



REGIONE
TOSCANA



COMUNE
DI TERRANUOVA BRACCIOLINI



PROVINCIA
DI AREZZO



PROGETTO DEFINITIVO DI AMPLIAMENTO DELL'IMPIANTO DI DISCARICA PER RIFIUTI NON PERICOLOSI DI "CASA ROTA"

Tav.

3 A

Oggetto:

Relazione sull'indagine
geognostica e sismica

Scala:

Elaborazione:

Luglio 2007

Revisione:

Committente



COPIA

Gruppo di progettazione

Studio Associato di Ingegneria Gasparini
ing. Stefano Teneggi
ing. Daniela Morisi
ing. Chiara Ugolini
geom. Nicola Spallanzani

dott. geol. Giorgio Francini

Studio Stinge
geom. Fabio Lapi
geom. Gianni Mullinu
geom. Luca Russo Facciazza
geom. Luca Pasquarelli

dott. for. Emanuele Biondi
dott. for. Andrea Trafficante

INDICE

-1) Lineamenti geologici e geomorfologici	pag 2
-2) Monitoraggio inclinometrico	pag 3
-3) Risultati dell'indagine sismica a rifrazione	pag 11
-4) Risultati prove penetrometriche	pag. 14
4-1 Prove penetrometriche statiche (CPT)	pag 14
4-2 Standard penetration test (SPT)	pag 15
-5) Risultati analisi laboratorio	pag 17
-6) Caratterizzazione dei rifiuti	pag 19
6-1 Contenuto d'acqua	pag 19
6-2 Peso dell'unità di volume	pag 19
6-3 Compressibilità	pag 20
6-4 Resistenza al taglio	pag 22
-7) Verifiche di stabilità	pag 23
-8) Notazioni finali	pag 25

ELABORATI CARTOGRAFICI

- Carta geologica	1:5.000
- Sezioni geologiche	1:2.000
- Cartadella pericolosità (P.S.)	1:10.000

GRAFICI E TABELLE

- Misurazioni spostamenti inclinometrici (TIN 1-5)
- Diagrammi spostamenti e gradienti medi mensili a piano campagna e a 9 metri da p.c.(TIN 1-5)
- Tabelle analisi di laboratorio

ALLEGATI

- Verifiche di stabilità
 - stabilità scarpate a valle
 - stabilità scarpate a monte
 - stabilità globale
 - stabilità globale con carichi dei rifiuti
- Elaborati indagine sismica a rifrazione
- Certificati prove penetrometriche statiche (CPT)
- Stratigrafie dei sondaggi geognostici e foto delle cassette catalogatrici
- Certificati analisi di laboratorio

TAVOLE DI PROGETTO (1:1.000)

- 4.2.A.1 Quadro storico prove geognostiche
- 4.2.A.2 Quadro storico complessivo prove geognostiche e monitoraggio
- 4.2.A.3 Profili geotecnici
- 4.2.A.4 Carta delle isopache del sismostrato superficiale areato
- 4.2.A.5 Sezioni interpretative 1-2 e localizzazione CPT
- 4.2.A.6 Sezioni interpretative 3-4-5-6 e localizzazione CPT
- 4.2.A.7 Sezioni interpretative 7-8-9 e localizzazione CPT
- 4.2.A.8 Sezioni interpretative 10-11-12 e localizzazione CPT

-1) Lineamenti geologici e geomorfologici

I nuovi bacini di stoccaggio andranno ad interessare i sedimenti di deposito fluvio lacustre appartenenti alle unità stratigrafiche dei "Limi di Pian Tegna" e della "Formazione del Torrente Oreno" entrambe datate Pleistocene inferiore.

Queste, sono giustapposte alle unità delle "Argille del Torrente Ascione" e dei "Limi di Terranuova", coinvolte nei precedenti interventi, come evidenziato nella seguente carta e sezioni geologiche.

Anche in questa porzione di versante i terreni sono tutti caratterizzati da più o meno elevati contenuti in argilla e limo che li rendono da poco permeabili a praticamente impermeabili (Argille del Torrente Ascione)

I terreni di scavo pertanto, potranno essere utilizzati, previa specifiche verifiche, per la costruzione delle barriere geologiche sottostati le guaine in HDPE.

Sull'area d'intervento, che interessa il tratto di versante compreso fra le quote di m 190 e 225 s.l.m., nel quale le pendenze variano fra 15 - 35%, crescenti verso la parte sommitale del rilievo collinare

Su quest'ultima che delimita l'ampliamento della discarica, con i previsti sbancamenti e riprofilature si creeranno forme più morbide.

Su alcune ristrette aree sono in atto fenomeni di soliflusso (Classe di pericolosità 3-4 P.S.) che, come di seguito specificato, interessano spessori di terreno non superiori a 1,5-2 metri

Le ondulazioni di superficie, in passato venivano periodicamente rimodellate dai mezzi meccanici per le attività agricole.

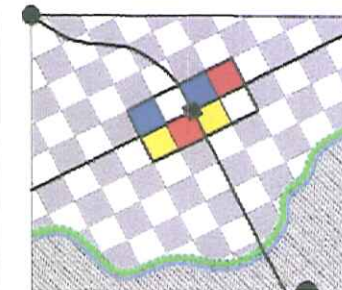
Con gli interventi di progetto, le coltri superficiali verranno completamente asportate.

Per i deflussi delle acque meteoriche sono già funzionanti fossi di gronda tributari del Borro Riofi, ai quali si raccorderà la prevista canaletta sul confine di monte.

COMUNE DI
TERRANUOVA
BRACCIOLINI
Provincia di Arezzo

P.R.G. 2001

PIANO STRUTTURALE
Quadro Conoscitivo



QC / A / 14.1 ovest

Carta della pericolosità
geologica



Area di interesse

Il Sindaco: prof. Carlo Pasquini

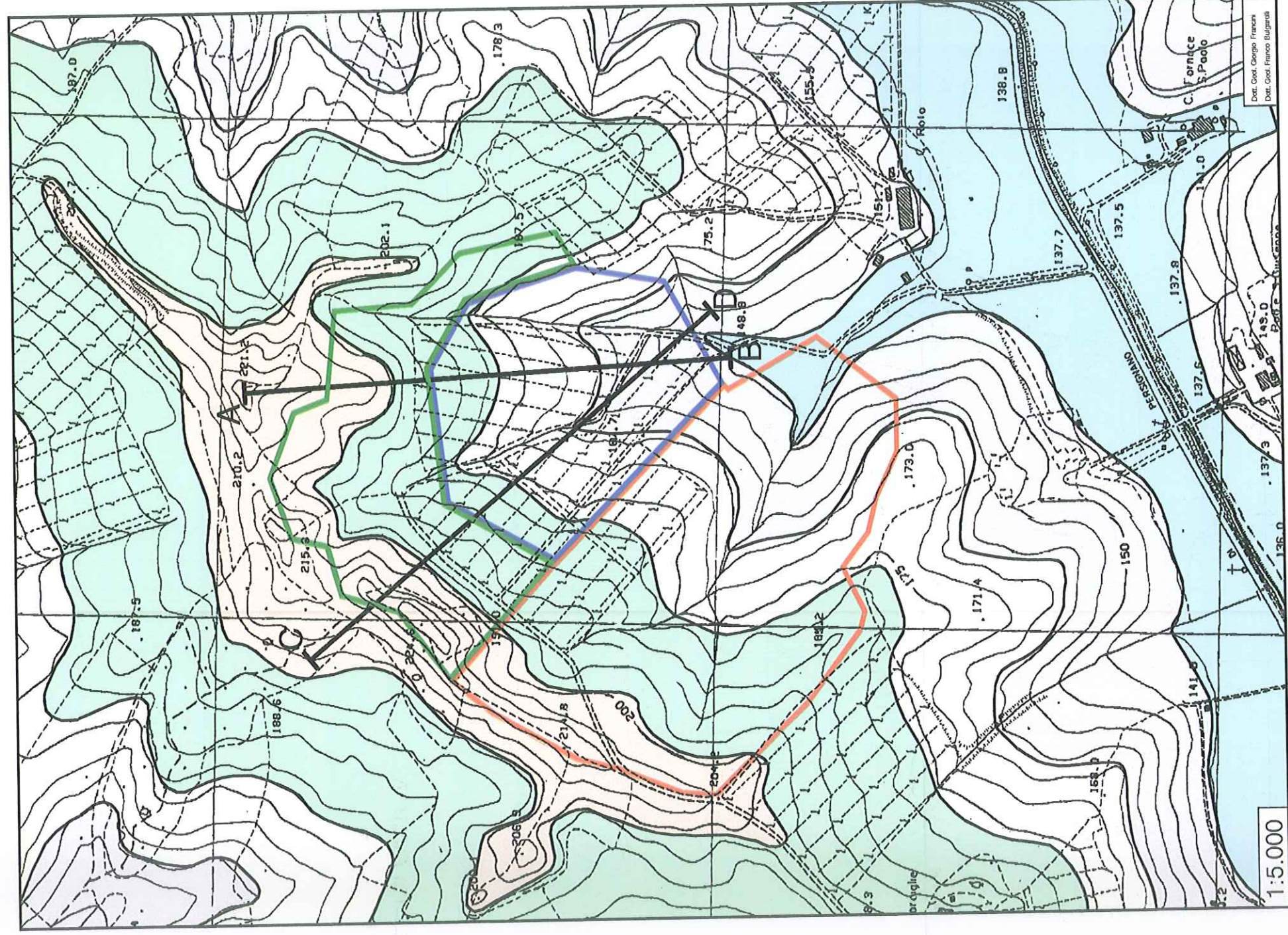
L'assessore all'Urbanistica: Massimo Medici

Legenda

- classe 4: pericolosità geologica elevata
- classe 3: pericolosità geologica media
- classe 2: pericolosità geologica bassa

limite comunale

Scala 1:5000

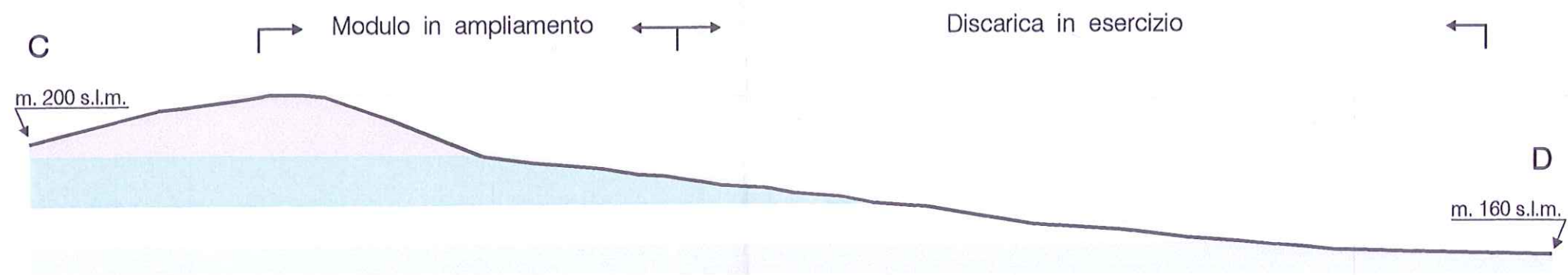
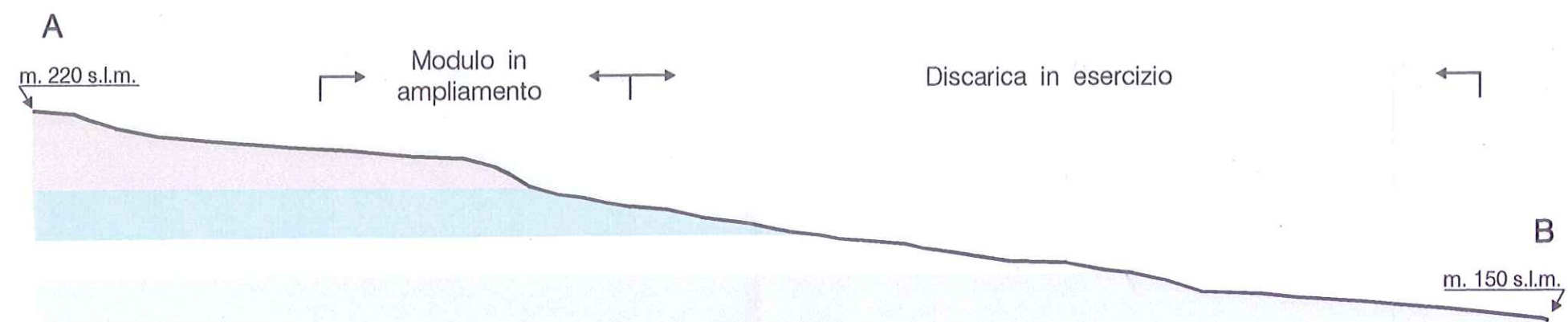


COMUNE DI TERRANUOVA BRACCIOLINI (AR) LOCALITA' "CASA ROTA"

CARTA GEOLOGICA

- Depositi fluviali attuali e recenti (Olocene).
- Limi di Pian di Tegna: limi argilloso-sabbiosi gialli e sabbie-limose (Pleistocene inf.).
- Formazione del T. Oreno: limi-argillosi torbosi grigi, con lenti di argille (Pleistocene inf.).
- Argille del T. Ascione: argille torboso-limose grigio scure, con lenti di torba e sabbie fini (Pleistocene inf.).
- Limi di Terranuova: limi argilloso-sabbiosi grigi con lenti di sabbie-limose e livelli di argille (Pleistocene inf.).

- Discarica colmatata
- Discarica in ampliamento
- Discarica in esercizio
- AB - CD
- Sezioni geologiche



SEZIONI GEOLOGICHE
1:2.000

La definitiva sistemazione dell'area prevede inerbimenti, del tipo di quelli già esistenti, eseguiti con idrosemina, che hanno efficacemente ridotto l'azione del ruscellamento superficiale.

Dal punto di vista idrogeologico sull'area in esame non è stata rilevata presenza di significativi corpi idrici.

I fori delle 18 prove penetrometriche e dei 2 sondaggi con profondità massime di 25 metri sono sempre risultati asciutti.

-2) Monitoraggio inclinometrico

Allo stato attuale la discarica controllata è monitorata da tubi inclinometrici (**TIN 1-2-3-4-5**) tutti costruiti nel 2001 e le cui postazioni sono riportate nella tavola di progetto 4.2.A.2 .

Gli inclinometri **TIN 1** (m 190,48 slm) **TIN 2** (m 183,08 slm) profondi m 15, e posizionati a monte del 3° sottomodulo della III fase.

In data 13-09-04, in entrambi gli inclinometri sono state ripetute le letture di "0" a seguito di interventi di ripristino conseguenti ai danneggiamenti subiti dalla parte sommitale delle tubazioni in alluminio, nel corso dei lavori di ampliamento dell'adiacente strada di cantiere.

Gli inclinometri **TIN 3** (m 185,25 slm) **TIN 4** (m 141,77 slm) , profondi rispettivamente m 15 e m 16, sono posizionati a monte del 2° e 1° sottomodulo della III fase.

TIN 4 è stato irrimediabilmente danneggiato e rimosso durante i lavori di costruzione di altra strada di cantiere con la quale si era provvisoriamente regolarizzato il transito dei camion all'interno dell'Impianto di smaltimento.

In data 27 luglio 2005 in vicinanza di **TIN 1** furono rilevate fessurazioni attestanti la fase iniziale di un dissesto gravitativo.

Il taglio più evidente si manifestò sulla mezzeria della adiacente strada di cantiere, e con altrettanta evidenza si manifestò un rifluimento decimetrico

sul piano di fondo del 3° sottomodulo, più basso in quota di 23 metri e distante ~ 100 metri, nel quale da poco si erano conclusi i lavori di splateamento.

Immediatamente fu fatta eseguire un'indagine sismica a rifrazione, dei cui risultati si riferisce di seguito, mediante due profili posizionati sull'area dell'evento.

Sono stati così meglio programmati gli interventi di consolidamento con i quali si è messo in sicurezza il tratto di versante.

I lavori sono essenzialmente consistiti nella riprofilatura del corpo di frana, tesi a ridurre il peso delle terre a monte del suo asse neutro, nel rinforzarne il piede mediante riporti stesi e rullati sull'area di rifluimento, e nell'allontanare le acque di ruscellamento superficiale mediante apposito fosso di guardia.

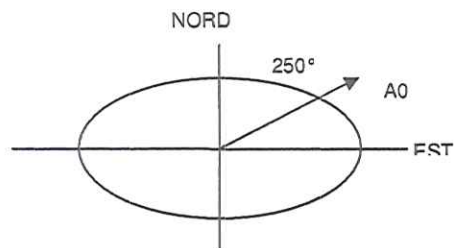
A seguito dell'evento fu deciso di intensificare le misurazioni su tutti i tubi inclinometrici, portandole ad una cadenza mensile.

Le letture fatte da tecnici Golder Associates incaricati delle operazioni per il piano di monitoraggio e controllo, sono iniziate in data 3 marzo 2005 e sono tutt'ora in corso.

I dati acquisiti dal marzo 2005 al 14 aprile c.a., hanno evidenziato spostamenti pari a mm 55 in **TIN 1**, mm 5 in **TIN 2** e mm 14 in **TIN 3**.

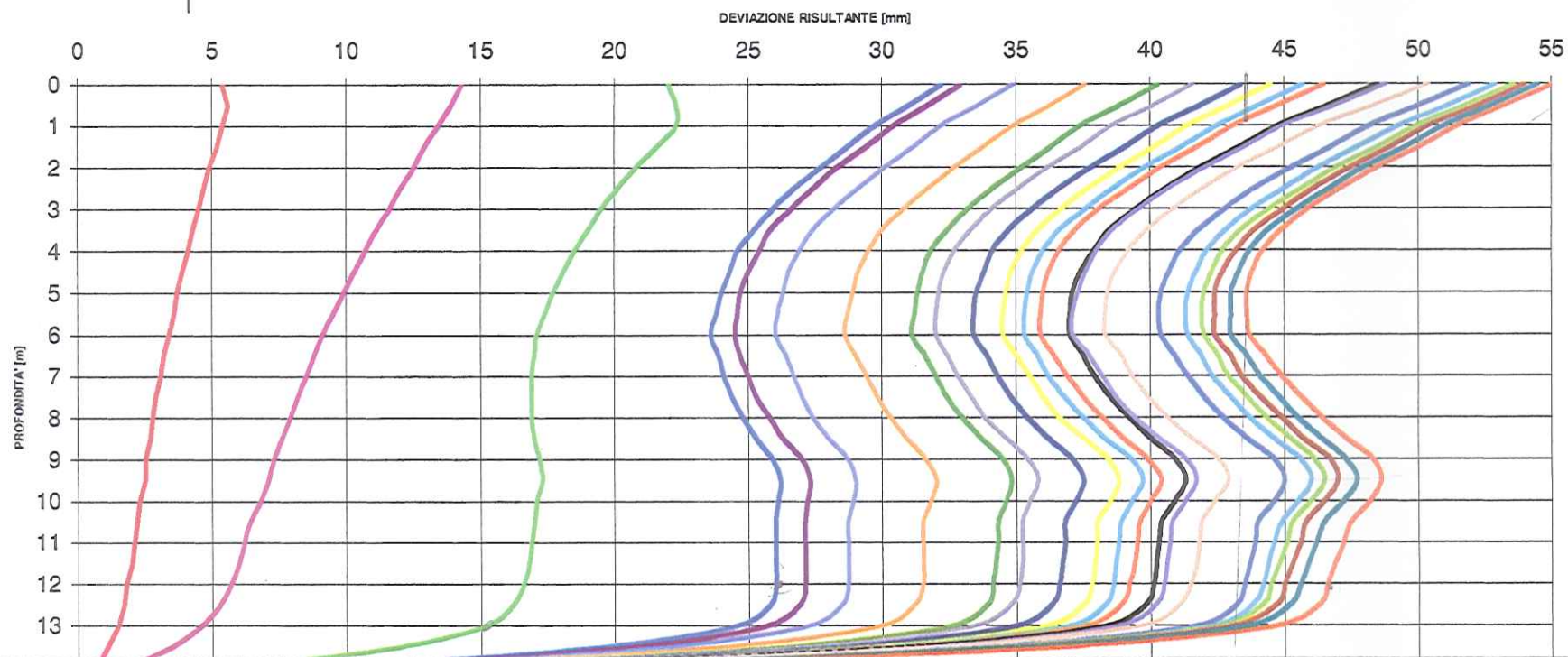
Gli spostamenti in **TIN 2** e **TIN 3**, nell'arco di tempo di 25 mesi, sono di modesta entità, interessano essenzialmente i primi 2 metri di terreno da boccaforo e possono essere ragionevolmente riconducibili agli effetti di lenti fenomeni di soliflusso.

L'evoluzione del fenomeno gravitativo segnalata da **TIN1** è rappresentata nel seguente diagramma spostamenti_(mm)/profondità_(m)



**INCLINOMETRO IN01
RISULTANTE**

LOCALITA': Casa Rota (AR)
DEVIAZIONE RELATIVA
ELABORAZIONE DAL BASSO
LETTURA DI ZERO 13/12/2004



Lettura del 03/03/05	Lettura del 14/06/05	Lettura del 2/08/05	Lettura del 27/09/05	Lettura del 17/10/05	Lettura del 09/11/05
Lettura del 14/12/05	Lettura del 18/01/06	Lettura del 14/02/06	Lettura del 21/03/06	Lettura del 19/04/06	Lettura del 24/05/06
Lettura del 13/06/06	Lettura del 19/07/06	Lettura del 02/08/06	Lettura del 04/09/06	Lettura del 10/10/06	Lettura del 15/11/06
Lettura del 13/12/06	Lettura del 15/01/07	Lettura del 12/03/07	Lettura del 14/04/07		

Rev. 0 - Data: 10/05/2007

Redatto: RRD

Approvato: ERA

Golder Associates

Nei seguenti due diagrammi spostamenti (mm)/tempi (mesi) è rappresentata la situazione rilevata al piano campagna ed alla profondità di m 9.

In entrambi i grafici le velocità medie massime di 5,7 e 5,58 mm/mese sono state registrate nell'arco di tempo che va da metà giugno a fine settembre 2005.

Successivamente, fino a metà gennaio 2006, le velocità di superficie e quelle profonde si sono più che dimezzate riducendosi mediamente a 2,18 mm/mese.

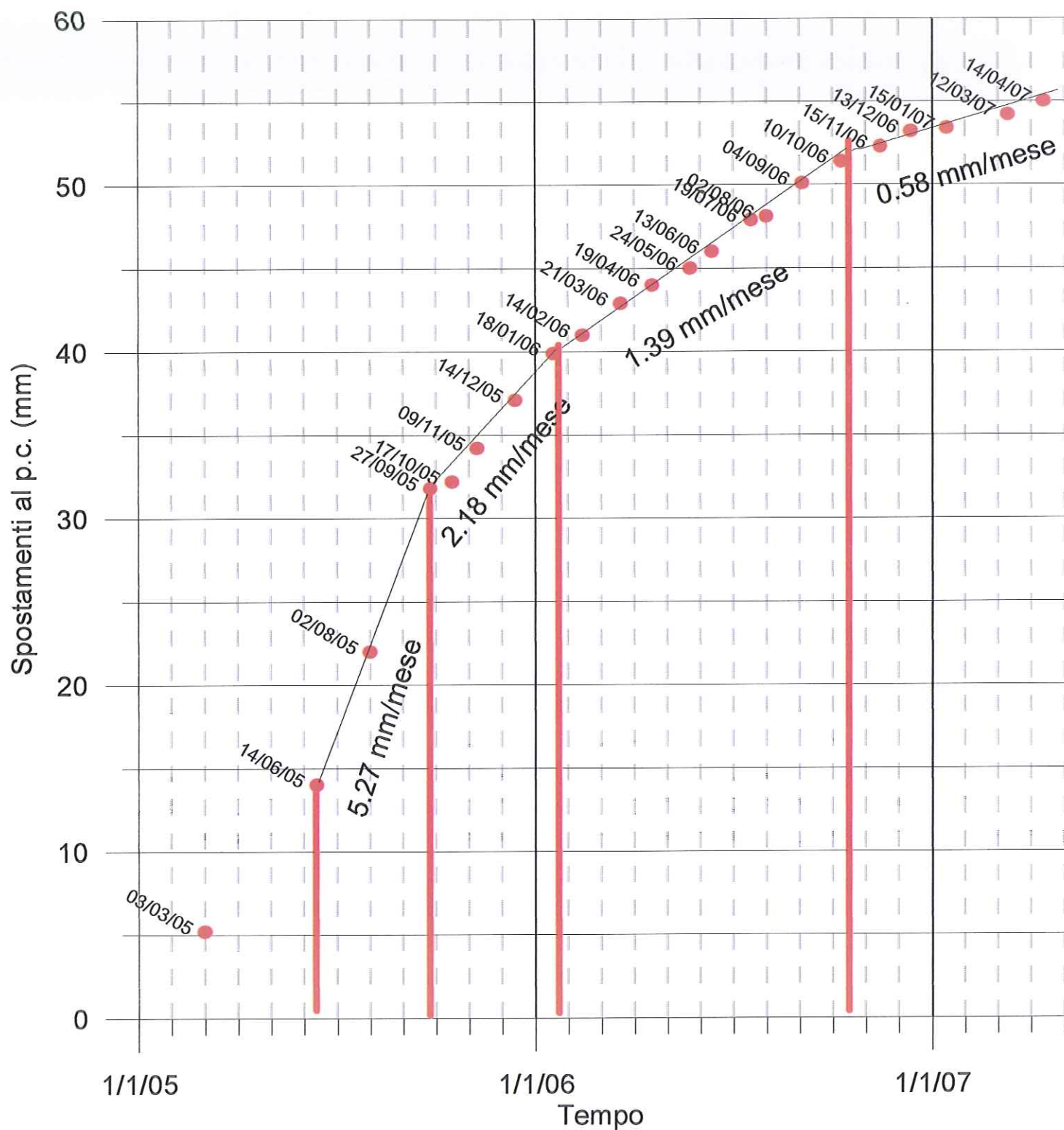
A partire dalla suddetta data e fino ai primi di ottobre 2006 la velocità media di superficie e quella profonda sono risultate pari rispettivamente a 1,39 e 1,19 mm/mese.

I gradienti superficiali e profondi, al momento dell'ultima misurazione disponibile risalente al 14-04-07, sono risultati pari a 0,58 mm/mese.

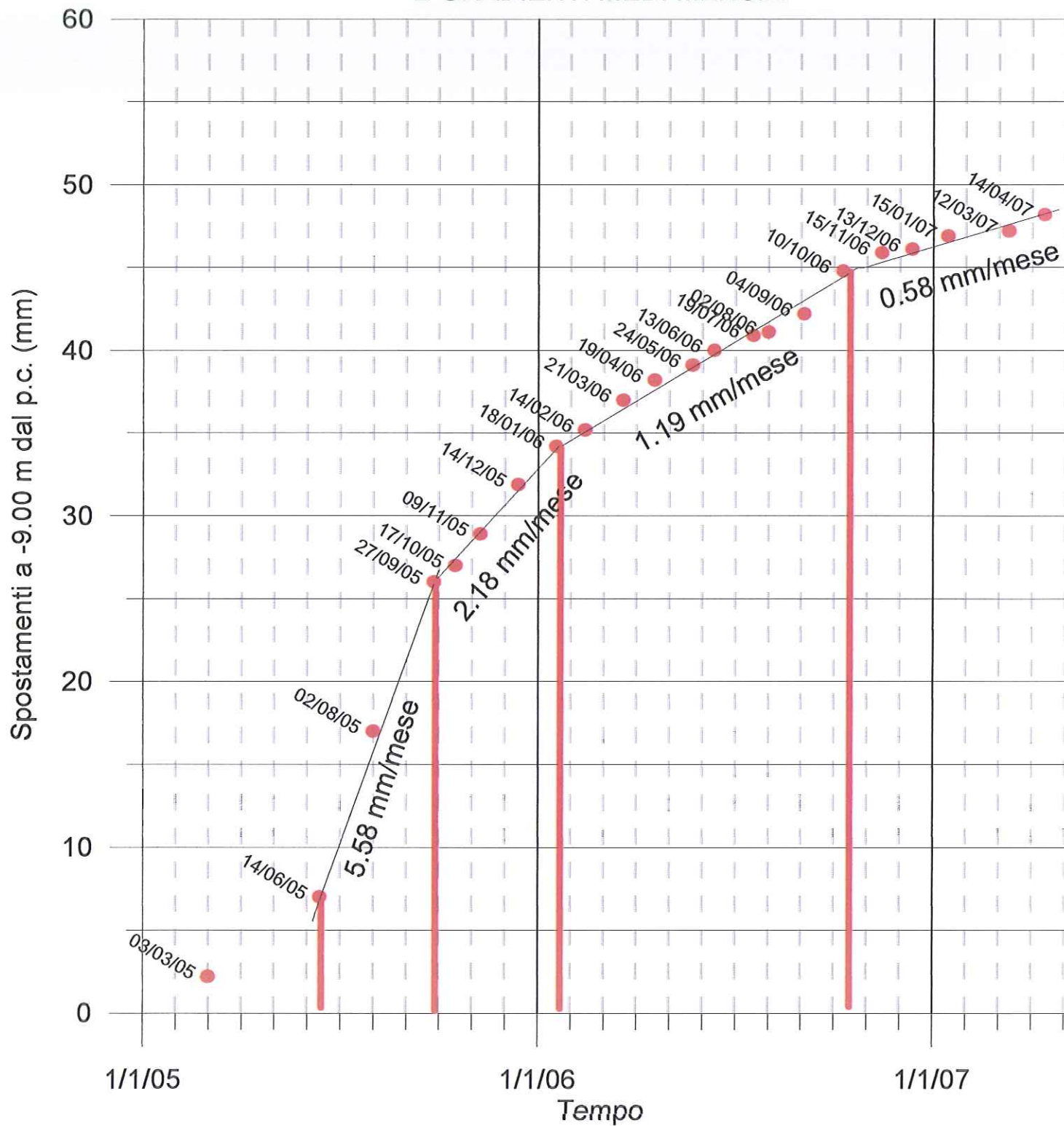
Il tipo di evoluzione consente di classificare il movimento gravitativo come roto-traslazionale, con superficie di scivolamento alla profondità di ~ 10-12 metri.

