.69
16	55.97	55.22
17	58.97	55.72
18	63.97	56.52
19	70.97	57.59
20	79.97	58.97
21	80.97	59.21
22	81.97	59.58
23	82.97	60.07
24	84.97	61.53
25	85.10	64.53
26	86.97	64.53
27	131.87	64.53

Carichi sul profilo

Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Tipo Tipo carico

Ψ_2 Coefficiente sismico carico variabile

Carichi distribuiti

P_i, P_f Posizione iniziale e finale del carico espressa in [m]

$V_{xi}, V_{xf}, V_{yi}, V_{yf}$ Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

Carichi distribuiti senza sisma

n°	Descrizione	Tipo	Ψ_2	P_i	P_f	V_y	V_x
				[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]
1	Carico 1	Variabile	1.00	68.95	72.45	1000	0
				66.50	66.50	1000	0

Carichi distribuiti verifiche stato limite SLV

n°	Descrizione	Tipo	Ψ_2	P_1	P_1	V_y	V_x
				[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]
1	Carico 1	Variabile	1.00	68.95 66.50	72.45 66.50	1000 1000	0 0
2	Carico 2	Permanente	--	85.07 64.54	91.14 64.54	0 153	0 -61
3	Carico 3	Permanente	--	91.14 62.12	97.21 62.12	153 190	-61 -75

Carichi distribuiti verifiche stato limite SLC

n°	Descrizione	Tipo	Ψ_2	P_1	P_1	V_y	V_x
				[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]
1	Carico 1	Variabile	1.00	68.95 66.50	72.45 66.50	1000 1000	0 0
2	Carico 2	Permanente	--	85.07 64.54	91.14 64.54	0 194	0 -77
3	Carico 3	Permanente	--	91.14 62.12	97.21 62.12	194 239	-77 -95

Impostazioni delle superfici di rottura

Superfici di rottura circolari

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia [m] $X_0 = 9.95$ $Y_0 = 67.50$
 Passo maglia [m] $dX = 2.00$ $dY = 2.00$
 Numero passi $N_x = 30$ $N_y = 30$
 Raggio [m] $R = 2.00$

Si utilizza un raggio variabile con passo $dR=1.00$ [m] ed un numero di incrementi pari a 80

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a 6.00 m
- freccia inferiore a 2.00 m
- volume inferiore a 10.00 mc

Paramento di monte

Profilo del piano campagna

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0.00	57.90
2	21.57	57.90
3	34.66	59.70
4	44.91	63.79
5	50.67	66.09
6	51.70	66.50
7	59.42	66.50
8	66.17	66.50
9	67.19	66.09
10	72.52	63.96
11	82.80	59.84
12	85.54	58.75
13	92.54	58.75
14	110.67	51.50
15	131.87	51.50

Descrizione stratigrafia

Strato N° 1 costituito da terreno n° 4 (Terreno 4)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	110.67	51.50
2	101.67	51.50
3	61.63	56.59
4	34.66	59.70
5	21.57	57.90
6	0.00	57.90
7	0.00	40.00
8	131.87	40.00
9	131.87	51.50

Strato N° 2 costituito da terreno n° 3 (Terreno 3)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	72.52	63.96
2	44.91	63.79
3	34.66	59.70
4	61.63	56.59
5	101.67	51.50
6	91.98	55.55
7	82.80	59.84

Strato N° 3 costituito da terreno n° 5 (Riporto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	82.80	59.84
2	91.98	55.55
3	101.67	51.50
4	110.67	51.50
5	92.54	58.75
6	85.54	58.75

Strato N° 4 costituito da terreno n° 2 (Terreno 2)

Coordinate dei vertici dello strato n° 4

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	67.19	66.09
2	50.67	66.09
3	44.91	63.79
4	72.52	63.96

Strato N° 5 costituito da terreno n° 1 (Terreno 1)

Coordinate dei vertici dello strato n° 5

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	50.67	66.09
2	67.19	66.09
3	66.17	66.50
4	59.42	66.50
5	51.70	66.50

Descrizione falda

Livello di falda

n°	X	Y
	[m]	[m]
1	0.00	64.53
2	44.90	64.53
3	46.77	64.53
4	46.90	61.53
5	48.90	60.07
6	49.90	59.58
7	50.90	59.21
8	51.90	58.97
9	60.90	57.59
10	67.90	56.52
11	72.90	55.72
12	75.90	55.22
13	78.90	54.69
14	79.90	54.51
15	80.90	54.32
16	81.90	54.13
17	82.90	53.94
18	83.90	53.74
19	84.90	53.53
20	85.90	53.31
21	86.90	53.08
22	87.90	52.83
23	88.90	52.54
24	89.90	52.20
25	90.90	51.76
26	91.90	50.70
27	131.87	50.70

Carichi sul profilo

Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Tipo Tipo carico

Ψ_2 Coefficiente sismico carico variabile

Carichi distribuiti

P_i, P_f

Vx_i, Vx_f, Vy_i, Vy_f

Posizione iniziale e finale del carico espressa in [m]

Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

Carichi distribuiti

n°	Descrizione	Tipo	Ψ_2	P_i	P_f	Vy	Vx
				[m]	[m]	[kg/m]	[kg/m]
1	Carico 1	Variabile	1.00	62.92 66.50	59.42 66.50	1000 1000	0 0

Impostazioni delle superfici di rottura

Superfici di rottura circolari

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia [m] $X_0 = 0.42$ $Y_0 = 67.50$
 Passo maglia [m] $dX = 2.00$ $dY = 2.00$
 Numero passi $Nx = 30$ $Ny = 30$
 Raggio [m] $R = 2.00$

Si utilizza un raggio variabile con passo $dR=1.00$ [m] ed un numero di incrementi pari a 80

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a 6.00 m
- freccia inferiore a 2.00 m
- volume inferiore a 10.00 mc

Verifica di stabilità 01

Opzioni di calcolo verifica a lungo termine paramento di valle con invaso pieno senza sisma

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- BISHOP

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri caratteristici [PC];

- Parametri di progetto [A2-M2]

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

Risultati analisi

Numero di superfici analizzate

25366

Coefficiente di sicurezza minimo

1.367

Superficie con coefficiente di sicurezza minimo

1

Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso l'alto

Numero di strisce

53

Coordinate del centro

X[m]= 49.95

Y[m]= 81.50

Raggio del cerchio

R[m]= 22.00

Intersezione a valle con il profilo topografico

X_v[m]= 48.35

Y_v[m]= 59.56

Intersezione a monte con il profilo topografico

X_m[m]= 66.04

Y_m[m]= 66.50

Coefficiente di sicurezza

F_s= 1.367

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
1	48.35	59.56	59.56	48.59	59.65	59.54	48.51	59.58	0.24	-3.86	23.04	0.02
2	48.59	59.65	59.54	48.83	59.75	59.53	48.72	59.62	0.24	-3.24	23.04	0.02
3	48.83	59.75	59.53	49.07	59.84	59.52	48.95	59.66	0.24	-2.62	23.04	0.02
4	49.07	59.84	59.52	49.41	59.98	59.51	49.25	59.71	0.34	-1.86	23.04	0.02
5	49.41	59.98	59.51	49.75	60.12	59.50	49.59	59.78	0.34	-0.96	23.04	0.02
6	49.75	60.12	59.50	50.09	60.26	59.50	49.93	59.85	0.34	-0.07	23.04	0.02
7	50.09	60.26	59.50	50.44	60.39	59.51	50.27	59.91	0.34	0.82	23.04	0.02
8	50.44	60.39	59.51	50.78	60.53	59.52	50.61	59.99	0.34	1.71	23.04	0.02
9	50.78	60.53	59.52	51.12	60.67	59.53	50.95	60.06	0.34	2.61	23.04	0.02
10	51.12	60.67	59.53	51.47	60.80	59.55	51.30	60.14	0.34	3.50	23.04	0.02
11	51.47	60.80	59.55	51.81	60.94	59.58	51.64	60.22	0.34	4.40	23.04	0.02
12	51.81	60.94	59.58	52.15	61.08	59.61	51.98	60.30	0.34	5.29	23.04	0.02
13	52.15	61.08	59.61	52.49	61.22	59.65	52.32	60.39	0.34	6.19	23.04	0.02
14	52.49	61.22	59.65	52.84	61.35	59.69	52.67	60.48	0.35	7.09	23.04	0.02
15	52.84	61.35	59.69	53.18	61.49	59.74	53.01	60.57	0.35	7.99	23.04	0.02
16	53.18	61.49	59.74	53.52	61.63	59.79	53.35	60.66	0.35	8.89	23.04	0.02
17	53.52	61.63	59.79	53.87	61.77	59.85	53.70	60.76	0.35	9.80	23.04	0.02
18	53.87	61.77	59.85	54.21	61.90	59.92	54.04	60.86	0.35	10.71	23.04	0.02
19	54.21	61.90	59.92	54.55	62.04	59.99	54.38	60.96	0.35	11.62	23.04	0.02
20	54.55	62.04	59.99	54.89	62.18	60.06	54.72	61.07	0.35	12.53	23.04	0.02
21	54.89	62.18	60.06	55.24	62.31	60.14	55.07	61.17	0.35	13.45	23.04	0.02
22	55.24	62.31	60.14	55.58	62.45	60.23	55.41	61.29	0.35	14.37	23.04	0.02
23	55.58	62.45	60.23	55.92	62.59	60.33	55.75	61.40	0.36	15.29	23.04	0.02
24	55.92	62.59	60.33	56.27	62.73	60.43	56.09	61.52	0.36	16.22	23.04	0.02
25	56.27	62.73	60.43	56.61	62.86	60.53	56.44	61.64	0.36	17.15	23.04	0.02
26	56.61	62.86	60.53	56.95	63.00	60.64	56.78	61.76	0.36	18.09	23.04	0.02
27	56.95	63.00	60.64	57.29	63.14	60.76	57.12	61.89	0.36	19.03	23.04	0.02
28	57.29	63.14	60.76	57.64	63.27	60.89	57.47	62.02	0.36	19.98	23.04	0.02
29	57.64	63.27	60.89	57.98	63.41	61.02	57.81	62.15	0.37	20.93	23.04	0.02
30	57.98	63.41	61.02	58.32	63.55	61.16	58.15	62.28	0.37	21.89	23.04	0.02
31	58.32	63.55	61.16	58.67	63.69	61.30	58.49	62.42	0.37	22.86	23.04	0.02
32	58.67	63.69	61.30	59.01	63.82	61.45	58.84	62.57	0.37	23.83	23.04	0.02
33	59.01	63.82	61.45	59.35	63.96	61.61	59.18	62.71	0.38	24.81	23.04	0.02
34	59.35	63.96	61.61	59.68	64.09	61.77	59.52	62.86	0.37	25.78	23.04	0.02
35	59.68	64.09	61.77	60.02	64.23	61.94	59.85	63.01	0.37	26.75	23.04	0.02
36	60.02	64.23	61.94	60.35	64.36	62.11	60.18	63.16	0.38	27.72	23.04	0.02
37	60.35	64.36	62.11	60.68	64.49	62.30	60.52	63.31	0.38	28.71	23.04	0.02
38	60.68	64.49	62.30	61.02	64.63	62.49	60.85	63.47	0.38	29.70	23.04	0.02
39	61.02	64.63	62.49	61.35	64.76	62.68	61.18	63.64	0.39	30.70	23.04	0.02
40	61.35	64.76	62.68	61.68	64.89	62.89	61.51	63.81	0.39	31.71	23.04	0.02
41	61.68	64.89	62.89	62.01	65.03	63.10	61.85	63.98	0.40	32.74	23.04	0.02
42	62.01	65.03	63.10	62.35	65.16	63.32	62.18	64.15	0.40	33.77	23.04	0.02
43	62.35	65.16	63.32	62.68	65.29	63.56	62.51	64.33	0.41	34.82	23.04	0.02
44	62.68	65.29	63.56	63.01	65.42	63.80	62.84	64.52	0.41	35.89	23.04	0.02
45	63.01	65.42	63.80	63.34	65.56	64.05	63.18	64.71	0.42	36.96	23.04	0.01

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
46	63.34	65.56	64.05	63.68	65.69	64.31	63.51	64.90	0.42	38.06	23.04	0.00
47	63.68	65.69	64.31	64.01	65.82	64.58	63.84	65.10	0.43	39.16	23.04	0.00
48	64.01	65.82	64.58	64.34	65.96	64.86	64.17	65.30	0.44	40.29	23.04	0.00
49	64.34	65.96	64.86	64.68	66.09	65.15	64.50	65.51	0.44	41.44	23.04	0.00
50	64.68	66.09	65.15	65.02	66.23	65.47	64.84	65.73	0.46	42.62	23.04	0.00
51	65.02	66.23	65.47	65.36	66.36	65.80	65.18	65.96	0.47	43.84	23.04	0.00
52	65.36	66.36	65.80	65.70	66.50	66.14	65.52	66.19	0.48	45.09	23.04	0.00
53	65.70	66.50	66.14	66.04	66.50	66.50	65.81	66.38	0.50	46.37	23.04	0.02

Forze applicate sulle strisce [BISHOP]

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E ₁ [kg]	E ₂ [kg]	X ₁ [kg]	X ₂ [kg]	ID
1	25	0	29	51	0	0	53	0	0	
2	80	0	84	68	0	53	125	0	0	
3	133	0	137	85	0	125	216	0	0	
4	282	0	287	149	0	216	375	0	0	
5	384	0	387	181	0	375	562	0	0	
6	483	0	483	211	0	562	773	0	0	
7	578	0	574	239	0	773	1004	0	0	
8	669	0	661	266	0	1004	1250	0	0	
9	756	0	743	292	0	1250	1507	0	0	
10	840	0	822	316	0	1507	1773	0	0	
11	919	0	896	339	0	1773	2042	0	0	
12	995	0	966	361	0	2042	2313	0	0	
13	1068	0	1032	382	0	2313	2581	0	0	
14	1136	0	1095	401	0	2581	2844	0	0	
15	1200	0	1153	420	0	2844	3099	0	0	
16	1261	0	1208	437	0	3099	3344	0	0	
17	1318	0	1259	453	0	3344	3576	0	0	
18	1371	0	1306	468	0	3576	3793	0	0	
19	1420	0	1350	482	0	3793	3993	0	0	
20	1464	0	1390	494	0	3993	4174	0	0	
21	1505	0	1427	506	0	4174	4335	0	0	
22	1542	0	1459	516	0	4335	4473	0	0	
23	1575	0	1489	526	0	4473	4587	0	0	
24	1603	0	1514	534	0	4587	4677	0	0	
25	1627	0	1536	541	0	4677	4741	0	0	
26	1647	0	1554	547	0	4741	4779	0	0	
27	1663	0	1568	552	0	4779	4789	0	0	
28	1674	0	1579	555	0	4789	4772	0	0	
29	1680	0	1585	558	0	4772	4726	0	0	
30	1682	0	1588	559	0	4726	4653	0	0	
31	1679	0	1587	559	0	4653	4552	0	0	
32	1672	0	1581	558	0	4552	4424	0	0	
33	1659	0	1571	555	0	4424	4268	0	0	
34	1593	0	1511	535	0	4268	4093	0	0	
35	1572	0	1493	530	0	4093	3895	0	0	
36	1546	0	1471	524	0	3895	3674	0	0	
37	1515	0	1445	516	0	3674	3433	0	0	
38	1479	0	1414	507	0	3433	3173	0	0	
39	1438	0	1377	497	0	3173	2897	0	0	
40	1391	0	1336	484	0	2897	2607	0	0	
41	1339	0	1289	471	0	2607	2305	0	0	
42	1281	0	1237	455	0	2305	1996	0	0	
43	1217	0	1178	438	0	1996	1683	0	0	
44	1147	0	1113	418	0	1683	1370	0	0	
45	1070	0	1060	371	0	1370	1029	0	0	
46	987	0	1007	314	0	1029	654	0	0	
47	896	0	922	287	0	654	295	0	0	
48	798	0	828	258	0	295	-44	0	0	
49	693	0	725	226	0	-44	-355	0	0	
50	589	0	622	194	0	-355	-634	0	0	
51	452	0	482	150	0	-634	-859	0	0	
52	305	0	320	112	0	-859	-1007	0	0	
53	116	0	58	105	0	-1007	-976	0	0	

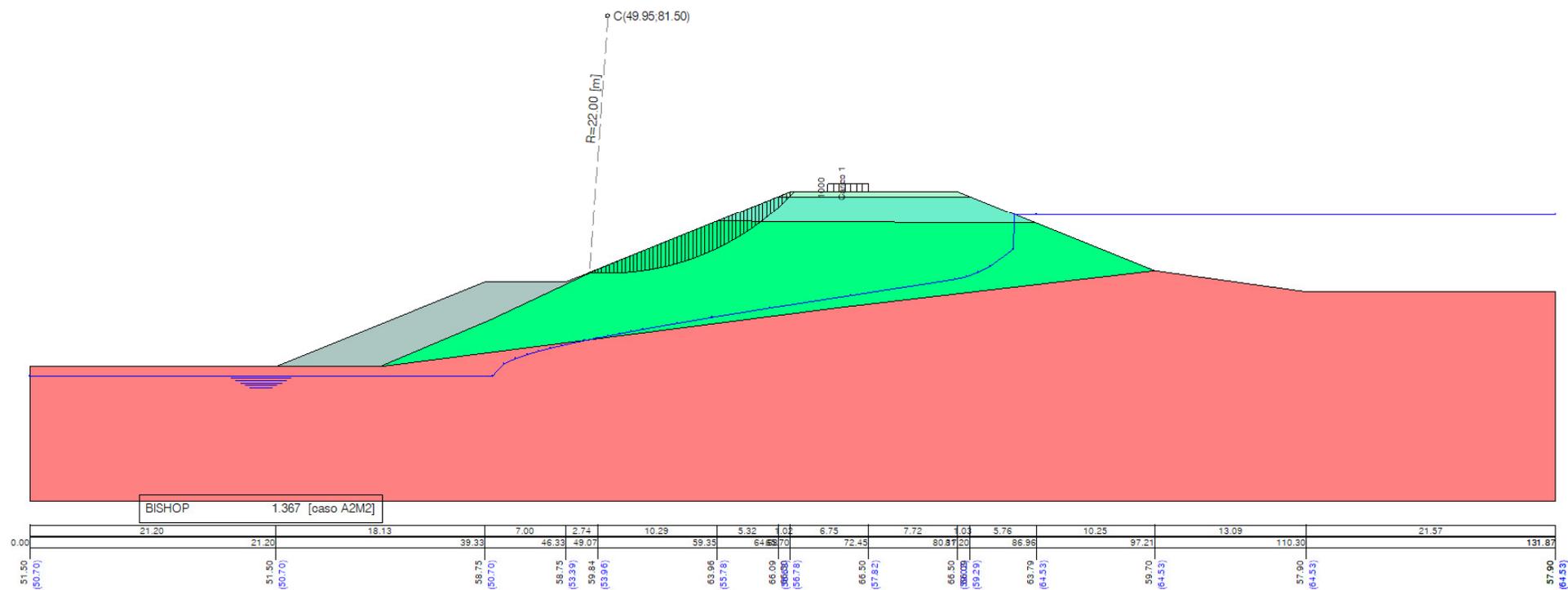


Figura C-1 – Superficie critica verifica di stabilità 01

Verifica di stabilità 02

Opzioni di calcolo verifica a breve termine paramento di valle con invaso pieno stato limite SLV