Le costanti, progressive diminuzioni delle velocità del corpo franoso, anche in presenza di traffico pesante sulla strada di cantiere adiacente a **TIN 1** con un traffico di 60-70 camions giornalieri per trasporto terra, ripreso dal marzo c.a., fanno ritenere che le masse tendano ad una loro stabilizzazione.

TUBO INCLINOMETRICO 1 DIAGRAMMA DEGLI SPOSTAMENTI AL P.C. E GRADIENTI MEDI MENSILI



TUBO INCLINOMETRICO 1
DIAGRAMMA DEGLI SPOSTAMENTI
ALLA PROFONDITA' DI 9 m DAL P.C.
E GRADIENTI MEDI MENSILI



Di seguito si descrivono sommariamente i diversi accadimenti ricostruiti in base al giornale dei lavori con relativa documentazione fotografica :

3 marzo 2005 – 27 settembre 2005

- opere di costruzione del 1° e 2° sottomodulo III fase (completati nel mese di agosto)
- inizio scavi del 3° sottomodulo III fase
- elevato transito di mezzi pesanti gommati e cingolati fin sulla pista a fianco di **TIN 1** (foto 1-2-3)
- inizio movimento franoso a monte del 3° sottomodulo (27 luglio)

27 settembre 2005 -18 gennaio 2006

- completamento lavori di sistemazione del movimento franoso (foto 4-5)
- coltivazione 1° e 2° sottomodulo III fase

18 gennaio 2006 – 10 ottobre 2006

- lavori di scavo fermi
- 4 settembre, ripresa degli sbancamenti per il completamento del 3° modulo (sotto la frana), terminati il 21 ottobre 2006 (foto 6)

10 ottobre 2006 - 14 aprile 2007

- gennaio 2007, inizio riempimento del 3° sottomodulo, tutt'ora in corso (foto 7-8)



Foto 1 (Luglio 2005)



Foto 2 (Luglio 2005)



Foto 3 (Luglio 2005)

Riprofilatura versante e ricarichi al piede
del dissesto gravitativo



Foto 4 (Agosto 2005)

Crescita di vegetazione spontanea
sullo stesso tratto di versante



Foto 5 (Maggio 2006)

Foto 6 (Novembre 2006)



Inizio colmatazione

Foto 7 (Gennaio 2007)



Foto 8 (Gennaio 2007)



Al momento sull'area dove era stato individuato il rifluimento della frana, sono già stati accumulati di 8-9 metri di rifiuti i cui spessori sono destinati a crescere nel tempo, a tutto vantaggio della stabilità..

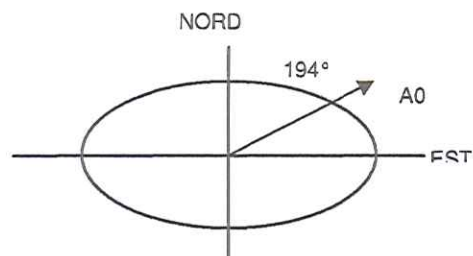
Ritenuto necessario estendere la rete di monitoraggio, i 2 sondaggi geognostici eseguiti il 27 aprile e 2 maggio u.s., sono stati attrezzati a inclinometri.

Le due nuovi punti denominati **TIN 8** (m 191,28 slm) e **TIN 9** (m 177,49 slm) sono profondi rispettivamente m 25 e m 18 e le loro postazioni sono riportate in Tav.4.2A.2.

Si potranno così acquisire ulteriori dati utili a meglio accertare la evoluzione del fenomeno , che al momento tende ad una naturale stabilizzazione.

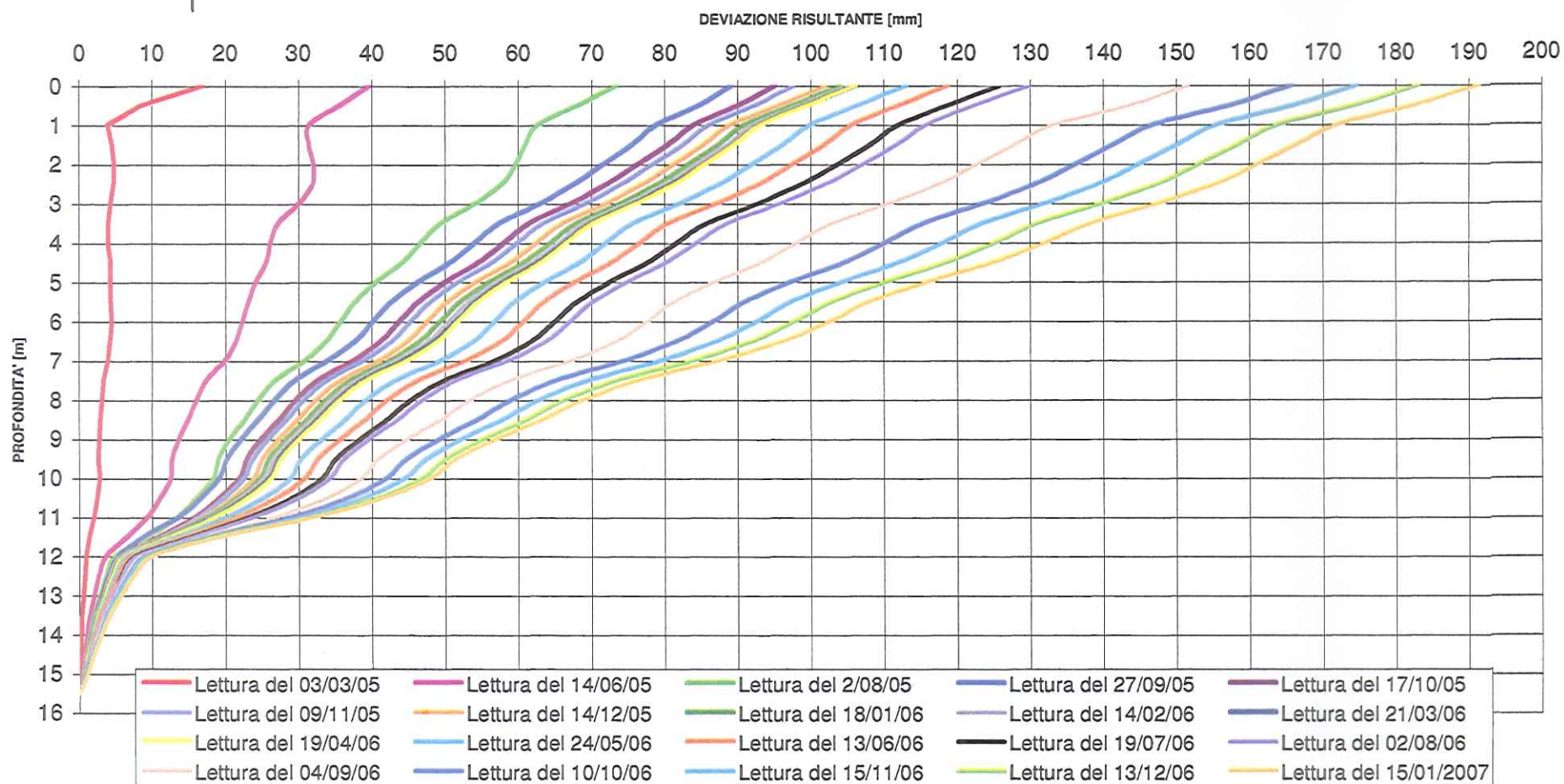
Una diversa situazione è stata accertata in corrispondenza dell'inclinometro **TIN 5** (m 161,47 slm) profondo m 15 e posizionato (2001) sulla parte centrale del coronamento dell'argine di valle in terre armate della discarica.

Le letture Golder, (3 marzo 2005 - 15 gennaio 2007) hanno evidenziato, uno spostamento a boccaforo di 190 mm. che va riducendosi linearmente a meno di 12 mm alla profondità di ~ 12 metri, come evidenziato nel seguente diagramma spostamenti_{mm}/profondità_m.



**INCLINOMETRO IN05
RISULTANTE**

**LOCALITA': Casa Rota (AR)
DEVIAZIONE RELATIVA
ELABORAZIONE DAL BASSO
LETTURA DI ZERO 13/12/2004**



Rev. 0 - Data: 15/09/2006
Redatto: RRD
Approvato: ERA

Dagli elaborati progettuali si è potuto rilevare che alla profondità di m 12 corrisponde al piano di fondazione dell'argine stesso e pertanto dal movimento di tipo rotazionale restano esclusi i sottostanti terreni in posto.

In considerazione del fatto che la progressiva inclinazione della tubazione in alluminio di **TINI**($\varnothing$ 80 mm – spessore 2 mm), ha con tutta probabilità determinato un effetto trascinamento, si può ragionevolmente ritenere che gli spostamenti più significativi si esauriscano anche a minori profondità.

Le misurazioni eseguite dal 3 marzo al 17 ottobre 2005 e dal 19 aprile 2006 al 15 gennaio 2007 hanno evidenziato a boccaforo gradienti medi rispettivamente uguali a di 10,6 e 10,1 mm/mese, ridotti a 2,62 e 3,29 mm/mese alla profondità di 9 metri.

Nell'intervallo di tempo (17-10-2005÷ 19-04-06), compreso fra i suddetti periodi, i gradienti sono risultati pari a 1,69 e 0,83 mm/mese.

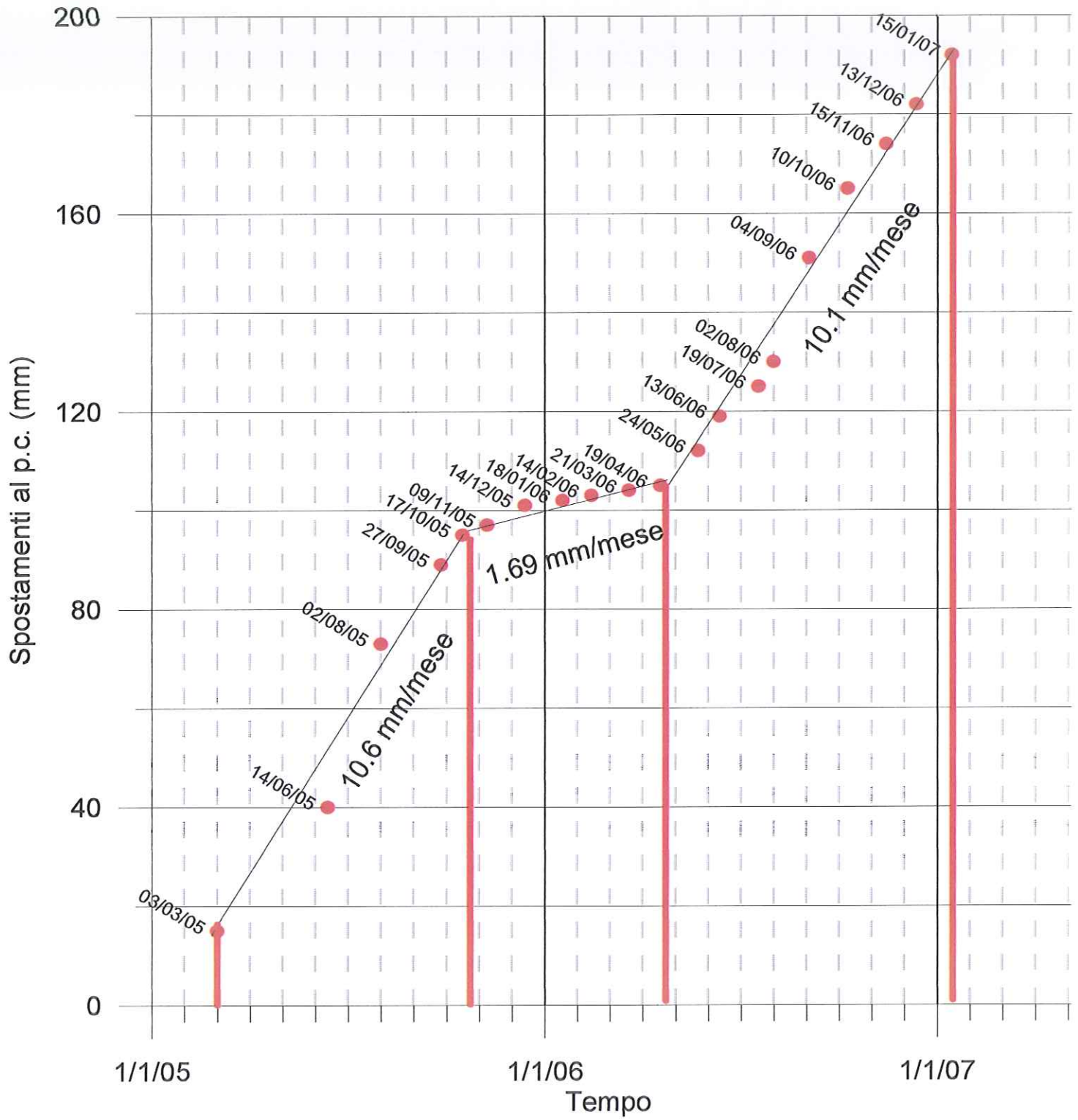
Nelle due ultime letture del 12-03-07 e del 14-04-07 la sonda inclinometrica non ha potuto superare la profondità di m 10 ed ha rilevato un ulteriore spostamento a boccaforo di 15 mm.

Per quanto sopra accennato, questa di m 10 è da considerarsi la reale profondità dalla quale inizia il movimento del tubo inclinometrico, che subisce spostamenti crescenti linearmente verso boccaforo.

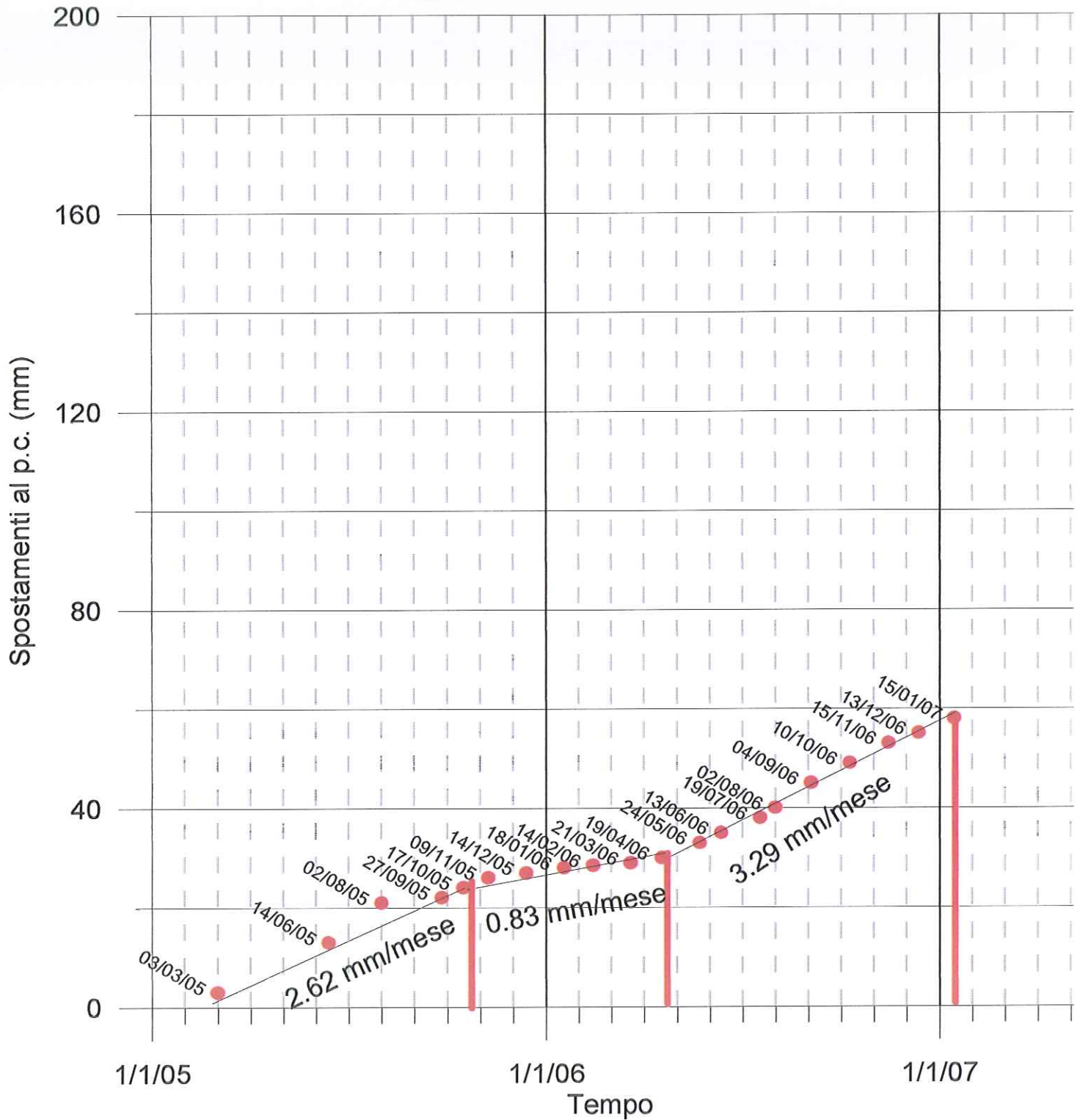
Per i risultati acquisiti, ai sottostanti terreni fino a fondo inclinometro, dello spessore complessivo di 5 metri, di cui 2 costituenti l'argine, sono attribuibili condizioni di stabilità.

L'evoluzione del fenomeno è rappresentata nei 2 seguenti diagrammi spostamenti_(mm)/tempi_(mesi):

TUBO INCLINOMETRICO 5
DIAGRAMMA DEGLI SPOSTAMENTI AL P.C.
E GRADIENTI MEDI MENSILI



TUBO INCLINOMETRICO 5
DIAGRAMMA DEGLI SPOSTAMENTI
ALLA PROFONDITA' DI 9.00 m DAL P.C.
E GRADIENTI MEDI MENSILI



Utilizzando le scritture di cantiere e relativa documentazione fotografica, è stato possibile ricostruire i vari interventi che hanno interessato l'argine e le aree immediatamente a monte ed a valle :

3 marzo 2005 - 17 ottobre 2005

- a metà febbraio terminato il transito giornaliero sul coronamento dell'argine, di circa 100 camions di rifiuti di cui 40-45 bilici da 4-5 ton per l'inizio del riempimento del sottostante modulo
- transito giornaliero di 35-40 camions per trasporto terra dagli scavi del modulo della III fase

17 Ottobre 2005 – 19 aprile 2006

- nessun transito di mezzi pesanti

19 aprile 2006 - 15 gennaio 2007

- costruzione dei 2 gradoni gestionali mediante stendimenti di di terre argillose con mezzi cingolati, trasportate da camions transitanti sul coronamento dell'argine e loro compattazione a mezzo di rullo vibrante (foto 9)
- scavo di fosso rivestito con telo plastico (foto 10) per il deflusso delle acque meteoriche provenienti dal versante versante a monte
- riprofilatura del paramento di valle e sbancamenti al piede per la realizzazione della viabilità perimetrale a servizio dell' Impianto di compostaggio (foto 11)

Gli spostamenti fin'ora registrati in **TIN 5**, pur significativi, al momento non costituiscono situazione di pericolo in quanto si manifestano all'interno di

Impronte da transito di camion per movimenti terra su
coronamento argine – Ampliamento III fase



Foto 9 (Luglio 2006)

Fosso di raccolta acque meteoriche del versante di monte



Foto 10 (Ottobre 2006)

Escavazioni sul paramento di valle e al piede



Foto 11 (Ottobre 2006)

una massiccia struttura in terra armata, di altezza attuale fuori terra pari a 8 metri, larga al coronamento ed al basamento rispettivamente 8 e 45 metri e con piano fondale di valle a - 4,5 metri rispetto all'originario piano di campagna.

Si ha ragione di ritenere che dopo un ragionevole lasso di tempo dal termine delle straordinarie sollecitazioni cui l'argine è stato a lungo sottoposto, possa nuovamente tendere ad una progressiva stabilizzazione del tipo di quella che ebbe chiaramente a manifestarsi dall'ottobre 2005 ad aprile 2006, periodo in cui venne interrotto l'intenso traffico di mezzi pesanti sul suo coronamento.

Anche in questo caso tuttavia si è ritenuto prioritario ed indispensabile estendere la rete di monitoraggio.

A tale scopo tre sondaggi della campagna geognostica sono stati attrezzati con tubazione inclinometrica.

I due nuovi fori d'indagine in testa d'argine, profondi m 25 e realizzati l'8 ed il 11 maggio 2007, sono stati denominati **TIN 7** **TIN 6**.

Quello profondo m 18, realizzato in data 16 maggio 2007, con postazione sulla sottostante strada a servizio dell' Impianto di compostaggio, è stato denominato **Tin 10**.

Va precisato inoltre che è già stato predisposto un monitoraggio topografico di precisione.

Solo a seguito dell'acquisizione degli ulteriori elementi si potranno progettare, se del caso, eventuali interventi atti a raggiungere la definitiva stabilizzazione

-3) Risultati dell'indagine sismica a rifrazione

L'indagine è consistita nell'esecuzione di n°12 profili **(PR)** della lunghezza complessiva di 1800 metri, secondo direzioni ritto chino e girocolle, distribuiti sull'intero anfiteatro collinare interessato dai lavori di completamento.

Le modalità esecutive e le tecniche interpretative sono descritte nel rapporto tecnico riportato in appendice e redatto dal Geol.Dott.Gianfranco Censini della GEORISORSE ITALIA.

Il sottosuolo è stato indagato mediante le onde di compressione **(P)** nei profili **PR1** e **PR2** del luglio 2005 subito dopo l'evento gravitativo cui si è fatto riferimento, e successivamente (marzo 2007) con ulteriori 10 profili mediante onde di compressione **(P)** e di taglio **(SH)**.

L'indagine ha consentito di individuare nel sottosuolo la presenza di tre distinti sismostrati descritti nel citato rapporto tecnico e rappresentati nella cartografia tematica ad esso allegata.

In particolare, quanto rilevato mediante le onde **SH** ha confermato l'assenza nel sottosuolo di significative aree con sedimenti saturi e di falde idriche all'interno di potenziali acquiferi costituiti dai livelli più schiettamente sabbiosi.

Come già verificato lungo le centinaia di metri dei fronti di scavo aperti con i successivi ampliamenti della discarica, le riscontrate venute di acqua su fasce di pochi metri di lunghezza, di spessori decimetrici e portate stimate non superiori a 1-2 litri/minuto, hanno sempre avuto carattere di temporaneità esaurendosi nell'arco di tempo di alcuni giorni.

Per una migliore rappresentazione d'insieme della situazione locale, sono state elaborate sezioni interpretative riportate nelle tavole 4.2.A. 5-6-7-8, Nelle stesse sono rappresentati anche i diagrammi delle prove penetrometriche statiche ed i profili di scavo.

Dal loro esame risulta abbastanza evidente come con i previsti scavi, gran parte del 1° sismostrato areato ($V_p < 800$ m/sec) verrà completamente asportato, e i piani di fondo dei nuovi bacini di stoccaggio andranno in prevalenza ad interessare il 2° sismostrato ($800 > V_p < 1400 \div 1600$ m/sec), avvicinandosi per alcuni tratti al substrato sismico ($V_p > 1600 \div 1800$ m/sec).

I profili sismici **PR1** e **PR12** con tracciati adiacenti all'inclinometro **TIN 1** hanno evidenziato la presenza di forme circolari al contatto fra 1° e 2° sismostrato sismico che confermano come il citato movimento gravitativo cui si è fatto riferimento, sia di tipo roto-traslazionale con piano di scivolamento, alla profondità di m 9-10.

L' interfaccia fra 2° e 3° sismostrato assume forme morbide con bassi gradienti morfologici, tali da ritenere che lo stesso tratto di versante sia preservato dalla possibilità di dissesti gravitativi più profondi, quelli che comporterebbero maggiori rischi per la stabilità complessiva.

Le medesime forme circolari sono quelle che anche in passato hanno determinato locali "smottamenti", sempre rapidamente bonificati, oltre che per le loro medeste dimensioni anche per la disponibilità in cantiere di adeguati ed efficienti mezzi meccanici. .

L'indagine sismica ha comunque confermato l'assenza di situazioni di pericolosità geomorfologica che possano costituire impedimento alla realizzazione del progetto di ampliamento.

L'impiego delle onde SH ha consentito di calcolare i valori del parametro Vs30 che rappresenta la velocità media di propagazione entro 30 metri di profondità delle onde di taglio.

Le determinazioni sono state fatte inizialmente per tratti successivi compresi fra geofoni in ciascun stendimento sismico

Accertata la discreta uniformità nei risultati, si è fatto riferimento al valore medio per l'intero profilo:

profilo sismico	Vs30 nel tratto fra i geofoni			velocità media (m/sec)	
	1-6	6-12	12-18		
PR1	317	312	330		320
PR3	322	352	341		338
PR4	366	367	359		364
PR5	353	353	373		360
PR6	341	339	356		345
PR7	351	343	357		350
PR8	341	336	326		334
PR9	320	303	319		314
PR10	289	290	289		289
PR12	316	264	228		269
	1-12	12-24	24-36	36-48	48-60
PR11	320	314	351	387	342
					328

In base all'O.P.C.M. n°3274 del 20 marzo 2003 i suddetti terreni rientrano nella "**categoria C** : depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi fra 180 e 360 m/sec".

Le profondità di 30 metri cui ci si è riferiti nel calcolo sono state considerate a partire dal piano di campagna.

La medesima ordinanza prevede che il parametro Vs30 debba essere determinato a partire dai piani di fondazione, nel caso rappresentati dai piani di fondo scavo, che però variano in maniera significativa anche entro ristretti ambiti.

Tenuto conto del fatto che con i previsti sbancamenti, sulla maggior parte dell'area d'intervento si ridurranno comunque gli spessori del primo sismostrato meno compatto e quindi con minori velocità, si ha ragione di ritenere che la situazione finale che si verrà a creare consenta di far rientrare

i terreni sottostanti ai nuovi bacini di stoccaggio nella “**categoria B**: depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità”.

-4) Risultati delle prove penetrometriche

4-1 Prove penetrometriche statiche (CPT)

Sull'area dell'ampliamento sono state preventivamente individuate n° 18 postazioni sulle quali la ditta Tecna ha eseguito le penetrometrie.

L'attrezzatura impiegata, da 20 Ton di spinta, dotata di punta conica da 10 cm² e di manicotto laterale da 150 cm², ha consentito di misurare, per ciascun tratto d'infissione di 20 cm, i valori della resistenza alla punta (**R_p**) e di quelli di attrito laterale locale (**R_l**), entrambi in Kg/cm².

Dai diversi rapporti **R_p/R_l** (Begemann) e **R_p-R_l/R_p** (Schmertmann) sono state ricostruite le stratigrafie, riportate in appendice.

Come già detto, per una visione di maggior dettaglio, i diversi penetrogrammi sono stati sovrapposti ai 12 profili sismici nelle (Tav. 3.2.A 5-6-7-8).

Fra le 18 prove i risultati più scadenti si sono avuti in corrispondenza delle postazioni di **CPT1** e **CPT2**, prossime al piede ed al coronamento del fenomeno gravitativo segnalato da **TIN1**.

In **CPT1**, **R_p** raggiunge il minimo di 13 Kg/cm² alla profondità compresa fra m 4,20 e m 4,40 per poi mantenersi mediamente pari a 30÷40 Kg/cm² con tratti di 50÷55 Kg/cm², fino a fondo foro (m16).

In **CPT2**, **R_p** resta mediamente pari a 10 Kg/cm² da p.c. a m 9, probabile piano di scivolamento, per poi crescere a 50÷60 Kg/cm² fino a m 14 e mantenersi pari 30÷40 Kg/cm² fino a fondo foro (m 21) con un'unica inflessione di 15÷20 Kg/cm² fra m 15,20 e 15,60.

La Sezione 1 della Tav 4.2.A.5 bene evidenzia come i previsti scavi, con i quali si oltrepasserà la linea di crinale, comporteranno l'asportazione dei materiali più scadenti da tutta l'area monte ed a valle di **TIN1**.

Anche dalla Sezione 2 della medesima tavola risulta come in corrispondenza della postazione di **CPT5** verranno rimossi per m 10 i materiali per i quali **Rp** è risultata $= < 20 \text{ Kg/cm}$ ed il nuovo bacino di stoccaggio varrà fondato su sedimenti con **Rp** mediamente pari $25\text{-}30 \text{ Kg/cm}^2$

Le in fissioni della punta del penetrometro in **CPT 3-6-12-16** sono state interrotte alle profondità di m 7,5-12-9-10 per problemi di disancoramento dell'attrezzatura

Nella postazione di **CPT11**, si è avuto rifiuto a m 8 con $R_p > 220 \text{ Kg/cm}^2$ e in quella di **CPT13** a m 8 R_p è risultata pari a 150 Kg/cm^2

Con le rimanenti prove si è potuto rilevare come nei terreni sottostanti i piani di fondo scavo i valori di **Rp** siano non inferiori a 40 Kg/cm^2 con tratti di 50-60 e punte di oltre 80 Kg/cm^2 .

Questi risultati consentono pressioni unitarie $q_a = 1/3(5,7 \times R_p / 20) = 3 \div 5 \text{ Kg/cm}^2$ dello stesso ordine di grandezza di quelle trasmesse, nei diversi punti, dall'ammasso dei rifiuti.