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- BISHOP

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri caratteristici [PC];

- Parametri di progetto [A2-M2]

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

Risultati analisi

Numero di superfici analizzate

50760

Coefficiente di sicurezza minimo

0.926

Superficie con coefficiente di sicurezza minimo

1

Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso

Numero di strisce

63

Coordinate del centro

X[m]= 31.95

Y[m]= 109.50

Raggio del cerchio

R[m]= 66.00

Intersezione a valle con il profilo topografico

X_v[m]= 0.45

Y_v[m]= 51.50

Intersezione a monte con il profilo topografico

X_m[m]= 81.54

Y_m[m]= 65.95

Coefficiente di sicurezza

F_s= **0.926**

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
1	0.45	51.50	51.50	2.05	51.50	50.66	1.52	51.22	1.80	-27.72	27.45	0.00
2	2.05	51.50	50.66	3.65	51.50	49.88	2.93	50.86	1.78	-26.17	27.45	0.00
3	3.65	51.50	49.88	5.24	51.50	49.15	4.49	50.49	1.76	-24.63	27.45	0.00
4	5.24	51.50	49.15	6.84	51.50	48.46	6.07	50.15	1.74	-23.12	27.45	0.00
5	6.84	51.50	48.46	8.43	51.50	47.83	7.66	49.82	1.72	-21.62	27.45	0.00
6	8.43	51.50	47.83	10.03	51.50	47.25	9.25	49.52	1.70	-20.14	27.45	0.00
7	10.03	51.50	47.25	11.62	51.50	46.71	10.84	49.24	1.68	-18.67	27.45	0.00
8	11.62	51.50	46.71	13.22	51.50	46.21	12.44	48.98	1.67	-17.21	27.45	0.00
9	13.22	51.50	46.21	14.82	51.50	45.76	14.03	48.74	1.66	-15.77	27.45	0.00
10	14.82	51.50	45.76	16.41	51.50	45.35	15.62	48.53	1.65	-14.33	27.45	0.00
11	16.41	51.50	45.35	18.01	51.50	44.99	17.22	48.34	1.64	-12.91	27.45	0.00
12	18.01	51.50	44.99	19.60	51.50	44.66	18.81	48.16	1.63	-11.49	27.45	0.00
13	19.60	51.50	44.66	21.20	51.50	44.38	20.41	48.01	1.62	-10.08	27.45	0.00
14	21.20	51.50	44.38	22.71	52.10	44.15	21.97	48.04	1.53	-8.71	27.45	0.00
15	22.71	52.10	44.15	24.22	52.71	43.95	23.48	48.23	1.52	-7.39	27.45	0.00
16	24.22	52.71	43.95	25.73	53.31	43.79	24.99	48.44	1.52	-6.07	27.45	0.00
17	25.73	53.31	43.79	27.24	53.92	43.67	26.50	48.67	1.52	-4.75	27.45	0.00
18	27.24	53.92	43.67	28.75	54.52	43.58	28.01	48.92	1.51	-3.43	27.45	0.00
19	28.75	54.52	43.58	30.27	55.13	43.52	29.52	49.19	1.51	-2.12	27.45	0.00
20	30.27	55.13	43.52	31.78	55.73	43.50	31.03	49.47	1.51	-0.81	27.45	0.00
21	31.78	55.73	43.50	33.29	56.33	43.51	32.54	49.77	1.51	0.50	27.45	0.00
22	33.29	56.33	43.51	34.80	56.94	43.56	34.05	50.09	1.51	1.82	27.45	0.00
23	34.80	56.94	43.56	36.31	57.54	43.64	35.56	50.42	1.51	3.13	27.45	0.00
24	36.31	57.54	43.64	37.82	58.15	43.76	37.07	50.77	1.52	4.44	27.45	0.00
25	37.82	58.15	43.76	39.33	58.75	43.91	38.58	51.14	1.52	5.76	27.45	0.00
26	39.33	58.75	43.91	39.97	58.75	43.99	39.65	51.35	0.64	6.70	27.45	0.00
27	39.97	58.75	43.99	40.97	58.75	44.12	40.47	51.40	1.01	7.42	27.45	0.00
28	40.97	58.75	44.12	41.97	58.75	44.27	41.47	51.47	1.01	8.29	27.45	0.00
29	41.97	58.75	44.27	42.97	58.75	44.43	42.47	51.55	1.01	9.17	27.45	0.00
30	42.97	58.75	44.43	43.97	58.75	44.60	43.47	51.63	1.02	10.05	27.45	0.00
31	43.97	58.75	44.60	44.97	58.75	44.80	44.47	51.73	1.02	10.94	27.45	0.00
32	44.97	58.75	44.80	45.97	58.75	45.01	45.47	51.83	1.02	11.82	27.45	0.00
33	45.97	58.75	45.01	46.33	58.75	45.09	46.15	51.90	0.37	12.42	27.45	0.00
34	46.33	58.75	45.09	46.97	59.01	45.23	46.65	52.02	0.66	12.87	27.45	0.00
35	46.97	59.01	45.23	47.97	59.41	45.47	47.47	52.28	1.03	13.60	27.45	0.00
36	47.97	59.41	45.47	48.97	59.81	45.73	48.47	52.60	1.03	14.50	27.45	0.00
37	48.97	59.81	45.73	49.07	59.84	45.76	49.02	52.79	0.10	14.99	27.45	0.00
38	49.07	59.84	45.76	49.97	60.21	46.01	49.52	52.95	0.94	15.44	27.45	0.00
39	49.97	60.21	46.01	50.97	60.61	46.30	50.47	53.28	1.04	16.30	27.45	0.00
40	50.97	60.61	46.30	51.97	61.01	46.61	51.47	53.63	1.05	17.20	27.45	0.00
41	51.97	61.01	46.61	52.97	61.41	46.94	52.47	53.99	1.05	18.11	27.45	0.00
42	52.97	61.41	46.94	54.47	62.01	47.46	53.72	54.45	1.59	19.26	27.45	0.00
43	54.47	62.01	47.46	55.97	62.61	48.03	55.22	55.03	1.60	20.65	27.45	0.00
44	55.97	62.61	48.03	57.47	63.21	48.63	56.72	55.62	1.62	22.04	27.45	0.00
45	57.47	63.21	48.63	58.97	63.81	49.28	58.22	56.23	1.64	23.46	27.45	0.00

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
46	58.97	63.81	49.28	59.35	63.96	49.46	59.16	56.63	0.42	24.35	27.45	0.00
47	59.35	63.96	49.46	60.89	64.58	50.18	60.12	57.04	1.70	25.27	27.45	0.00
48	60.89	64.58	50.18	62.43	65.19	50.96	61.66	57.73	1.72	26.76	27.45	0.00
49	62.43	65.19	50.96	63.97	65.81	51.79	63.20	58.44	1.75	28.26	27.45	0.00
50	63.97	65.81	51.79	64.68	66.09	52.18	64.32	58.97	0.81	29.37	27.45	0.00
51	64.68	66.09	52.18	65.70	66.50	52.78	65.19	59.39	1.19	30.24	27.45	0.00
52	65.70	66.50	52.78	67.02	66.50	53.59	66.35	59.84	1.54	31.42	27.45	0.00
53	67.02	66.50	53.59	68.34	66.50	54.44	67.67	60.25	1.57	32.78	27.45	0.00
54	68.34	66.50	54.44	69.65	66.50	55.33	68.99	60.69	1.59	34.15	27.45	0.00
55	69.65	66.50	55.33	70.97	66.50	56.27	70.30	61.15	1.62	35.54	27.45	0.00
56	70.97	66.50	56.27	72.45	66.50	57.39	71.70	61.66	1.85	37.05	11.72	0.32
57	72.45	66.50	57.39	73.99	66.50	58.62	73.20	62.25	1.98	38.71	0.00	0.56
58	73.99	66.50	58.62	75.54	66.50	59.94	74.74	62.88	2.03	40.45	0.00	0.56
59	75.54	66.50	59.94	77.08	66.50	61.34	76.28	63.56	2.09	42.24	0.00	0.56
60	77.08	66.50	61.34	78.63	66.50	62.84	77.81	64.27	2.15	44.08	0.00	0.56
61	78.63	66.50	62.84	80.17	66.50	64.44	79.33	65.03	2.22	45.97	0.00	0.45
62	80.17	66.50	64.44	81.20	66.09	65.56	80.58	65.61	1.52	47.60	0.00	0.26
63	81.20	66.09	65.56	81.54	65.95	65.95	81.31	65.87	0.52	48.49	0.00	0.26

Forze applicate sulle strisce [BISHOP]

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E _s [kg]	E _d [kg]	X _s [kg]	X _d [kg]	ID
1	1372	0	1966	1103	0	0	1602	0	0	
2	4060	0	4530	2542	766	1602	5363	0	0	
3	6600	0	5937	3331	2087	5363	10344	0	0	
4	8968	0	7147	4010	3288	10344	16238	0	0	
5	11169	0	8188	4595	4381	16238	22786	0	0	
6	13210	0	9083	5097	5372	22786	29762	0	0	
7	15094	0	9848	5526	6271	29762	36975	0	0	
8	16825	0	10499	5891	7083	36975	44258	0	0	
9	18409	0	11049	6200	7814	44258	51469	0	0	
10	19847	0	11506	6456	8468	51469	58484	0	0	
11	21143	0	11882	6667	9050	58484	65201	0	0	
12	22299	0	12182	6835	9564	65201	71529	0	0	
13	23317	0	12413	6965	10012	71529	77395	0	0	
14	23714	0	12721	7138	9835	77395	82867	0	0	
15	26095	0	14464	8116	10128	82867	88576	0	0	
16	28304	0	16048	9005	10371	88576	94355	0	0	
17	30400	0	17542	9843	10566	94355	100081	0	0	
18	32386	0	18951	10633	10712	100081	105644	0	0	
19	34262	0	20282	11380	10811	105644	110944	0	0	
20	36183	0	21681	12165	10863	110944	115938	0	0	
21	38125	0	23125	12976	10868	115938	120577	0	0	
22	39957	0	24500	13747	10827	120577	124774	0	0	
23	41679	0	25811	14483	10739	124774	128454	0	0	
24	43291	0	27061	15184	10604	128454	131548	0	0	
25	44792	0	28254	15854	10420	131548	133996	0	0	
26	19256	0	12192	6841	4349	133996	134802	0	0	
27	29983	0	22032	12362	3408	134802	137456	0	0	
28	29833	0	18836	10569	6594	137456	137957	0	0	
29	29651	0	17957	10076	7286	137957	137629	0	0	
30	29436	0	17363	9743	7654	137629	136650	0	0	
31	29187	0	16854	9457	7913	136650	135084	0	0	
32	28905	0	16440	9225	8047	135084	133004	0	0	
33	10331	0	5824	3268	2920	133004	132136	0	0	
34	18407	0	10365	5816	5198	132136	130459	0	0	
35	29059	0	16364	9182	8161	130459	127490	0	0	
36	29108	0	16345	9171	8181	127490	124094	0	0	
37	2792	0	1568	880	782	124094	123747	0	0	
38	26597	0	14972	8401	7393	123747	120285	0	0	
39	29621	0	16745	9396	8116	120285	116083	0	0	
40	29819	0	16940	9505	8043	116083	111487	0	0	
41	29980	0	17103	9596	7977	111487	106490	0	0	
42	45184	0	25977	14576	11747	106490	98281	0	0	
43	45333	0	26351	14786	11416	98281	89244	0	0	
44	45351	0	26666	14963	11046	89244	79398	0	0	
45	45234	0	26984	15141	10558	79398	68808	0	0	
46	11480	0	6911	3878	2607	68808	65997	0	0	
47	46086	0	28060	15745	10098	65997	54231	0	0	
48	45667	0	28354	15910	9378	54231	41823	0	0	
49	45086	0	28604	16050	8560	41823	28857	0	0	
50	20420	0	13174	7392	3628	28857	22752	0	0	
51	29306	0	19179	10761	4895	22752	13747	0	0	

N°	W	Q	N	T	U	E _s	E _d	X _s	X _d	ID
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
52	36259	0	24150	13551	5583	13747	2164	0	0	
53	33985	0	23104	12964	4709	2164	-9157	0	0	
54	31590	703	22573	12666	3743	-9157	-20253	0	0	
55	29065	1317	21936	12309	2674	-20253	-30948	0	0	
56	29468	1480	24132	11884	1585	-30948	-43481	0	0	
57	26956	0	21239	12059	0	-43481	-53037	0	0	
58	22736	0	16185	12366	0	-53037	-58921	0	0	
59	18434	0	10734	12710	0	-58921	-60613	0	0	
60	13850	0	4564	13098	0	-60613	-57297	0	0	
61	8956	0	316	10837	0	-57297	-51881	0	0	
62	2696	0	-1185	4349	0	-51881	-48642	0	0	
63	188	0	-1432	1492	0	-48642	-46620	0	0	

Analisi degli spostamenti

Superficie n° 1

n°	u
	[m]
1	0.000000
2	0.000000
3	0.000000
4	0.000000
5	0.000000
6	0.000000
7	0.000000
8	0.000000
9	0.000000
10	0.000000
11	0.000000
12	0.000000
13	0.000000
14	0.000000
15	0.000000

Accelerazione sismica critica

Spostamento massimo

Velocità massima

$K_c = 0.214$

$U_{max} = 0.000000$ [m]

$V_{max} = 0.000000$ [m/s]

Superficie n° 17

n°	u
	[m]
1	0.000000
2	0.000001
3	0.000000
4	0.000000
5	0.000000
6	0.000000
7	0.000001
8	0.000000
9	0.000001
10	0.000000
11	0.000001
12	0.000000
13	0.000000
14	0.000000
15	0.000000

Accelerazione sismica critica

Spostamento massimo

Velocità massima

$K_c = 0.208$

$U_{max} = 0.000001$ [m]

$V_{max} = 0.000098$ [m/s]

Verifica di stabilità 03

Opzioni di calcolo verifica a breve termine paramento di valle con invaso pieno stato limite SLC

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- BISHOP

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri caratteristici [PC];

- Parametri di progetto [A2-M2]

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

Risultati analisi

Numero di superfici analizzate

50760

Coefficiente di sicurezza minimo

0.812

Superficie con coefficiente di sicurezza minimo

1

Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso

Numero di strisce

63

Coordinate del centro

X[m]= 31.95

Y[m]= 109.50

Raggio del cerchio

R[m]= 66.00

Intersezione a valle con il profilo topografico

X_v[m]= 0.45

Y_v[m]= 51.50

Intersezione a monte con il profilo topografico

X_m[m]= 81.54

Y_m[m]= 65.95

Coefficiente di sicurezza

F_s= **0.812**

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
1	0.45	51.50	51.50	2.05	51.50	50.66	1.52	51.22	1.80	-27.72	27.45	0.00
2	2.05	51.50	50.66	3.65	51.50	49.88	2.93	50.86	1.78	-26.17	27.45	0.00
3	3.65	51.50	49.88	5.24	51.50	49.15	4.49	50.49	1.76	-24.63	27.45	0.00
4	5.24	51.50	49.15	6.84	51.50	48.46	6.07	50.15	1.74	-23.12	27.45	0.00
5	6.84	51.50	48.46	8.43	51.50	47.83	7.66	49.82	1.72	-21.62	27.45	0.00
6	8.43	51.50	47.83	10.03	51.50	47.25	9.25	49.52	1.70	-20.14	27.45	0.00
7	10.03	51.50	47.25	11.62	51.50	46.71	10.84	49.24	1.68	-18.67	27.45	0.00
8	11.62	51.50	46.71	13.22	51.50	46.21	12.44	48.98	1.67	-17.21	27.45	0.00
9	13.22	51.50	46.21	14.82	51.50	45.76	14.03	48.74	1.66	-15.77	27.45	0.00
10	14.82	51.50	45.76	16.41	51.50	45.35	15.62	48.53	1.65	-14.33	27.45	0.00
11	16.41	51.50	45.35	18.01	51.50	44.99	17.22	48.34	1.64	-12.91	27.45	0.00
12	18.01	51.50	44.99	19.60	51.50	44.66	18.81	48.16	1.63	-11.49	27.45	0.00
13	19.60	51.50	44.66	21.20	51.50	44.38	20.41	48.01	1.62	-10.08	27.45	0.00
14	21.20	51.50	44.38	22.71	52.10	44.15	21.97	48.04	1.53	-8.71	27.45	0.00
15	22.71	52.10	44.15	24.22	52.71	43.95	23.48	48.23	1.52	-7.39	27.45	0.00
16	24.22	52.71	43.95	25.73	53.31	43.79	24.99	48.44	1.52	-6.07	27.45	0.00
17	25.73	53.31	43.79	27.24	53.92	43.67	26.50	48.67	1.52	-4.75	27.45	0.00
18	27.24	53.92	43.67	28.75	54.52	43.58	28.01	48.92	1.51	-3.43	27.45	0.00
19	28.75	54.52	43.58	30.27	55.13	43.52	29.52	49.19	1.51	-2.12	27.45	0.00
20	30.27	55.13	43.52	31.78	55.73	43.50	31.03	49.47	1.51	-0.81	27.45	0.00
21	31.78	55.73	43.50	33.29	56.33	43.51	32.54	49.77	1.51	0.50	27.45	0.00
22	33.29	56.33	43.51	34.80	56.94	43.56	34.05	50.09	1.51	1.82	27.45	0.00
23	34.80	56.94	43.56	36.31	57.54	43.64	35.56	50.42	1.51	3.13	27.45	0.00
24	36.31	57.54	43.64	37.82	58.15	43.76	37.07	50.77	1.52	4.44	27.45	0.00
25	37.82	58.15	43.76	39.33	58.75	43.91	38.58	51.14	1.52	5.76	27.45	0.00
26	39.33	58.75	43.91	39.97	58.75	43.99	39.65	51.35	0.64	6.70	27.45	0.00
27	39.97	58.75	43.99	40.97	58.75	44.12	40.47	51.40	1.01	7.42	27.45	0.00
28	40.97	58.75	44.12	41.97	58.75	44.27	41.47	51.47	1.01	8.29	27.45	0.00
29	41.97	58.75	44.27	42.97	58.75	44.43	42.47	51.55	1.01	9.17	27.45	0.00
30	42.97	58.75	44.43	43.97	58.75	44.60	43.47	51.63	1.02	10.05	27.45	0.00
31	43.97	58.75	44.60	44.97	58.75	44.80	44.47	51.73	1.02	10.94	27.45	0.00
32	44.97	58.75	44.80	45.97	58.75	45.01	45.47	51.83	1.02	11.82	27.45	0.00
33	45.97	58.75	45.01	46.33	58.75	45.09	46.15	51.90	0.37	12.42	27.45	0.00
34	46.33	58.75	45.09	46.97	59.01	45.23	46.65	52.02	0.66	12.87	27.45	0.00
35	46.97	59.01	45.23	47.97	59.41	45.47	47.47	52.28	1.03	13.60	27.45	0.00
36	47.97	59.41	45.47	48.97	59.81	45.73	48.47	52.60	1.03	14.50	27.45	0.00
37	48.97	59.81	45.73	49.07	59.84	45.76	49.02	52.79	0.10	14.99	27.45	0.00
38	49.07	59.84	45.76	49.97	60.21	46.01	49.52	52.95	0.94	15.44	27.45	0.00
39	49.97	60.21	46.01	50.97	60.61	46.30	50.47	53.28	1.04	16.30	27.45	0.00
40	50.97	60.61	46.30	51.97	61.01	46.61	51.47	53.63	1.05	17.20	27.45	0.00
41	51.97	61.01	46.61	52.97	61.41	46.94	52.47	53.99	1.05	18.11	27.45	0.00
42	52.97	61.41	46.94	54.47	62.01	47.46	53.72	54.45	1.59	19.26	27.45	0.00
43	54.47	62.01	47.46	55.97	62.61	48.03	55.22	55.03	1.60	20.65	27.45	0.00
44	55.97	62.61	48.03	57.47	63.21	48.63	56.72	55.62	1.62	22.04	27.45	0.00
45	57.47	63.21	48.63	58.97	63.81	49.28	58.22	56.23	1.64	23.46	27.45	0.00

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
46	58.97	63.81	49.28	59.35	63.96	49.46	59.16	56.63	0.42	24.35	27.45	0.00
47	59.35	63.96	49.46	60.89	64.58	50.18	60.12	57.04	1.70	25.27	27.45	0.00
48	60.89	64.58	50.18	62.43	65.19	50.96	61.66	57.73	1.72	26.76	27.45	0.00
49	62.43	65.19	50.96	63.97	65.81	51.79	63.20	58.44	1.75	28.26	27.45	0.00
50	63.97	65.81	51.79	64.68	66.09	52.18	64.32	58.97	0.81	29.37	27.45	0.00
51	64.68	66.09	52.18	65.70	66.50	52.78	65.19	59.39	1.19	30.24	27.45	0.00
52	65.70	66.50	52.78	67.02	66.50	53.59	66.35	59.84	1.54	31.42	27.45	0.00
53	67.02	66.50	53.59	68.34	66.50	54.44	67.67	60.25	1.57	32.78	27.45	0.00
54	68.34	66.50	54.44	69.65	66.50	55.33	68.99	60.69	1.59	34.15	27.45	0.00
55	69.65	66.50	55.33	70.97	66.50	56.27	70.30	61.15	1.62	35.54	27.45	0.00
56	70.97	66.50	56.27	72.45	66.50	57.39	71.70	61.66	1.85	37.05	11.72	0.32
57	72.45	66.50	57.39	73.99	66.50	58.62	73.20	62.25	1.98	38.71	0.00	0.56
58	73.99	66.50	58.62	75.54	66.50	59.94	74.74	62.88	2.03	40.45	0.00	0.56
59	75.54	66.50	59.94	77.08	66.50	61.34	76.28	63.56	2.09	42.24	0.00	0.56
60	77.08	66.50	61.34	78.63	66.50	62.84	77.81	64.27	2.15	44.08	0.00	0.56
61	78.63	66.50	62.84	80.17	66.50	64.44	79.33	65.03	2.22	45.97	0.00	0.45
62	80.17	66.50	64.44	81.20	66.09	65.56	80.58	65.61	1.52	47.60	0.00	0.26
63	81.20	66.09	65.56	81.54	65.95	65.95	81.31	65.87	0.52	48.49	0.00	0.26

Forze applicate sulle strisce [BISHOP]

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E ₁ [kg]	E ₂ [kg]	X ₁ [kg]	X ₂ [kg]	ID
1	1372	0	2035	1302	0	0	1747	0	0	
2	4060	0	4634	2965	766	1747	5746	0	0	
3	6600	0	6003	3841	2087	5746	10914	0	0	
4	8968	0	7168	4587	3288	10914	16933	0	0	
5	11169	0	8160	5221	4381	16933	23538	0	0	
6	13210	0	9002	5760	5372	23538	30501	0	0	
7	15094	0	9714	6216	6271	30501	37628	0	0	
8	16825	0	10312	6599	7083	37628	44756	0	0	
9	18409	0	10810	6917	7814	44756	51744	0	0	
10	19847	0	11219	7178	8468	51744	58473	0	0	
11	21143	0	11547	7388	9050	58473	64843	0	0	
12	22299	0	11803	7552	9564	64843	70771	0	0	
13	23317	0	11993	7674	10012	70771	76186	0	0	
14	23714	0	12278	7856	9835	76186	81208	0	0	
15	26095	0	13964	8935	10128	81208	86461	0	0	
16	28304	0	15488	9910	10371	86461	91777	0	0	
17	30400	0	16920	10826	10566	91777	97031	0	0	
18	32386	0	18266	11688	10712	97031	102113	0	0	
19	34262	0	19533	12498	10811	102113	106922	0	0	
20	36183	0	20863	13350	10863	106922	111422	0	0	
21	38125	0	22235	14227	10868	111422	115563	0	0	
22	39957	0	23537	15060	10827	115563	119261	0	0	
23	41679	0	24774	15852	10739	119261	122443	0	0	
24	43291	0	25950	16604	10604	122443	125043	0	0	
25	44792	0	27069	17320	10420	125043	127005	0	0	
26	19256	0	11671	7468	4349	127005	127606	0	0	
27	29983	0	21180	13552	3408	127606	130168	0	0	
28	29833	0	18003	11519	6594	130168	130354	0	0	
29	29651	0	17122	10956	7286	130354	129662	0	0	
30	29436	0	16527	10575	7654	129662	128291	0	0	
31	29187	0	16016	10248	7913	128291	126315	0	0	
32	28905	0	15601	9983	8047	126315	123816	0	0	
33	10331	0	5522	3533	2920	123816	122796	0	0	
34	18407	0	9822	6285	5198	122796	120848	0	0	
35	29059	0	15497	9916	8161	120848	117457	0	0	
36	29108	0	15465	9895	8181	117457	113641	0	0	
37	2792	0	1483	949	782	113641	113254	0	0	
38	26597	0	14154	9057	7393	113254	109416	0	0	
39	29621	0	15821	10123	8116	109416	104806	0	0	
40	29819	0	15994	10234	8043	104806	99812	0	0	
41	29980	0	16137	10325	7977	99812	94426	0	0	
42	45184	0	24492	15671	11747	94426	85658	0	0	
43	45333	0	24822	15882	11416	85658	76096	0	0	
44	45351	0	25095	16057	11046	76096	65764	0	0	
45	45234	0	25373	16235	10558	65764	54734	0	0	
46	11480	0	6495	4156	2607	54734	51818	0	0	
47	46086	0	26357	16865	10098	51818	39667	0	0	
48	45667	0	26611	17027	9378	39667	26937	0	0	
49	45086	0	26825	17164	8560	26937	13716	0	0	
50	20420	0	12348	7901	3628	13716	7519	0	0	
51	29306	0	17968	11497	4895	7519	-1592	0	0	
52	36259	0	22610	14467	5583	-1592	-13261	0	0	

N°	W	Q	N	T	U	E _s	E _d	X _s	X _d	ID
	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
53	33985	0	21615	13830	4709	-13261	-24614	0	0	
54	31590	703	21105	13504	3743	-24614	-35681	0	0	
55	29065	1317	20499	13116	2674	-35681	-46283	0	0	
56	29468	1480	22328	13091	1585	-46283	-58193	0	0	
57	26956	0	19086	13752	0	-58193	-66325	0	0	
58	22736	0	14017	14101	0	-66325	-70530	0	0	
59	18434	0	8541	14494	0	-70530	-70276	0	0	
60	13850	0	2339	14936	0	-70276	-64731	0	0	
61	8956	0	-1554	12358	0	-64731	-57326	0	0	
62	2696	0	-1946	4959	0	-57326	-53238	0	0	
63	188	0	-1675	1701	0	-53238	-50904	0	0	

Analisi degli spostamenti

Superficie n° 1

n°	u
	[m]
1	0.000000
2	0.000407
3	0.000011
4	0.000108
5	0.000118
6	0.000032
7	0.000369
8	0.000217
9	0.000770
10	0.000000
11	0.000466
12	0.000003
13	0.000005
14	0.000013
15	0.000104

Accelerazione sismica critica

Spostamento massimo

Velocità massima

$K_c = 0.214$

$U_{max} = 0.000770 [m]$

$V_{max} = 0.012950 [m/s]$

Superficie n° 51

n°	u
	[m]
1	0.000001
2	0.000619
3	0.000049
4	0.000198
5	0.000287
6	0.000064
7	0.000514
8	0.000319
9	0.001041
10	0.000002
11	0.000684
12	0.000038
13	0.000049
14	0.000031
15	0.000206

Accelerazione sismica critica

Spostamento massimo

Velocità massima

$K_c = 0.208$

$U_{max} = 0.001041 [m]$

$V_{max} = 0.016964 [m/s]$

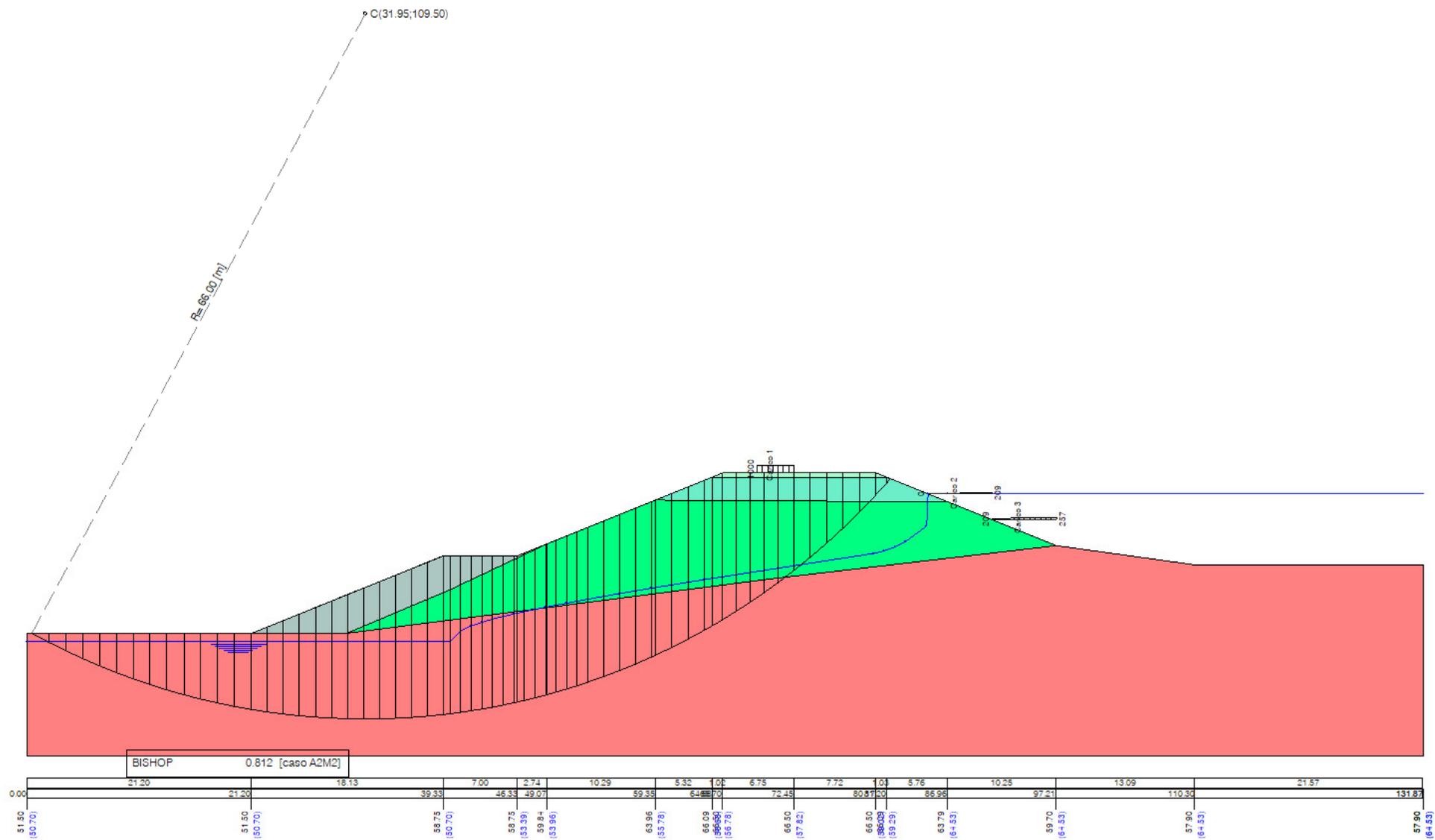


Figura C-3 – Superficie critica verifica di stabilità 03

Verifica di stabilità 04

Opzioni di calcolo verifica a lungo termine paramento di monte con invaso pieno senza sisma

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- BISHOP

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri caratteristici [PC];

- Parametri di progetto [A2-M2]

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

Risultati analisi

Numero di superfici analizzate

20164

Coefficiente di sicurezza minimo

1.491

Superficie con coefficiente di sicurezza minimo

1

Analisi della superficie 98 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso l'alto

Numero di strisce

54

Coordinate del centro

X[m]= 34.42

Y[m]= 85.50

Raggio del cerchio

R[m]= 26.00

Intersezione a valle con il profilo topografico

X_v[m]= 33.36

Y_v[m]= 59.52

Intersezione a monte con il profilo topografico

X_m[m]= 52.17

Y_m[m]= 66.50

Coefficiente di sicurezza

F_s= 1.491

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
1	33.36	59.52	59.52	33.69	59.57	59.51	33.58	59.53	0.32	-1.97	27.45	0.00
2	33.69	59.57	59.51	34.01	59.61	59.50	33.87	59.55	0.32	-1.26	27.45	0.00
3	34.01	59.61	59.50	34.34	59.66	59.50	34.18	59.57	0.32	-0.54	27.45	0.00
4	34.34	59.66	59.50	34.66	59.70	59.50	34.50	59.59	0.32	0.17	27.45	0.00
5	34.66	59.70	59.50	35.03	59.85	59.51	34.86	59.64	0.37	0.93	27.45	0.00
6	35.03	59.85	59.51	35.39	59.99	59.52	35.22	59.72	0.37	1.74	27.45	0.00
7	35.39	59.99	59.52	35.76	60.14	59.53	35.58	59.80	0.37	2.54	27.45	0.00
8	35.76	60.14	59.53	36.12	60.28	59.56	35.95	59.88	0.37	3.35	25.75	0.01
9	36.12	60.28	59.56	36.49	60.43	59.58	36.31	59.96	0.37	4.16	23.04	0.02
10	36.49	60.43	59.58	36.85	60.58	59.61	36.68	60.05	0.37	4.97	23.04	0.02
11	36.85	60.58	59.61	37.22	60.72	59.65	37.04	60.14	0.37	5.78	23.04	0.02
12	37.22	60.72	59.65	37.59	60.87	59.69	37.41	60.23	0.37	6.59	23.04	0.02
13	37.59	60.87	59.69	37.95	61.01	59.74	37.77	60.33	0.37	7.40	23.04	0.02
14	37.95	61.01	59.74	38.32	61.16	59.79	38.14	60.43	0.37	8.21	23.04	0.02
15	38.32	61.16	59.79	38.68	61.31	59.85	38.50	60.53	0.37	9.03	23.04	0.02
16	38.68	61.31	59.85	39.05	61.45	59.92	38.87	60.63	0.37	9.85	23.04	0.02
17	39.05	61.45	59.92	39.41	61.60	59.98	39.23	60.74	0.37	10.66	23.04	0.02
18	39.41	61.60	59.98	39.78	61.74	60.06	39.60	60.85	0.37	11.49	23.04	0.02
19	39.78	61.74	60.06	40.15	61.89	60.14	39.96	60.96	0.37	12.31	23.04	0.02
20	40.15	61.89	60.14	40.51	62.04	60.22	40.33	61.07	0.38	13.14	23.04	0.02
21	40.51	62.04	60.22	40.88	62.18	60.31	40.70	61.19	0.38	13.96	23.04	0.02
22	40.88	62.18	60.31	41.24	62.33	60.41	41.06	61.31	0.38	14.80	23.04	0.02
23	41.24	62.33	60.41	41.61	62.47	60.51	41.43	61.43	0.38	15.63	23.04	0.02
24	41.61	62.47	60.51	41.97	62.62	60.62	41.79	61.56	0.38	16.47	23.04	0.02
25	41.97	62.62	60.62	42.34	62.76	60.74	42.16	61.69	0.38	17.31	23.04	0.02
26	42.34	62.76	60.74	42.71	62.91	60.86	42.52	61.82	0.38	18.16	23.04	0.02
27	42.71	62.91	60.86	43.07	63.06	60.98	42.89	61.95	0.39	19.01	23.04	0.02
28	43.07	63.06	60.98	43.44	63.20	61.11	43.25	62.09	0.39	19.86	23.04	0.02
29	43.44	63.20	61.11	43.80	63.35	61.25	43.62	62.23	0.39	20.72	23.04	0.02
30	43.80	63.35	61.25	44.17	63.49	61.40	43.99	62.37	0.39	21.59	23.04	0.02
31	44.17	63.49	61.40	44.53	63.64	61.55	44.35	62.52	0.40	22.46	23.04	0.02
32	44.53	63.64	61.55	44.90	63.79	61.71	44.72	62.67	0.40	23.33	23.04	0.02
33	44.90	63.79	61.71	44.91	63.79	61.71	44.90	62.75	0.01	23.78	23.04	0.02
34	44.91	63.79	61.71	45.28	63.94	61.88	45.10	62.83	0.41	24.24	23.04	0.02
35	45.28	63.94	61.88	45.65	64.09	62.05	45.47	62.99	0.41	25.15	23.04	0.02
36	45.65	64.09	62.05	46.03	64.24	62.23	45.84	63.15	0.41	26.05	23.04	0.02
37	46.03	64.24	62.23	46.40	64.38	62.42	46.21	63.32	0.42	26.97	23.04	0.02
38	46.40	64.38	62.42	46.77	64.53	62.62	46.58	63.49	0.42	27.90	23.04	0.02
39	46.77	64.53	62.62	47.12	64.67	62.82	46.95	63.66	0.40	28.81	23.04	0.02
40	47.12	64.67	62.82	47.48	64.82	63.02	47.30	63.83	0.41	29.70	23.04	0.02
41	47.48	64.82	63.02	47.83	64.96	63.23	47.66	64.00	0.41	30.61	23.04	0.02
42	47.83	64.96	63.23	48.19	65.10	63.45	48.01	64.18	0.42	31.52	23.04	0.02
43	48.19	65.10	63.45	48.54	65.24	63.67	48.36	64.36	0.42	32.44	23.04	0.02
44	48.54	65.24	63.67	48.90	65.38	63.90	48.72	64.55	0.42	33.37	23.04	0.01
45	48.90	65.38	63.90	49.25	65.52	64.15	49.07	64.74	0.43	34.31	23.04	0.00