4-2 Standard penetration test (SPT)

In queste prove interne ai fori di sondaggio si è misurato il numero di colpi necessari ad infiggere la punta da 10 cm^2 per una profondità di 45 cm battendo con un maglio del peso di 63,5 Kg, e con un'altezza di caduta di 72,6 cm.

I risultati di ciascuna prova sono ricavati in base al numero di colpi di maglio relativi agli ultimi 30 cm di infissione **Nspt** con i seguenti valori:

sondaggio	profondità (m)	Nspt
TIN 6	4,60-5,05	19
	14,0-14,45	24
TIN 7	8,80-9,25	14
	24,7-25,15	44
TIN 8	12,5-12,95	22
	19,0-19,45	42
TIN 9	4,60-5,15	26
	14,5-14,95	34
TIN 10	5,80-6,20	13
	11,8-12,25	28

In tutte le postazioni la consistenza ed il grado di addensamento dei vari sedimenti è sempre risultato crescente con la profondità.

In particolare i valori di Nspt nei tratti più superficiali dei sondaggi **TIN 6-7** pari rispettivamente a 19 e 14, sono quelli riferiti i materiali argilloso-sabbiosi con cui è stato costruito l'argine in terre armate, e sono classificabili come terreni a media consistenza.

Nella postazione **TIN10** adiacente al fabbricato dell' Impianto di compostaggio, Nspt = 13 caratterizza sedimenti argilloso limosi da poco a mediamente consistenti.

Per i tratti d'indagine più profondi i risultati ottenuti Nspt = 24-44-28 caratterizzano sedimenti argilloso- sabbiosi consistenti

Nelle postazioni **TIN 8 TIN 9** gli Nspt crescenti verso il basso da 22-26 a 42-34 sono riferibili ad argille sabbiose da consistenti a molto consistenti (Colombo El.Geot.).

-5) Risultati analisi di laboratorio

Per ciascuno dei 10 campioni, 2 per ciascun sondaggio, si sono avuti i seguenti risultati:

TABELLA RIASSUNTIVA DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Comm.te : Tecna - Dott. Francini - CS Ambiente Impianti

Località : Casa Rota - Terranuova Bracciolini (AR)

Rapporto di prova n° : 83

del : 27/6/07

Sond.	TIN6	TIN6	TIN7	TIN7	TIN10	TIN10	
Camp.	1	2	1	1	1	2	
da -- a --	4,1-4,6	13,5-14,0	8,3-8,8	24,3 - 24,7	5,3-5,8	11,3 - 11,8	
γ	2,057	2,071	2,102	2,131	2,125	1,931	
w	19,3	18,4	20,4	15,8	16,3	25,8	
Gs	2,520	2,625	2,539	2,578	2,661	2,499	
Gd	1,724	1,749	1,745	1,840	1,828	1,536	
e	0,462	0,501	0,455	0,401	0,456	0,627	
Sr	105	97	114	102	95	103	
n	32	33	31	29	31	39	
A	38,7	48,5	38,5	26,6	41,2	74,8	
L	47,3	47,2	40,9	48,2	32,9	21,6	
S	13,7	4,2	20,2	24,8	25,7	2,6	
G	0,2	0,2	0,5	0,4	0,1	0,9	
USCS	CL	CH	CL	CL	CL	CH	
Wl	45	55,7	41,6	30,5	42,8	57,7	
Wp	20,5	20,6	19,4	16,9	21,7	26,9	
Ip	24,6	35,1	22,2	13,6	21	30,8	
Ic	1,0	1,1	1,0	1,1	1,3	1,0	
W _r							
k							
ϕ_r	13	12	18	20	14	15	
cr	0,010	0,010	0,015	0,005	0,057	0,001	
ϕ'	18	18	23	27	19	21	
c'	0,27	0,30	0,14	0,01	0,39	0,01	
ϕ							
cu							
cu (ELL)	1,96	2,97	0,55	1,73	2,03	0,75	
Mod. Edom							
0.25-0.5	63	53	53	77	83	83	
0.5-1.0	59	63	49	95	83	95	
1.0-2.0	65	63	61	108	85	103	
2.0-4.0	80	85	63	138	110	121	
4.0-8.0	113	116	119	180	144	160	
8.0-16.0	182	172	222	271	221	198	
16.0-32.0							
Cc	0,214	0,232	0,174	0,137	0,175	0,219	

* valore non determinato sperimentalmente

Gs (gr/cm³) = peso specifico dei grani - Gd (gr/cm³) = densità secca - g (gr/cm³) = peso di volume

w (%) = umidità naturale - e = indice dei vuoti - Sr (%) = grado di saturazione - n (%) = porosità

A (%) = argilla - L (%) = limo - S (%) = sabbia - G (%) = ghiaia

Wl (%) = limite liquido - Wp (%) = limite plastico - Ip (%) = ind. di plasticità - Ic = ind. di consistenza

 ϕ (°) = angolo di attrito interno non drenato - cu (Kg/cm²) = coesione non drenata

 ϕ' (°) = angolo di attrito drenato - c' (Kg/cm²) = coesione drenata

 ϕ_r (°) = angolo di attrito interno residuo - cr (Kg/cm²) = coesione residua

cu (Kg/cm²) = sforzo a rottura prova ELL

k (m/sec) = coefficiente di permeabilità

Cc = indice di compressibilità

cv(i) = coefficiente di consolidazione -

Dott. Paolo Tognelli
Geologo

Dott. Geologo Paolo Tognelli

TABELLA RIASSUNTIVA DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Comm.te : Tecna - Dott. Francini - CS Ambiente Impianti

Località : Casa Rota - Terranuova Bracciolini (AR)

Rapporto di prova n° : 83

del : 30/5/07

Sond.	TIN8	TIN8	TIN9	TIN9			
Camp.	1	2	1	2			
da -- a --	12,0-12,5	18,5-19,0	4,2-4,7	13,9-14,5			
γ	2,039	2,048	2,031	2,057			
w	19,7	20,0	22,2	18,6			
Gs	2,666	2,6	2,6	2,6			
Gd	1,704	1,7	1,7	1,7			
e	0,565	0,5	0,6	0,5			
Sr	93	98	102	96			
n	36	35	36	34			
A	46,1	34,2	54,9	40,2			
L	40,3	60,4	43,8	42,0			
S	13,5	5,4	1,3	16,1			
G	0,1	0,0	0,0	1,6			
USCS	CL	CL	CL	CL			
WI	46,5	45,4	46	40,1			
Wp	18,9	20,5	21,1	15,6			
Ip	27,6	24,9	24,8	24,5			
Ic	1,0	1,0	1,0	0,9			
Wr							
k							
ϕ_r	17	17	15	19			
cr	0,039	0,02	0,034	0,013			
ϕ'	23	26	21	22			
c'	0,18	0,09	0,23	0,29			
ϕ							
cu							
cu (ELL)	1,15	1,63	0,87	1,61			
Mod. Edom							
0.25-0.5	71	33	83	50			
0.5-1.0	77	43	87	57			
1.0-2.0	89	43	100	77			
2.0-4.0	121	71	131	90			
4.0-8.0	174	121	151	116			
8.0-16.0	278	180	235	195			
16.0-32.0							
Cc	0,149	0,227	0,177	0,205			

* valore non determinato sperimentalmente

Gs (gr/cm³) = peso specifico dei grani - Gd (gr/cm³) = densità secca - g (gr/cm³) = peso di volume

w (%) = umidità naturale - e = indice dei vuoti - Sr (%) = grado di saturazione - n (%) = porosità

A (%) = argilla - L (%) = limo - S (%) = sabbia - G (%) = ghiaia

WI (%) = limite liquido - Wp (%) = limite plastico - Ip (%) = ind. di plasticità - Ic = ind. di consistenza

 ϕ (°) = angolo di attrito interno non drenato - cu (Kg/cm²) = coesione non drenata ϕ' (°) = angolo di attrito interno drenato - c' (Kg/cm²) = coesione drenata ϕ_r (°) = angolo di attrito interno residuo - cr (Kg/cm²) = coesione residua

cu (Kg/cm²) = sforzo a rottura prova ELL k (m/sec) = coefficiente di permeabilità

Cc = indice di compressibilità cv(i) = coefficiente di consolidazione -

In base alla classificazione che fa riferimento ai limiti di Atterberg, i due campioni prelevati a m 13,5 nel sondaggio **TIN6** ed a m 11,3 nel sondaggio **TIN10**, con $W_L > 50\%$ rientrano nel gruppo CH che contraddistingue le “argille inorganiche ad alta plasticità”.

Tutti e 8 gli altri campioni con $W_L < 50\%$ appartengono al gruppo CL, quello delle “argille inorganiche di media plasticità”.

La coesione non drenata C_u , ottenuta dalle prove EEL sui campioni dei terreni in posto nei 5 sondaggi è risultata compresa fra $0,75 \div 2,97 \text{ Kg/cm}^2$.

Per i 2 campioni prelevati con i sondaggi **TIN 6-7** dai terreni dell'argine si è avuto $C_u = 0,55$ e $1,96 \text{ Kg/cm}^2$, pari al 73% e 66 % dei valori ottenuti dai sedimenti non rimaneggiati.

Nei campioni dei sondaggi **TIN8** e **TIN 9** i moduli di compressibilità ad espansione laterale impedita (M_{ed}), sono risultati variabili fra un minimo di 70 ad un massimo di 170 Kg/cm^2 , valori questi più severi di quelli ottenuti con le 10 prove di carico su piastra estese ad una vasta area ed eseguite sui sedimenti della formazione del Torrente Oreno, gli stessi che in buona parte saranno interessati dai nuovi bacini di stoccaggio.

Dalla medesima Tav 4.2.A.2 risulta come i moduli di deformazione sono sempre stati superiori a 300 Kg/cm^2 , con una media di 400 Kg/cm^2 .

Si ritiene comunque che per i più elevati carichi trasmessi dall'ammasso dei rifiuti variabili da 3 a 5 Kg/cm^2 si potranno avere cedimenti stimati da centimetrici a decimetri.

Tali valori sono ritenuti compatibili con la resistenza alla trazione della guaina in HDPE da 1,5 mm (tensione max allo snervamento = 800%) e comunque scarsamente significativi ai fini della stabilità dell'ammasso dei rifiuti che sarà soggetto ad assestamenti metrici per cedimenti immediati, di pseudo consolidazione di consolidazione secondaria e di subsidenza, come di seguito precisato.

Gli indici di compressibilità C_c ottenuti dalle stesse edometrie, variabili fra un minimo di 0,137 ed un massimo di 0,219, consentono di classificare i 10 campioni esaminati come materiali argillosi “solidi”

Dalle stesse prove edometriche si sono ricavati coefficienti $K = 10^{-8} - 10^{-9}$ cm/sec che caratterizzano materiali a bassissima permeabilità.

-6) Caratterizzazione dei rifiuti

La classificazione in senso geotecnico richiede procedure alquanto complesse e non sempre attendibili nei risultati stante la loro estrema eterogeneità, ed i non trascurabili condizionamenti derivanti dal grado di compattazione, dal contenuto d'acqua, dal peso dell'unità di volume, e dalla percentuale di sostanze organiche putrescibili (W.F. Van Impe – N. Squeglia)

6-1 Contenuto d'acqua

Dalle ricerche effettuate in vari Paesi, è risultato che nelle discariche attive il contenuto d'acqua (**W**) varia tra il 15-30% in superficie fino al 40%-130% in profondità, e ciò in funzione della composizione dei rifiuti stessi e soprattutto delle condizioni meteorologiche locali.

La tendenza all'aumento di **W** con la profondità in genere non rappresenta più situazioni reali quando in fase d'esercizio si eseguono ricoprimenti intermedi dell'ammasso di rifiuti con strati di terreno impermeabili.

Nel caso in esame comunque è stata prevista una fitta rete di pozzi per la raccolta del percolato, estesa sull'intera superficie della discarica.

6-2 Peso dell'unità di volume

Il peso dell'unità di volume (**y**) aumenta sempre con la profondità nell'ammasso dei rifiuti, in conseguenza della compattazione artificiale e dell'applicazione dei sovacarichi rappresentati dagli strati di copertura intermedi.

In base ad esperienze acquisite e a dati di letteratura y resta compreso fra 0,7-1,4 Ton/mc.

Nei calcoli del fattore di sicurezza F_s , si è ritenuto cautelativo un valore di y pari a 1,2 Ton/mc.

6-3 Compressibilità

Anche per questo parametro si hanno dati di letteratuta risultanti da valutazioni e stime, mentre scarsi sono i dati ottenuti con prove in situ ed in laboratorio.

Nelle analisi si seguono in genere modelli concepiti per i terreni, tenendo però in considerazione certe caratteristiche tipiche delle “terre armate” che sono ragionevolmente attribuibili ai materiali immessi nella discarica di cui trattasi.

Ciò in considerazione del fatto che questi sono composti da frazioni per le quali l'azione delle macchine compattatrici detemina un certo mutuo incastro favorito da fogli e strisce di plastica e da altri elementi a forma piatta e/o allungata.

Vari autori(Sowers,1973-Huitric,1981-Gilbert & Murphy,1987- Van Impe & Bouazza, 1996) hanno così schematizzato i fenomeni relativi ai meccanismi che determinano i cedimenti all'interno dell'ammasso:

- compressione per distorsioni, inflessioni, rotture e riorientazioni delle particelle;
- cedimenti determinati dall'occupazione dei vuoti fra le particelle più grandi da parte di quelle più piccole;
- comportamento viscoso e fenomeni di consolidazione che coinvolgono sia lo scheletro solido che le singole particelle;
- decomposizione per biodegradazione del materiale organico;
- collasso dovuto a processi fisico-chimici come la corrosione, l'ossida-

zione e la degradazione dei componenti inorganici.

Huitric (1981) ha definito 3 modalità dei cedimenti per i rifiuti solidi urbani:

- 1) consolidazione, con variazione delle tensioni efficaci in conseguenza dell'espulsione di acqua dai materiali "freschi";
- 2) ritiro, in conseguenza della diminuzione di volume per decomposizione dei componenti organici, con produzione di CO₂ e CH₄;
- 3) compattazione, definita come riorientamento dei solidi in una configurazione più addensata, per effetto dei sovraccarichi e dei processi di decomposizione

Fra i vari ricercatori è maturato il convincimento che l'evoluzione dei cedimenti è equiparabile a quello che si verifica nei terreni torbosi nei quali si ha un iniziale cedimento molto rapido ed uno successivo accompagnato da pressioni neutre piccole o nulle.

Va tuttavia precisato che i cedimenti nei terreni sono in prevalenza di tipo meccanico, mentre nel caso dei rifiuti sono ancor più significativi i processi chimici di degradazione dei diversi componenti.

E' stato anche accertato che nelle discariche del tipo di quella di cui trattasi le sovrappressioni interstiziali sono facilmente dissipabili stante il discreto grado di permeabilità dei materiali, e pertanto la maggior parte dei cedimenti avvengono così rapidamente da essere praticamente contemporanei alle operazioni di esercizio.

Ciò anche grazie all'efficace compattazione che fra l'altro elimina la possibilità di consistenti cedimenti differenziali in seguito a improvvisi collassi di contenitori, e materiali simili.

Dati attendibili sull'andamento dei cedimenti nel tempo, continueranno ad essere acquisiti attraverso i risultati del monitoraggio in corso, con misurazioni topografiche.

In conclusione, i cedimenti possono essere a grandi linee suddivisi in :

- 1) cedimenti immediati che avvengono in archi di tempo di alcuni giorni;
- 2) cedimenti di pseudoconsolidazione, in tempi di settimane e mesi;
- 3) cedimenti di consolidazione secondaria, nei primi anni, dovuti essenzialmente a processi di biodegradazione;
- 4) subsidenza a lungo termine, nei decenni successivi alla chiusura della discarica.

6-4 Resistenza al taglio

Come per le terre, nei rifiuti la resistenza al taglio viene determinata con l'angolo di attrito (ϕ) e la coesione (c).

Secondo i risultati acquisiti con prove di compressione triassiale su campioni di grandi dimensioni per avere garantita una certa rappresentatività del campione stesso, è stato verificato (Sanchez-Alciturri et al.-1993) che i materiali delle discariche per rifiuti solidi urbani, sono in grado di sopportare grandi deformazioni senza raggiungere la rottura.

In effetti, dai dati di letteratura viene confermato che le relazioni tensione-deformazioni non mostrano alcun picco, e si hanno comportamenti simili a quelli delle terre armate.

Come già detto infatti, la presenza di materiali plastici, tessuti, legno, ed altre sostanze fibrose di differenti lunghezze, contribuisce a "rinforzare" l'ammasso.

Per i rifiuti “freschi” si ritengono cautelativamente idonei $\varphi = 30^\circ$ $c = 2$ ton/m².

Per i rifiuti “vecchi” l’angolo d’ attrito interno e la coesione possono essere considerati pari a 35° e 3 ton/m².

-7) Verifiche di stabilità

Le verifiche relative alla stabilità del versante collinare sono state fatte per ogni successivo ampliamento della discarica i cui lavori di scavo e sbancamento procedevano da valle verso monte fino a raggiungere le aree limitrofe alla linea di crinale, quelle stesse interessate dall’attuale intervento. Sui favorevoli risultati acquisiti si è riferito con specifiche relazioni del marzo '97 e marzo 2002.

Altra verifica globale, di cui si è riferito con relazione datata novembre 2005, è stata fatta per il progetto del riassetto morfologico e ottimizzazione gestionale dell’intero impianto.

Le attuali veriche hanno riguardato i nuovi fronti di scavo, e gli stessi gravati dall’ammasso dei rifiuti.

Anche in questo caso, visti i risultati dell’indagine, del tutto confrontabili con quelli precedentemente acquisiti, per le scarpate sono stati previsti gli angoli di inclinazione di 33° , con interposte aree sub-pianeggianti leggermente inclinate verso monte.

Per i calcoli sono stati utilizzati i seguenti parametri geomeccanici, scelti con criteri prudenziali:

peso di volume	$Y = 1,9-2,0$ ton/m ³
angolo di attrito interno	$\varphi = 22^\circ$
coesione	$c = 2,2$ ton/m ²
peso dei rifiuti	$P = 1,2$ ton/m ³

Il più elevato peso di volume è stato inserito nei calcoli delle stabilità globali, in conseguenza delle maggiori profondità che si raggiungono con i cerchi di potenziale rottura.

I fattori di sicurezza F_s sono stati determinati con i metodi di Bishop, Jambu, Bell, utilizzando il programma C.C.D.-Computer of Declivity Rel.2003-Licenza n.4227.

Con successivi posizionamenti della maglia dei centri delle superfici di scivolamento, sono state attribuite le coordinate che hanno fornito i più severi valori di F_s .

Per ciascuna posizione sono stati esaminati n°100 superfici potenziali di rottura.

Tenuto conto che il territorio comunale rientra nella zona 3 delle aree classificate sismiche, sono stati introdotti i seguenti parametri:

coefficiente sismico orizzontale = 0,094

coefficiente sismico verticale = 0,047

Con le verifiche sono state esaminate le seguenti situazioni rappresentate in dattaglio nelle allegare tabelle

- | | |
|--|--------------|
| a) verifica delle scarpate di valle:cerchio critico n°99 | $F_s = 2,26$ |
| b) verifica delle scarpate di monte: cerchio critico n°4 | $F_s = 1,32$ |
| c) verifica globale: cerchio critico n°100 | $F_s = 1,79$ |
| d) verifica globale con i carichi dei rifiuti: cerchio critico | $F_s = 2,21$ |

I risultati hanno dato conferma del fatto che nella situazione di cui trattasi il rapporto fra le forze stabilizzanti e quelle spingenti si mantiene costantemente superiore al 30% , come richiesto dalle vigente normativa.

In particolare quanto riportato al punto d) attesta il positivo l'effetto sulla stabilità dei fronti di scavo, esercitato dall'ammasso dei rifiuti che saranno accumulati procedendo da valle verso monte.

Si ha ragione pertanto di ritenere che l'assetto morfologico proposto, simile a quelli precedentemente realizzati, non creerà particolari problemi relativi alla sicurezza.

-8) Notazioni finali

L'area oggetto d'indagine confina con il crinale del rilievo collinare dove nel tempo, a partire dalla sua base sono stati realizzati i diversi moduli della discarica..

Nella fascia di valle il nuovo ammasso di rifiuti costituirà il proseguimento di quello che attualmente viene stoccato nella discarica in esercizio.

Gli scavi e sbancamenti inizieranno a partire dai terreni più alti in quota, avendo così il vantaggio di ridurre i pesi delle masse a monte, con particolare riferimento a quelle costituenti il sismostrato areato con più scadenti caratteristiche geomeccaniche.

Al termine dei lavori il tratto di versante completamente rimodellato assumerà la forma geometrica per la quale le verifiche fatte danno fattori di sicurezza favorevoli alla stabilità delle singole scarpate e di quella globale.

Nelle fasi di realizzazione delle barriere geologiche, che prevedono stendimenti di materiali limo-argillosi con utilizzo di mezzi cingolati e ripetute compattazioni mediante rulli compressori si renderanno più omogenei i piani di fondo dei bacini di stoccaggio, riducendo la possibilità di significativi cedimenti di tipo differenziale.

La morfologia del nuovo sito consentirà di allontanare le acque di origine meteorica con apposite canalette facilmente collegabili a quelle esistenti.

Gli assestamenti dei rifiuti continueranno ad essere misurati mediante rilevamenti topografici come pure si protrarrà nel tempo la campagna di monitoraggio inclinometrico.

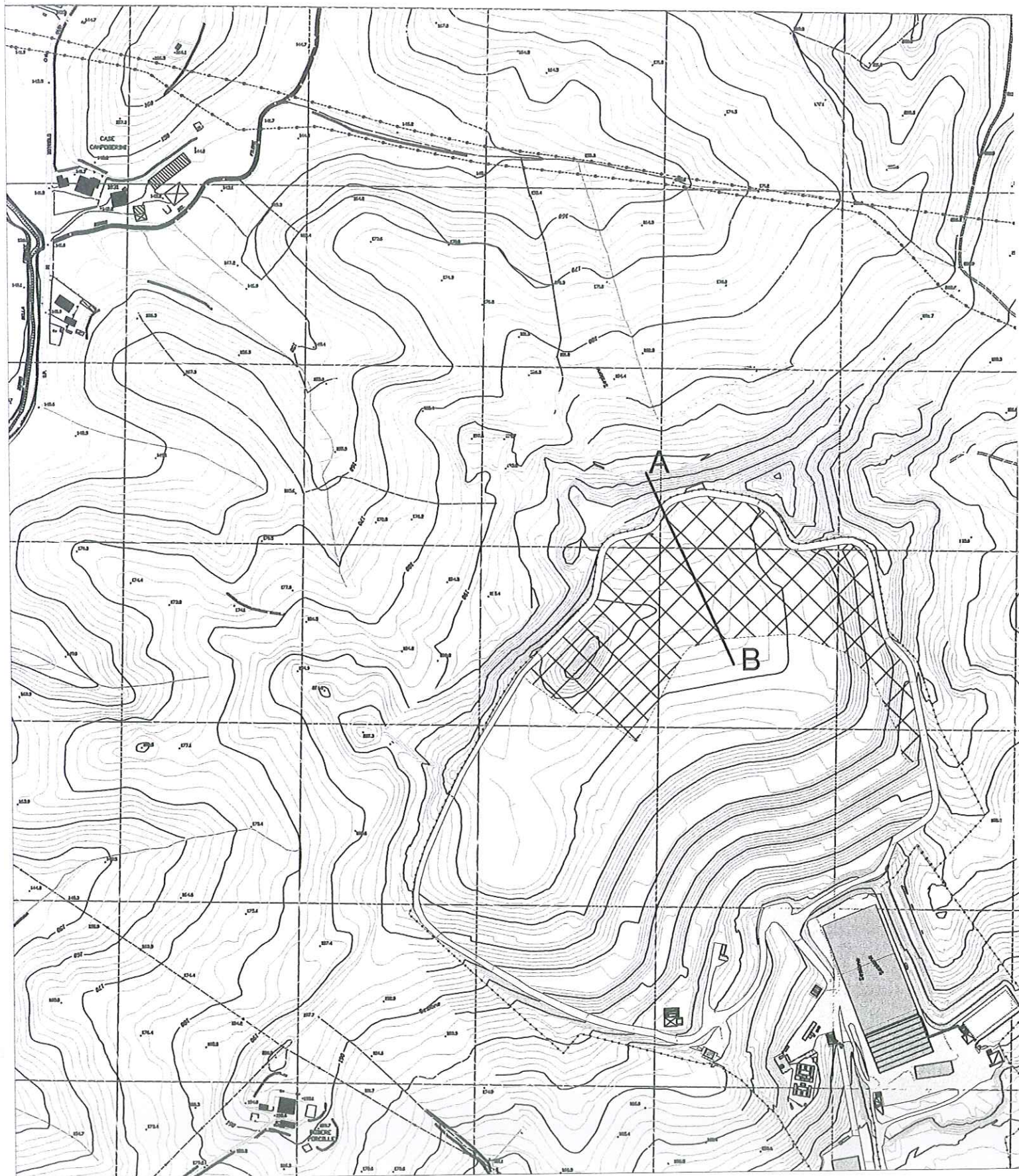
Il campionamento di acqua nei piezometri e nei pozzi di valle già fatti realizzare nel contesto di piano di sorveglianza e controllo consentirà verifiche sull'efficienza delle barriere geologiche

Arezzo, giugno 2007

(Dott. Geol. Giorgio Francini)



Verifiche di stabilita'

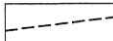


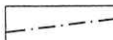
1:5.000



discarica in ampliamento

Legenda:

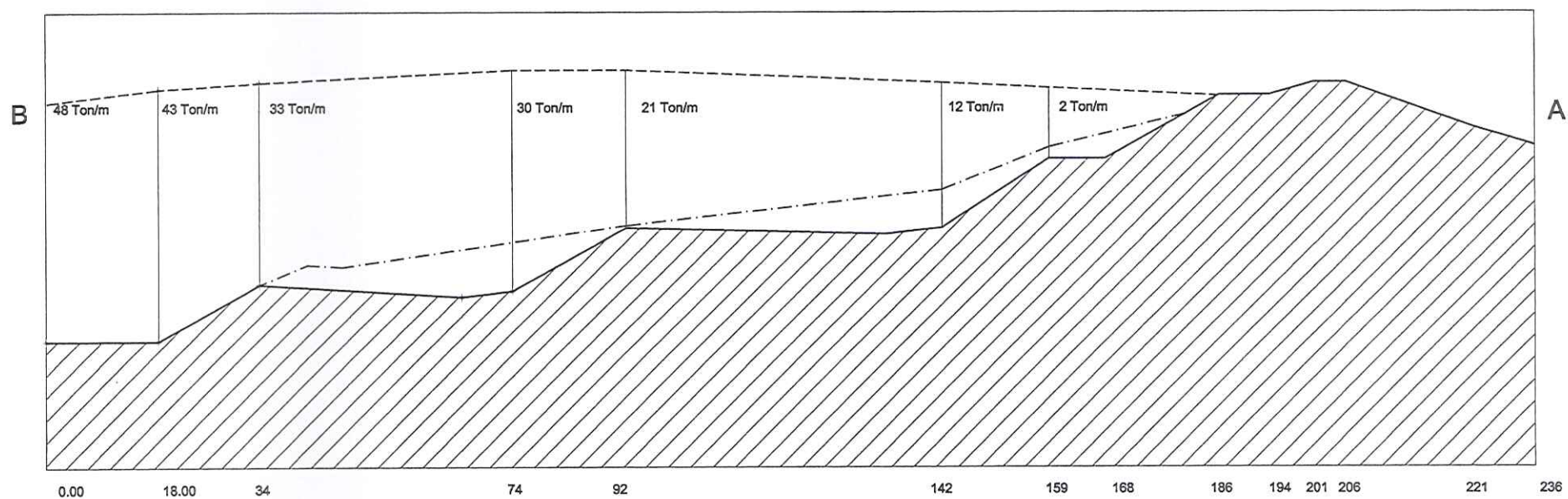
 profilo della colmatazione

 profilo attuale

 profilo di scavo

* Ton/m = peso rifiuti

Scala 1:1000



RELAZIONE DI CALCOLO

PREMESSA

La presente relazione e' relativa alla verifica di pendii naturali, di scarpate per scavi e di opere in terra.

L'impostazione del calcolo e le verifiche di sicurezza sono eseguite nel rispetto delle seguenti normative:

- L. 2 Febbraio 1974 n.64: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- D.M. Min. LL.PP. 16 Gennaio 1996: "Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche"
- D.M. 11 Marzo 1988: "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilita' 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".
- Circolare Min. 24 Settembre 1988 n. 30483 L. 02/02/74 n. 64 - art. 1 D.M. 11/03/1988: "Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilita' 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".

VERIFICHE DI STABILITA'

I fenomeni franosi possono essere ricondotti alla formazione di una superficie di rottura lungo la quale le forze, che tendono a provocare lo scivolamento del pendio, non risultano equilibrate dalla resistenza a taglio del terreno lungo tale superficie.

La verifica di stabilita' del pendio si riconduce alla determinazione di un coefficiente di sicurezza, relativo ad una ipotetica superficie di rottura, pari al rapporto tra la resistenza al taglio disponibile e la resistenza al taglio mobilitata.

Suddiviso il pendio in un determinato numero di conci di uguale ampiezza, per ogni concio si possono individuare:

- a) il peso ;
- b) la risultante delle forze esterne agenti sulla superficie;
- c) le forze inerziali orizzontali e verticali;
- d) le reazioni normali e tangenziali mutue tra i conci;
- e) le reazioni normali e tangenziali alla base dei conci;

f) le pressioni idrostatiche alla base.