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
46	49.25	65.52	64.15	49.61	65.67	64.40	49.43	64.93	0.43	35.27	23.04	0.00
47	49.61	65.67	64.40	49.96	65.81	64.66	49.78	65.13	0.44	36.23	23.04	0.00
48	49.96	65.81	64.66	50.32	65.95	64.93	50.14	65.33	0.45	37.20	23.04	0.00
49	50.32	65.95	64.93	50.67	66.09	65.21	50.49	65.54	0.45	38.19	23.04	0.00
50	50.67	66.09	65.21	51.02	66.23	65.48	50.84	65.75	0.44	39.18	23.04	0.00
51	51.02	66.23	65.48	51.36	66.36	65.77	51.18	65.96	0.45	40.16	23.04	0.00
52	51.36	66.36	65.77	51.70	66.50	66.07	51.52	66.17	0.45	41.15	23.04	0.00
53	51.70	66.50	66.07	51.93	66.50	66.28	51.80	66.33	0.32	42.00	23.04	0.02
54	51.93	66.50	66.28	52.17	66.50	66.50	52.01	66.43	0.32	42.70	23.04	0.02

Forze applicate sulle strisce [BISHOP]

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E _s [kg]	E _d [kg]	X _s [kg]	X _d [kg]	ID
1	19	1618	10	4	1628	0	282	0	0	
2	56	1603	29	10	1630	282	550	0	0	
3	90	1589	47	16	1632	550	800	0	0	
4	121	1574	63	22	1632	800	1034	0	0	
5	207	1740	108	37	1838	1034	1734	0	0	
6	312	1686	162	56	1836	1734	2403	0	0	
7	414	1633	214	74	1832	2403	3038	0	0	
8	511	1580	262	107	1826	3038	3653	0	0	
9	605	1526	307	147	1819	3653	4254	0	0	
10	695	1473	351	159	1810	4254	4814	0	0	
11	780	1419	393	171	1800	4814	5330	0	0	
12	862	1366	433	183	1788	5330	5802	0	0	
13	940	1313	471	194	1775	5802	6229	0	0	
14	1013	1259	507	204	1760	6229	6609	0	0	
15	1083	1206	540	214	1743	6609	6943	0	0	
16	1148	1153	572	223	1725	6943	7230	0	0	
17	1209	1099	601	231	1705	7230	7470	0	0	
18	1266	1046	628	239	1683	7470	7661	0	0	
19	1319	992	653	247	1659	7661	7806	0	0	
20	1368	939	677	253	1633	7806	7902	0	0	
21	1412	886	698	260	1606	7902	7952	0	0	
22	1452	832	717	265	1576	7952	7955	0	0	
23	1488	779	734	270	1545	7955	7912	0	0	
24	1519	726	749	275	1511	7912	7825	0	0	
25	1546	672	761	279	1475	7825	7694	0	0	
26	1568	619	772	282	1437	7694	7520	0	0	
27	1586	566	781	285	1397	7520	7306	0	0	
28	1599	512	787	287	1354	7306	7053	0	0	
29	1607	459	791	289	1309	7053	6763	0	0	
30	1611	405	793	289	1261	6763	6439	0	0	
31	1609	352	792	290	1210	6439	6082	0	0	
32	1603	299	789	289	1156	6082	5696	0	0	
33	41	7	20	7	29	5696	5686	0	0	
34	1618	248	798	293	1117	5686	5266	0	0	
35	1601	192	789	291	1055	5266	4823	0	0	
36	1577	137	778	289	989	4823	4361	0	0	
37	1548	82	765	285	919	4361	3885	0	0	
38	1513	27	748	281	846	3885	3398	0	0	
39	1381	0	1331	445	0	3398	3147	0	0	
40	1330	0	1284	432	0	3147	2886	0	0	
41	1283	0	1242	421	0	2886	2615	0	0	
42	1230	0	1193	407	0	2615	2339	0	0	
43	1172	0	1139	393	0	2339	2059	0	0	
44	1108	0	1094	354	0	2059	1753	0	0	
45	1038	0	1052	300	0	1753	1408	0	0	
46	962	0	980	280	0	1408	1070	0	0	
47	879	0	901	257	0	1070	745	0	0	
48	790	0	815	232	0	745	438	0	0	
49	693	0	720	205	0	438	154	0	0	
50	567	0	593	169	0	154	-90	0	0	
51	455	0	480	137	0	-90	-295	0	0	
52	337	0	358	102	0	-295	-453	0	0	
53	142	0	118	80	0	-453	-473	0	0	
54	48	0	14	55	0	-473	-441	0	0	

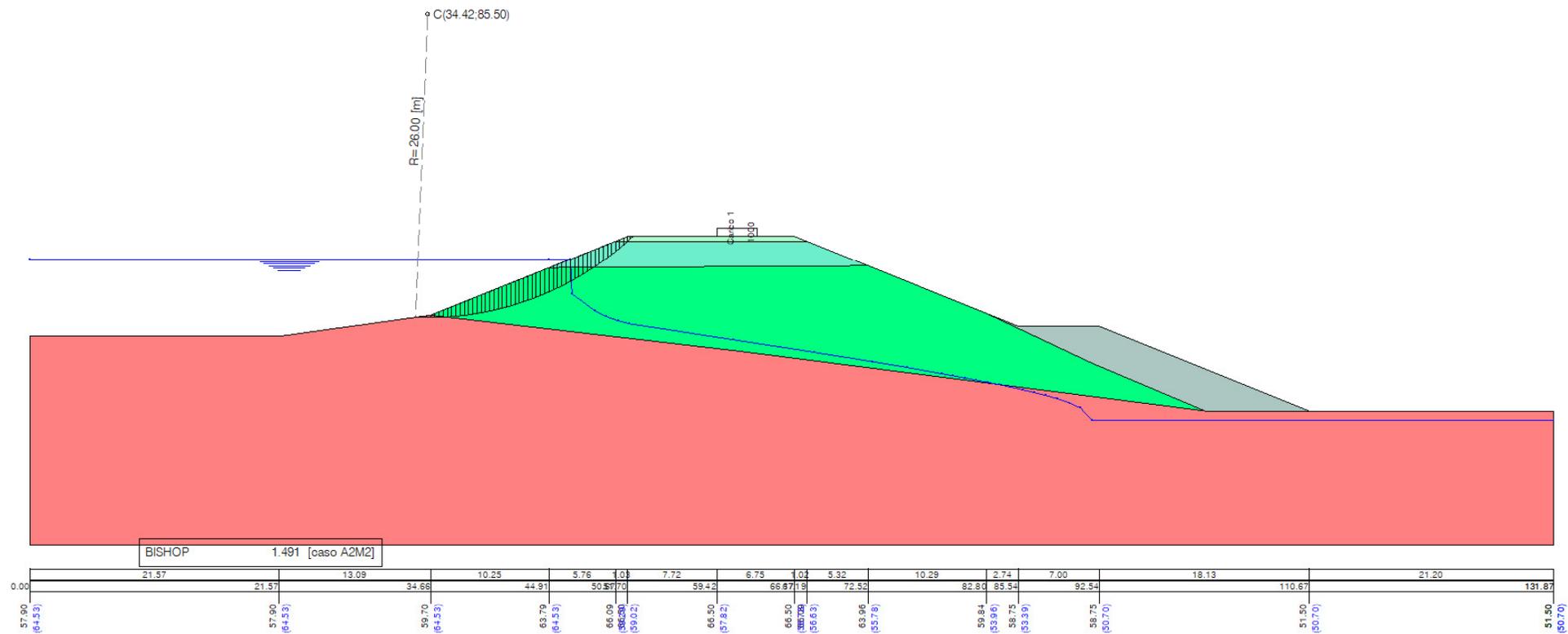


Figura C-4 – Superficie critica verifica di stabilità 04

Verifica di stabilità 05

Opzioni di calcolo verifica a breve termine paramento di monte con invaso pieno stato limite SLV

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- BISHOP

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri caratteristici [PC];

- Parametri di progetto [A2-M2]

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

Risultati analisi

Numero di superfici analizzate

40444

Coefficiente di sicurezza minimo

1.092

Superficie con coefficiente di sicurezza minimo

1

Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso

Numero di strisce

57

Coordinate del centro

X[m]= 26.42

Y[m]= 103.50

Raggio del cerchio

R[m]= 51.00

Intersezione a valle con il profilo topografico

X_v[m]= 3.58

Y_v[m]= 57.90

Intersezione a monte con il profilo topografico

X_m[m]= 61.52

Y_m[m]= 66.50

Coefficiente di sicurezza

F_s= 1.092

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
1	3.58	57.90	57.90	4.70	57.90	57.35	4.33	57.72	1.25	-25.90	27.45	0.00
2	4.70	57.90	57.35	5.83	57.90	56.84	5.33	57.49	1.24	-24.51	27.45	0.00
3	5.83	57.90	56.84	6.95	57.90	56.36	6.43	57.24	1.22	-23.13	27.45	0.00
4	6.95	57.90	56.36	8.08	57.90	55.91	7.54	57.01	1.21	-21.76	27.45	0.00
5	8.08	57.90	55.91	9.20	57.90	55.49	8.66	56.80	1.20	-20.40	27.45	0.00
6	9.20	57.90	55.49	10.33	57.90	55.11	9.78	56.60	1.19	-19.06	27.45	0.00
7	10.33	57.90	55.11	11.45	57.90	54.75	10.90	56.41	1.18	-17.73	27.45	0.00
8	11.45	57.90	54.75	12.58	57.90	54.42	12.02	56.24	1.17	-16.41	27.45	0.00
9	12.58	57.90	54.42	13.70	57.90	54.11	13.15	56.08	1.16	-15.10	27.45	0.00
10	13.70	57.90	54.11	14.82	57.90	53.84	14.27	55.94	1.16	-13.79	27.45	0.00
11	14.82	57.90	53.84	15.95	57.90	53.59	15.39	55.80	1.15	-12.50	27.45	0.00
12	15.95	57.90	53.59	17.07	57.90	53.36	16.52	55.69	1.15	-11.20	27.45	0.00
13	17.07	57.90	53.36	18.20	57.90	53.17	17.64	55.58	1.14	-9.92	27.45	0.00
14	18.20	57.90	53.17	19.32	57.90	53.00	18.76	55.49	1.14	-8.64	27.45	0.00
15	19.32	57.90	53.00	20.45	57.90	52.85	19.89	55.41	1.13	-7.36	27.45	0.00
16	20.45	57.90	52.85	21.57	57.90	52.73	21.01	55.35	1.13	-6.09	27.45	0.00
17	21.57	57.90	52.73	22.66	58.05	52.64	22.12	55.33	1.09	-4.84	27.45	0.00
18	22.66	58.05	52.64	23.75	58.20	52.57	23.21	55.36	1.09	-3.61	27.45	0.00
19	23.75	58.20	52.57	24.84	58.35	52.52	24.30	55.41	1.09	-2.39	27.45	0.00
20	24.84	58.35	52.52	25.93	58.50	52.50	25.39	55.47	1.09	-1.16	27.45	0.00
21	25.93	58.50	52.50	27.02	58.65	52.50	26.48	55.54	1.09	0.07	27.45	0.00
22	27.02	58.65	52.50	28.12	58.80	52.53	27.57	55.62	1.09	1.29	27.45	0.00
23	28.12	58.80	52.53	29.21	58.95	52.58	28.66	55.71	1.09	2.52	27.45	0.00
24	29.21	58.95	52.58	30.30	59.10	52.65	29.75	55.82	1.09	3.75	27.45	0.00
25	30.30	59.10	52.65	31.39	59.25	52.74	30.84	55.94	1.09	4.97	27.45	0.00
26	31.39	59.25	52.74	32.48	59.40	52.86	31.93	56.06	1.10	6.21	27.45	0.00
27	32.48	59.40	52.86	33.57	59.55	53.00	33.02	56.20	1.10	7.44	27.45	0.00
28	33.57	59.55	53.00	34.66	59.70	53.17	34.11	56.36	1.10	8.68	27.45	0.00
29	34.66	59.70	53.17	35.80	60.15	53.37	35.23	56.60	1.16	9.95	27.45	0.00
30	35.80	60.15	53.37	36.94	60.61	53.60	36.37	56.93	1.16	11.25	27.45	0.00
31	36.94	60.61	53.60	38.07	61.06	53.85	37.51	57.28	1.17	12.55	27.45	0.00
32	38.07	61.06	53.85	39.21	61.52	54.13	38.64	57.64	1.17	13.87	27.45	0.00
33	39.21	61.52	54.13	40.35	61.97	54.44	39.78	58.01	1.18	15.19	27.45	0.00
34	40.35	61.97	54.44	41.49	62.42	54.78	40.92	58.40	1.19	16.52	27.45	0.00
35	41.49	62.42	54.78	42.62	62.88	55.14	42.06	58.81	1.20	17.85	27.45	0.00
36	42.62	62.88	55.14	43.76	63.33	55.54	43.19	59.22	1.20	19.20	27.45	0.00
37	43.76	63.33	55.54	44.90	63.79	55.97	44.33	59.66	1.22	20.56	27.45	0.00
38	44.90	63.79	55.97	44.91	63.79	55.97	44.90	59.88	0.01	21.25	27.45	0.00
39	44.91	63.79	55.97	45.84	64.16	56.34	45.37	60.07	1.00	21.82	27.45	0.00
40	45.84	64.16	56.34	46.77	64.53	56.74	46.30	60.44	1.01	22.95	27.45	0.00
41	46.77	64.53	56.74	46.90	64.58	56.79	46.83	60.66	0.14	23.60	27.45	0.00
42	46.90	64.58	56.79	47.90	64.98	57.24	47.40	60.90	1.10	24.29	27.45	0.00
43	47.90	64.98	57.24	48.90	65.38	57.72	48.40	61.33	1.11	25.53	27.45	0.00
44	48.90	65.38	57.72	49.90	65.78	58.23	49.40	61.78	1.12	26.78	14.88	0.26
45	49.90	65.78	58.23	50.67	66.09	58.64	50.29	62.18	0.87	27.90	0.00	0.56

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
46	50.67	66.09	58.64	50.90	66.18	58.76	50.79	62.42	0.26	28.54	0.00	0.56
47	50.90	66.18	58.76	51.70	66.50	59.21	51.30	62.66	0.92	29.20	0.00	0.56
48	51.70	66.50	59.21	51.90	66.50	59.32	51.80	62.88	0.23	29.84	0.00	0.56
49	51.90	66.50	59.32	52.97	66.50	59.96	52.43	63.07	1.25	30.68	0.00	0.56
50	52.97	66.50	59.96	54.05	66.50	60.63	53.50	63.39	1.27	32.09	0.00	0.56
51	54.05	66.50	60.63	55.12	66.50	61.34	54.57	63.74	1.29	33.53	0.00	0.56
52	55.12	66.50	61.34	56.20	66.50	62.10	55.65	64.10	1.31	34.99	0.00	0.56
53	56.20	66.50	62.10	57.27	66.50	62.89	56.72	64.49	1.34	36.47	0.00	0.56
54	57.27	66.50	62.89	58.35	66.50	63.73	57.79	64.90	1.36	37.99	0.00	0.56
55	58.35	66.50	63.73	59.42	66.50	64.62	58.85	65.32	1.39	39.54	0.00	0.31
56	59.42	66.50	64.62	60.47	66.50	65.53	59.89	65.76	1.39	41.10	0.00	0.26
57	60.47	66.50	65.53	61.52	66.50	66.50	60.82	66.18	1.43	42.69	0.00	0.39

Forze applicate sulle strisce [BISHOP]

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E _s [kg]	E _d [kg]	X _s [kg]	X _d [kg]	ID
1	645	7454	390	185	8628	0	3970	0	0	
2	1894	7454	1112	529	9184	3970	8323	0	0	
3	3066	7454	1751	833	9693	8323	12937	0	0	
4	4163	7454	2315	1101	10161	12937	17706	0	0	
5	5186	7454	2813	1338	10588	17706	22539	0	0	
6	6139	7454	3252	1547	10980	22539	27355	0	0	
7	7022	7454	3638	1730	11337	27355	32083	0	0	
8	7837	7454	3975	1890	11661	32083	36661	0	0	
9	8586	7454	4269	2030	11956	36661	41037	0	0	
10	9270	7454	4522	2150	12221	41037	45163	0	0	
11	9890	7454	4738	2253	12459	45163	48998	0	0	
12	10447	7454	4920	2340	12671	48998	52509	0	0	
13	10942	7454	5069	2411	12857	52509	55665	0	0	
14	11376	7454	5189	2468	13019	55665	58442	0	0	
15	11749	7454	5281	2512	13158	58442	60820	0	0	
16	12063	7454	5347	2543	13273	60820	62782	0	0	
17	12118	7150	5302	2521	12967	62782	65265	0	0	
18	12647	6987	5466	2599	13035	65265	67320	0	0	
19	13121	6823	5606	2666	13083	67320	68933	0	0	
20	13542	6660	5722	2721	13111	68933	70096	0	0	
21	13910	6496	5817	2766	13120	70096	70802	0	0	
22	14224	6332	5890	2801	13109	70802	71046	0	0	
23	14484	6169	5942	2826	13078	71046	70828	0	0	
24	14691	6005	5974	2841	13029	70828	70150	0	0	
25	14844	5841	5986	2847	12959	70150	69018	0	0	
26	14943	5678	5980	2844	12869	69018	67438	0	0	
27	14988	5514	5954	2832	12759	67438	65421	0	0	
28	14977	5351	5910	2811	12627	65421	62981	0	0	
29	15906	5237	6237	2966	13007	62981	61315	0	0	
30	16482	4721	6424	3055	12815	61315	58968	0	0	
31	16994	4204	6587	3133	12598	58968	55951	0	0	
32	17441	3687	6727	3199	12353	55951	52279	0	0	
33	17821	3171	6843	3254	12079	52279	47971	0	0	
34	18134	2654	6936	3298	11775	47971	43050	0	0	
35	18378	2138	7005	3332	11440	43050	37544	0	0	
36	18552	1621	7051	3353	11071	37544	31487	0	0	
37	18653	1104	7074	3364	10666	31487	24914	0	0	
38	154	7	58	28	86	24914	24858	0	0	
39	15278	516	5784	2751	8392	24858	19128	0	0	
40	15254	170	5769	2744	8073	19128	13109	0	0	
41	2123	0	1715	816	2	13109	12722	0	0	
42	16176	0	10627	5054	2968	12722	8325	0	0	
43	16002	0	11188	5321	2134	8325	4011	0	0	
44	15777	0	11401	5423	1672	4011	-365	0	0	
45	12007	0	8989	4516	774	-365	-3474	0	0	
46	3498	0	2708	1337	126	-3474	-4391	0	0	
47	12129	0	9671	4734	114	-4391	-7589	0	0	
48	2953	0	2362	1191	0	-7589	-8354	0	0	
49	15033	0	11810	6452	0	-8354	-11999	0	0	
50	13590	0	10243	6550	0	-11999	-14756	0	0	
51	12064	0	8536	6657	0	-14756	-16465	0	0	
52	10453	0	6673	6773	0	-16465	-16946	0	0	
53	8750	0	4633	6901	0	-16946	-15996	0	0	
54	6952	0	2392	7041	0	-15996	-13385	0	0	
55	5052	0	2561	3996	0	-13385	-12999	0	0	
56	2997	0	617	3371	0	-12999	-11496	0	0	
57	985	0	-3521	5116	0	-11496	-5556	0	0	