Sotto l'ipotesi che la base di ciascun concio sia piana e che lungo la superficie di scorrimento valga il criterio della rottura alla Mohr-Coulomb, che correla tra loro le reazioni tangenziali e normali alla base, le incognite, per la determinazione dello equilibrio di ogni concio, risultano essere le reazioni laterali, i loro punti di applicazione, e la reazione normale alla base.

Per la determinazione di tutte le incognite, le equazioni di equilibrio risultano insufficienti, per cui il problema della stabilita' dei pendii e', in via rigorosa, staticamente indeterminato.

La risoluzione del problema va perseguita introducendo ulteriori condizioni sugli sforzi agenti sui conci.

Tali ulteriori ipotesi differenziano sostanzialmente i diversi metodi di calcolo.

I casi in cui non e' possibile stabilire un coefficiente di sicurezza per il pendio vengono segnalati attraverso le seguenti stringhe:

SCARTATA : coefficiente di sicurezza minore di 0,1;
NON CONV. : convergenza del metodo di calcolo non ottenuta;
ELEM.RIG. : intersezione della superficie di scivolamento con un corpo rigido.

METODO DI BELL

L'ipotesi alla base del metodo consiste nell'imporre una specifica distribuzione delle tensioni normali lungo la superficie di scivolamento.

Definite le quantita':

$$f = \sin \left(2 \text{ pg} \cdot \frac{x_b - x_i}{x_b - x_a} \right)$$

pg = costante pi greca

xb = ascissa punto di monte del pendio

xa = ascissa punto di valle del pendio

xi = ascissa parete di monte del pendio

Kx, Ky = coeff. sismici orizzontale e verticale

xc_i = ascissa punto medio alla base del concio i

zc_i = ordinata punto medio alla base del concio i

xg_i, yg_i = ascissa e ordinata baricentro concio i

xm_i, ym_i = ascissa e ordinata punto applicazione
risultante forze esterne

Il coefficiente di sicurezza F scaturisce come parametro contenuto nei coefficienti del sistema di equazioni:

$$\begin{array}{ccccc}
 a11 & a12 & a13 & C1 & a14 \\
 a21 & a22 & a23 & C2 & = & a24 \\
 a31 & a32 & a33 & C3 & & a34
 \end{array}$$

dove:

$$a11 = (1-Kx) \cdot (\sum_i W_i \cos^2(a_i) \tan(f_i) - F \sum_i W_i \sin(a_i) \cos(a_i))$$

$$a12 = \sum_i f b \tan(f_i) - F \sum_i f b \tan(a_i)$$

$$a13 = \sum_i c_i b$$

$$a14 = \sum_i u_i b \tan(f_i) + F (Kx \sum_i W_i - Q_i)$$

$$a21 = (1-Ky) \cdot (\sum_i W_i \sin(a_i) \cos(a_i) \tan(f_i) + F \sum_i W_i \cos^2(a_i))$$

$$a22 = \sum_i f b \tan(a_i) \tan(f_i) + F \sum_i f b$$

$$a23 = \sum_i c_i b \tan(a_i)$$

$$a24 = \sum_i u_i b \tan(a_i) \tan(f_i) + F [(1-Ky) \sum_i W_i + P_i]$$

$$\begin{aligned}
 a31 = & (1-Ky) \cdot \sum_i (W_i \cos^2(a_i) \tan(f_i)) \cdot z_{ci} - \\
 & - \sum_i (W_i \sin(a_i) \cos(a_i) \tan(f_i)) \cdot x_{ci} - \\
 & - F \cdot [\sum_i (W_i \cos^2(a_i)) \cdot x_{ci} + \sum_i (W_i \sin(a_i) \cos(a_i)) \cdot z_{ci}]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a32 = & \sum_i (f b \tan(f_i)) \cdot z_{ci} - \sum_i (f b \tan(a_i) \tan(f_i)) \cdot x_{ci} - \\
 & - F \cdot [\sum_i (f b \tan(a_i)) \cdot z_{ci} + \sum_i f b x_{ci}]
 \end{aligned}$$

$$a33 = \sum_i (c_i b) \cdot z_{ci} - \sum_i (c_i b \tan(a_i)) \cdot x_{ci}$$

$$\begin{aligned}
 a34 = & \sum_i (u_i b \tan(f_i)) \cdot z_{ci} - \sum_i (u_i b \tan(a_i) \tan(f_i)) \cdot x_{ci} + \\
 & + F Kx \sum_i W_i y_{gi} - (1-Ky) \sum_i W_i x_{gi} - Q_i \cdot y_{mi} - P_i \cdot x_{mi}
 \end{aligned}$$

METODO DI BISHOP

Le ipotesi alla base dell'espressione di Bishop del coefficiente di sicurezza sono date da:

- superficie di scivolamento circolare;
- uguaglianza delle reazioni normali alle facce laterali dei conci.

$$(1) \quad F = \frac{\sum_{i=1,N} [c_i b + (W_i(1-K_v) - u_i b) \tan(f_i)] \frac{\sec a_i}{1 + \tan(f_i) \cdot \tan(a_i)/F}}{\sum_{i=1,N} W_i [(1-K_v) \sin(a_i) + K_h d_{hi} / R]}$$

dove:

N = numero di conci in cui e' suddiviso il pendio

ci = coesione alla base del concio i
b = larghezza del concio
Wi = peso del concio
ui = pressione interstiziale alla base
fi = angolo di attrito del terreno alla base del concio
ai = inclinazione della base del concio
Kv = coefficiente sismico verticale
Kh = coefficiente sismico orizzontale
R = raggio del cerchio di scivolamento
dhi = distanza verticale del profilo superiore del
concio dal centro della superficie di scivolamento

Tale espressione del coefficiente di sicurezza F risulta in forma implicita, pertanto viene risolta per via ITERATIVA.

METODO DI JAMBU

L'ipotesi alla base del metodo e' la conoscenza della posizione della linea di spinta, pertanto risultano noti i bracci delle reazioni laterali ai concii.

$$(2) \quad F = \sum_{i=1,N} A_i / \sum_{i=1,N} B_i$$

posto:

$$(3) \quad A_i = [c_i + (dW/b + dX/b - u_i) \cdot \tan(f_i)] \cdot b / n_i$$

$$(4) \quad n_i = \frac{1 + \tan(a_i) \tan(f_i) / F}{1 + \tan^2(a_i)}$$

$$(5) \quad B_i = Q_i + K_h \cdot W_i + (dW + dX) \cdot \tan(a_i)$$

dove, oltre alle quantita' gia' definite per il metodo di Bishop, si definiscono le ulteriori grandezze:

$$dW = W_i + P_i$$

Pi = forze verticali esterne agenti sul concio i

Qi = forze orizzontali sulla superficie esterna

dX = differenza tra le forze tangenziali sulle superfici opposte del concio, che scaturiscono dallo equilibrio alla rotazione delle forze statiche e delle forze sismiche.

Il coefficiente di sicurezza F viene determinato in via iterativa ponendo al primo tentativo $dX = 0$ e $n_i = 1$.

TEORIA: Bell / Bishop / Jambu -

DATI GENERALI STABILITA' PENDIO

SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA

Numero conci : Numero di conci in cui e' suddiviso il pendio

Coefficiente sismico orizzontale : Moltiplicatore del peso per la valutazione dell'inerzia sismica orizzontale

Coefficiente sismico verticale : Moltiplicatore del peso per la valutazione dell'inerzia sismica verticale

Rapporto H_s/H_m : Rapporto tra altezza della spinta e altezza del concio, nel metodo di Jambu

Ascissa punto passaggio cerchio (m) : Ascissa del punto di passaggio imposto per tutti i cerchi di scorrimento

Ordinata punto passaggio cerchio (m) : Ordinata del punto di passaggio imposto per tutti i cerchi di scorrimento

Ascissa polo (m) : Ascissa del primo punto centro del cerchio di scorrimento

Ordinata polo (m) : Ordinata del primo punto centro del cerchio di scorrimento

Numero righe maglia : Numero di punti lungo una linea verticale, centri di superfici di scorrimento

Numero colonne maglia: Numero di punti lungo una linea orizzontale, centri di superfici di scorrimento

Passo direzione 'X' (m) : Distanza in orizzontale tra i centri delle superficie di scorrimento circolari

Passo direzione 'Y' (m) : Distanza in verticale tra i centri delle superficie di scorrimento circolari

SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA

La simbologia usata in tabella va interpretata secondo le descrizioni dei campi riportate di seguito:

Str. N.ro	: Numero dello strato
Descrizione strato	: Descrizione sintetica dello strato
Coesione	: Coesione
Ang. attr.	: Angolo di attrito interno del terreno dello strato in esame
Densita'	: Peso specifico del terreno secco
D. Saturo	: Peso specifico del terreno saturo
Vert. N.ro	: Numero del vertice della poligonale che definisce lo strato
Ascissa / Ordinata	: Coordinate dei vertici dello strato

Stabilità scarpate a valle

DATI GENERALI STABILITA' PENDIO

D A T I G E N E R A L I D I V E R I F I C A	
Numero conci : 40 Numero elementi rigidi: 0 Tipo Superficie di rottura : CIRCOLARE PASSANTE PER UN PUNTO Coefficiente sismico orizzontale : 0,094 Coefficiente sismico verticale : 0,047 Rapporto Hs/Hm : 0,40	
COORDINATE PUNTO DI PASSAGGIO CERCHI DI ROTTURA	
Ascissa punto passaggio cerchio (m) : 28,000 Ordinata punto passaggio cerchio (m) : 20,000	
PARAMETRI MAGLIA DEI CENTRI PER SUPERFICI DI ROTTURA CIRCOLARI	
Ascissa Polo (m) : 50,000 Ordinata Polo (m) : 88,000 Numero righe maglia: 10 Numero colonne maglia : 10 Passo direzione 'X' (m) : 3,00 Passo direzione 'Y' (m) : 3,00 Rotazione maglia (Grd) : 25	
Peso specifico dell' acqua (t/mc) : 1,000	

DATI GEOTECNICI E STRATIGRAFIA

Str. N.ro	Descrizione Strato	Coesione t/mq	Ang.att Grd	Densita' t/mc	D.Saturo t/mc	Vert N.ro	Ascissa (m)	Ordinata (m)
	Profilo del pendio					1	10,00	20,00
						2	28,00	20,00
						3	44,00	29,00
						4	75,00	27,00
						5	83,00	28,00
						6	100,00	37,00
						7	142,00	36,80
						8	150,00	38,00
						9	169,00	49,00
						10	177,00	49,00
						11	195,00	59,00
						12	203,00	59,00
						13	209,00	61,00
						14	214,00	61,00
						15	234,00	54,00
						16	245,00	51,00
1	argille	2,200	22,00	1,900	1,900			

COEFFICIENTI DI SICUREZZA DEL PENDIO

N.ro Cerchio critico : 99											
Cerchi N.ro	Xc (m)	Yc (m)	Rc (m)	Bishop	Jambu	Bell	MP - Fx = C	MP - Fx=sin	MP-Fx=sin/2	Sarma	Spencer
1	50,0	88,0	71,5	2,9783	3,0567	2,9174					
2	52,7	89,3	73,5	2,6396	2,7143	2,5883					
3	55,4	90,5	75,7	2,4755	2,5569	2,429					
4	58,2	91,8	77,9	2,3996	2,4939	2,3551					
5	60,9	93,1	80,1	2,37	2,4816	2,3261					
6	63,6	94,3	82,4	2,3707	2,5037	2,3262					
7	66,3	95,6	84,8	2,3943	2,554	2,3484					
8	69,0	96,9	87,1	2,4294	2,6202	2,3816					
9	71,8	98,1	89,6	2,4766	2,7042	2,4263					
10	74,5	99,4	92,0	2,5331	2,804	2,4799					
11	77,2	100,7	94,5	2,6072	2,9196	2,5438					
12	79,9	102,0	97,0	2,6959	3,0567	2,6338					
13	82,6	103,3	99,5	2,8002	3,2172	2,7536					

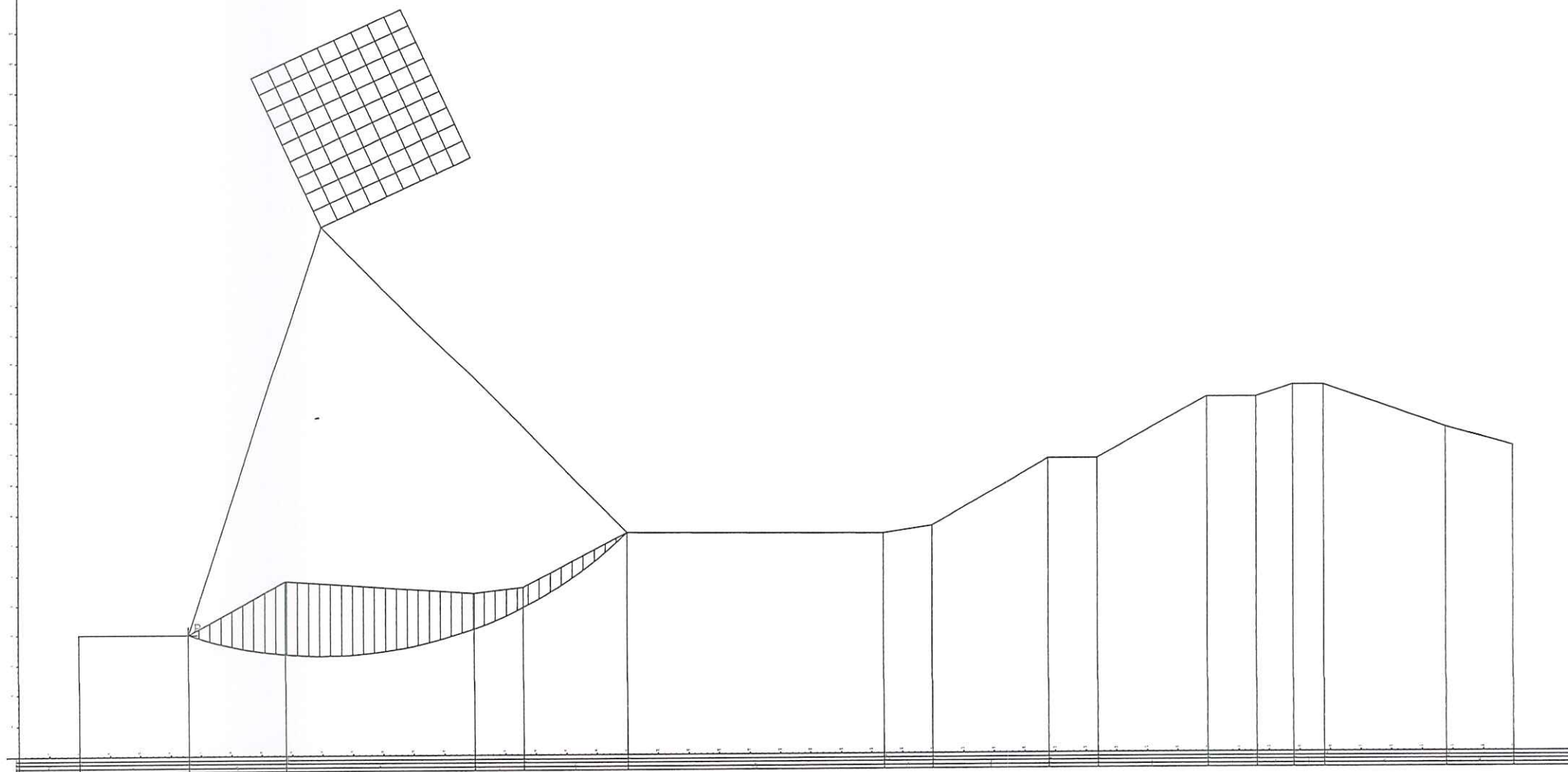
COEFFICIENTI DI SICUREZZA DEL PENDIO

N.ro Cerchio critico : 99											
Cerchi N.ro	Xc (m)	Yc (m)	Rc (m)	Bishop	Jambu	Bell	MP - Fx = C	MP - Fx=sin	MP-Fx=sin/2	Sarma	Spencer
14	56,9	94,5	79,9	2,4034	2,4869	2,3595					
15	59,6	95,8	82,1	2,3605	2,4587	2,3176					
16	62,3	97,1	84,4	2,354	2,4749	2,3108					
17	65,0	98,3	86,6	2,3698	2,5097	2,3256					
18	67,8	99,6	89,0	2,4001	2,5675	2,3542					
19	70,5	100,9	91,3	2,4421	2,6417	2,394					
20	73,2	102,1	93,7	2,4937	2,7312	2,4429					
21	75,9	103,4	96,0	2,51696	2,8352	2,51037					
22	78,6	104,7	98,3	2,5766	2,9301	2,57124					
23	81,3	106,0	100,6	2,6291	3,0251	2,62824					
24	84,0	107,2	102,9	2,68135	3,1201	2,68599					
25	86,7	108,5	105,2	2,73358	3,2151	2,73866					
26	89,4	109,8	107,5	2,78581	3,3101	2,79133					
27	92,1	111,1	109,8	2,83804	3,4051	2,84400					
28	94,8	112,4	112,1	2,89027	3,5001	2,89667					
29	97,5	113,7	114,4	2,94250	3,5951	2,94934					
30	100,2	115,0	116,7	2,99473	3,6901	2,10201					
31	102,9	116,3	119,0	3,04696	3,7851	2,10468					
32	105,6	117,6	121,3	3,09919	3,8801	2,10735					
33	108,3	118,9	123,6	3,15142	3,9751	2,11002					
34	111,0	120,2	125,9	3,20365	4,0701	2,11269					
35	113,7	121,5	128,2	3,25588	4,1651	2,11536					
36	116,4	122,8	130,5	3,30811	4,2601	2,11803					
37	119,1	124,1	132,8	3,36034	4,3551	2,12070					
38	121,8	125,4	135,1	3,41257	4,4501	2,12337					
39	124,5	126,7	137,4	3,46480	4,5451	2,12604					
40	127,2	128,0	139,7	3,51703	4,6401	2,12871					
41	129,9	129,3	142,0	3,56926	4,7351	2,13138					
42	132,6	130,6	144,3	3,62149	4,8301	2,13405					
43	135,3	131,9	146,6	3,67372	4,9251	2,13672					
44	138,0	133,2	148,9	3,72595	5,0201	2,13939					
45	140,7	134,5	151,2	3,77818	5,1151	2,14206					
46	143,4	135,8	153,5	3,83041	5,2101	2,14473					
47	146,1	137,1	155,8	3,88264	5,3051	2,14740					
48	148,8	138,4	158,1	3,93487	5,4001	2,15007					
49	151,5	139,7	160,4	3,98710	5,4951	2,15274					
50	154,2	141,0	162,7	4,03933	5,5901	2,15541					
51	156,9	142,3	165,0	4,09156	5,6851	2,15808					
52	159,6	143,6	167,3	4,14379	5,7801	2,16075					
53	162,3	144,9	169,6	4,19602	5,8751	2,16342					
54	165,0	146,2	171,9	4,24825	5,9701	2,16609					
55	167,7	147,5	174,2	4,30048	6,0651	2,16876					
56	170,4	148,8	176,5	4,35271	6,1601	2,17143					
57	173,1	150,1	178,8	4,40494	6,2551	2,17410					
58	175,8	151,4	181,1	4,45717	6,3501	2,17677					
59	178,5	152,7	183,4	4,50940	6,4451	2,17944					
60	181,2	154,0	185,7	4,56163	6,5401	2,18211					
61	183,9	155,3	188,0	4,61386	6,6351	2,18478					
62	186,6	156,6	190,3	4,66609	6,7301	2,18745					
63	189,3	157,9	192,6	4,71832	6,8251	2,19012					
64	192,0	159,2	194,9	4,77055	6,9201	2,19279					
65	194,7	160,5	197,2	4,82278	7,0151	2,19546					
66	197,4	161,8	199,5	4,87501	7,1101	2,19813					
67	200,1	163,1	201,8	4,92724	7,2051	2,20080					
68	202,8	164,4	204,1	4,97947	7,3001	2,20347					
69	205,5	165,7	206,4	5,03170	7,3951	2,20614					
70	208,2	167,0	208,7	5,08393	7,4901	2,20881					
71	210,9	168,3	211,0	5,13616	7,5851	2,21148					
72	213,6	169,6	213,3	5,18839	7,6801	2,21415					
73	216,3	170,9	215,6	5,24062	7,7751	2,21682					
74	219,0	172,2	217,9	5,29285	7,8701	2,21949					
75	221,7	173,5	220,2	5,34508	7,9651	2,22216					
76	224,4	174,8	222,5	5,39731	8,0601	2,22483					
77	227,1	176,1	224,8	5,44954	8,1551	2,22750					
78	229,8	177,4	227,1	5,50177	8,2501	2,23017					
79	232,5	178,7	229,4	5,55400	8,3451	2,23284					
80	235,2	180,0	231,7	5,60623	8,4401	2,23551					
81	237,9	181,3	234,0	5,65846	8,5351	2,23818					
82	240,6	182,6	236,3	5,71069	8,6301	2,24085					
83	243,3	183,9	238,6	5,76292	8,7251	2,24352					
84	246,0	185,2	240,9	5,81515	8,8201	2,24619					
85	248,7	186,5	243,2	5,86738	8,9151	2,24886					
86	251,4	187,8	245,5	5,91961	9,0101	2,25153					
87	254,1	189,1	247,8	5,97184	9,1051	2,25420					
88	256,8	190,4	250,1	6,02407	9,2001	2,25687					
89	259,5	191,7	252,4	6,07630	9,2951	2,25954					
90	262,2	193,0	254,7	6,12853	9,3901	2,26221					
91	264,9	194,3	257,0	6,18076	9,4851	2,26488					
92	267,6	195,6	259,3	6,23299	9,5801	2,26755					
93	270,3	196,9	261,6	6,28522	9,6751	2,27022					
94	273,0	198,2	263,9	6,33745	9,7701	2,27289					
95	275,7	199,5	266,2	6,38968	9,8651	2,27556					
96	278,4	200,8	268,5	6,44191	9,9601	2,27823					
97	281,1	202,1	270,8	6,49414	10,0551	2,28090					
98	283,8	203,4	273,1	6,54637	10,1501	2,28357					
99	286,5	204,7	275,4	6,59860	10,2451	2,28624					
100	289,2	206,0	277,7	6,65083	10,3401	2,28891					

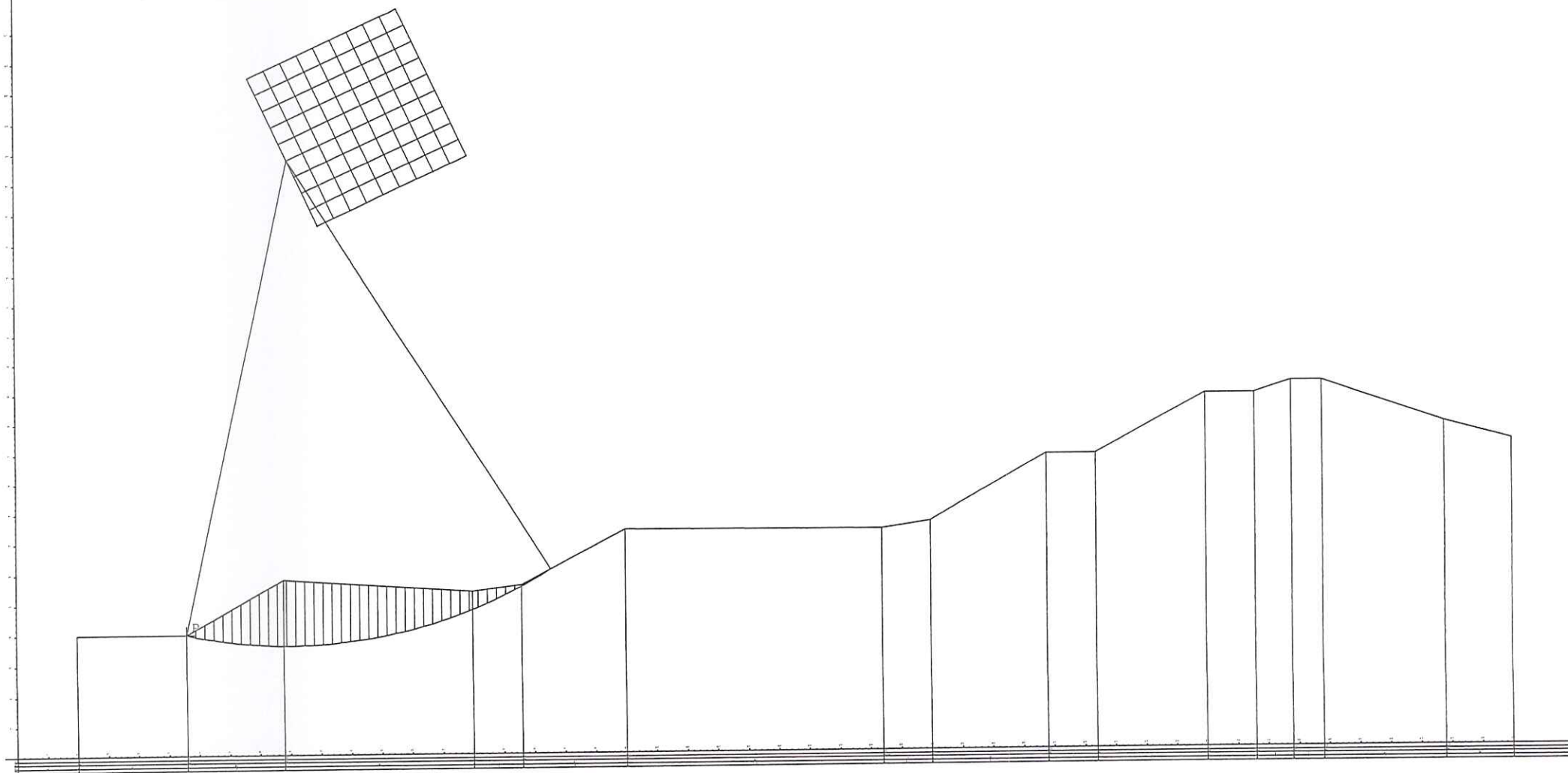
Superficie N.ro 1

Raggio = 71.47 m - $X_c = 50$ m - $Y_c = 88$ m

Bell=2.91 Bishop=2.97 Jambu=3.05



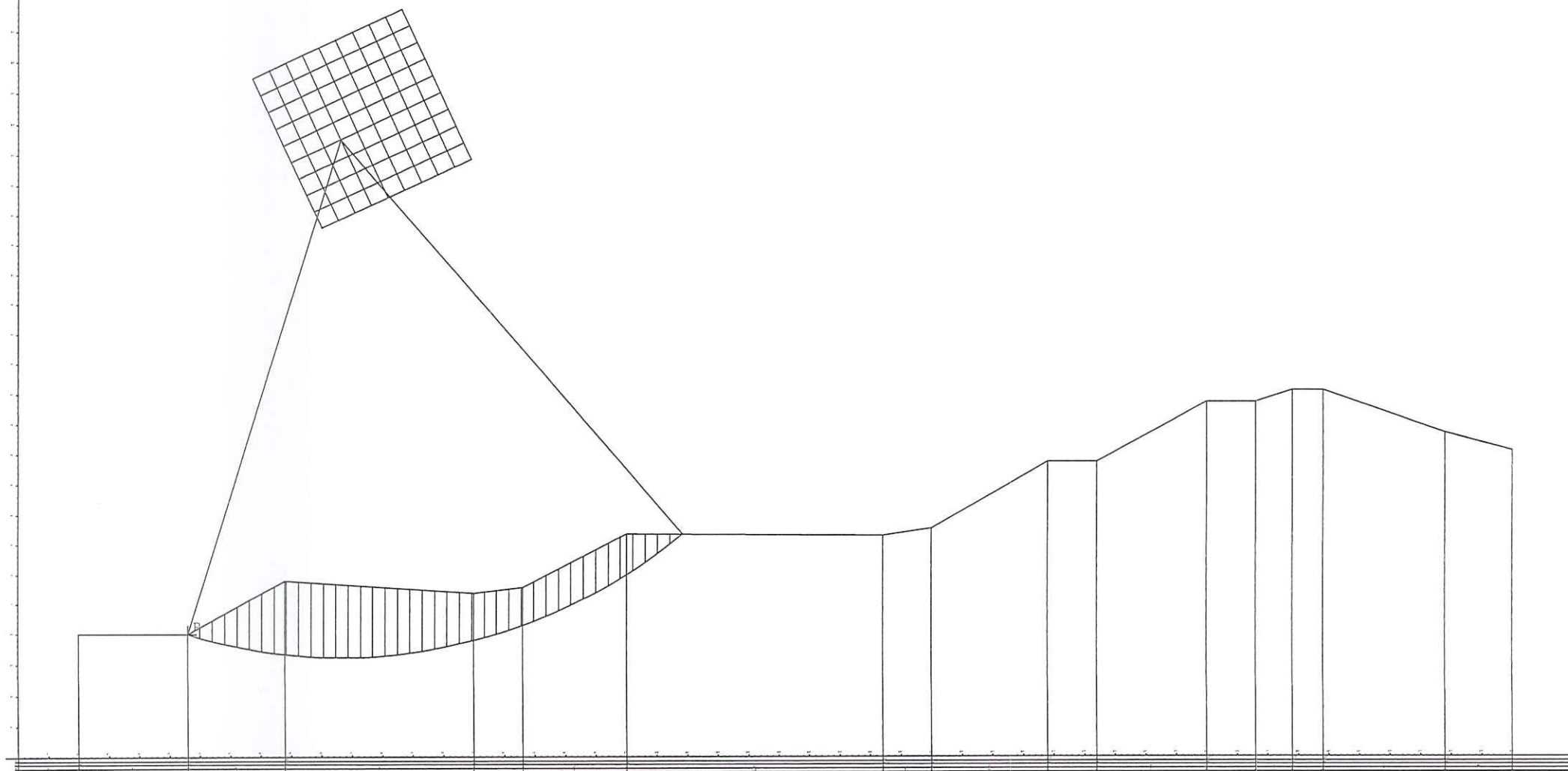
Superficie N.ro 41
Raggio = 80.67 m - $X_c = 44.92$ m - $Y_c = 98.87$ m
Bell=3.16 Bishop=3.22 Jambu=3.27



Superficie N.ro 44

Raggio = 86.4 m - $X_c = 53.08$ m - $Y_c = 102.67$ m

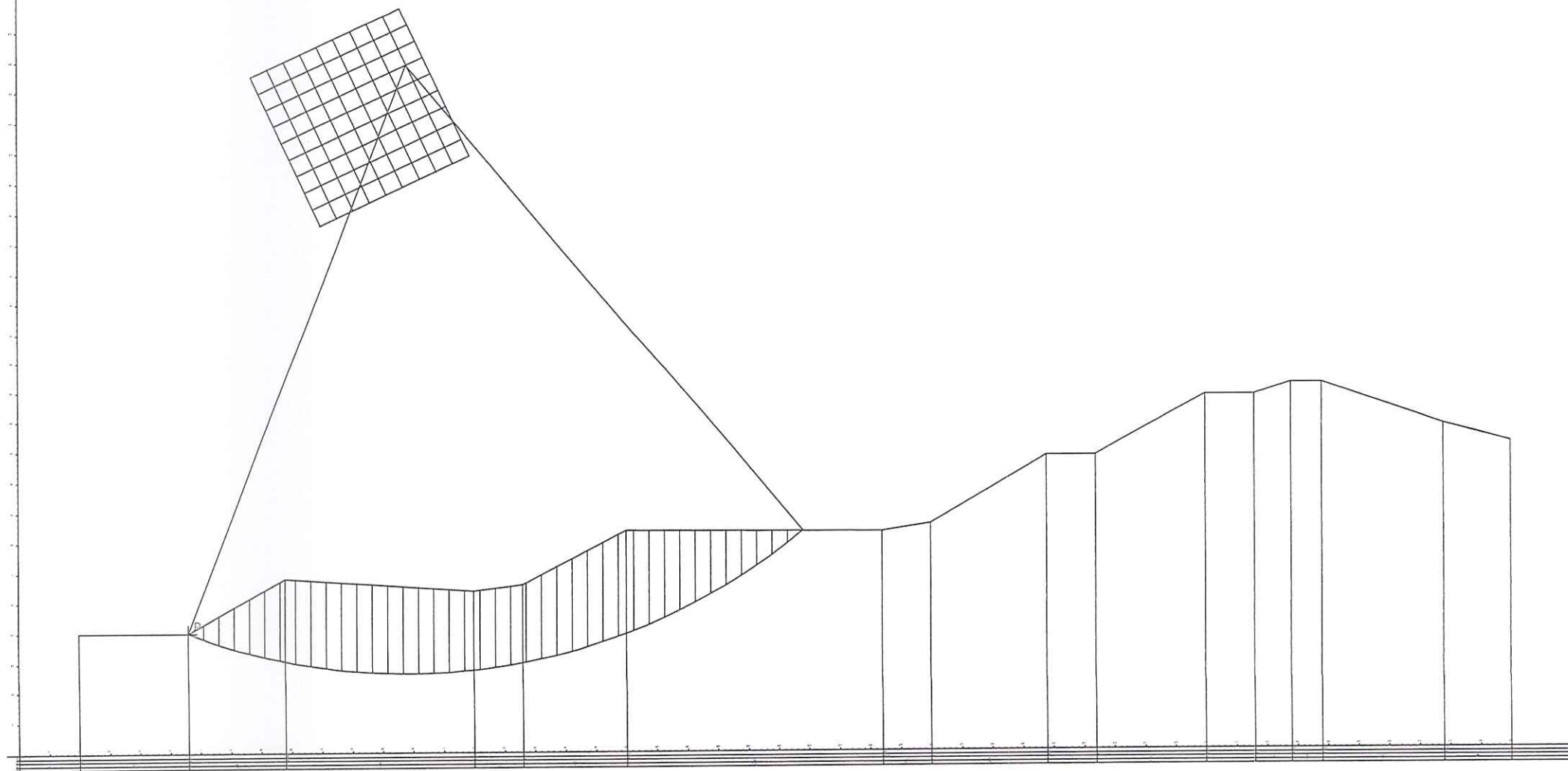
Bell=2.41 Bishop=2.45 Jambu=2.51



Superficie N.ro 69

Raggio = 101.13 m - $X_c = 64.14$ m - $Y_c = 114.45$ m

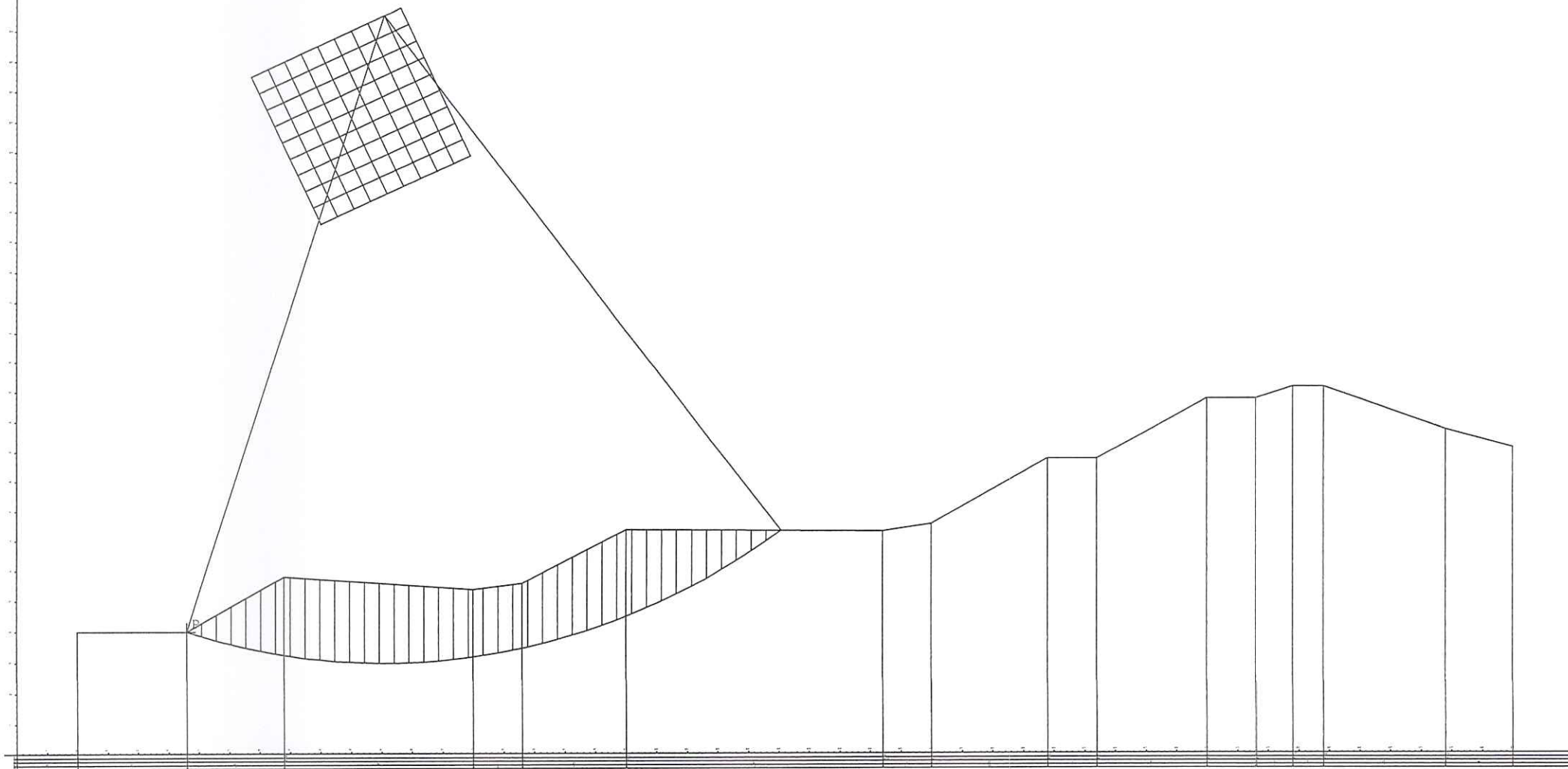
Bell=2.28 Bishop=2.32 Jambu=2.43



Superficie N.ro 99

Raggio = 107.58 m - $X_c = 60.34$ m - $Y_c = 122.61$ m

Bell=2.26 Bishop=2.3 Jambu=2.38



Stabilità scarpate a monte

DATI GENERALI STABILITA' PENDIO

DATI GENERALI DI VERIFICA	
Numero conci : 40 Numero elementi rigidi: 0 Tipo Superficie di rottura : CIRCOLARE PASSANTE PER UN PUNTO Coefficiente sismico orizzontale : 0,094 Coefficiente sismico verticale : 0,047 Rapporto Hs/Hm : 0,40	
COORDINATE PUNTO DI PASSAGGIO CERCHI DI ROTTURA	
Ascissa punto passaggio cerchio (m) : 150,000 Ordinata punto passaggio cerchio (m) : 38,000	
PARAMETRI MAGLIA DEI CENTRI PER SUPERFICI DI ROTTURA CIRCOLARI	
Ascissa Polo (m) : 150,000 Ordinata Polo (m) : 95,000 Numero righe maglia: 10 Numero colonne maglia : 10 Passo direzione 'X' (m) : 3,00 Passo direzione 'Y' (m) : 3,00 Rotazione maglia (Grd) : 25	
Peso specifico dell' acqua (t/mc) : 1,000	

DATI GEOTECNICI E STRATIGRAFIA

Str. N.ro	Descrizione Strato	Coesione t/mq	Ang.attr Grd	Densita' t/mc	D.Saturo t/mc	Vert N.ro	Ascissa (m)	Ordinata (m)
	Profilo del pendio					1	10,00	20,00
						2	28,00	20,00
						3	44,00	29,00
						4	75,00	27,00
						5	83,00	28,00
						6	100,00	37,00
						7	142,00	36,80
						8	150,00	38,00
						9	169,00	49,00
						10	177,00	49,00
						11	195,00	59,00
						12	203,00	59,00
						13	209,00	61,00
						14	214,00	61,00
						15	234,00	54,00
						16	245,00	51,00
1	argille	2,200	22,00	1,900	1,900			

COEFFICIENTI DI SICUREZZA DEL PENDIO

N.ro Cerchio critico : 4											
Cerchi N.ro	Xc (m)	Yc (m)	Rc (m)	Bishop	Jambu	Bell	MP - Fx = C	MP - Fx=sin	MP-Fx=sin/2	Sarma	Spencer
1	150,0	95,0	57,0	1,5118	1,5146	1,4983					
2	150,7	96,3	58,3	1,3855	1,3892	1,3719					
3	151,4	97,8	59,8	1,3348	1,3413	1,3215					
4	152,2	98,8	61,3	1,3322	1,3431	1,3189					
5	153,0	100,1	63,0	1,3383	1,3546	1,3245					
6	153,8	101,1	64,8	1,3552	1,3774	1,3407					
7	154,6	102,3	66,6	1,3382	1,4212	1,3766					
8	155,4	103,8	68,6	1,4514	1,49	1,4348					
9	156,2	105,1	70,6	1,5306	1,5815	1,5127					
10	157,0	106,4	72,7	1,5276	1,694	1,6075					
11	157,7	107,7	74,9	1,5326	1,5352	1,5191					
12	158,5	109,0	77,1	1,3975	1,4009	1,3841					
13	159,3	110,3	79,4	1,3998	1,3455	1,3266					

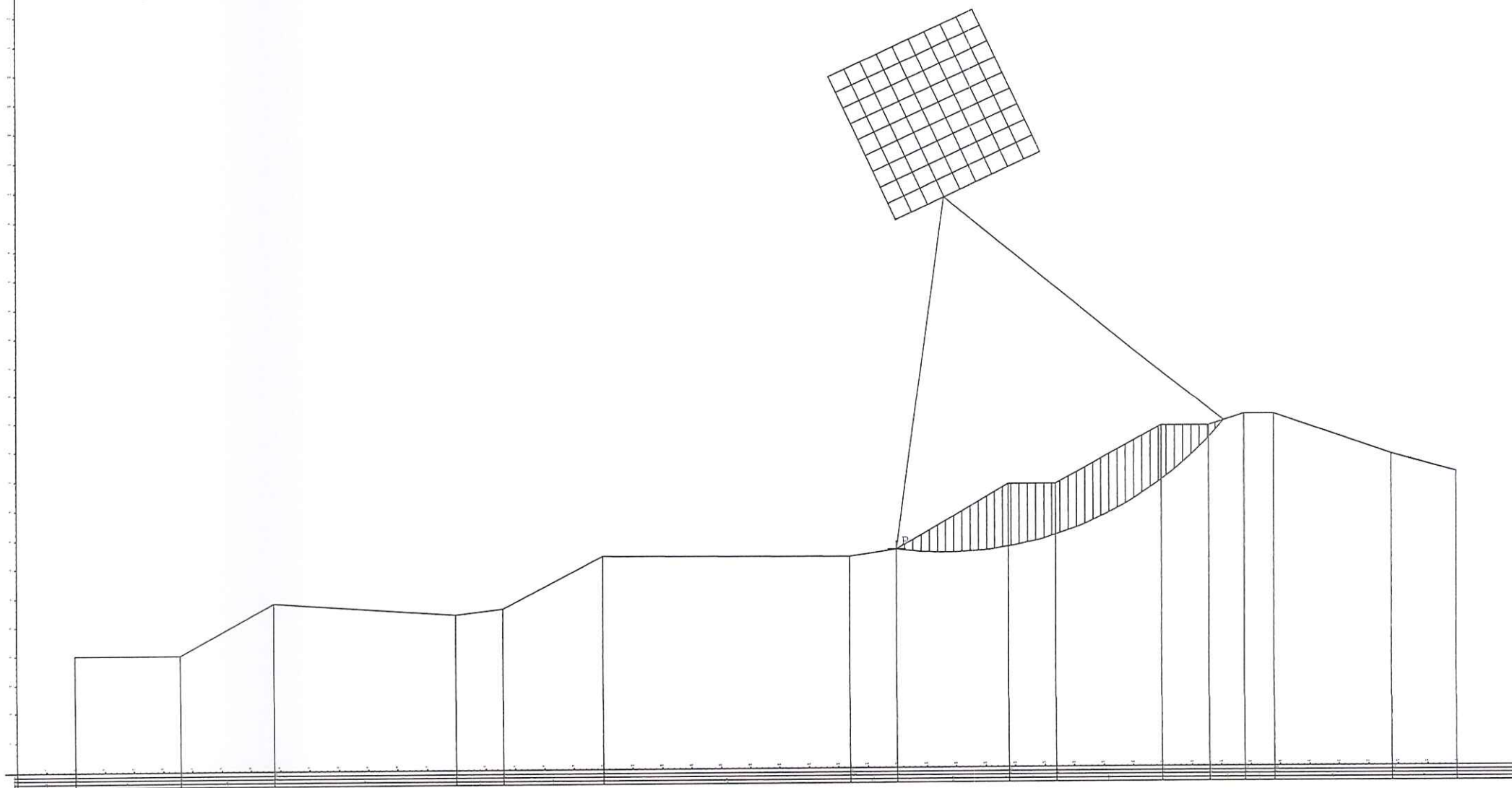
COEFFICIENTI DI SICUREZZA DEL PENDIO

N.ro Cerchio critico : 4				Bishop	Jambu	Bell	MP - Fx = C	MP - Fx=sin	MP-Fx=sin/2	Sarma	Spencer
Cerchi N.ro	Xc (m)	Yc (m)	Rc (m)								
14	156,9	101,5	63,9	1,3322	1,3418	1,3191					
15	159,6	102,8	65,5	1,3353	1,3498	1,3218					
16	162,3	104,1	67,2	1,3379	1,3576	1,3245					
17	165,0	105,3	69,0	1,3387	1,3645	1,3272					
18	167,8	106,6	70,9	1,3391	1,3711	1,3299					
19	170,5	107,9	72,8	1,3395	1,3776	1,3326					
20	173,2	109,1	74,8	1,3399	1,3841	1,3353					
21	175,9	110,4	76,7	1,3403	1,3906	1,3380					
22	178,6	111,7	78,6	1,3407	1,3971	1,3407					
23	181,3	113,0	80,5	1,3411	1,4036	1,3434					
24	184,0	114,3	82,4	1,3415	1,4101	1,3461					
25	186,7	115,6	84,3	1,3419	1,4166	1,3488					
26	189,4	116,9	86,2	1,3423	1,4231	1,3515					
27	192,1	118,2	88,1	1,3427	1,4296	1,3542					
28	194,8	119,5	90,0	1,3431	1,4361	1,3569					
29	197,5	120,8	91,9	1,3435	1,4426	1,3596					
30	200,2	122,1	93,8	1,3439	1,4491	1,3623					
31	202,9	123,4	95,7	1,3443	1,4556	1,3650					
32	205,6	124,7	97,6	1,3447	1,4621	1,3677					
33	208,3	126,0	99,5	1,3451	1,4686	1,3704					
34	211,0	127,3	101,4	1,3455	1,4751	1,3731					
35	213,7	128,6	103,3	1,3459	1,4816	1,3758					
36	216,4	129,9	105,2	1,3463	1,4881	1,3785					
37	219,1	131,2	107,1	1,3467	1,4946	1,3812					
38	221,8	132,5	109,0	1,3471	1,5011	1,3839					
39	224,5	133,8	110,9	1,3475	1,5076	1,3866					
40	227,2	135,1	112,8	1,3479	1,5141	1,3893					
41	229,9	136,4	114,7	1,3483	1,5206	1,3920					
42	232,6	137,7	116,6	1,3487	1,5271	1,3947					
43	235,3	139,0	118,5	1,3491	1,5336	1,3974					
44	238,0	140,3	120,4	1,3495	1,5401	1,4001					
45	240,7	141,6	122,3	1,3499	1,5466	1,4028					
46	243,4	142,9	124,2	1,3503	1,5531	1,4055					
47	246,1	144,2	126,1	1,3507	1,5596	1,4082					
48	248,8	145,5	128,0	1,3511	1,5661	1,4109					
49	251,5	146,8	129,9	1,3515	1,5726	1,4136					
50	254,2	148,1	131,8	1,3519	1,5791	1,4163					
51	256,9	149,4	133,7	1,3523	1,5856	1,4190					
52	259,6	150,7	135,6	1,3527	1,5921	1,4217					
53	262,3	152,0	137,5	1,3531	1,5986	1,4244					
54	265,0	153,3	139,4	1,3535	1,6051	1,4271					
55	267,7	154,6	141,3	1,3539	1,6116	1,4298					
56	270,4	155,9	143,2	1,3543	1,6181	1,4325					
57	273,1	157,2	145,1	1,3547	1,6246	1,4352					
58	275,8	158,5	147,0	1,3551	1,6311	1,4379					
59	278,5	159,8	148,9	1,3555	1,6376	1,4406					
60	281,2	161,1	150,8	1,3559	1,6441	1,4433					
61	283,9	162,4	152,7	1,3563	1,6506	1,4460					
62	286,6	163,7	154,6	1,3567	1,6571	1,4487					
63	289,3	165,0	156,5	1,3571	1,6636	1,4514					
64	292,0	166,3	158,4	1,3575	1,6701	1,4541					
65	294,7	167,6	160,3	1,3579	1,6766	1,4568					
66	297,4	168,9	162,2	1,3583	1,6831	1,4595					
67	300,1	170,2	164,1	1,3587	1,6896	1,4622					
68	302,8	171,5	166,0	1,3591	1,6961	1,4649					
69	305,5	172,8	167,9	1,3595	1,7026	1,4676					
70	308,2	174,1	169,8	1,3599	1,7091	1,4703					
71	310,9	175,4	171,7	1,3603	1,7156	1,4730					
72	313,6	176,7	173,6	1,3607	1,7221	1,4757					
73	316,3	178,0	175,5	1,3611	1,7286	1,4784					
74	319,0	179,3	177,4	1,3615	1,7351	1,4811					
75	321,7	180,6	179,3	1,3619	1,7416	1,4838					
76	324,4	181,9	181,2	1,3623	1,7481	1,4865					
77	327,1	183,2	183,1	1,3627	1,7546	1,4892					
78	329,8	184,5	185,0	1,3631	1,7611	1,4919					
79	332,5	185,8	186,9	1,3635	1,7676	1,4946					
80	335,2	187,1	188,8	1,3639	1,7741	1,4973					
81	337,9	188,4	190,7	1,3643	1,7806	1,4999					
82	340,6	189,7	192,6	1,3647	1,7871	1,5026					
83	343,3	191,0	194,5	1,3651	1,7936	1,5053					
84	346,0	192,3	196,4	1,3655	1,8001	1,5080					
85	348,7	193,6	198,3	1,3659	1,8066	1,5107					
86	351,4	194,9	200,2	1,3663	1,8131	1,5134					
87	354,1	196,2	202,1	1,3667	1,8196	1,5161					
88	356,8	197,5	204,0	1,3671	1,8261	1,5188					
89	359,5	198,8	205,9	1,3675	1,8326	1,5215					
90	362,2	200,1	207,8	1,3679	1,8391	1,5242					
91	364,9	201,4	209,7	1,3683	1,8456	1,5269					
92	367,6	202,7	211,6	1,3687	1,8521	1,5296					
93	370,3	204,0	213,5	1,3691	1,8586	1,5323					
94	373,0	205,3	215,4	1,3695	1,8651	1,5350					
95	375,7	206,6	217,3	1,3699	1,8716	1,5377					
96	378,4	207,9	219,2	1,3703	1,8781	1,5404					
97	381,1	209,2	221,1	1,3707	1,8846	1,5431					
98	383,8	210,5	223,0	1,3711	1,8911	1,5458					
99	386,5	211,8	224,9	1,3715	1,8976	1,5485					
100	389,2	213,1	226,8	1,3719	1,9041	1,5512					