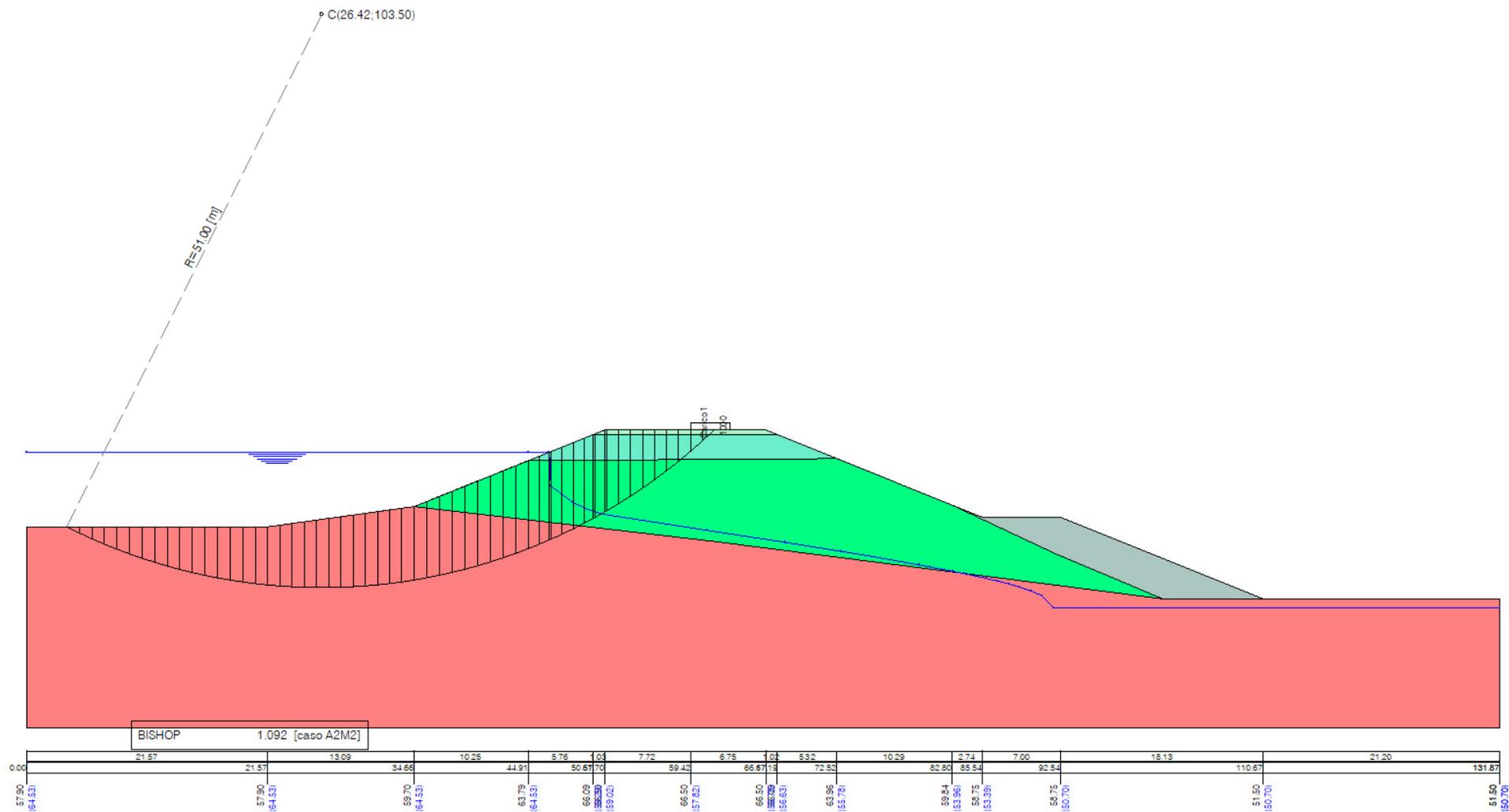


Figura C-5 – Superficie critica verifica di stabilità 05

Analisi degli spostamenti

Superficie n° 98

n°	u [m]
1	0.000000
2	0.000000
3	0.000000
4	0.000000
5	0.000000
6	0.000000
7	0.000000
8	0.000000
9	0.000000
10	0.000000
11	0.000000
12	0.000000
13	0.000000
14	0.000000
15	0.000000

Accelerazione sismica critica $K_c = 0.269$
 Spostamento massimo $U_{max} = 0.000000$ [m]
 Velocità massima $V_{max} = 0.000000$ [m/s]

Verifica di stabilità 06

Opzioni di calcolo verifica a breve termine paramento di monte con invaso pieno stato limite SLC

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- BISHOP

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri caratteristici [PC];

- Parametri di progetto [A2-M2]

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

Risultati analisi

Numero di superfici analizzate 40444

Coefficiente di sicurezza minimo 0.928

Superficie con coefficiente di sicurezza minimo 1

Analisi della superficie 169 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso

Numero di strisce 58

Coordinate del centro $X[m] = 26.42$ $Y[m] = 103.50$

Raggio del cerchio $R[m] = 52.00$

Intersezione a valle con il profilo topografico $X_v[m] = 1.43$ $Y_v[m] = 57.90$

Intersezione a monte con il profilo topografico $X_m[m] = 62.96$ $Y_m[m] = 66.50$

Coefficiente di sicurezza $F_s = 0.928$

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X_s [m]	Y_{ss} [m]	Y_{si} [m]	X_d [m]	Y_{ds} [m]	Y_{di} [m]	X_g [m]	Y_g [m]	L [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kg/cmq]
1	1.43	57.90	57.90	2.61	57.90	57.27	2.22	57.69	1.34	-27.99	27.45	0.00
2	2.61	57.90	57.27	3.80	57.90	56.68	3.27	57.42	1.32	-26.52	27.45	0.00
3	3.80	57.90	56.68	4.98	57.90	56.12	4.43	57.14	1.31	-25.07	27.45	0.00
4	4.98	57.90	56.12	6.17	57.90	55.61	5.60	56.88	1.29	-23.64	27.45	0.00
5	6.17	57.90	55.61	7.35	57.90	55.12	6.78	56.63	1.28	-22.22	27.45	0.00
6	7.35	57.90	55.12	8.54	57.90	54.67	7.96	56.40	1.27	-20.81	27.45	0.00
7	8.54	57.90	54.67	9.72	57.90	54.25	9.14	56.18	1.26	-19.42	27.45	0.00
8	9.72	57.90	54.25	10.91	57.90	53.87	10.32	55.98	1.25	-18.04	27.45	0.00
9	10.91	57.90	53.87	12.09	57.90	53.51	11.51	55.79	1.24	-16.68	27.45	0.00
10	12.09	57.90	53.51	13.28	57.90	53.19	12.69	55.62	1.23	-15.32	27.45	0.00
11	13.28	57.90	53.19	14.46	57.90	52.89	13.87	55.47	1.22	-13.97	27.45	0.00
12	14.46	57.90	52.89	15.65	57.90	52.63	15.06	55.33	1.21	-12.63	27.45	0.00
13	15.65	57.90	52.63	16.83	57.90	52.39	16.24	55.20	1.21	-11.29	27.45	0.00
14	16.83	57.90	52.39	18.02	57.90	52.18	17.43	55.09	1.20	-9.96	27.45	0.00
15	18.02	57.90	52.18	19.20	57.90	52.00	18.61	55.00	1.20	-8.64	27.45	0.00
16	19.20	57.90	52.00	20.39	57.90	51.85	19.80	54.91	1.19	-7.32	27.45	0.00
17	20.39	57.90	51.85	21.57	57.90	51.73	20.98	54.84	1.19	-6.01	27.45	0.00
18	21.57	57.90	51.73	22.76	58.06	51.63	22.17	54.83	1.19	-4.69	27.45	0.00

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
19	22.76	58.06	51.63	23.95	58.23	51.56	23.36	54.87	1.19	-3.38	27.45	0.00
20	23.95	58.23	51.56	25.14	58.39	51.52	24.55	54.92	1.19	-2.07	27.45	0.00
21	25.14	58.39	51.52	26.33	58.55	51.50	25.74	54.99	1.19	-0.75	27.45	0.00
22	26.33	58.55	51.50	27.52	58.72	51.51	26.93	55.07	1.19	0.56	27.45	0.00
23	27.52	58.72	51.51	28.71	58.88	51.55	28.12	55.17	1.19	1.87	27.45	0.00
24	28.71	58.88	51.55	29.90	59.05	51.62	29.31	55.27	1.19	3.18	27.45	0.00
25	29.90	59.05	51.62	31.09	59.21	51.71	30.50	55.40	1.19	4.49	27.45	0.00
26	31.09	59.21	51.71	32.28	59.37	51.83	31.69	55.53	1.20	5.81	27.45	0.00
27	32.28	59.37	51.83	33.47	59.54	51.98	32.88	55.68	1.20	7.13	27.45	0.00
28	33.47	59.54	51.98	34.66	59.70	52.16	34.06	55.84	1.20	8.45	27.45	0.00
29	34.66	59.70	52.16	35.80	60.15	52.35	35.23	56.09	1.15	9.75	27.45	0.00
30	35.80	60.15	52.35	36.94	60.61	52.57	36.37	56.42	1.16	11.03	27.45	0.00
31	36.94	60.61	52.57	38.07	61.06	52.82	37.51	56.77	1.16	12.31	27.45	0.00
32	38.07	61.06	52.82	39.21	61.52	53.10	38.64	57.13	1.17	13.60	27.45	0.00
33	39.21	61.52	53.10	40.35	61.97	53.40	39.78	57.50	1.18	14.89	27.45	0.00
34	40.35	61.97	53.40	41.49	62.42	53.73	40.92	57.88	1.18	16.19	27.45	0.00
35	41.49	62.42	53.73	42.62	62.88	54.09	42.06	58.28	1.19	17.50	27.45	0.00
36	42.62	62.88	54.09	43.76	63.33	54.48	43.19	58.69	1.20	18.82	27.45	0.00
37	43.76	63.33	54.48	44.90	63.79	54.89	44.33	59.12	1.21	20.15	27.45	0.00
38	44.90	63.79	54.89	44.91	63.79	54.90	44.90	59.34	0.01	20.82	27.45	0.00
39	44.91	63.79	54.90	45.84	64.16	55.26	45.37	59.53	1.00	21.38	27.45	0.00
40	45.84	64.16	55.26	46.77	64.53	55.65	46.30	59.90	1.01	22.48	27.45	0.00
41	46.77	64.53	55.65	46.90	64.58	55.70	46.83	60.12	0.14	23.12	27.45	0.00
42	46.90	64.58	55.70	47.90	64.98	56.14	47.40	60.35	1.09	23.80	27.45	0.00
43	47.90	64.98	56.14	48.90	65.38	56.61	48.40	60.78	1.10	25.01	27.45	0.00
44	48.90	65.38	56.61	49.90	65.78	57.10	49.40	61.22	1.11	26.23	27.45	0.00
45	49.90	65.78	57.10	50.67	66.09	57.50	50.29	61.62	0.87	27.32	27.45	0.00
46	50.67	66.09	57.50	50.90	66.18	57.62	50.79	61.85	0.26	27.94	27.45	0.00
47	50.90	66.18	57.62	51.70	66.50	58.06	51.30	62.09	0.91	28.59	10.64	0.35
48	51.70	66.50	58.06	51.90	66.50	58.17	51.80	62.31	0.23	29.21	0.00	0.56
49	51.90	66.50	58.17	52.97	66.50	58.79	52.43	62.49	1.24	30.02	0.00	0.56
50	52.97	66.50	58.79	54.05	66.50	59.45	53.50	62.81	1.26	31.40	0.00	0.56
51	54.05	66.50	59.45	55.12	66.50	60.14	54.58	63.14	1.28	32.80	0.00	0.56
52	55.12	66.50	60.14	56.20	66.50	60.87	55.65	63.50	1.30	34.22	0.00	0.56
53	56.20	66.50	60.87	57.27	66.50	61.64	56.72	63.87	1.32	35.66	0.00	0.56
54	57.27	66.50	61.64	58.35	66.50	62.45	57.79	64.27	1.35	37.13	0.00	0.56
55	58.35	66.50	62.45	59.42	66.50	63.31	58.86	64.68	1.38	38.63	0.00	0.56
56	59.42	66.50	63.31	60.60	66.50	64.31	59.97	65.14	1.54	40.24	0.00	0.44
57	60.60	66.50	64.31	61.78	66.50	65.37	61.13	65.64	1.59	41.97	0.00	0.26
58	61.78	66.50	65.37	62.96	66.50	66.50	62.17	66.12	1.63	43.74	0.00	0.37

Forze applicate sulle strisce [BISHOP]

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E ₁ [kg]	E ₂ [kg]	X ₁ [kg]	X ₂ [kg]	ID
1	783	7856	499	280	9319	0	4653	0	0	
2	2302	7856	1412	790	10005	4653	9866	0	0	
3	3727	7856	2204	1234	10632	9866	15464	0	0	
4	5062	7856	2893	1620	11206	15464	21301	0	0	
5	6309	7856	3493	1956	11731	21301	27247	0	0	
6	7472	7856	4015	2247	12211	27247	33193	0	0	
7	8552	7856	4467	2501	12648	33193	39046	0	0	
8	9552	7856	4858	2719	13046	39046	44723	0	0	
9	10474	7856	5194	2908	13407	44723	50156	0	0	
10	11319	7856	5480	3068	13734	50156	55283	0	0	
11	12090	7856	5722	3203	14027	55283	60053	0	0	
12	12787	7856	5923	3316	14290	60053	64423	0	0	
13	13411	7856	6087	3408	14523	64423	68355	0	0	
14	13964	7856	6217	3480	14728	68355	71820	0	0	
15	14447	7856	6315	3535	14905	71820	74791	0	0	
16	14861	7856	6383	3573	15055	74791	77250	0	0	
17	15206	7856	6423	3596	15180	77250	79181	0	0	
18	15754	7792	6550	3667	15346	79181	81651	0	0	
19	16373	7598	6706	3754	15421	81651	83542	0	0	
20	16923	7403	6833	3825	15471	83542	84839	0	0	
21	17405	7208	6933	3881	15498	84839	85535	0	0	
22	17819	7013	7007	3923	15499	85535	85626	0	0	
23	18165	6819	7057	3950	15477	85626	85110	0	0	
24	18443	6624	7082	3965	15430	85110	83993	0	0	
25	18652	6429	7085	3966	15359	83993	82280	0	0	
26	18793	6235	7066	3956	15262	82280	79984	0	0	
27	18865	6040	7024	3932	15140	79984	77119	0	0	
28	18866	5845	6962	3897	14992	77119	73702	0	0	
29	18331	5237	6708	3755	14171	73702	71247	0	0	
30	18918	4721	6870	3846	13987	71247	68056	0	0	

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E _s [kg]	E _d [kg]	X _s [kg]	X _d [kg]	ID
31	19441	4204	7011	3925	13778	68056	64142	0	0	
32	19901	3687	7129	3991	13543	64142	59520	0	0	
33	20295	3171	7227	4046	13281	59520	54212	0	0	
34	20624	2654	7304	4089	12990	54212	48241	0	0	
35	20886	2138	7359	4120	12670	48241	41635	0	0	
36	21079	1621	7394	4139	12317	41635	34426	0	0	
37	21202	1104	7407	4147	11931	34426	26651	0	0	
38	175	7	61	34	96	26651	26585	0	0	
39	17379	516	6052	3388	9441	26585	19833	0	0	
40	17372	170	6035	3379	9137	19833	12758	0	0	
41	2421	0	1850	1036	2	12758	12361	0	0	
42	18475	0	11117	6223	3737	12361	7316	0	0	
43	18324	0	11657	6526	2921	7316	2360	0	0	
44	18124	0	11711	6556	2668	2360	-2770	0	0	
45	13838	0	9263	5186	1633	-2770	-6719	0	0	
46	4040	0	2778	1555	383	-6719	-7864	0	0	
47	14047	0	9904	5398	1097	-7864	-11997	0	0	
48	3455	0	2481	1393	191	-11997	-12972	0	0	
49	17728	0	12993	7545	493	-12972	-17742	0	0	
50	16301	0	11973	7653	0	-17742	-21636	0	0	
51	14695	0	10229	7771	0	-21636	-24420	0	0	
52	13129	0	8465	7900	0	-24420	-26021	0	0	
53	11475	0	6540	8040	0	-26021	-26249	0	0	
54	9731	0	4433	8194	0	-26249	-24893	0	0	
55	7889	0	2119	8362	0	-24893	-21711	0	0	
56	6416	0	1185	7255	0	-21711	-18587	0	0	
57	3928	0	542	4517	0	-18587	-16600	0	0	
58	1297	0	-4718	6565	0	-16600	-8928	0	0	

Analisi degli spostamenti

Superficie n° 169

n°	u [m]
1	0.000000
2	0.000000
3	0.000000
4	0.000000
5	0.000000
6	0.000000
7	0.000000
8	0.000000
9	0.000000
10	0.000000
11	0.000000
12	0.000000
13	0.000000
14	0.000000
15	0.000000

Accelerazione sismica critica

$K_c = 0.273$

Spostamento massimo

$U_{max} = 0.000000$ [m]