Superficie N.ro 4

Raggio = 61.34 m - $X_c = 158.15$ m - $Y_c = 98.8$ m

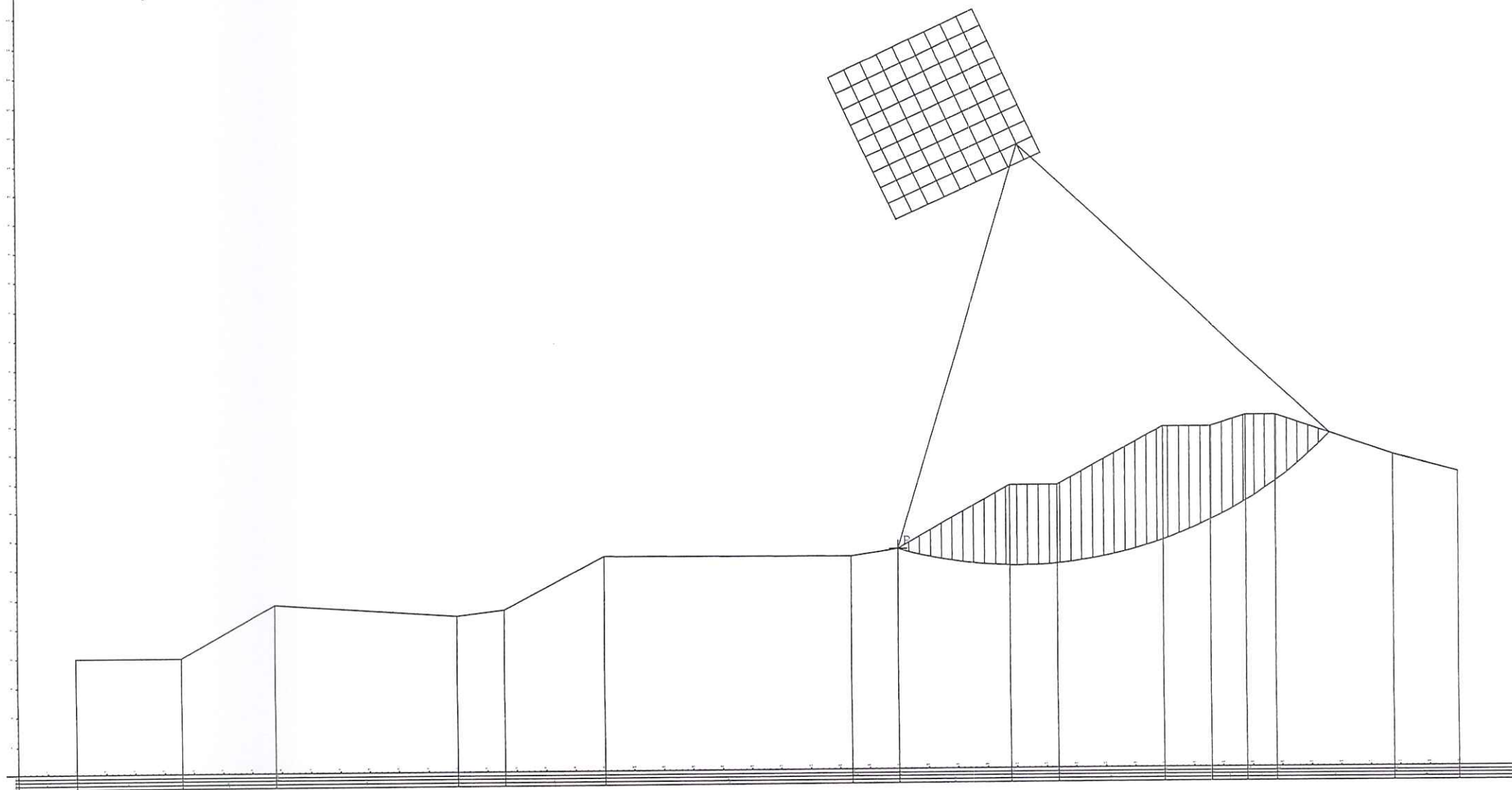
Bell=1.31 Bishop=1.33 Jambu=1.34



Superficie N.ro 19

Raggio = 72.8 m - $X_c = 170.48$ m - $Y_c = 107.86$ m

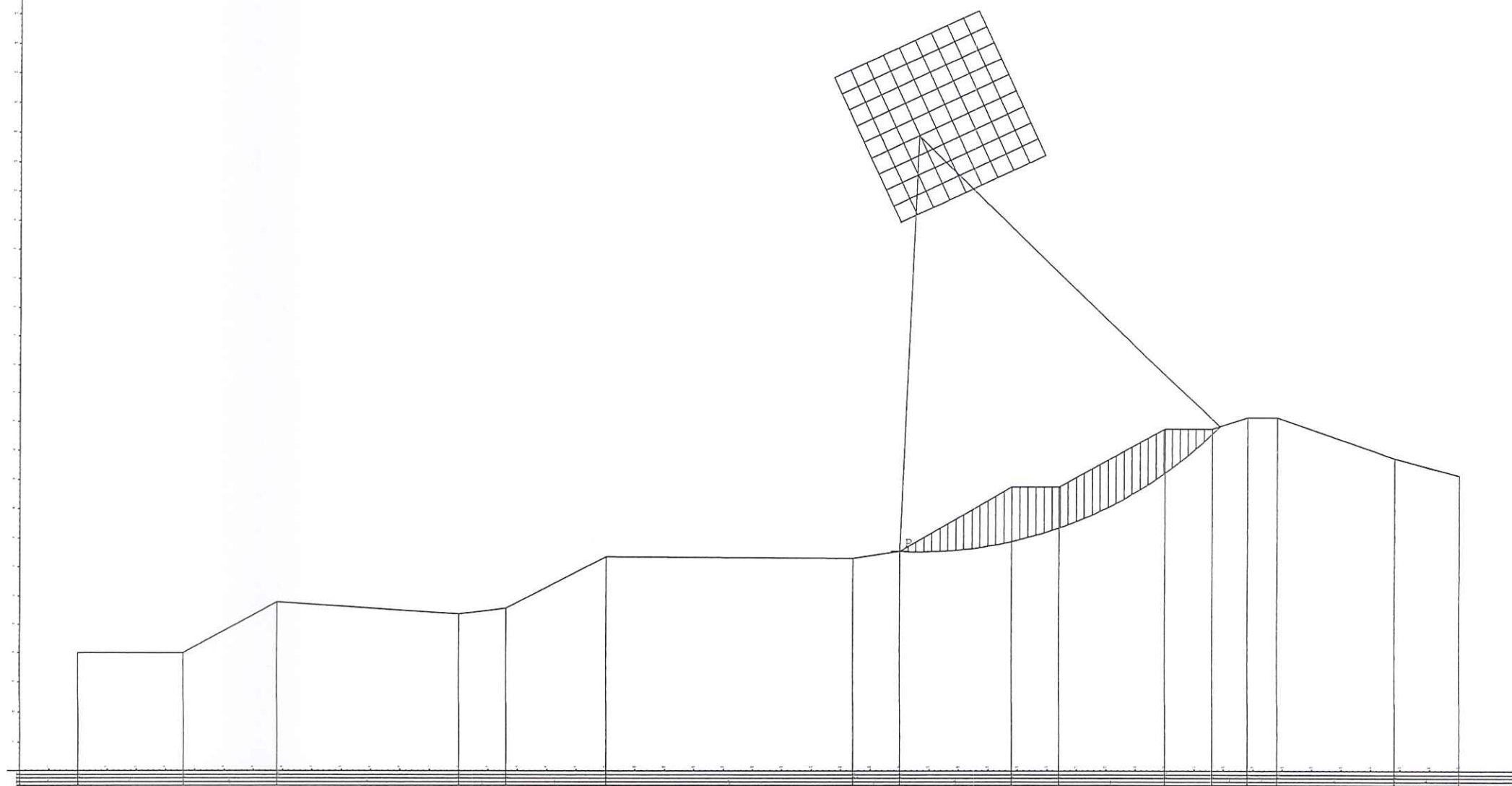
Bell=1.48 Bishop=1.5 Jambu=1.54



Superficie N.ro 44

Raggio = 71.75 m - $X_c = 153.08$ m - $Y_c = 109.67$ m

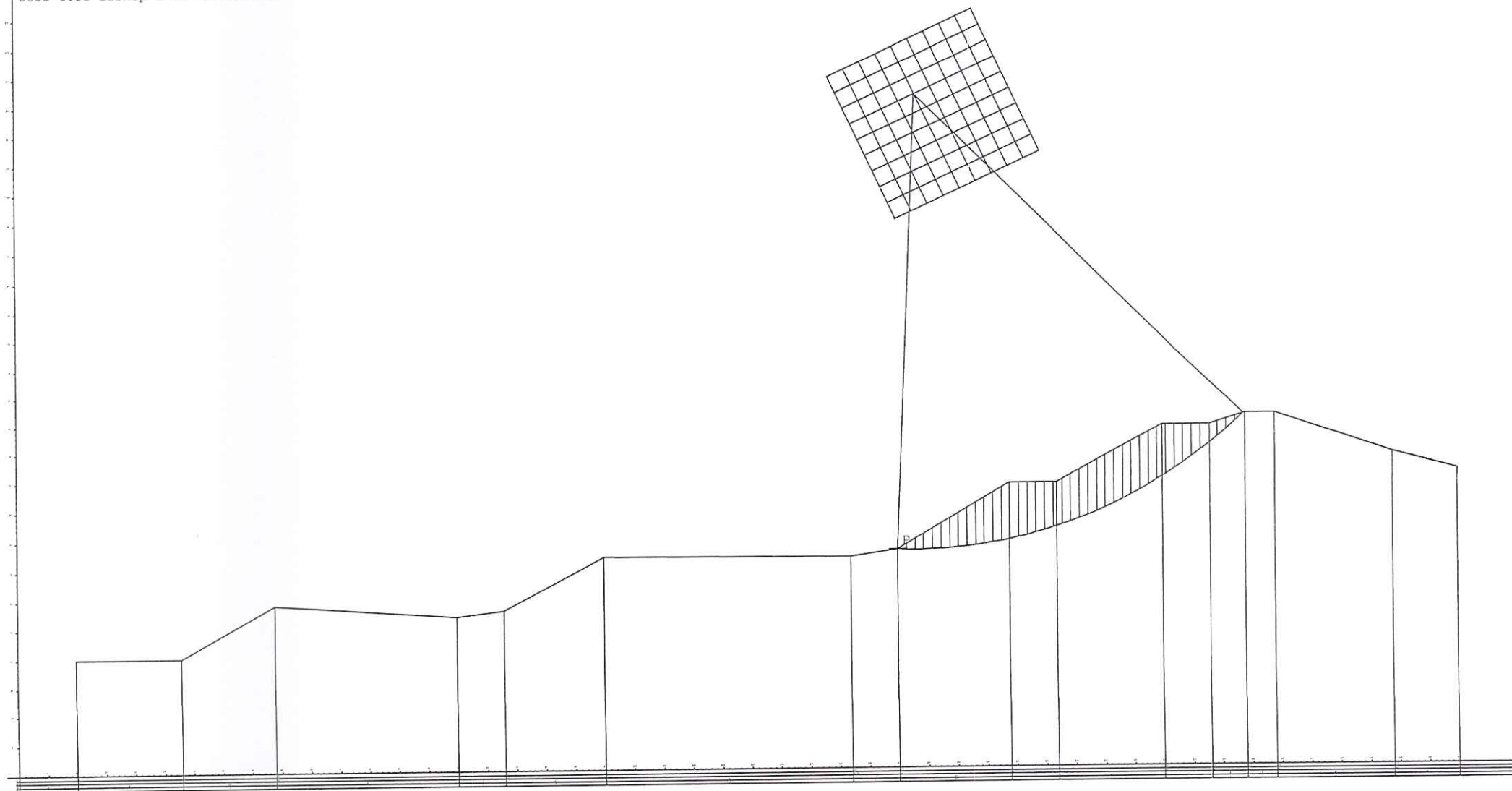
Bell=1.32 Bishop=1.34 Jambu=1.34



Superficie N.ro 65

Raggio = 78.45 m - $X_c = 153.26$ m - $Y_c = 116.38$ m

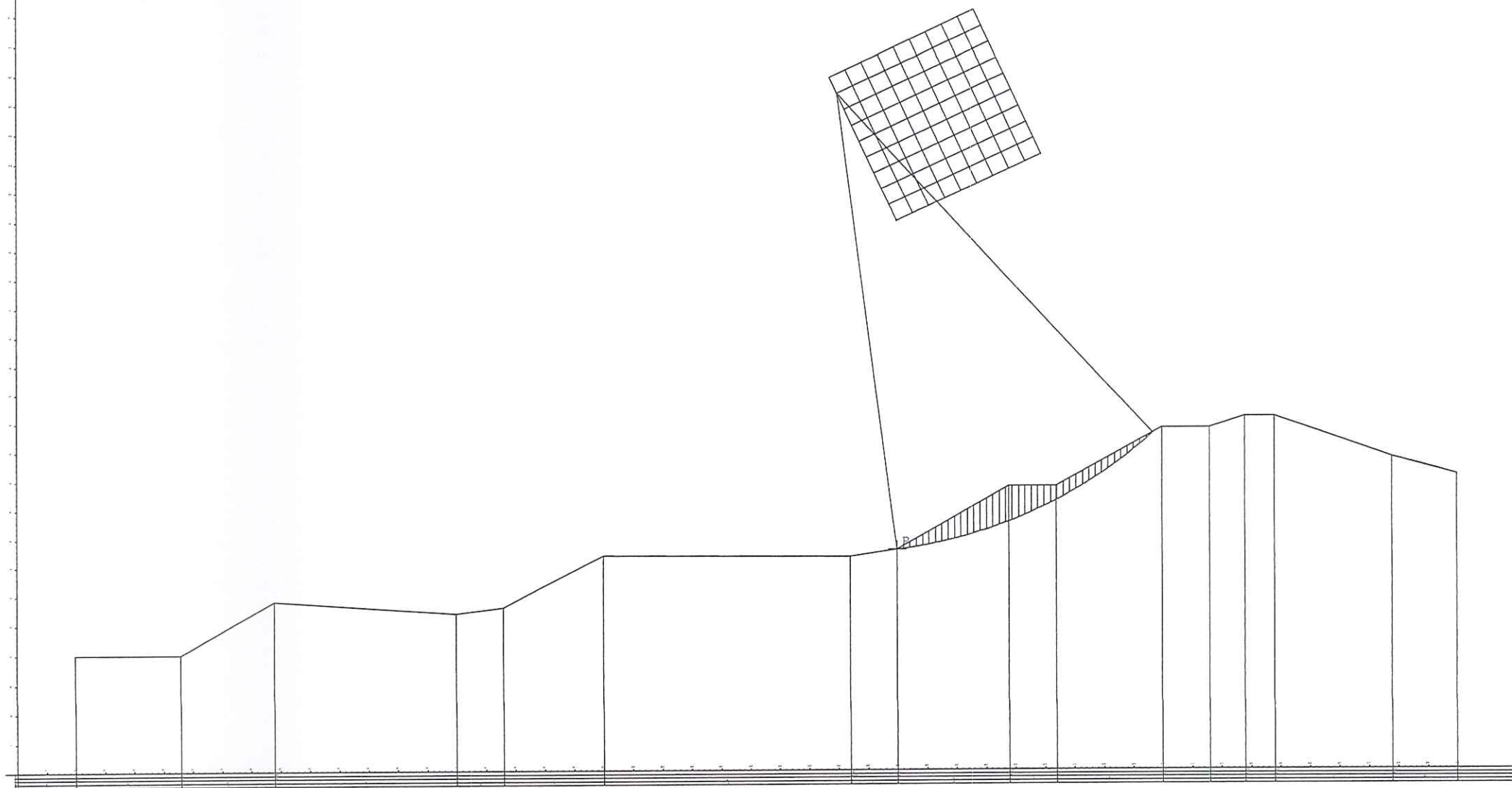
Bell=1.33 Bishop=1.34 Jambu=1.35



Superficie N.ro 81

Raggio = 79.4 m - $X_c = 139.85$ m - $Y_c = 116.75$ m

Bell=1.68 Bishop=1.7 Jambu=1.7



Stabilità globale fronti di scavo

DATI GENERALI STABILITA' PENDIO

DATI GENERALI DI VERIFICA	
Numero conci :	40
Numero elementi rigidi:	0
Tipo Superficie di rottura :	CIRCOLARE PASSANTE PER UN PUNTO
Coefficiente sismico orizzontale :	0,094
Coefficiente sismico verticale :	0,047
Rapporto Hs/Hm :	0,40
COORDINATE PUNTO DI PASSAGGIO CERCHI DI ROTTURA	
Ascissa punto passaggio cerchio (m) :	28,000
Ordinata punto passaggio cerchio (m) :	20,000
PARAMETRI MAGLIA DEI CENTRI PER SUPERFICI DI ROTTURA CIRCOLARI	
Ascissa Polo (m) :	72,000
Ordinata Polo (m) :	150,000
Numero righe maglia:	10
Numero colonne maglia :	10
Passo direzione 'X' (m) :	3,00
Passo direzione 'Y' (m) :	3,00
Rotazione maglia (Grd) :	15
Peso specifico dell' acqua (t/mc) :	1,000

DATI GEOTECNICI E STRATIGRAFIA

Str. N.ro	Descrizione Strato	Coesione t/mq	Ang.attr Grd	Densita' t/mc	D.Saturo t/mc	Vert N.ro	Ascissa (m)	Ordinata (m)
	Profilo del pendio					1	10,00	20,00
						2	28,00	20,00
						3	44,00	29,00
						4	75,00	27,00
						5	83,00	28,00
						6	100,00	37,00
						7	142,00	37,00
						8	151,00	38,00
						9	168,00	49,00
						10	177,00	49,00
						11	195,00	59,00
						12	203,00	59,00
						13	209,00	61,00
						14	214,00	61,00
						15	234,00	54,00
						16	245,00	51,00
1	argille	2,200	22,00	2,000	2,000			

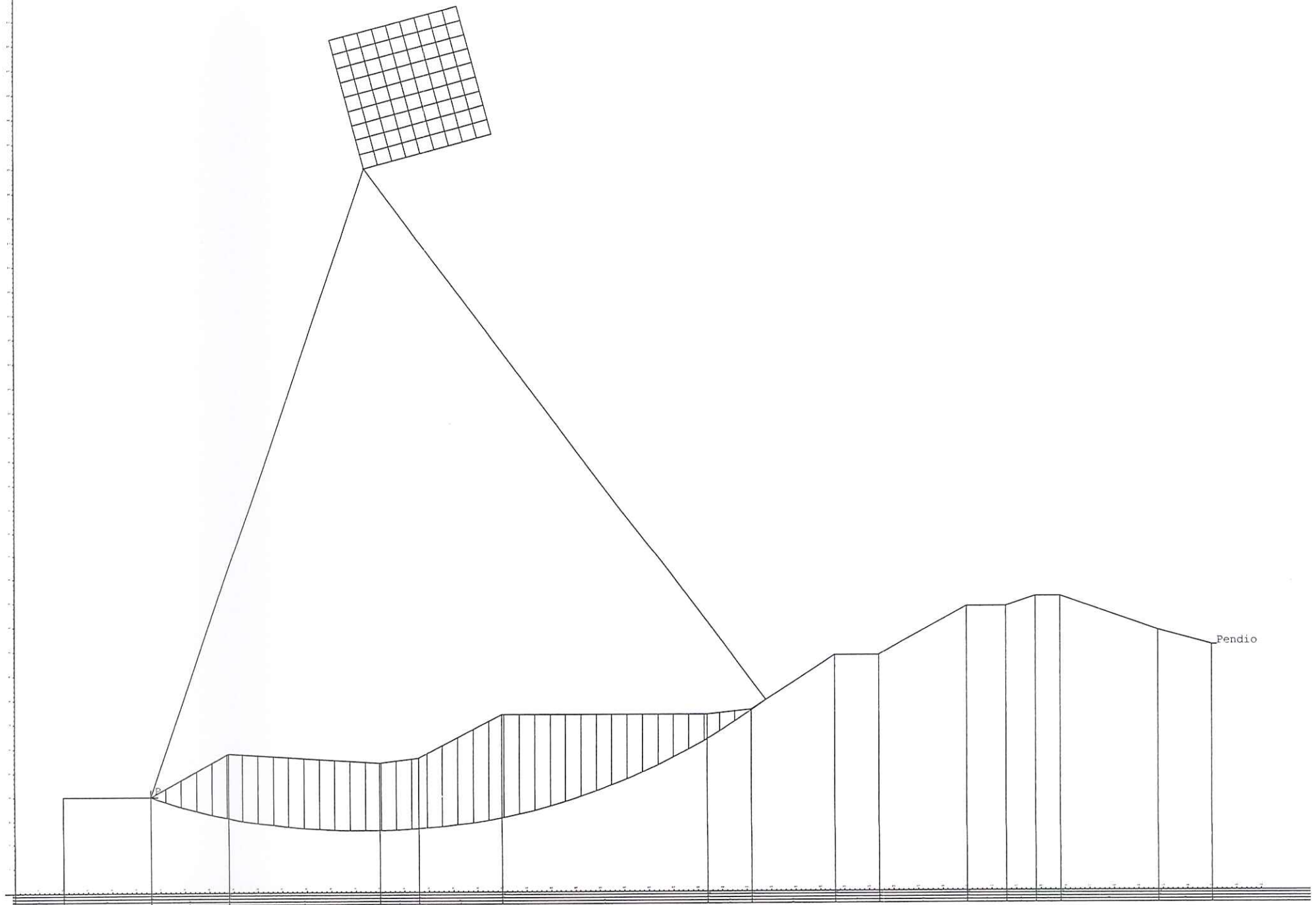
COEFFICIENTI DI SICUREZZA DEL PENDIO

N.ro Cerchio critico : 100											
Cerchi N.ro	Xc (m)	Yc (m)	Rc (m)	Bishop	Jambu	Bell	MP - Fx = C	MP - Fx=sin	MP-Fx=sin/2	Sarma	Spencer
1	72,0	150,0	137,2	2,4056	2,5468	2,3601					
2	74,9	150,8	138,9	2,3478	2,5135	2,3033					
3	77,8	151,6	140,7	2,254	2,4231	2,2117					
4	80,7	152,3	142,4	2,1935	2,3752	2,1527					
5	83,6	153,1	144,2	2,1226	2,3186	2,0833					
6	86,5	153,9	146,1	2,035	2,236	1,9974					
7	89,4	154,7	148,0	1,9732	2,1822	1,9369					
8	92,3	155,4	149,9	1,9322	2,1564	1,8968					
9	95,2	156,2	151,8	1,8889	2,1382	1,8641					
10	98,1	157,0	153,6	1,8477	2,1343	1,8434					
11	71,2	152,9	139,8	2,3898	2,518	2,345					
12	74,1	153,7	141,4	2,3546	2,5132	2,3102					
13	77,0	154,5	143,1	2,255	2,4159	2,213					

COEFFICIENTI DI SICUREZZA DEL PENDIO

N.ro Cerchio critico : 100											
Cerchi N.ro	Xc (m)	Yc (m)	Rc (m)	Bishop	Jambu	Bell	MP - Fx = C	MP - Fx=sin	MP-Fx=sin/2	Sarma	Spencer
14	79,9	155,2	144,9	2,1944	2,3668	2,1539					
15	82,8	156,0	146,6	2,1217	2,3079	2,0828					
16	85,7	156,8	148,5	2,033	2,2241	1,9958					
17	88,6	157,6	150,3	1,9688	2,1671	1,9331					
18	91,5	158,3	152,2	1,9265	2,1389	1,8917					
19	94,4	159,1	154,1	1,8917	2,1183	1,8575					
20	97,3	159,9	156,1	1,8691	2,112	1,8356					
21	70,4	155,8	142,3	2,3834	2,5041	2,339					
22	73,3	156,6	143,9	2,3625	2,5145	2,3182					
23	76,2	157,3	145,6	2,257	2,4102	2,2152					
24	79,1	158,1	147,3	2,1964	2,36	2,1561					
25	82,0	158,9	149,0	2,1224	2,2996	2,0838					
26	84,9	159,7	150,8	2,0318	2,2138	1,995					
27	87,8	160,5	152,7	1,9653	2,1537	1,9301					
28	90,7	161,2	154,5	1,9216	2,1231	1,8873					
29	93,6	162,0	156,4	1,8852	2,1001	1,8517					
30	96,5	162,8	158,4	1,8611	2,0911	1,8282					
31	69,7	158,7	144,8	2,3777	2,4914	2,3336					
32	72,6	159,5	146,4	2,3715	2,5174	2,3271					
33	75,5	160,2	148,1	2,2616	2,408	2,2199					
34	78,4	161,0	149,7	2,1982	2,3536	2,1581					
35	81,3	161,8	151,5	2,1248	2,2938	2,0864					
36	84,2	162,6	153,2	2,0315	2,2051	1,9952					
37	87,1	163,4	155,0	1,9626	2,1418	1,9278					
38	90,0	164,1	156,9	1,9174	2,1089	1,8836					
39	92,9	164,9	158,8	1,8795	2,0836	1,8466					
40	95,8	165,7	160,7	1,8537	2,072	1,8215					
41	68,9	161,6	147,4	2,3722	2,4794	2,3284					
42	71,8	162,4	149,0	2,3815	2,5218	2,3371					
43	74,7	163,1	150,6	2,2671	2,4073	2,2255					
44	77,6	163,9	152,2	2,1962	2,3434	2,1564					
45	80,5	164,7	153,9	2,128	2,2894	2,0898					
46	83,4	165,5	155,7	2,0327	2,1985	1,9966					
47	86,3	166,2	157,4	1,9606	2,1313	1,9262					
48	89,2	167,0	159,2	1,9139	2,0961	1,8806					
49	92,1	167,8	161,1	1,8745	2,0685	1,842					
50	95,0	168,6	163,0	1,8471	2,0544	1,8154					
51	68,1	164,5	150,0	2,3673	2,4684	2,3238					
52	71,0	165,3	151,5	2,3925	2,5276	2,348					
53	73,9	166,0	153,1	2,2734	2,4078	2,2318					
54	76,8	166,8	154,7	2,1947	2,3343	2,1552					
55	79,7	167,6	156,4	2,1311	2,2853	2,0931					
56	82,6	168,4	158,1	2,0346	2,1933	1,9988					
57	85,5	169,1	159,8	1,9598	2,1228	1,9257					
58	88,4	169,9	161,6	1,9111	2,0846	1,8782					
59	91,3	170,7	163,5	1,8701	2,0548	1,8381					
60	94,2	171,5	165,3	1,8412	2,0382	1,8099					
61	67,3	167,4	152,5	2,363	2,4585	2,3196					
62	70,2	168,2	154,1	2,4032	2,5328	2,3585					
63	73,1	168,9	155,6	2,2805	2,4095	2,2389					
64	76,0	169,7	157,2	2,1982	2,3315	2,1588					
65	78,9	170,5	158,9	2,1349	2,2826	2,097					
66	81,8	171,3	160,6	2,0373	2,1894	2,0017					
67	84,7	172,0	162,3	1,9598	2,1157	1,926					
68	87,6	172,8	164,0	1,9089	2,074	1,8764					
69	90,5	173,6	165,8	1,8663	2,0424	1,8348					
70	93,4	174,4	167,7	1,836	2,0237	1,8052					
71	66,6	170,3	155,2	2,3591	2,4495	2,316					
72	69,5	171,1	156,6	2,4111	2,5344	2,3662					
73	72,4	171,8	158,2	2,2883	2,4123	2,2467					
74	75,3	172,6	159,8	2,2026	2,3302	2,1631					
75	78,2	173,4	161,4	2,1393	2,2805	2,1015					
76	81,1	174,2	163,0	2,0407	2,1866	2,0052					
77	84,0	174,9	164,7	1,9605	2,1096	1,927					
78	86,9	175,7	166,5	1,9072	2,0648	1,875					
79	89,8	176,5	168,2	1,8632	2,0311	1,8322					
80	92,7	177,3	170,0	1,8318	2,0108	1,8014					
81	65,8	173,2	157,7	2,3514	2,441	2,3125					
82	68,7	174,0	159,2	2,4152	2,5317	2,3703					
83	71,6	174,7	160,8	2,297	2,4163	2,2552					
84	74,5	175,5	162,3	2,2075	2,33	2,1681					
85	77,4	176,3	163,9	2,1443	2,2796	2,1066					
86	80,3	177,1	165,5	2,0448	2,1849	2,0095					
87	83,2	177,8	167,2	1,9618	2,1046	1,9285					
88	86,1	178,6	168,9	1,9059	2,0565	1,8739					
89	89,0	179,4	170,7	1,8606	2,021	1,8293					
90	91,9	180,2	172,4	1,8286	2,0995	1,7985					
91	64,9	176,1	160,4	2,3517	2,4328	2,309					
92	67,8	176,9	161,9	2,4139	2,5225	2,3691					
93	70,7	177,7	163,3	2,3063	2,4215	2,2644					
94	73,6	178,4	164,9	2,2132	2,3208	2,1737					
95	76,5	179,2	166,4	2,1439	2,279	2,1116					
96	79,4	180,0	168,0	2,0496	2,1843	2,0146					
97	82,3	180,7	169,7	1,9634	2,1002	1,9302					
98	85,2	181,5	171,4	1,9051	2,0491	1,8734					
99	88,1	182,3	173,1	1,8585	2,0119	1,8279					
100	91,1	183,1	174,8	1,8258	1,9692	1,7961					

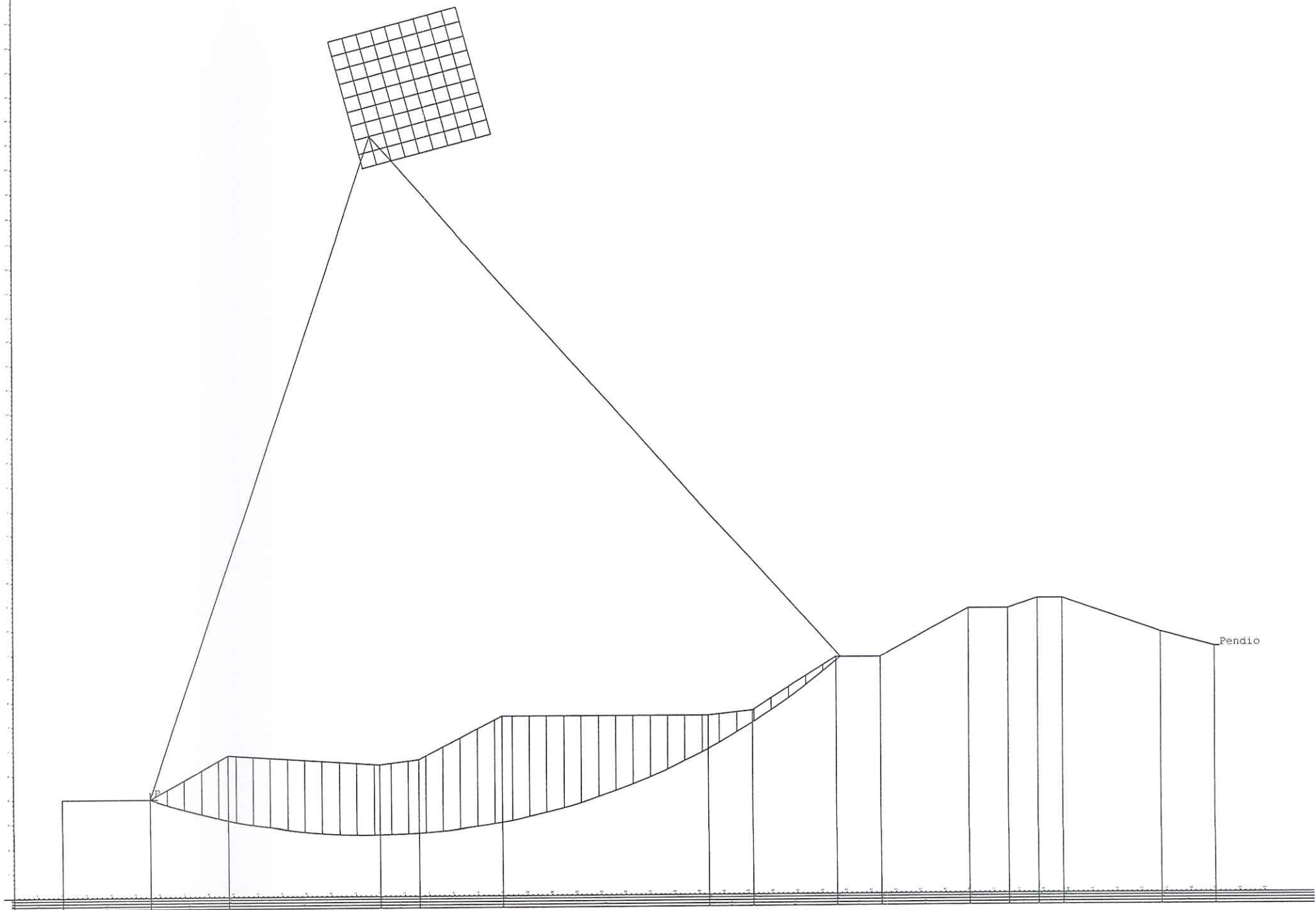
Superficie N.ro 1
Raggio = 137.24 m - Xc = 72 m - Yc = 150 m
Bell=2.36 Bishop=2.4 Jambu=2.54



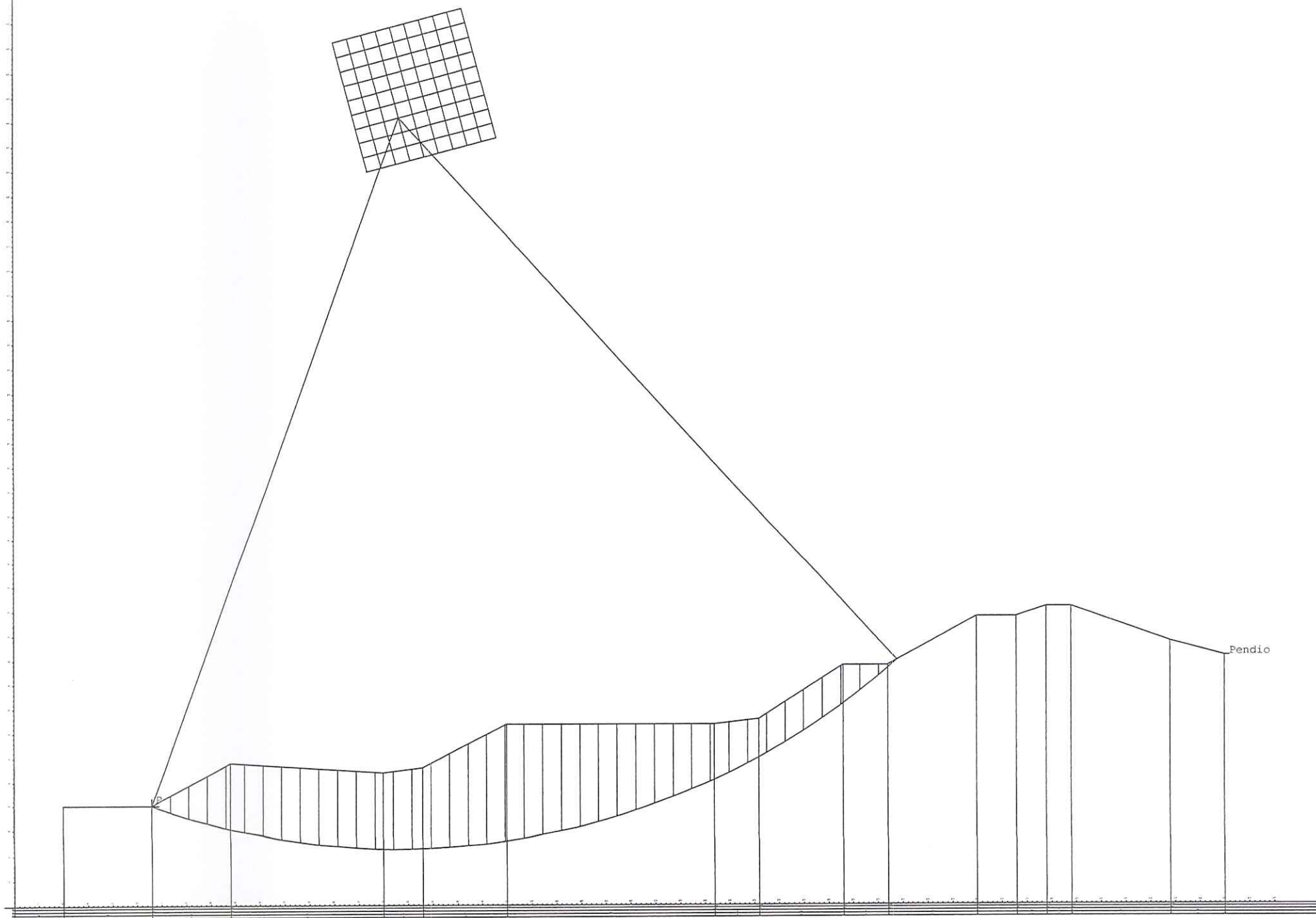
Superficie N.ro 22

Raggio = 143.9 m - Xc = 73.34 m - Yc = 156.57 m

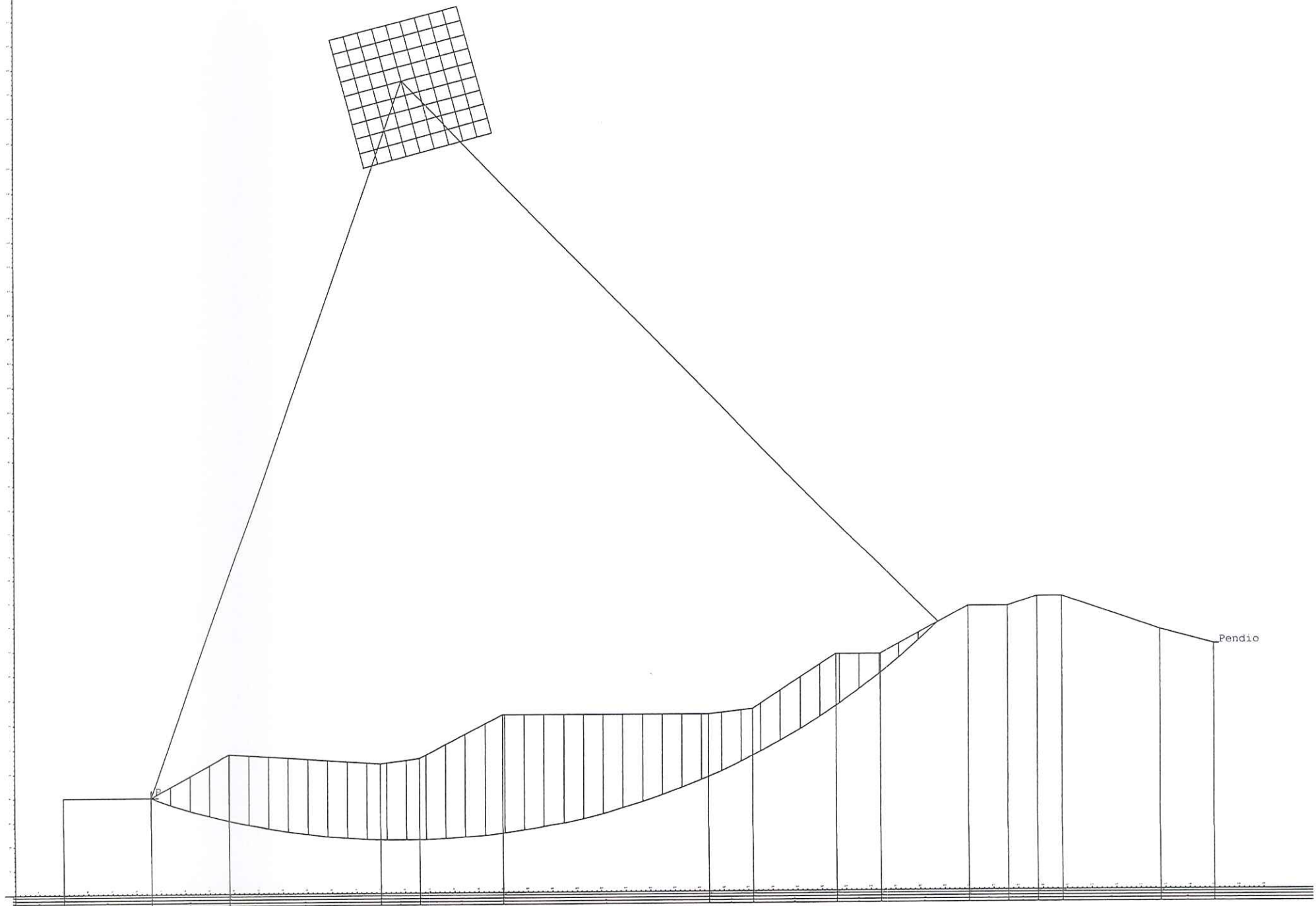
Bell=2.31 Bishop=2.36 Jambu=2.51



Superficie N.ro 34
Raggio = 149.74 m - Xc = 78.36 m - Yc = 161.02 m
Bell=2.15 Bishop=2.19 Jambu=2.35