Velocità massima

$V_{max} = 0.000000$ [m/s]

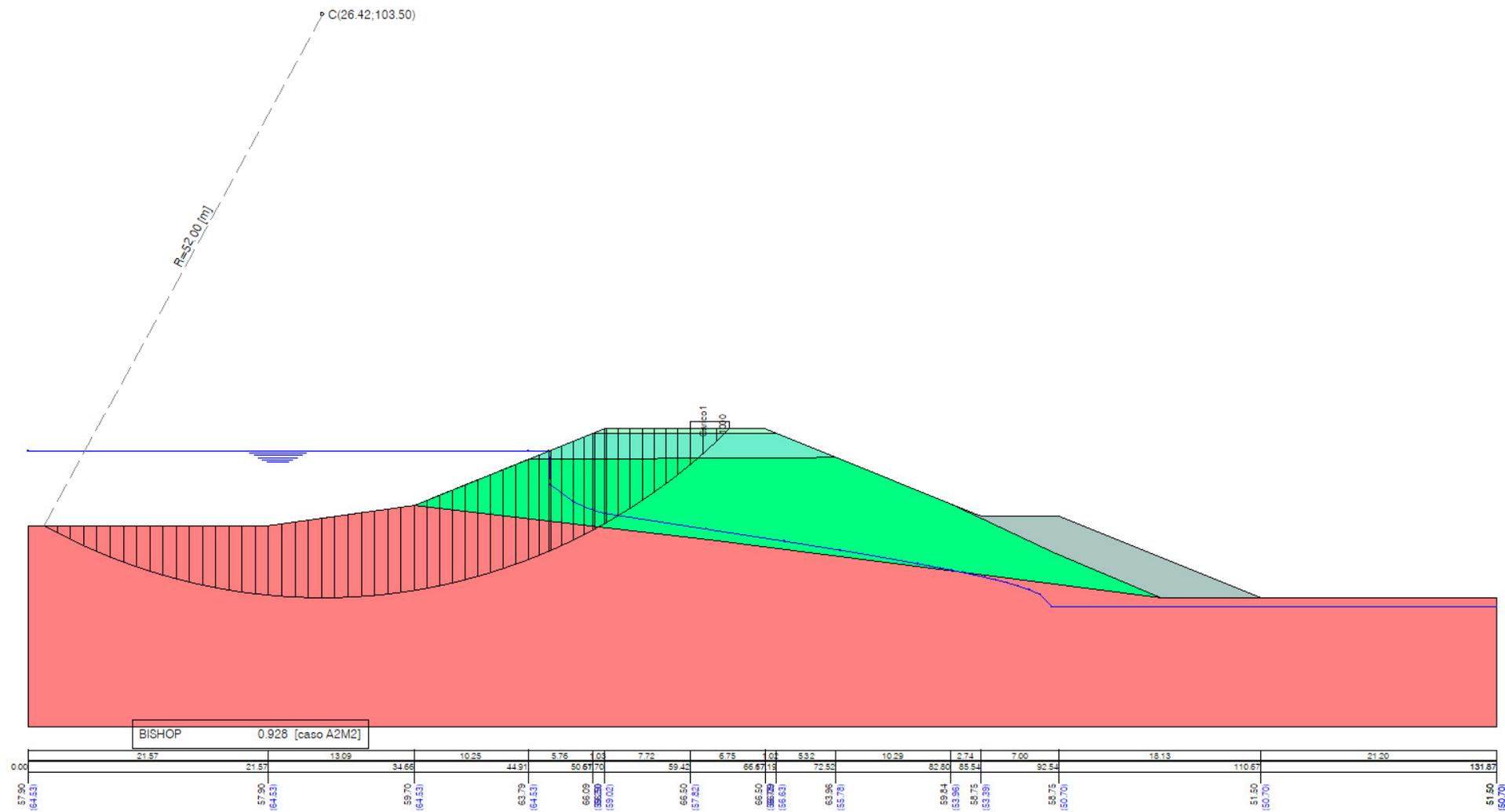


Figura C-6 – Superficie critica verifica di stabilità 06

Verifica di stabilità 07

Opzioni di calcolo verifica a lungo termine paramento di monte allo svasso rapido senza sisma

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- BISHOP

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri caratteristici [PC];

- Parametri di progetto [A2-M2]

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

Risultati analisi

Numero di superfici analizzate

20164

Coefficiente di sicurezza minimo

1.701

Superficie con coefficiente di sicurezza minimo

1

Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso l'alto

Numero di strisce

55

Coordinate del centro

X[m]= 34.42

Y[m]= 83.50

Raggio del cerchio

R[m]= 28.00

Intersezione a valle con il profilo topografico

X_v[m]= 22.73

Y_v[m]= 58.06

Intersezione a monte con il profilo topografico

X_m[m]= 56.67

Y_m[m]= 66.50

Coefficiente di sicurezza

F_s= 1.701

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
1	22.73	58.06	58.06	23.39	58.15	57.76	23.17	57.99	0.73	-23.94	27.45	0.00
2	23.39	58.15	57.76	24.05	58.24	57.49	23.76	57.91	0.72	-22.47	27.45	0.00
3	24.05	58.24	57.49	24.71	58.33	57.24	24.40	57.82	0.71	-21.01	27.45	0.00
4	24.71	58.33	57.24	25.38	58.42	57.00	25.06	57.75	0.70	-19.56	27.45	0.00
5	25.38	58.42	57.00	26.04	58.51	56.78	25.72	57.68	0.70	-18.13	27.45	0.00
6	26.04	58.51	56.78	26.70	58.61	56.58	26.38	57.62	0.69	-16.70	27.45	0.00
7	26.70	58.61	56.58	27.37	58.70	56.40	27.04	57.57	0.69	-15.29	27.45	0.00
8	27.37	58.70	56.40	28.03	58.79	56.24	27.70	57.53	0.68	-13.89	27.45	0.00
9	28.03	58.79	56.24	28.69	58.88	56.09	28.37	57.50	0.68	-12.50	27.45	0.00
10	28.69	58.88	56.09	29.36	58.97	55.96	29.03	57.48	0.68	-11.11	27.45	0.00
11	29.36	58.97	55.96	30.02	59.06	55.85	29.69	57.46	0.67	-9.73	27.45	0.00
12	30.02	59.06	55.85	30.68	59.15	55.75	30.35	57.45	0.67	-8.36	27.45	0.00
13	30.68	59.15	55.75	31.34	59.24	55.67	31.02	57.45	0.67	-6.99	27.45	0.00
14	31.34	59.24	55.67	32.01	59.34	55.60	31.68	57.46	0.67	-5.62	27.45	0.00
15	32.01	59.34	55.60	32.67	59.43	55.55	32.34	57.48	0.66	-4.26	27.45	0.00
16	32.67	59.43	55.55	33.33	59.52	55.52	33.00	57.51	0.66	-2.90	27.45	0.00
17	33.33	59.52	55.52	34.00	59.61	55.50	33.67	57.54	0.66	-1.54	27.45	0.00
18	34.00	59.61	55.50	34.66	59.70	55.50	34.33	57.58	0.66	-0.19	27.45	0.00
19	34.66	59.70	55.50	35.30	59.96	55.51	34.98	57.67	0.64	1.15	27.45	0.00
20	35.30	59.96	55.51	35.94	60.21	55.54	35.62	57.81	0.64	2.46	27.45	0.00
21	35.94	60.21	55.54	36.58	60.47	55.58	36.26	57.95	0.64	3.77	27.45	0.00
22	36.58	60.47	55.58	37.22	60.72	55.64	36.90	58.10	0.64	5.09	27.45	0.00
23	37.22	60.72	55.64	37.86	60.98	55.71	37.54	58.26	0.64	6.40	27.45	0.00
24	37.86	60.98	55.71	38.50	61.23	55.80	38.18	58.43	0.65	7.72	27.45	0.00
25	38.50	61.23	55.80	39.14	61.49	55.90	38.83	58.61	0.65	9.05	27.45	0.00
26	39.14	61.49	55.90	39.78	61.75	56.02	39.47	58.79	0.65	10.38	27.45	0.00
27	39.78	61.75	56.02	40.43	62.00	56.15	40.11	58.98	0.65	11.72	27.45	0.00
28	40.43	62.00	56.15	41.07	62.26	56.30	40.75	59.18	0.66	13.06	27.45	0.00
29	41.07	62.26	56.30	41.71	62.51	56.46	41.39	59.38	0.66	14.41	27.45	0.00
30	41.71	62.51	56.46	42.35	62.77	56.65	42.03	59.60	0.67	15.76	27.45	0.00
31	42.35	62.77	56.65	42.99	63.02	56.84	42.67	59.82	0.67	17.13	27.45	0.00
32	42.99	63.02	56.84	43.63	63.28	57.06	43.31	60.05	0.68	18.51	27.45	0.00
33	43.63	63.28	57.06	44.27	63.53	57.29	43.95	60.29	0.68	19.90	27.45	0.00
34	44.27	63.53	57.29	44.91	63.79	57.54	44.59	60.54	0.69	21.30	27.45	0.00
35	44.91	63.79	57.54	45.55	64.04	57.80	45.22	60.79	0.67	22.69	27.45	0.00
36	45.53	64.04	57.80	46.15	64.29	58.08	45.84	61.05	0.68	24.07	27.45	0.00
37	46.15	64.29	58.08	46.77	64.53	58.37	46.46	61.32	0.69	25.47	22.42	0.10
38	46.77	64.53	58.37	46.90	64.58	58.44	46.83	61.48	0.15	26.32	0.00	0.56
39	46.90	64.58	58.44	47.57	64.85	58.78	47.23	61.66	0.75	27.24	0.00	0.56
40	47.57	64.85	58.78	48.23	65.12	59.14	47.90	61.97	0.76	28.78	0.00	0.56
41	48.23	65.12	59.14	48.90	65.38	59.53	48.57	62.29	0.77	30.35	0.00	0.56
42	48.90	65.38	59.53	49.40	65.58	59.84	49.15	62.59	0.59	31.74	0.00	0.56
43	49.40	65.58	59.84	49.90	65.78	60.17	49.65	62.84	0.60	32.95	0.00	0.56
44	49.90	65.78	60.17	50.29	65.94	60.43	50.09	63.08	0.47	34.04	0.00	0.56
45	50.29	65.94	60.43	50.67	66.09	60.70	50.48	63.29	0.47	35.00	0.00	0.56

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
46	50.67	66.09	60.70	51.19	66.30	61.07	50.93	63.54	0.64	36.13	0.00	0.56
47	51.19	66.30	61.07	51.70	66.50	61.47	51.44	63.83	0.65	37.45	0.00	0.56
48	51.70	66.50	61.47	52.32	66.50	61.97	52.01	64.11	0.80	38.92	0.00	0.56
49	52.32	66.50	61.97	52.94	66.50	62.50	52.63	64.37	0.82	40.58	0.00	0.56
50	52.94	66.50	62.50	53.56	66.50	63.07	53.24	64.64	0.84	42.27	0.00	0.56
51	53.56	66.50	63.07	54.18	66.50	63.67	53.86	64.93	0.86	44.02	0.00	0.56
52	54.18	66.50	63.67	54.81	66.50	64.31	54.48	65.24	0.89	45.81	0.00	0.35
53	54.81	66.50	64.31	55.43	66.50	64.99	55.10	65.56	0.92	47.67	0.00	0.26
54	55.43	66.50	64.99	56.05	66.50	65.72	55.70	65.91	0.96	49.59	0.00	0.26
55	56.05	66.50	65.72	56.67	66.50	66.50	56.25	66.24	1.00	51.59	0.00	0.42

Forze applicate sulle strisce [BISHOP]

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E ₁ [kg]	E ₂ [kg]	X ₁ [kg]	X ₂ [kg]	ID
1	268	0	181	55	137	0	180	0	0	
2	791	0	522	159	400	180	679	0	0	
3	1286	0	831	254	644	679	1445	0	0	
4	1754	0	1112	340	870	1445	2429	0	0	
5	2196	0	1368	418	1080	2429	3588	0	0	
6	2613	0	1600	489	1275	3588	4882	0	0	
7	3005	0	1810	553	1456	4882	6277	0	0	
8	3372	0	2001	611	1623	6277	7741	0	0	
9	3715	0	2174	664	1779	7741	9244	0	0	
10	4035	0	2330	712	1922	9244	10762	0	0	
11	4332	0	2470	755	2054	10762	12271	0	0	
12	4606	0	2596	793	2176	12271	13749	0	0	
13	4857	0	2708	827	2287	13749	15177	0	0	
14	5086	0	2807	857	2389	15177	16540	0	0	
15	5293	0	2893	884	2481	16540	17820	0	0	
16	5478	0	2967	906	2563	17820	19005	0	0	
17	5640	0	3030	926	2637	19005	20083	0	0	
18	5781	0	3082	941	2702	20083	21044	0	0	
19	5812	0	3404	1040	2388	21044	21967	0	0	
20	6129	0	3567	1090	2520	21967	22795	0	0	
21	6426	0	3719	1136	2645	22795	23510	0	0	
22	6703	0	3860	1179	2764	23510	24097	0	0	
23	6960	0	3990	1219	2877	24097	24542	0	0	
24	7197	0	4109	1255	2983	24542	24832	0	0	
25	7414	0	4218	1288	3084	24832	24956	0	0	
26	7610	0	4317	1319	3178	24956	24903	0	0	
27	7786	0	4406	1346	3266	24903	24663	0	0	
28	7940	0	4485	1370	3348	24663	24227	0	0	
29	8074	0	4555	1391	3424	24227	23590	0	0	
30	8185	0	4614	1409	3493	23590	22743	0	0	
31	8275	0	4663	1424	3556	22743	21683	0	0	
32	8341	0	4703	1436	3613	21683	20405	0	0	
33	8385	0	4732	1445	3662	20405	18908	0	0	
34	8405	0	4751	1451	3705	18908	17188	0	0	
35	8049	0	4525	1382	3621	17188	15321	0	0	
36	8096	0	4594	1403	3647	15321	13242	0	0	
37	8038	0	4517	1513	3665	13242	11089	0	0	
38	1676	0	1630	481	1	11089	10797	0	0	
39	8441	0	6902	2487	1311	10797	9250	0	0	
40	8292	0	7162	2523	912	9250	7574	0	0	
41	8109	0	7406	2563	491	7574	5796	0	0	
42	5944	0	5661	1950	122	5796	4412	0	0	
43	5818	0	5652	1977	0	4412	2997	0	0	
44	4403	0	4269	1547	0	2997	1889	0	0	
45	4315	0	4172	1564	0	1889	777	0	0	
46	5578	0	5366	2110	0	777	-683	0	0	
47	5371	0	5122	2147	0	-683	-2092	0	0	
48	6044	0	5630	2648	0	-2092	-3569	0	0	
49	5386	0	4768	2713	0	-3569	-4610	0	0	
50	4688	0	3804	2785	0	-4610	-5109	0	0	
51	3947	0	2719	2865	0	-5109	-4938	0	0	
52	3158	0	2646	1832	0	-4938	-5559	0	0	
53	2317	0	1868	1433	0	-5559	-5974	0	0	
54	1419	0	440	1489	0	-5974	-5344	0	0	
55	467	0	-2372	2476	0	-5344	-1947	0	0	

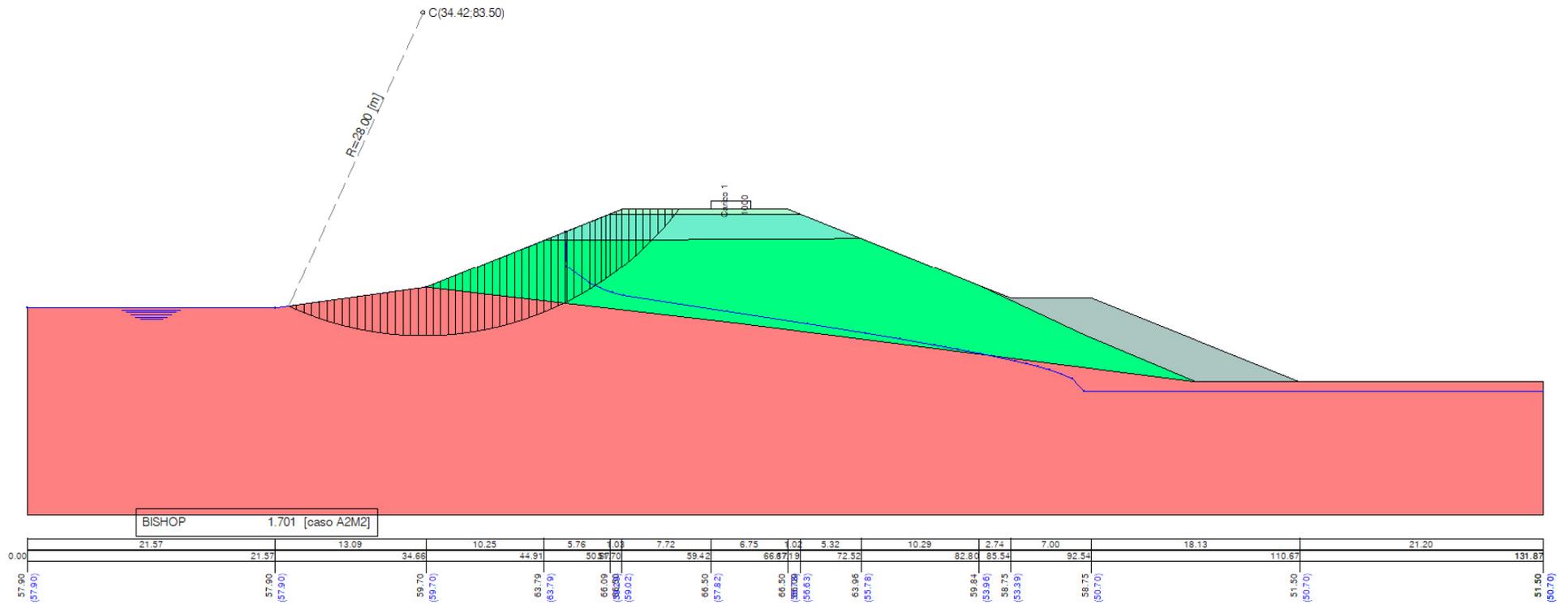


Figura C-7 – Superficie critica verifica di stabilità 07

Verifica di stabilità 08

Opzioni di calcolo verifica a breve termine paramento di monte allo svaso rapido stato limite SLV

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- BISHOP

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri caratteristici [PC];

- Parametri di progetto [A2-M2]

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

Risultati analisi

Numero di superfici analizzate

40444

Coefficiente di sicurezza minimo

0.903

Superficie con coefficiente di sicurezza minimo

1

Analisi della superficie 46 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso

Numero di strisce

58

Coordinate del centro

X[m]= 30.42

Y[m]= 91.50

Raggio del cerchio

R[m]= 38.00

Intersezione a valle con il profilo topografico

X_v[m]= 12.67

Y_v[m]= 57.90

Intersezione a monte con il profilo topografico

X_m[m]= 59.04

Y_m[m]= 66.50

Coefficiente di sicurezza

F_s= **0.903**

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _i [m]	Y _{cs} [m]	Y _{ci} [m]	X _o [m]	Y _o [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
1	12.67	57.90	57.90	13.56	57.90	57.44	13.26	57.75	1.00	-27.09	27.45	0.00
2	13.56	57.90	57.44	14.45	57.90	57.02	14.05	57.55	0.99	-25.59	27.45	0.00
3	14.45	57.90	57.02	15.34	57.90	56.62	14.92	57.35	0.98	-24.12	27.45	0.00
4	15.34	57.90	56.62	16.23	57.90	56.25	15.80	57.16	0.96	-22.65	27.45	0.00
5	16.23	57.90	56.25	17.12	57.90	55.90	16.69	56.99	0.95	-21.21	27.45	0.00
6	17.12	57.90	55.90	18.01	57.90	55.58	17.58	56.82	0.95	-19.77	27.45	0.00
7	18.01	57.90	55.58	18.90	57.90	55.29	18.46	56.67	0.94	-18.35	27.45	0.00
8	18.90	57.90	55.29	19.79	57.90	55.02	19.35	56.53	0.93	-16.95	27.45	0.00
9	19.79	57.90	55.02	20.68	57.90	54.77	20.24	56.40	0.92	-15.55	27.45	0.00
10	20.68	57.90	54.77	21.57	57.90	54.54	21.13	56.28	0.92	-14.16	27.45	0.00
11	21.57	57.90	54.54	22.44	58.02	54.35	22.01	56.20	0.89	-12.79	27.45	0.00
12	22.44	58.02	54.35	23.32	58.14	54.17	22.88	56.17	0.89	-11.45	27.45	0.00
13	23.32	58.14	54.17	24.19	58.26	54.01	23.76	56.15	0.89	-10.11	27.45	0.00
14	24.19	58.26	54.01	25.06	58.38	53.88	24.63	56.13	0.88	-8.77	27.45	0.00
15	25.06	58.38	53.88	25.93	58.50	53.77	25.50	56.13	0.88	-7.44	27.45	0.00
16	25.93	58.50	53.77	26.81	58.62	53.67	26.37	56.14	0.88	-6.12	27.45	0.00
17	26.81	58.62	53.67	27.68	58.74	53.60	27.25	56.16	0.88	-4.80	27.45	0.00
18	27.68	58.74	53.60	28.55	58.86	53.55	28.12	56.19	0.87	-3.48	27.45	0.00
19	28.55	58.86	53.55	29.42	58.98	53.51	28.99	56.22	0.87	-2.16	27.45	0.00
20	29.42	58.98	53.51	30.30	59.10	53.50	29.86	56.27	0.87	-0.84	27.45	0.00
21	30.30	59.10	53.50	31.17	59.22	53.51	30.73	56.33	0.87	0.47	27.45	0.00
22	31.17	59.22	53.51	32.04	59.34	53.53	31.61	56.40	0.87	1.79	27.45	0.00
23	32.04	59.34	53.53	32.91	59.46	53.58	32.48	56.48	0.87	3.11	27.45	0.00
24	32.91	59.46	53.58	33.79	59.58	53.65	33.35	56.57	0.88	4.42	27.45	0.00
25	33.79	59.58	53.65	34.66	59.70	53.74	34.22	56.67	0.88	5.75	27.45	0.00
26	34.66	59.70	53.74	35.51	60.04	53.84	35.09	56.83	0.86	7.06	27.45	0.00
27	35.51	60.04	53.84	36.37	60.38	53.97	35.94	57.06	0.86	8.35	27.45	0.00
28	36.37	60.38	53.97	37.22	60.72	54.11	36.80	57.30	0.87	9.66	27.45	0.00
29	37.22	60.72	54.11	38.08	61.06	54.28	37.65	57.55	0.87	10.97	27.45	0.00
30	38.08	61.06	54.28	38.93	61.40	54.47	38.51	57.80	0.87	12.28	27.45	0.00
31	38.93	61.40	54.47	39.78	61.75	54.67	39.36	58.07	0.88	13.60	27.45	0.00
32	39.78	61.75	54.67	40.64	62.09	54.90	40.21	58.35	0.88	14.93	27.45	0.00
33	40.64	62.09	54.90	41.49	62.43	55.15	41.07	58.64	0.89	16.27	27.45	0.00
34	41.49	62.43	55.15	42.35	62.77	55.42	41.92	58.94	0.90	17.62	27.45	0.00
35	42.35	62.77	55.42	43.20	63.11	55.71	42.77	59.25	0.90	18.97	27.45	0.00
36	43.20	63.11	55.71	44.06	63.45	56.03	43.63	59.58	0.91	20.34	27.45	0.00
37	44.06	63.45	56.03	44.91	63.79	56.37	44.48	59.91	0.92	21.72	27.45	0.00
38	44.91	63.79	56.37	45.75	64.04	56.63	45.22	60.21	0.67	22.92	27.45	0.00
39	45.75	64.04	56.63	46.15	64.29	56.91	45.84	60.47	0.68	23.94	27.45	0.00
40	46.15	64.29	56.91	46.77	64.53	57.20	46.46	60.73	0.68	24.97	27.45	0.00
41	46.77	64.53	57.20	46.90	64.58	57.26	46.83	60.89	0.14	25.59	27.45	0.00
42	46.90	64.58	57.26	47.57	64.85	57.59	47.23	61.07	0.74	26.26	27.45	0.00
43	47.57	64.85	57.59	48.23	65.12	57.93	47.90	61.37	0.75	27.39	27.45	0.00
44	48.23	65.12	57.93	48.90	65.38	58.30	48.57	61.68	0.76	28.53	12.56	0.31
45	48.90	65.38	58.30	49.40	65.58	58.58	49.15	61.96	0.57	29.53	0.00	0.56
46	49.40	65.58	58.58	49.90	65.78	58.87	49.65	62.20	0.58	30.40	0.00	0.56

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
47	49.90	65.78	58.87	50.67	66.09	59.35	50.28	62.52	0.91	31.52	0.00	0.56
48	50.67	66.09	59.35	50.90	66.18	59.49	50.79	62.78	0.27	32.41	0.00	0.56
49	50.90	66.18	59.49	51.70	66.50	60.02	51.30	63.05	0.96	33.33	0.00	0.56
50	51.70	66.50	60.02	51.90	66.50	60.15	51.80	63.29	0.24	34.24	0.00	0.56
51	51.90	66.50	60.15	52.79	66.50	60.78	52.34	63.48	1.09	35.24	0.00	0.56
52	52.79	66.50	60.78	53.68	66.50	61.45	53.23	63.81	1.12	36.91	0.00	0.56
53	53.68	66.50	61.45	54.58	66.50	62.17	54.12	64.15	1.14	38.61	0.00	0.56
54	54.58	66.50	62.17	55.47	66.50	62.92	55.01	64.52	1.17	40.36	0.00	0.56
55	55.47	66.50	62.92	56.36	66.50	63.73	55.90	64.91	1.20	42.15	0.00	0.56
56	56.36	66.50	63.73	57.25	66.50	64.59	56.78	65.32	1.24	43.99	0.00	0.31
57	57.25	66.50	64.59	58.15	66.50	65.51	57.65	65.75	1.28	45.89	0.00	0.26
58	58.15	66.50	65.51	59.04	66.50	66.50	58.44	66.17	1.33	47.86	0.00	0.39

Forze applicate sulle strisce [BISHOP]

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E _z [kg]	E _x [kg]	X _z [kg]	X _x [kg]	ID
1	425	0	283	163	228	0	288	0	0	
2	1249	0	800	460	660	288	1070	0	0	
3	2020	0	1247	717	1054	1070	2239	0	0	
4	2739	0	1634	940	1413	2239	3702	0	0	
5	3409	0	1969	1133	1741	3702	5382	0	0	
6	4030	0	2259	1299	2039	5382	7209	0	0	
7	4605	0	2509	1443	2310	7209	9125	0	0	
8	5134	0	2723	1566	2556	9125	11079	0	0	
9	5619	0	2905	1671	2777	11079	13028	0	0	
10	6060	0	3059	1759	2976	13028	14933	0	0	
11	6440	0	3245	1866	3086	14933	16797	0	0	
12	7003	0	3455	1987	3340	16797	18617	0	0	
13	7528	0	3640	2094	3574	18617	20357	0	0	
14	8014	0	3802	2187	3790	20357	21986	0	0	
15	8461	0	3942	2267	3988	21986	23478	0	0	
16	8872	0	4063	2336	4170	23478	24809	0	0	
17	9244	0	4164	2395	4336	24809	25957	0	0	
18	9580	0	4249	2444	4485	25957	26907	0	0	
19	9879	0	4317	2483	4620	26907	27643	0	0	
20	10140	0	4370	2513	4740	27643	28152	0	0	
21	10366	0	4408	2535	4845	28152	28426	0	0	
22	10554	0	4432	2549	4935	28426	28456	0	0	
23	10705	0	4442	2555	5011	28456	28238	0	0	
24	10820	0	4439	2553	5072	28238	27769	0	0	
25	10898	0	4424	2544	5119	27769	27048	0	0	
26	10906	0	4963	2854	4515	27048	26417	0	0	
27	11310	0	5099	2933	4696	26417	25511	0	0	
28	11678	0	5220	3002	4867	25511	24317	0	0	
29	12011	0	5325	3063	5026	24317	22822	0	0	
30	12307	0	5416	3115	5174	22822	21018	0	0	
31	12566	0	5491	3158	5311	21018	18898	0	0	
32	12788	0	5552	3193	5436	18898	16456	0	0	
33	12971	0	5598	3220	5550	16456	13688	0	0	
34	13116	0	5630	3238	5652	13688	10595	0	0	
35	13221	0	5648	3248	5742	10595	7176	0	0	
36	13285	0	5651	3250	5819	7176	3436	0	0	
37	13307	0	5639	3243	5883	3436	-621	0	0	
38	9568	0	4013	2308	4305	-621	-3752	0	0	
39	9615	0	4051	2330	4326	-3752	-7048	0	0	
40	9562	0	4019	2312	4340	-7048	-10497	0	0	
41	1996	0	1551	892	2	-10497	-10784	0	0	
42	10097	0	6386	3673	1873	-10784	-13273	0	0	
43	9972	0	6594	3792	1488	-13273	-15726	0	0	
44	9824	0	6628	4206	1088	-15726	-17787	0	0	
45	7258	0	4730	3590	700	-17787	-18870	0	0	
46	7154	0	4839	3621	456	-18870	-19934	0	0	
47	10824	0	7626	5662	261	-19934	-21513	0	0	
48	3129	0	2248	1683	0	-21513	-21957	0	0	
49	10767	0	7595	5982	0	-21957	-23403	0	0	
50	2616	0	1802	1511	0	-23403	-23719	0	0	
51	10970	0	7194	6825	0	-23719	-24609	0	0	
52	9781	0	5707	6971	0	-24609	-24525	0	0	
53	8516	0	4053	7133	0	-24525	-23275	0	0	
54	7171	0	2203	7314	0	-23275	-20640	0	0	
55	5739	0	121	7518	0	-20640	-16357	0	0	
56	4213	0	1140	4246	0	-16357	-14981	0	0	
57	2583	0	-549	3751	0	-14981	-12521	0	0	
58	853	0	-5192	5727	0	-12521	-5008	0	0	

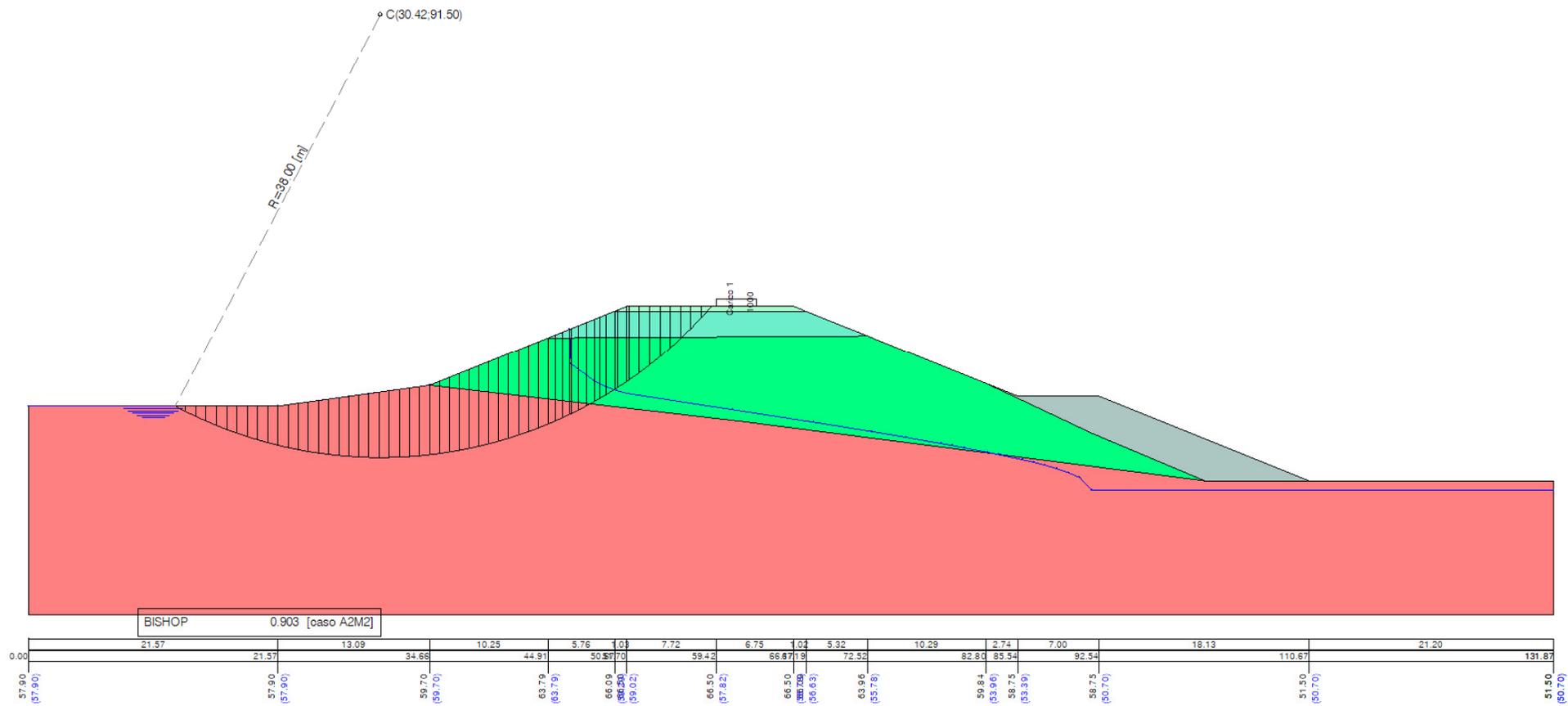


Figura C-8 – Superficie critica verifica di stabilità 08

Analisi degli spostamenti

Superficie n° 46

n°	u [m]
1	0.000000
2	0.000025
3	0.000000
4	0.000000
5	0.000002
6	0.000000
7	0.000049
8	0.000007
9	0.000032
10	0.000000
11	0.000041
12	0.000000
13	0.000000
14	0.000000
15	0.000001

Accelerazione sismica critica $K_c = 0.195$
 Spostamento massimo $U_{max} = 0.000049$ [m]
 Velocità massima $V_{max} = 0.002191$ [m/s]

Verifica di stabilità 09

Opzioni di calcolo verifica a breve termine paramento di monte allo svaso rapido stato limite SLC

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- BISHOP

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Parametri caratteristici [PC];

- Parametri di progetto [A2-M2]

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

Risultati analisi

Numero di superfici analizzate **40444**
 Coefficiente di sicurezza minimo **0.793**
 Superficie con coefficiente di sicurezza minimo **1**

Analisi della superficie 94 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso

Numero di strisce **56**
 Coordinate del centro $X[m] = 28.42$ $Y[m] = 95.50$
 Raggio del cerchio $R[m] = 43.00$
 Intersezione a valle con il profilo topografico $X_v[m] = 7.56$ $Y_v[m] = 57.90$
 Intersezione a monte con il profilo topografico $X_m[m] = 60.17$ $Y_m[m] = 66.50$
 Coefficiente di sicurezza $F_s = 0.793$

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X_s [m]	Y_{ss} [m]	Y_{si} [m]	X_{di} [m]	Y_{dis} [m]	Y_{di} [m]	X_g [m]	Y_g [m]	L [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kg/cmq]
1	7.56	57.90	57.90	8.56	57.90	57.36	8.22	57.72	1.14	-28.27	27.45	0.00
2	8.56	57.90	57.36	9.56	57.90	56.86	9.11	57.49	1.12	-26.76	27.45	0.00
3	9.56	57.90	56.86	10.56	57.90	56.38	10.09	57.25	1.11	-25.28	27.45	0.00
4	10.56	57.90	56.38	11.56	57.90	55.94	11.08	57.03	1.09	-23.81	27.45	0.00
5	11.56	57.90	55.94	12.56	57.90	55.53	12.08	56.82	1.08	-22.36	27.45	0.00
6	12.56	57.90	55.53	13.56	57.90	55.15	13.07	56.62	1.07	-20.93	27.45	0.00
7	13.56	57.90	55.15	14.56	57.90	54.79	14.07	56.43	1.06	-19.51	27.45	0.00
8	14.56	57.90	54.79	15.56	57.90	54.47	15.07	56.26	1.05	-18.10	27.45	0.00
9	15.56	57.90	54.47	16.57	57.90	54.17	16.07	56.11	1.04	-16.70	27.45	0.00
10	16.57	57.90	54.17	17.57	57.90	53.89	17.07	55.96	1.04	-15.31	27.45	0.00
11	17.57	57.90	53.89	18.57	57.90	53.64	18.07	55.83	1.03	-13.93	27.45	0.00
12	18.57	57.90	53.64	19.57	57.90	53.42	19.07	55.72	1.03	-12.56	27.45	0.00
13	19.57	57.90	53.42	20.57	57.90	53.22	20.07	55.61	1.02	-11.20	27.45	0.00
14	20.57	57.90	53.22	21.57	57.90	53.05	21.07	55.52	1.02	-9.84	27.45	0.00
15	21.57	57.90	53.05	22.58	58.04	52.90	22.08	55.47	1.02	-8.49	27.45	0.00
16	22.58	58.04	52.90	23.58	58.18	52.77	23.08	55.47	1.01	-7.13	27.45	0.00
17	23.58	58.18	52.77	24.59	58.32	52.67	24.09	55.48	1.01	-5.78	27.45	0.00

N°	X _s [m]	Y _{ss} [m]	Y _{si} [m]	X _d [m]	Y _{ds} [m]	Y _{di} [m]	X _g [m]	Y _g [m]	L [m]	α [°]	φ [°]	c [kg/cmq]
18	24.59	58.32	52.67	25.60	58.45	52.59	25.10	55.51	1.01	-4.44	27.45	0.00
19	25.60	58.45	52.59	26.60	58.59	52.54	26.10	55.54	1.01	-3.09	27.45	0.00
20	26.60	58.59	52.54	27.61	58.73	52.51	27.11	55.59	1.01	-1.75	27.45	0.00
21	27.61	58.73	52.51	28.62	58.87	52.50	28.12	55.65	1.01	-0.41	27.45	0.00
22	28.62	58.87	52.50	29.63	59.01	52.52	29.12	55.72	1.01	0.94	27.45	0.00
23	29.63	59.01	52.52	30.63	59.15	52.56	30.13	55.81	1.01	2.28	27.45	0.00
24	30.63	59.15	52.56	31.64	59.28	52.62	31.14	55.90	1.01	3.62	27.45	0.00
25	31.64	59.28	52.62	32.65	59.42	52.71	32.14	56.01	1.01	4.97	27.45	0.00
26	32.65	59.42	52.71	33.65	59.56	52.82	33.15	56.13	1.01	6.32	27.45	0.00
27	33.65	59.56	52.82	34.66	59.70	52.96	34.16	56.26	1.02	7.67	27.45	0.00
28	34.66	59.70	52.96	35.68	60.11	53.12	35.18	56.47	1.04	9.04	27.45	0.00
29	35.68	60.11	53.12	36.71	60.52	53.31	36.20	56.76	1.04	10.42	27.45	0.00
30	36.71	60.52	53.31	37.73	60.93	53.52	37.22	57.07	1.05	11.81	27.45	0.00
31	37.73	60.93	53.52	38.76	61.34	53.76	38.25	57.39	1.05	13.21	27.45	0.00
32	38.76	61.34	53.76	39.78	61.75	54.03	39.27	57.72	1.06	14.62	27.45	0.00
33	39.78	61.75	54.03	40.81	62.15	54.32	40.30	58.06	1.07	16.04	27.45	0.00
34	40.81	62.15	54.32	41.83	62.56	54.65	41.32	58.42	1.07	17.46	27.45	0.00
35	41.83	62.56	54.65	42.86	62.97	55.00	42.35	58.79	1.08	18.90	27.45	0.00
36	42.86	62.97	55.00	43.88	63.38	55.38	43.37	59.18	1.09	20.35	27.45	0.00
37	43.88	63.38	55.38	44.91	63.79	55.79	44.40	59.58	1.10	21.81	27.45	0.00
38	44.91	63.79	55.79	45.84	64.16	56.19	45.37	59.98	1.01	23.22	27.45	0.00
39	45.84	64.16	56.19	46.77	64.53	56.61	46.30	60.37	1.02	24.58	27.45	0.00
40	46.77	64.53	56.61	46.90	64.58	56.67	46.83	60.60	0.14	25.36	27.45	0.00
41	46.90	64.58	56.67	47.90	64.98	57.17	47.40	60.85	1.11	26.20	27.45	0.00
42	47.90	64.98	57.17	48.90	65.38	57.69	48.40	61.30	1.13	27.69	27.45	0.00
43	48.90	65.38	57.69	49.90	65.78	58.25	49.40	61.78	1.15	29.21	14.97	0.26
44	49.90	65.78	58.25	50.67	66.09	58.71	50.29	62.21	0.90	30.57	0.00	0.56
45	50.67	66.09	58.71	50.90	66.18	58.84	50.79	62.46	0.27	31.34	0.00	0.56
46	50.90	66.18	58.84	51.70	66.50	59.35	51.30	62.72	0.94	32.15	0.00	0.56
47	51.70	66.50	59.35	51.90	66.50	59.48	51.80	62.96	0.24	32.94	0.00	0.56
48	51.90	66.50	59.48	52.84	66.50	60.11	52.36	63.14	1.13	33.85	0.00	0.56
49	52.84	66.50	60.11	53.78	66.50	60.77	53.30	63.47	1.15	35.37	0.00	0.56
50	53.78	66.50	60.77	54.72	66.50	61.48	54.24	63.81	1.18	36.92	0.00	0.56
51	54.72	66.50	61.48	55.66	66.50	62.23	55.18	64.17	1.20	38.51	0.00	0.56
52	55.66	66.50	62.23	56.60	66.50	63.02	56.11	64.56	1.23	40.13	0.00	0.56
53	56.60	66.50	63.02	57.54	66.50	63.86	57.05	64.96	1.26	41.79	0.00	0.56
54	57.54	66.50	63.86	58.48	66.50	64.75	57.98	65.39	1.30	43.49	0.00	0.27
55	58.48	66.50	64.75	59.42	66.50	65.70	58.89	65.83	1.34	45.24	0.00	0.26
56	59.42	66.50	65.70	60.17	66.50	66.50	59.67	66.23	1.10	46.86	0.00	0.42

Forze applicate sulle strisce [BISHOP]

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E _s [kg]	E _d [kg]	X _s [kg]	X _d [kg]	ID
1	566	0	392	257	306	0	412	0	0	
2	1662	0	1099	720	886	412	1522	0	0	
3	2689	0	1703	1116	1416	1522	3172	0	0	
4	3650	0	2219	1455	1900	3172	5228	0	0	
5	4547	0	2661	1745	2341	5228	7577	0	0	
6	5382	0	3040	1993	2744	7577	10121	0	0	
7	6156	0	3363	2204	3110	10121	12779	0	0	
8	6873	0	3638	2385	3443	12779	15479	0	0	
9	7532	0	3870	2537	3745	15479	18162	0	0	
10	8136	0	4064	2664	4017	18162	20775	0	0	
11	8685	0	4225	2769	4261	20775	23275	0	0	
12	9180	0	4354	2854	4479	23275	25624	0	0	
13	9623	0	4457	2921	4671	25624	27790	0	0	
14	10013	0	4534	2972	4840	27790	29748	0	0	
15	10563	0	4785	3136	4991	29748	31580	0	0	
16	11148	0	4947	3243	5250	31580	33199	0	0	
17	11681	0	5083	3332	5487	33199	34579	0	0	
18	12165	0	5196	3406	5702	34579	35692	0	0	
19	12597	0	5286	3465	5896	35692	36519	0	0	
20	12980	0	5356	3511	6069	36519	37042	0	0	
21	13313	0	5406	3544	6222	37042	37248	0	0	
22	13596	0	5438	3565	6355	37248	37127	0	0	
23	13829	0	5452	3574	6468	37127	36671	0	0	
24	14012	0	5449	3572	6562	36671	35877	0	0	
25	14145	0	5430	3559	6636	35877	34744	0	0	
26	14227	0	5394	3536	6690	34744	33274	0	0	
27	14259	0	5344	3503	6724	33274	31472	0	0	
28	14782	0	6245	4094	6149	31472	29771	0	0	
29	15284	0	6390	4188	6384	29771	27653	0	0	
30	15731	0	6512	4269	6602	27653	25105	0	0	
31	16122	0	6612	4334	6803	25105	22117	0	0	

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E _s [kg]	E _d [kg]	X _s [kg]	X _d [kg]	ID
32	16455	0	6692	4386	6986	22117	18682	0	0	
33	16731	0	6750	4424	7151	18682	14796	0	0	
34	16947	0	6787	4449	7298	14796	10459	0	0	
35	17103	0	6803	4459	7425	10459	5676	0	0	
36	17197	0	6799	4457	7533	5676	452	0	0	
37	17226	0	6773	4440	7621	452	-5200	0	0	
38	15477	0	6011	3940	6976	-5200	-10676	0	0	
39	15502	0	6035	3956	7013	-10676	-16488	0	0	
40	2156	0	1585	1039	2	-16488	-16783	0	0	
41	16334	0	9663	6334	3087	-16783	-20924	0	0	
42	16048	0	10105	6624	2215	-20924	-24907	0	0	
43	15698	0	10001	7083	1714	-24907	-28473	0	0	
44	11850	0	7464	6388	757	-28473	-30198	0	0	
45	3435	0	2239	1896	112	-30198	-30684	0	0	
46	11851	0	7955	6727	16	-30684	-32275	0	0	
47	2892	0	1904	1697	0	-32275	-32629	0	0	
48	12861	0	8092	8058	0	-32629	-33748	0	0	
49	11611	0	6583	8208	0	-33748	-33850	0	0	
50	10287	0	4924	8372	0	-33850	-32758	0	0	
51	8886	0	3092	8552	0	-32758	-30274	0	0	
52	7402	0	1060	8753	0	-30274	-26166	0	0	
53	5829	0	-1208	8976	0	-26166	-20166	0	0	
54	4161	0	864	4358	0	-20166	-18668	0	0	
55	2388	0	-1533	4452	0	-18668	-15058	0	0	
56	575	0	-5435	5780	0	-15058	-7288	0	0	

Analisi degli spostamenti

Superficie n° 94

n°	u [m]
1	0.000002
2	0.000864
3	0.000091
4	0.000339
5	0.000434
6	0.000112
7	0.000747
8	0.000435
9	0.001330
10	0.000009
11	0.000901
12	0.000076
13	0.000086
14	0.000062
15	0.000317

Accelerazione sismica critica
Spostamento massimo
Velocità massima

$K_c = 0.202$
 $U_{max} = 0.001330$ [m]
 $V_{max} = 0.020169$ [m/s]

Superficie n° 138

n°	u [m]
1	0.000011
2	0.001253
3	0.000175
4	0.000672
5	0.000714
6	0.000198
7	0.001139
8	0.000647
9	0.001968
10	0.000023
11	0.001260
12	0.000137
13	0.000160
14	0.000108
15	0.000501

Accelerazione sismica critica
Spostamento massimo
Velocità massima

$K_c = 0.195$
 $U_{max} = 0.001968$ [m]
 $V_{max} = 0.026262$ [m/s]

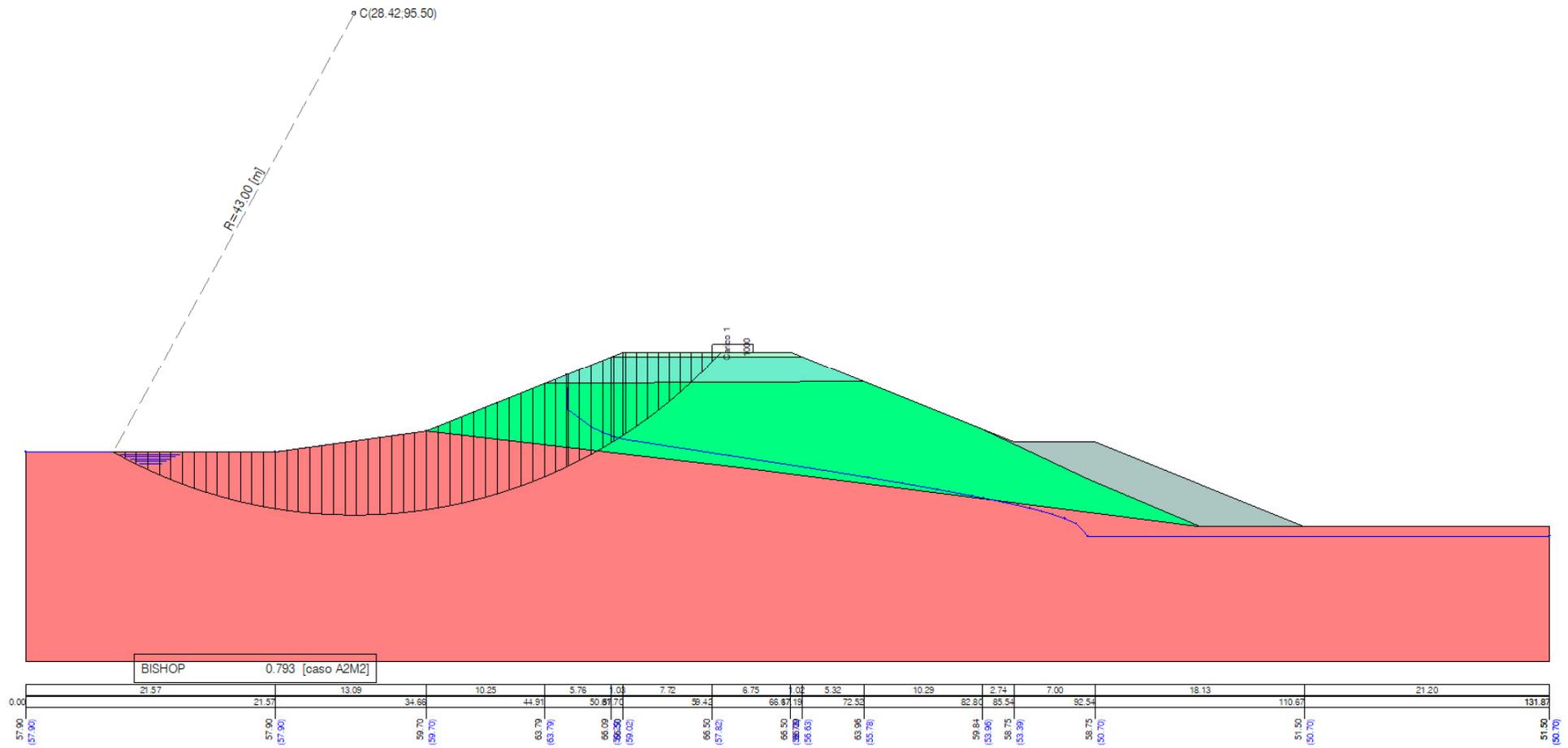
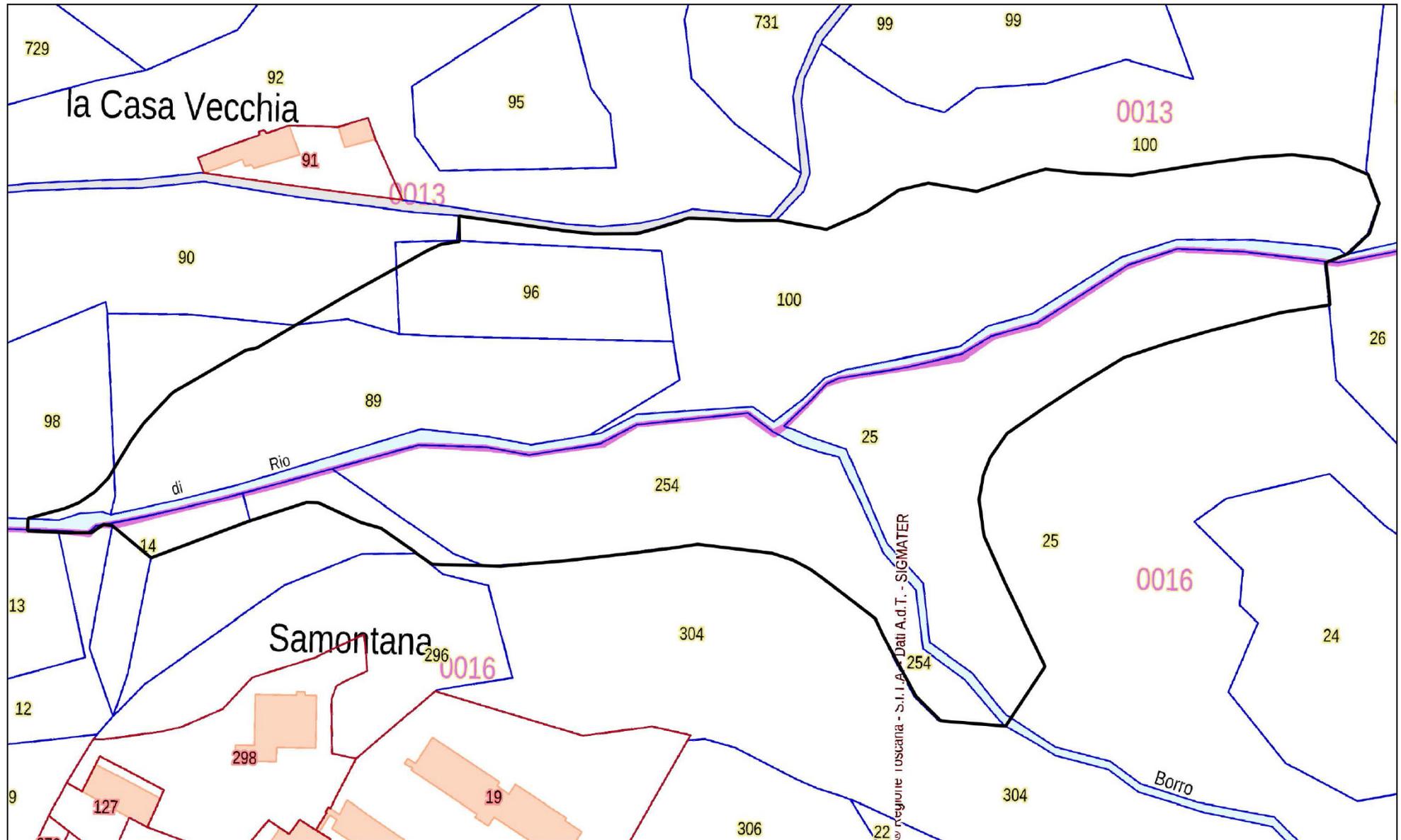


Figura C-9 – Superficie critica verifica di stabilità 09

D. APPENDICE
Planimetria catastale e visure



Dati catastali							Redditi					
Numero d'ordine	Ditta catastale	INTESTATARIO	Fo.	Mapp.	Sub.	SUPERFICIE TOTALE PARTICELLA	Consistenza	QUALITA'	CLASSE / CATEGORIA	R.D.	R.A.	R.C.
	4660		13	89		7950		SEMIN ARBORATO	3	24.63	20.53	
	4660		13	90		12000		ULIVETO	1	49.58	46.48	
	4660		13	96		2860		VIGNETO	2	19.94	16.25	
	4660		13	100		21930		BOSCO MISTO	3	5.66	3.40	
			16	14		1130		BOSCO ALTO	2	0.93	0.18	
	4660		16	25		53000		BOSCO ALTO	3	21.90	8.21	
	4545		16	254		7400		BOSCO MISTO	2	6.11	1.15	
1		DE HODY BERTHE SIMONE EDITH nata in FRANCIA (EE) il 15/06/1936 DHDBTH36H55Z110O Proprietà 1/2 - DZIEDUSZYCKI MATTEO nato in FRANCIA (EE) il 15/07/1967 DZDMTT67L15Z110V Proprietà 1/2										
			16	304		30905		BOSCO MISTO	2	25.54	4.79	
2		UNICOOP FIRENZE S.C. con sede in FIRENZE (FI) 00407780485 Proprietà 1/1										