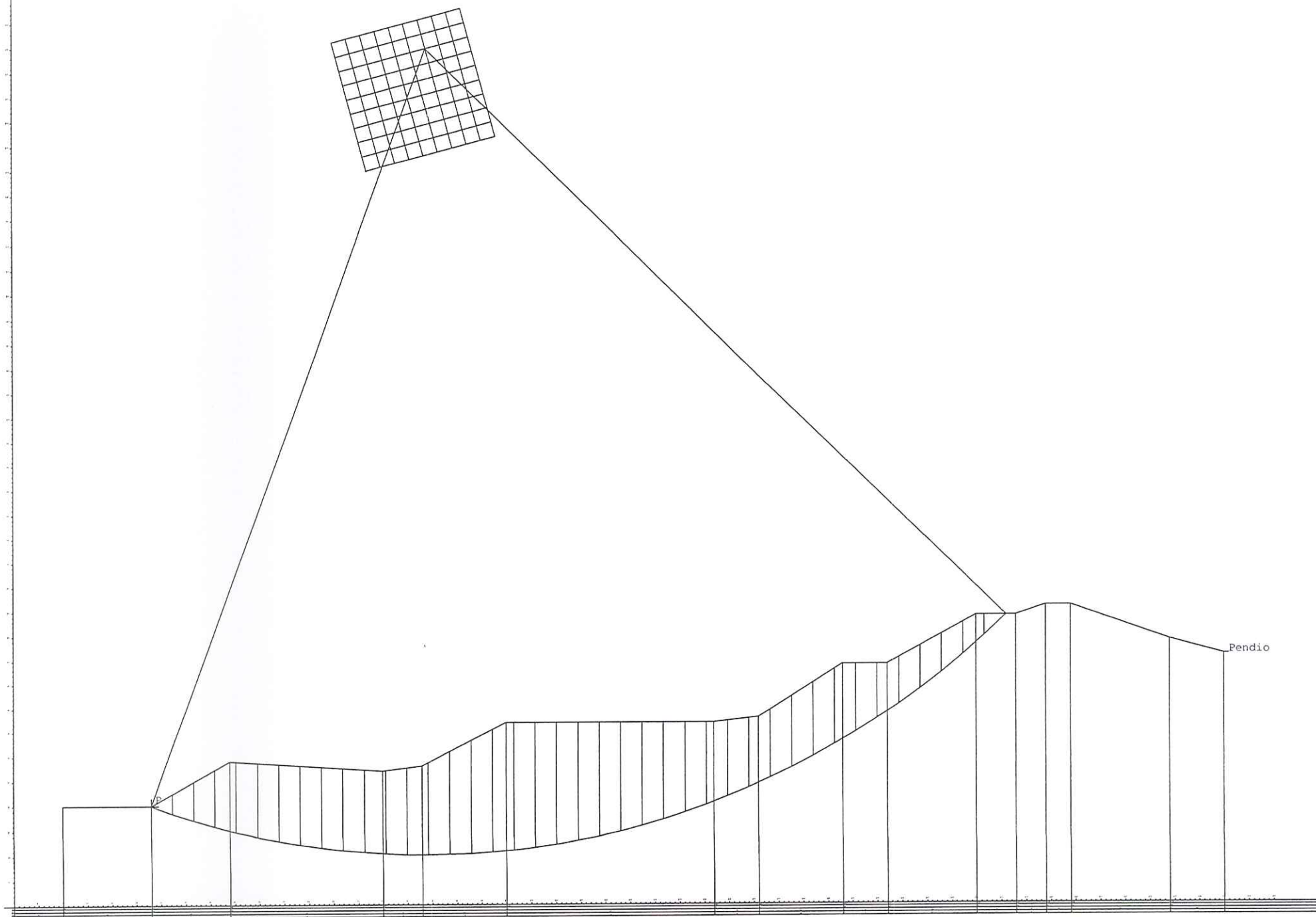
Superficie N.ro 55
Raggio = 156.39 m - Xc = 79.7 m - Yc = 167.59 m
Bell=2.09 Bishop=2.13 Jambu=2.28



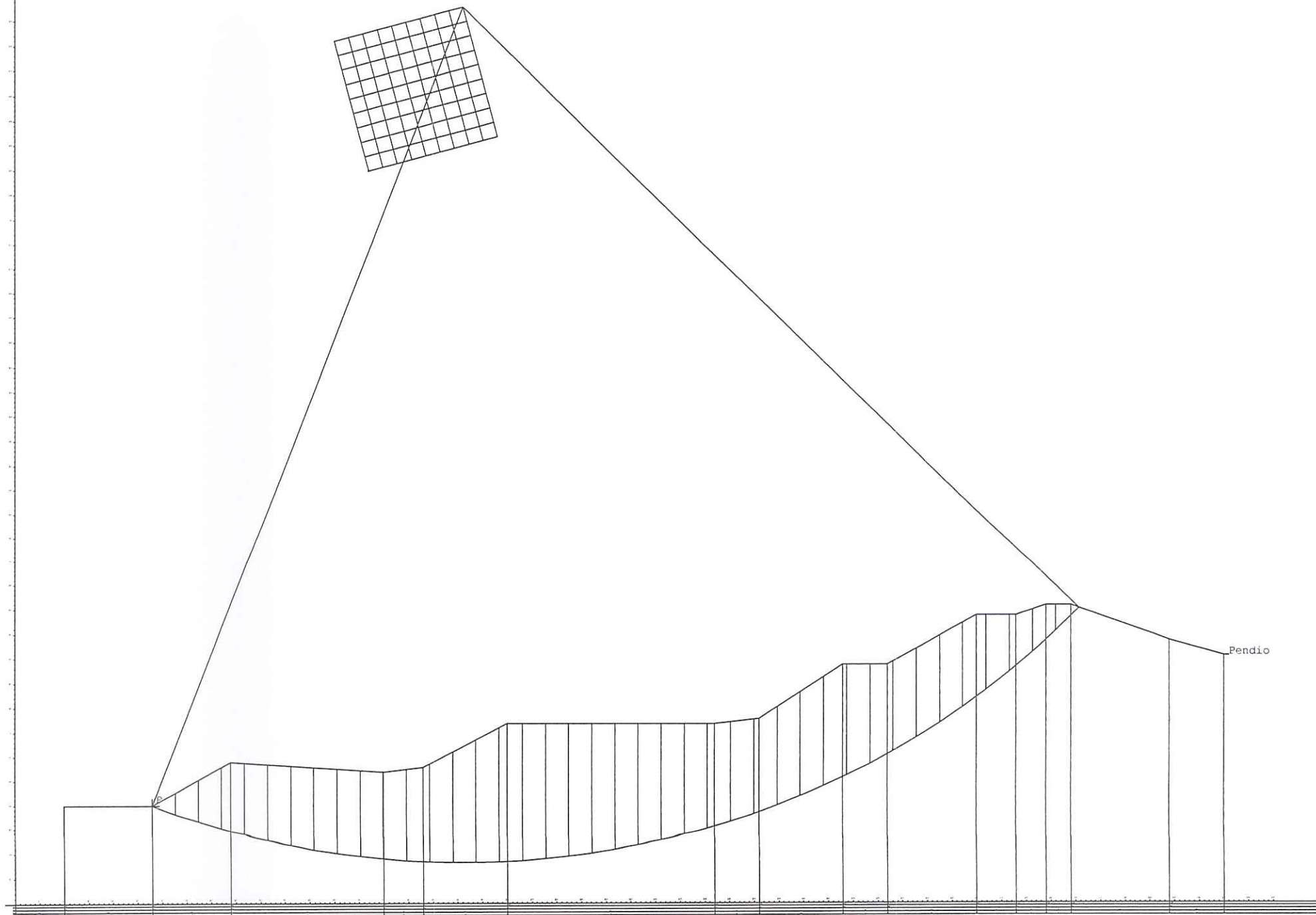
Superficie N.ro 77

Raggio = 164.73 m - Xc = 83.95 m - Yc = 174.94 m

Bell=1.92 Bishop=1.96 Jambu=2.1



Superficie N.ro 100
Raggio = 174.84 m - Xc = 91.09 m - Yc = 183.06 m
Bell=1.79 Bishop=1.82 Jambu=1.98



Stabilità globale con i carichi dei rifiuti

DATI GENERALI STABILITA' PENDIO

D A T I G E N E R A L I D I V E R I F I C A	
Numero conci : 40 Numero elementi rigidi: 0 Tipo Superficie di rottura : CIRCOLARE PASSANTE PER UN PUNTO Coefficiente sismico orizzontale : 0,094 Coefficiente sismico verticale : 0,047 Rapporto Hs/Hm : 0,40	
COORDINATE PUNTO DI PASSAGGIO CERCHI DI ROTTURA	
Ascissa punto passaggio cerchio (m) : 28,000 Ordinata punto passaggio cerchio (m) : 20,000	
PARAMETRI MAGLIA DEI CENTRI PER SUPERFICI DI ROTTURA CIRCOLARI	
Ascissa Polo (m) : 72,000 Ordinata Polo (m) : 150,000 Numero righe maglia: 10 Numero colonne maglia : 10 Passo direzione 'X' (m) : 3,00 Passo direzione 'Y' (m) : 3,00 Rotazione maglia (Grd) : 15	
Peso specifico dell' acqua (t/mc) : 1,000	

DATI GEOTECNICI E STRATIGRAFIA

Str. N.ro	Descrizione Strato	Coesione t/mq	Ang.attr Grd	Densita' t/mc	D.Saturo t/mc	Vert N.ro	Ascissa (m)	Ordinata (m)
	Profilo del pendio					1	10,00	20,00
						2	28,00	20,00
						3	44,00	29,00
						4	75,00	27,00
						5	83,00	28,00
						6	100,00	37,00
						7	142,00	37,00
						8	151,00	38,00
						9	168,00	49,00
						10	177,00	49,00
						11	195,00	59,00
						12	203,00	59,00
						13	209,00	61,00
						14	214,00	61,00
						15	234,00	54,00
						16	245,00	51,00
1	argille	2,200	22,00	2,000	2,000			

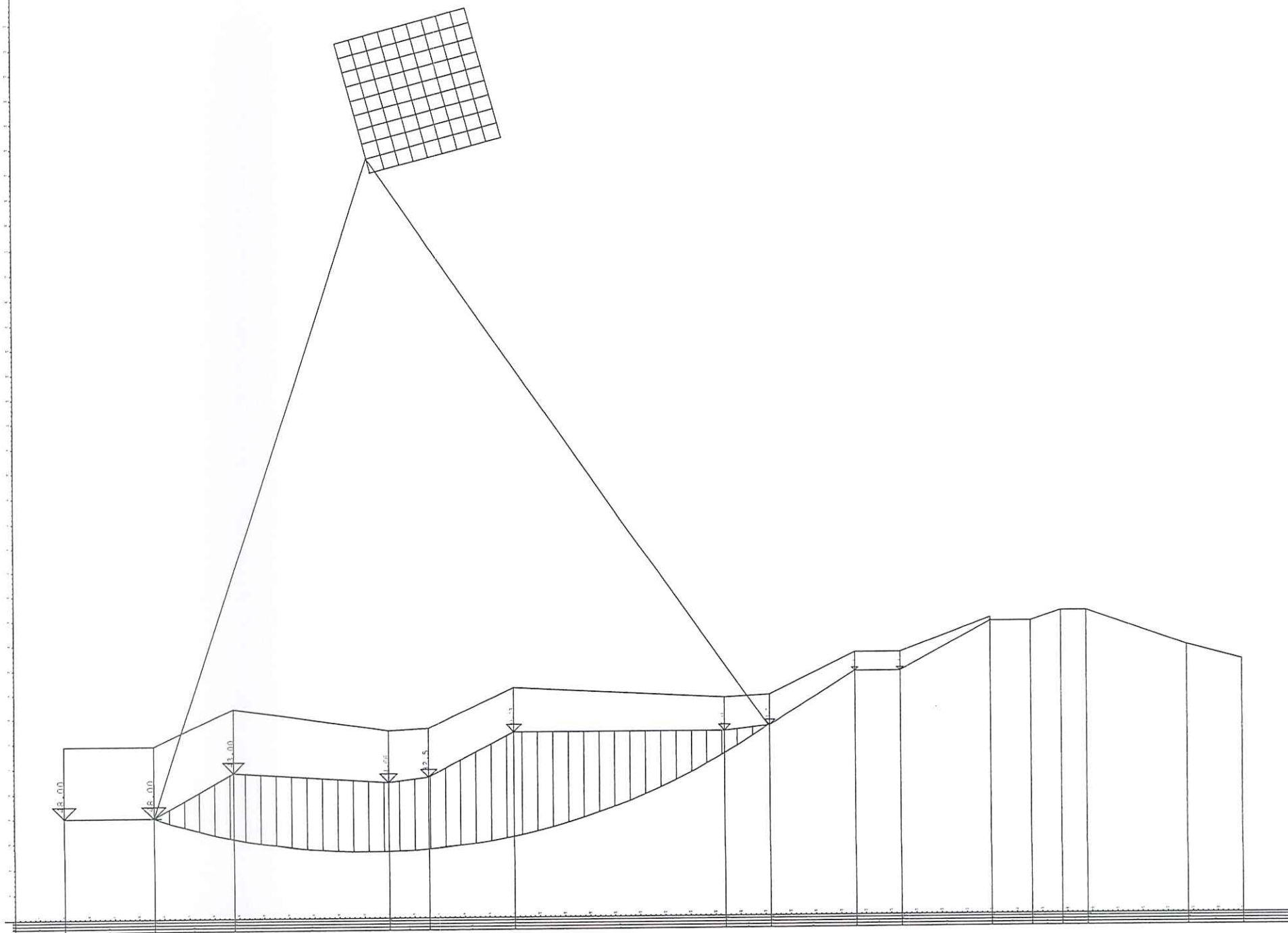
DATI FORZE DISTRIBUITE VERTICALI

Vert. N.ro	Asc. in. (m)	Int. iniz. (t/ml)	Asc. fin. (m)	Int. fin. (t/ml)
1	10,00	48,000	28,00	48,000
2	28,00	48,000	44,00	43,000
3	44,00	43,000	83,00	32,500
4	83,00	32,500	100,00	30,300
5	100,00	30,300	151,00	21,200
6	151,00	21,200	168,00	12,800
7	168,00	12,800	177,00	12,800
8	177,00	12,800	195,00	2,200

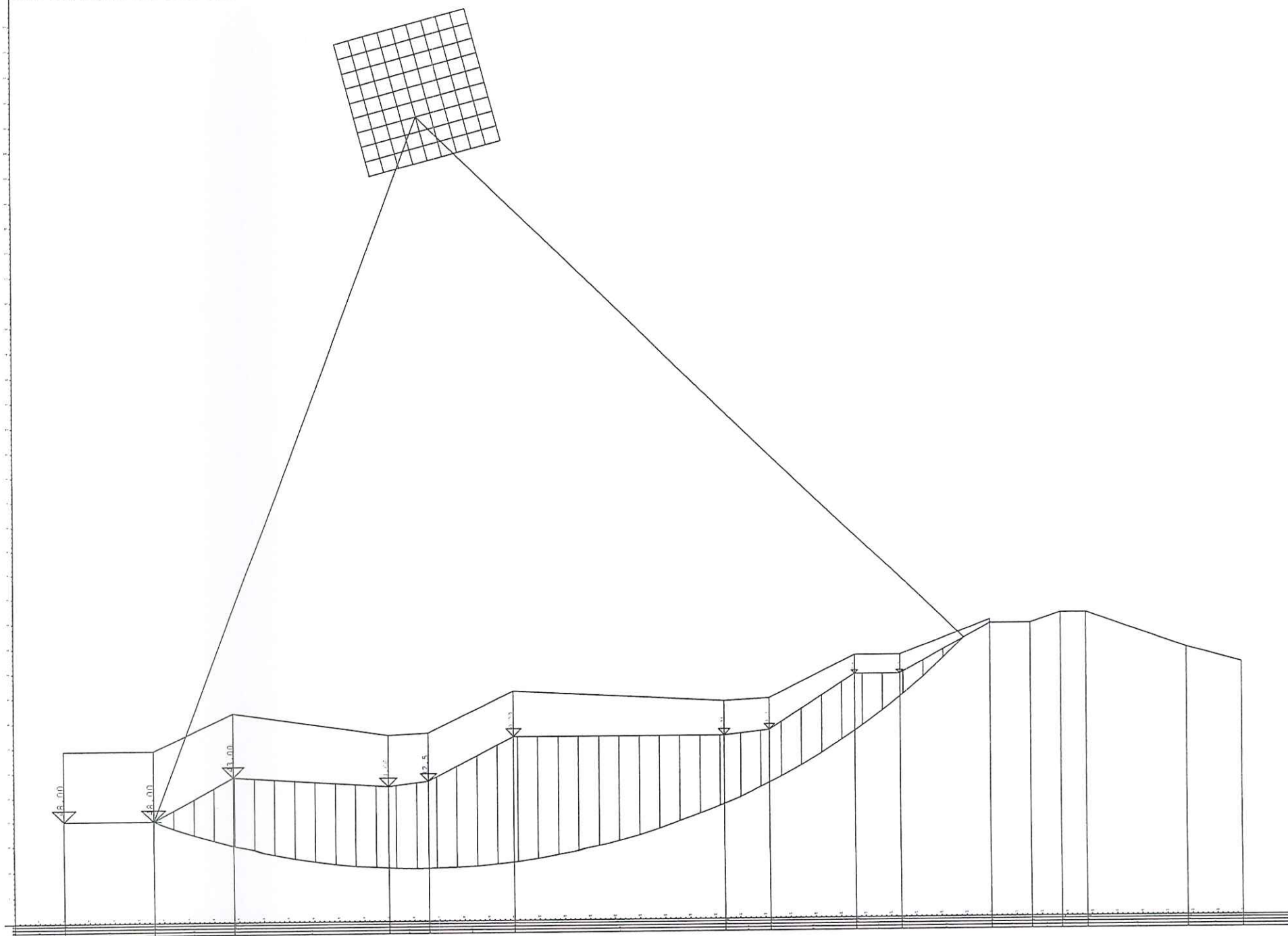
COEFFICIENTI DI SICUREZZA DEL PENDIO

N.ro Cerchio critico : 93											
Cerchi N.ro	Xc (m)	Yc (m)	Rc (m)	Bishop	Jambu	Bell	MP - Fx = C	MP - Fx=sin	MP-Fx=sin/2	Sarma	Spencer
1	72,0	150,0	137,2	3,3891	3,5177	2,453					
2	74,9	150,8	138,9	3,1698	3,3108	2,3589					
3	77,8	151,6	140,7	3,1854	3,3509	2,3975					
4	80,7	152,3	142,4	3,1695	3,3627	2,4163					
5	83,6	153,1	144,2	3,1242	3,3491	2,4183					
6	86,5	153,9	146,1	3,1001	3,3592	2,4342					
7	89,4	154,7	148,0	3,0949	3,3933	2,4599					
8	92,3	155,4	149,9	3,0925	3,4392	2,4862					
9	95,2	156,2	151,9	3,0813	3,4756	2,5049					
10	98,1	157,0	153,9	3,0762	3,5214	2,5258					
11	101,0	157,9	155,8	3,0735	3,5579	2,547					
12	103,9	158,7	157,7	3,0725	3,5944	2,5688					
13	106,8	159,5	159,6	3,0731	3,6309	2,5901					
14	109,7	160,3	161,5	3,0752	3,6674	2,6114					
15	112,6	161,1	163,4	3,0789	3,7039	2,6327					
16	115,5	161,9	165,3	3,0842	3,7404	2,654					
17	118,4	162,7	167,2	3,0911	3,7769	2,6753					
18	121,3	163,5	169,1	3,0996	3,8134	2,6966					
19	124,2	164,3	171,0	3,1097	3,8499	2,7179					
20	127,1	165,1	172,9	3,1214	3,8864	2,7392					
21	130,0	165,9	174,8	3,1347	3,9229	2,7605					
22	132,9	166,7	176,7	3,1496	3,9594	2,7818					
23	135,8	167,5	178,6	3,1661	3,9959	2,8031					
24	138,7	168,3	180,5	3,1842	4,0324	2,8244					
25	141,6	169,1	182,4	3,2039	4,0689	2,8457					
26	144,5	169,9	184,3	3,2252	4,1054	2,867					
27	147,4	170,7	186,2	3,2481	4,1419	2,8883					
28	150,3	171,5	188,1	3,2726	4,1784	2,9096					
29	153,2	172,3	190,0	3,2987	4,2149	2,9309					
30	156,1	173,1	191,9	3,3264	4,2514	2,9522					
31	159,0	173,9	193,8	3,3557	4,2879	2,9735					
32	161,9	174,7	195,7	3,3866	4,3244	2,9948					
33	164,8	175,5	197,6	3,4191	4,3609	3,0161					
34	167,7	176,3	199,5	3,4532	4,3974	3,0374					
35	170,6	177,1	201,4	3,4889	4,4339	3,0587					
36	173,5	177,9	203,3	3,5262	4,4704	3,08					
37	176,4	178,7	205,2	3,5651	4,5069	3,1013					
38	179,3	179,5	207,1	3,6056	4,5434	3,1226					
39	182,2	180,3	209,0	3,6477	4,5799	3,1439					
40	185,1	181,1	210,9	3,6914	4,6164	3,1652					
41	188,0	181,9	212,8	3,7367	4,6529	3,1865					
42	190,9	182,7	214,7	3,7836	4,6894	3,2078					
43	193,8	183,5	216,6	3,8321	4,7259	3,2291					
44	196,7	184,3	218,5	3,8822	4,7624	3,2504					
45	199,6	185,1	220,4	3,9339	4,7989	3,2717					
46	202,5	185,9	222,3	3,9872	4,8354	3,293					
47	205,4	186,7	224,2	4,0421	4,8719	3,3143					
48	208,3	187,5	226,1	4,0986	4,9084	3,3356					
49	211,2	188,3	228,0	4,1567	4,9449	3,3569					
50	214,1	189,1	229,9	4,2164	4,9814	3,3782					
51	217,0	189,9	231,8	4,2777	5,0179	3,3995					
52	219,9	190,7	233,7	4,3406	5,0544	3,4208					
53	222,8	191,5	235,6	4,4051	5,0909	3,4421					
54	225,7	192,3	237,5	4,4712	5,1274	3,4634					
55	228,6	193,1	239,4	4,5389	5,1639	3,4847					
56	231,5	193,9	241,3	4,6082	5,2004	3,506					
57	234,4	194,7	243,2	4,6791	5,2369	3,5273					
58	237,3	195,5	245,1	4,7516	5,2734	3,5486					
59	240,2	196,3	247,0	4,8257	5,3099	3,5699					
60	243,1	197,1	248,9	4,9014	5,3464	3,5912					
61	246,0	197,9	250,8	4,9787	5,3829	3,6125					
62	248,9	198,7	252,7	5,0576	5,4194	3,6338					
63	251,8	199,5	254,6	5,1381	5,4559	3,6551					
64	254,7	200,3	256,5	5,2202	5,4924	3,6764					
65	257,6	201,1	258,4	5,3039	5,5289	3,6977					
66	260,5	201,9	260,3	5,3892	5,5654	3,719					
67	263,4	202,7	262,2	5,4761	5,6019	3,7403					
68	266,3	203,5	264,1	5,5646	5,6384	3,7616					
69	269,2	204,3	266,0	5,6547	5,6749	3,7829					
70	272,1	205,1	267,9	5,7464	5,7114	3,8042					
71	275,0	205,9	269,8	5,8397	5,7479	3,8255					
72	277,9	206,7	271,7	5,9346	5,7844	3,8468					
73	280,8	207,5	273,6	6,0311	5,8209	3,8681					
74	283,7	208,3	275,5	6,1292	5,8574	3,8894					
75	286,6	209,1	277,4	6,2289	5,8939	3,9107					
76	289,5	209,9	279,3	6,3302	5,9304	3,932					
77	292,4	210,7	281,2	6,4317	5,9669	3,9533					
78	295,3	211,5	283,1	6,5352	6,0034	3,9746					
79	298,2	212,3	285,0	6,6401	6,0399	3,9959					
80	301,1	213,1	286,9	6,7464	6,0764	4,0172					
81	304,0	213,9	288,8	6,8541	6,1129	4,0385					
82	306,9	214,7	290,7	6,9632	6,1494	4,0598					
83	309,8	215,5	292,6	7,0737	6,1859	4,0811					
84	312,7	216,3	294,5	7,1856	6,2224	4,1024					
85	315,6	217,1	296,4	7,2989	6,2589	4,1237					
86	318,5	217,9	298,3	7,4136	6,2954	4,145					
87	321,4	218,7	300,2	7,5297	6,3319	4,1663					
88	324,3	219,5	302,1	7,6472	6,3684	4,1876					
89	327,2	220,3	304,0	7,7661	6,4049	4,2089					
90	330,1	221,1	305,9	7,8864	6,4414	4,2302					
91	333,0	221,9	307,8	8,0081	6,4779	4,2515					
92	335,9	222,7	309,7	8,1312	6,5144	4,2728					
93	338,8	223,5	311,6	8,2557	6,5509	4,2941					
94	341,7	224,3	313,5	8,3816	6,5874	4,3154					
95	344,6	225,1	315,4	8,5089	6,6239	4,3367					
96	347,5	225,9	317,3	8,6376	6,6604	4,358					
97	350,4	226,7	319,2	8,7677	6,6969	4,3793					
98	353,3	227,5	321,1	8,8992	6,7334	4,4006					
99	356,2	228,3	323,0	9,0321	6,7699	4,4219					
100	359,1	229,1	324,9	9,1664	6,8064	4,4432					

Raggio = 139.75 m - Xc = 71.22 m - Yc = 152.89 m
Bell=2.47 Bishop=3.43 Jambu=3.55



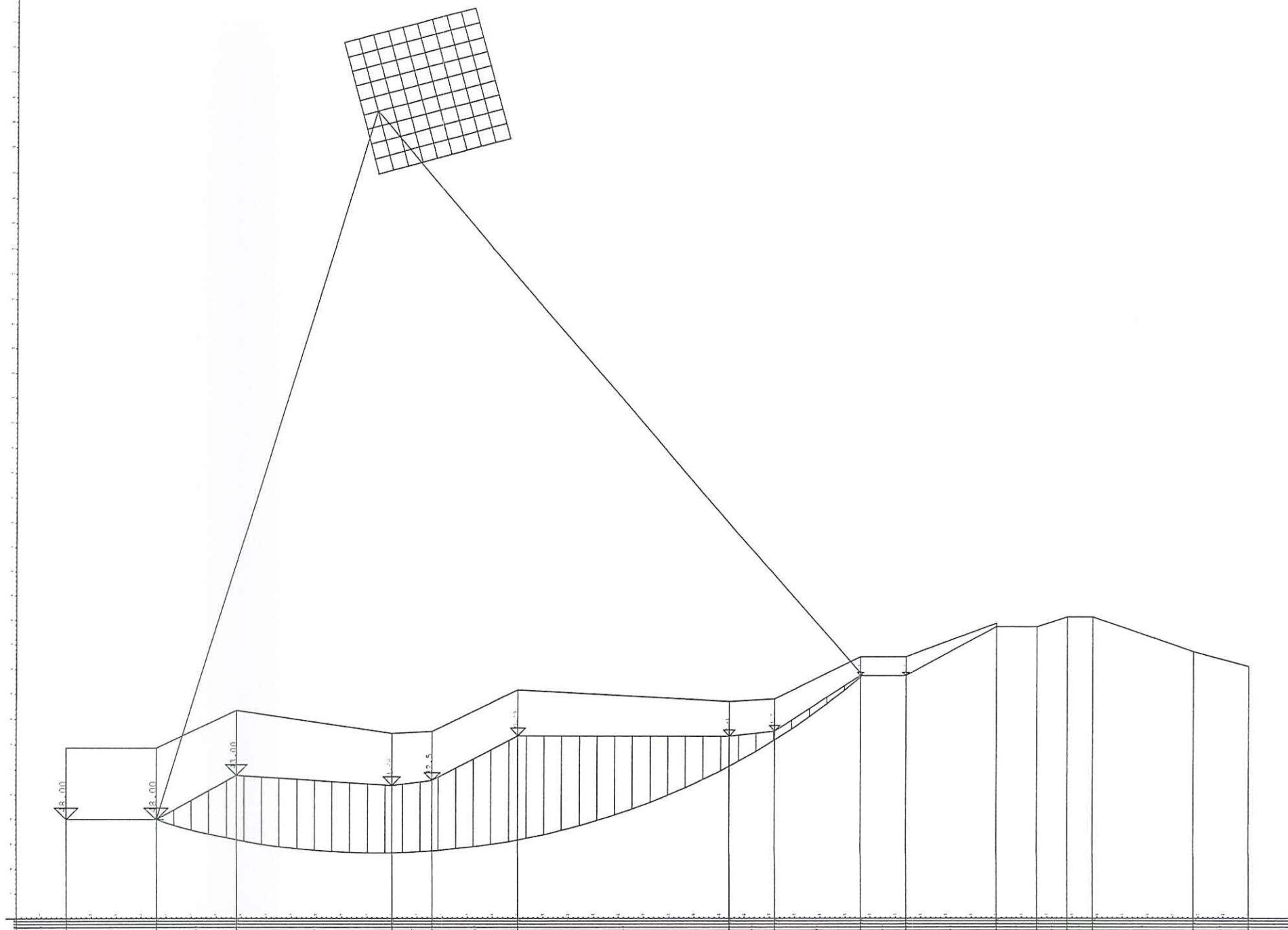
Raggio = 151.47 m - Xc = 81.26 m - Yc = 161.79 m
Bell=2.35 Bishop=3.05 Jambu=3.23



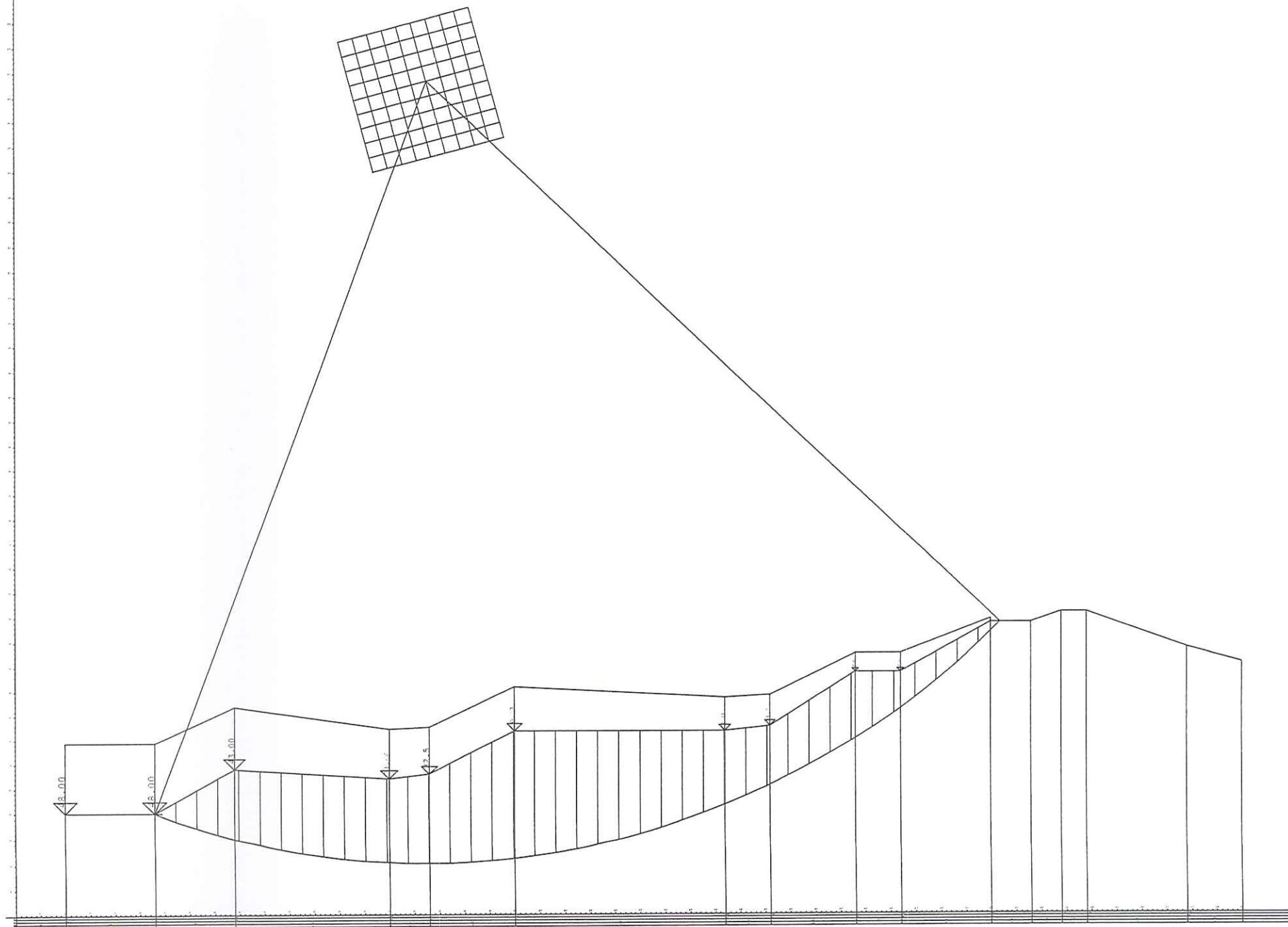
Superficie N.ro 42

Raggio = 148.95 m - Xc = 71.79 m - Yc = 162.36 m

Bell=2.26 Bishop=3.07 Jambu=3.18



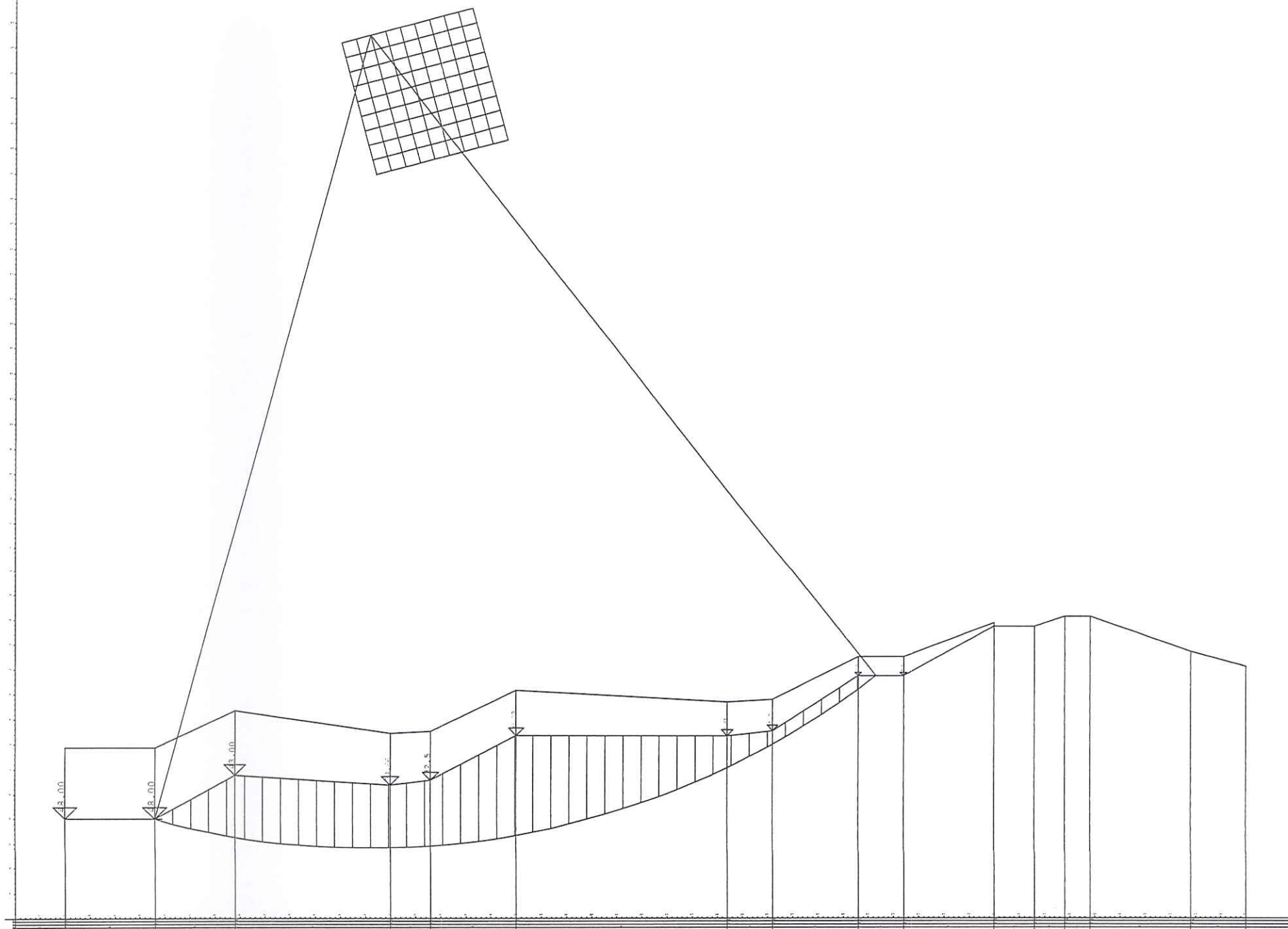
Raggio = 158.1 m - Xc = 82.6 m - Yc = 168.37 m
Bell=2.32 Bishop=2.99 Jambu=3.17



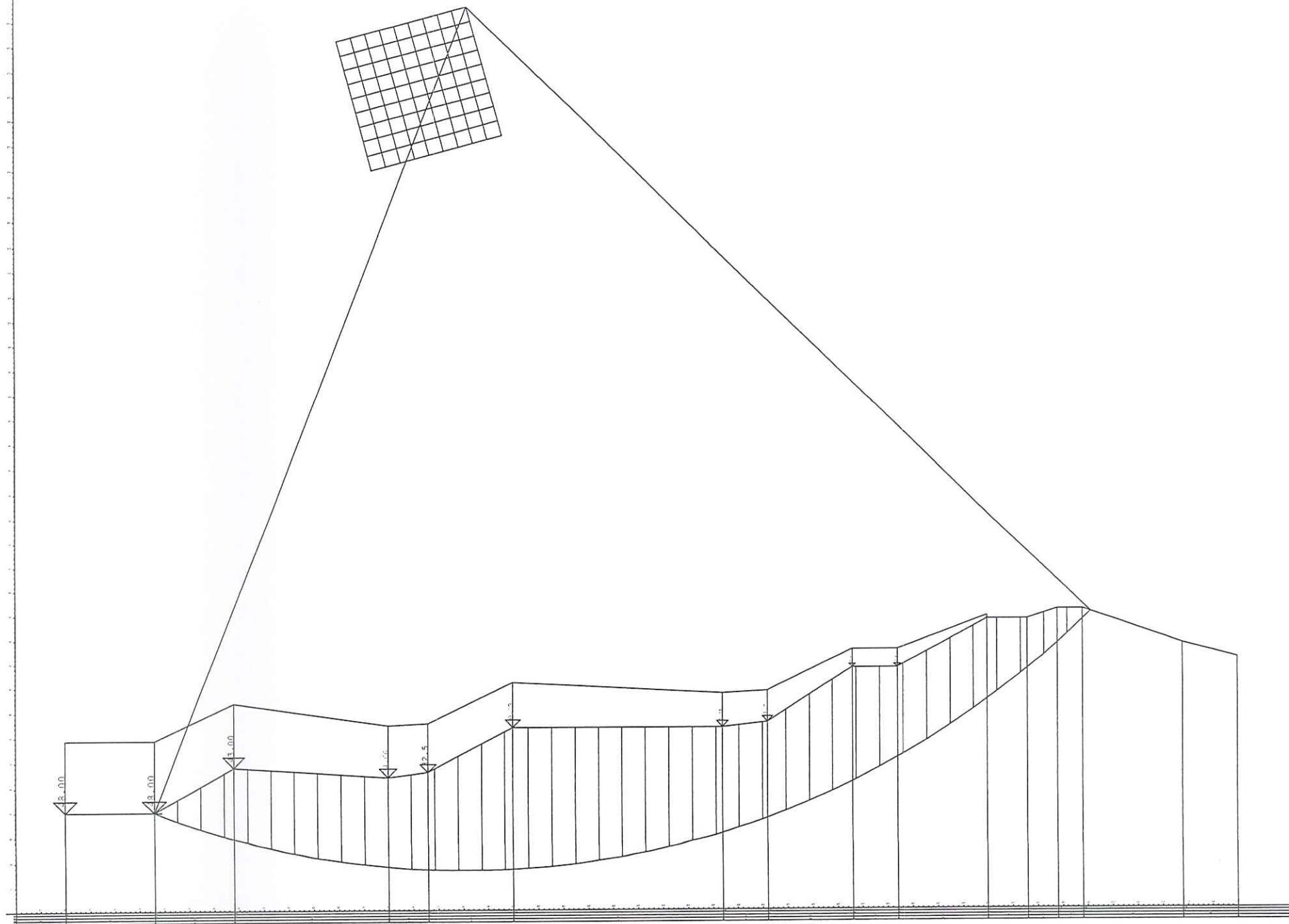
Superficie N.ro 93

Raggio = 163.34 m - $X_c = 70.8$ m - $Y_c = 177.63$ m

Bell=2.21 Bishop=2.99 Jambu=3.08



Raggio = 174.84 m - Xc = 91.09 m - Yc = 183.06 m
Bell=2.33 Bishop=2.89 Jambu=3.13



dott. Giorgio Francini

Indagine sismica a rifrazione

**COMUNE DI TERRANOVA BRACCIOLINI
PROVINCIA DI AREZZO**

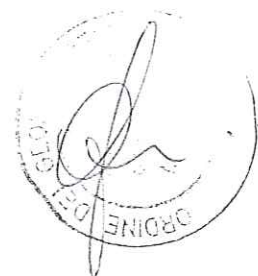
**INDAGINI SISMICHE PER LO STUDIO DEGLI INTERVENTI DI
AMPLIAMENTO DA EFFETTUARE PRESSO LA DISCARICA DI
R.S.U. UBICATA IN LOCALITA' "CASA ROTA"**

**Committente:
C.S.A. TERRANOVA BRACCIOLINI**

**Direttore indagine geologica:
Dr. Geol. GIORGIO FRANCINI**

**Rapporto tecnico n. 1193/06
di
GIANFRANCO CENSINI
Geologo- Geofisico**

**associato a:
EUROPEAN ASSOCIATION OF GEOSCIENTISTS & ENGINEERS
Geophysical Division**



MARZO 2007

**GEORISORSE
ITALIA**

Società per l'esplorazione geofisica del sottosuolo
Via E. Fermi, 8 - 53048 SINALUNGA (SI)
Tel. 0577 / 67.99.73 - Fax 0577/63.23.42
www.georisorse.it

PREMESSA

La GEORISORSE ITALIA sas, per conto della "C.S.A. Terranova Bracciolini" e sotto la direzione di indagine geologica del Dr. Geol. Giorgio Francini, ha eseguito un'indagine geofisica, mediante prospezione Sismica a Rifrazione con elaborazione Tomografica, per lo studio del sottosuolo nell'area di proprietà della committenza, dove sono in progetto lavori di ampliamento dell'impianto di smaltimento rifiuti.

L'indagine nel complesso è stata svolta in due fasi successive, la prima risale al luglio 2005 e portò alla realizzazione dei PR1(25-48) e PR2 (per i quali fu già elaborato un rapporto tecnico), mentre la seconda fase si è svolta nei mesi di novembre-dicembre 2006 ed ha portato alla realizzazione dei profili da PR3 a PR12 nonché al prolungamento del PR1 verso monte.

Scopo della presente indagine era quello di ottenere un quadro conoscitivo dell'area limitrofa alla discarica di R.S.U., al fine di valutare la presenza di eventuali situazioni di pericolosità geologica o altri impedimenti al progetto di allargamento oltre i limiti dell'attuale discarica. Nella fattispecie la presente indagine doveva fornire informazioni utili sia riguardo all'entità degli spessori della porzione superficiale allentata, nonché riguardo l'andamento in profondità del substrato sismico della formazione in situ.

L'indagine sismica è stata eseguita complessivamente mediante l'esecuzione di 12 profili. Di seguito, distinguendo per fase d'acquisizione, ne vengono illustrate le caratteristiche salienti:

I° FASE

<u>PROFILO</u>	<u>N° GEOFONI</u>	<u>LUNGHEZZA</u>	<u>ONDE P</u>	<u>ONDE SH</u>
PR-1(25-48)	24	120	SI	NO

PR-2	24	120	SI	NO
------	----	-----	----	----

II° FASE

<u>PROFILO</u>	<u>N° GEOFONI</u>	<u>LUNGHEZZA</u>	<u>ONDE P</u>	<u>ONDE SH</u>
PR-1(1-24)	24	120	SI	SI
PR-3	24	120	SI	SI
PR-4	24	120	SI	SI
PR-5	24	120	SI	SI
PR-6	24	120	SI	SI
PR-7	24	120	SI	SI
PR-8	24	120	SI	SI
PR-9	24	120	SI	SI
PR-10	48	240	SI	SI
PR-11	72	360	SI	SI
PR-12	24	120	SI	SI

I risultati ottenuti con la presente indagine vengono descritti in questo rapporto ed illustrati mediante le tavole allegate, che consentono di delineare la natura del sottosuolo lungo le sezioni esplorate e valutare lo spessore dei terreni allentati mediante mappe tematiche.

Per quanto riguarda l'inquadramento geologico della zona d'indagine si rimanda allo specifico rapporto del Dr. Geol. Giorgio Francini, in questa sede si ricorda solamente che l'area d'indagine è caratterizzata dalla presenza dei depositi argilloso-sabbiosi Plio-Pleistocenici.

METODOLOGIA DI PROSPEZIONE UTILIZZATA

SISMICA A RIFRAZIONE - ACQUISIZIONE DATI

I profili sismici si eseguono disponendo sul terreno una serie di sensori (*geofoni*), posti ad intervallo costante, collegati ad un sismografo mediante un cavo multipolare.

Dopo l'allestimento del dispositivo di ricezione si provvede a generare artificialmente vibrazioni impulsive in corrispondenza di punti prestabiliti lungo i profili: nello stesso istante di partenza della vibrazione viene trasmesso al sismografo il comando di avvio della registrazione (*trigger*). Da questo istante inizia l'acquisizione digitale, con campionamento ad intervallo costante e pre-determinato, dei segnali ricevuti dai sensori.

Nella presente indagine è stato utilizzato il sismografo digitale OYO McSeis SX a 24 canali, con geofoni a componente verticale. L'acquisizione è



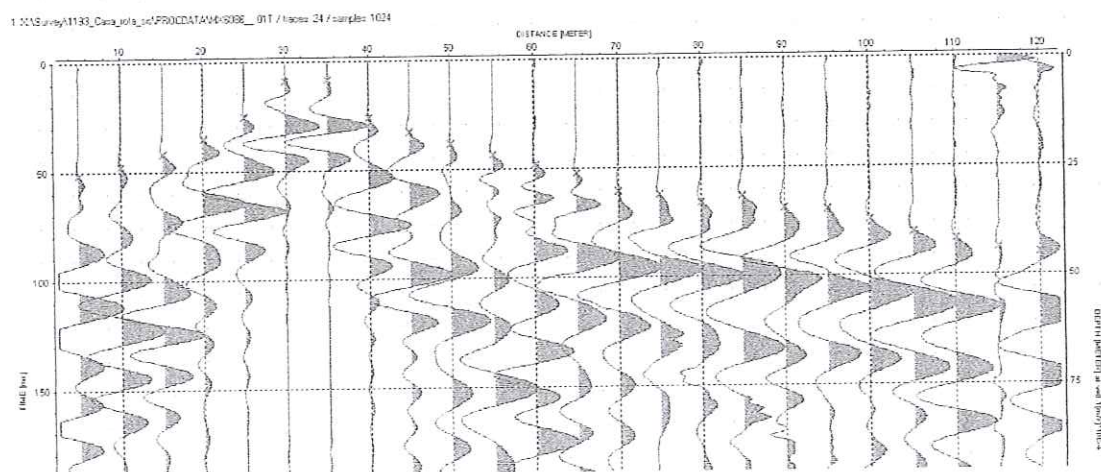
nell'unità OYO MCSEIS-SX .

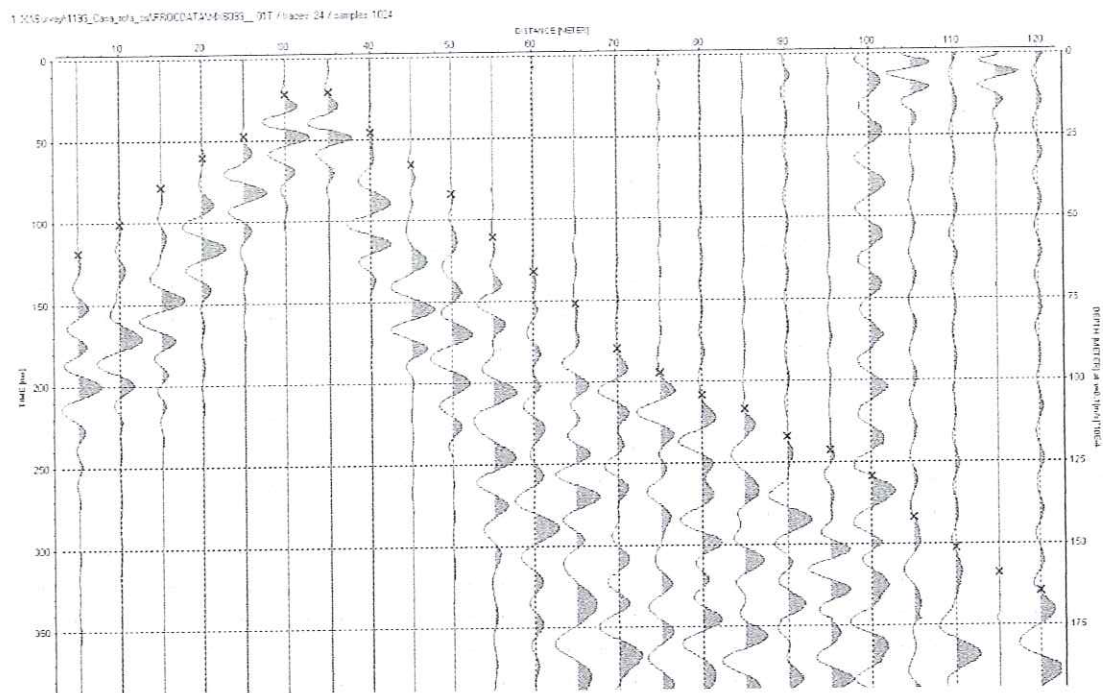
stata effettuata con registrazioni di 2048 campioni per traccia di ogni singolo canale distribuiti su 409.6 millisecondi con un intervallo di campionamento di 200 microsecondi. La foto a fianco evidenzia il sistema di acquisizione dati consistente

Per la generazione delle onde P è stata utilizzata una mazza da 11 kg battente su una piastra in PVC. Il sistema si è dimostrato sufficiente a fornire l'energia necessaria alle indagini.

La dinamica di campionamento digitale a 18 bit del sismografo e l'energia utilizzata per i vari punti di tiro hanno consentito una buona qualità delle registrazioni lungo tutti i profili, anche per i tiri esterni agli stendimenti.

Per la generazione delle onde SH è stato utilizzato un pendolo di 20 Kg ancorato ad un braccio di 1 m di lunghezza con impatto, nel punto tangente al terreno mediante la battuta su un bordo di una piccola cavità preparata per l'energizzazione. A titolo d'esempio si riportano nelle Figure seguenti due sismogrammi, rispettivamente ad onde P e ad onde SH riguardanti il tiro 6,5 del profilo PR9.





TECNICA DI INTERPRETAZIONE

La tecnica di interpretazione consiste di almeno due fasi ben distinte, e cioè l'interpretazione dei sismogrammi e l'interpretazione dei diagrammi tempi-distanze (*dromocrone*).

Nella prima fase i tempi di primo arrivo dei segnali sismici vengono letti direttamente sui sismogrammi, previo eventuale filtraggio di rumori di fondo, i tempi letti in corrispondenza di ciascun canale (=geofono) vengono quindi memorizzati in appositi files, che costituiscono i dati in input del software utilizzato. Per ciascun tiro, quindi, si ricostruisce un diagramma dei tempi di arrivo in funzione della distanza dal punto di tiro stesso.

L'interpretazione delle dromocrone consiste, quindi, nel suddividere la funzione tempi-distanze in segmenti a pendenza differente, indicativi della presenza di variazioni di velocità nel sottosuolo. Questa operazione viene eseguita ad un terminale videografico dove è possibile eseguire modifiche ed aggiustamenti continui dell'interpretazione

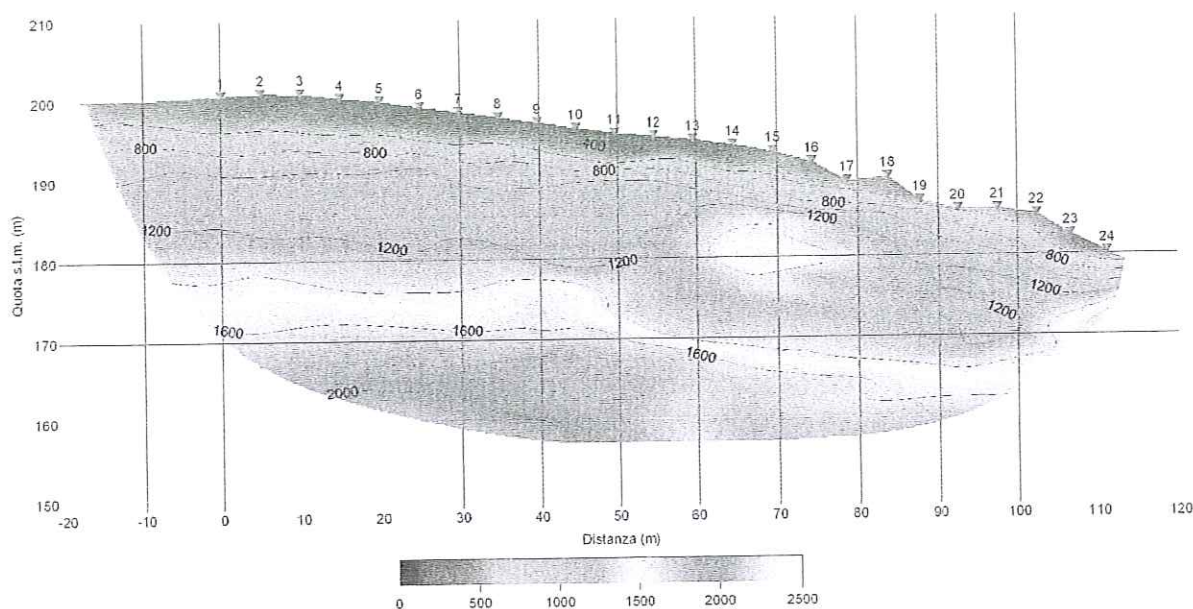
Per la modellizzazione del sottosuolo, quindi, si è adottata la tecnica di elaborazione tomografica che, mediante il software RAYFRAC^T, porta alla ricostruzione della situazione suddividendo il sottosuolo in elementi finiti di forma quadrata e di dimensioni estremamente piccole (dell'ordine di grandezza di decimetri). Il software, quindi, stima le velocità sismiche compatibili con ogni singolo elemento affinché i tempi di percorso dei vari fronti d'onda, generati nei punti di tiro disposti lungo il profilo, risultino il più possibile simili ai tempi misurati e letti sui sismogrammi.

Il modello iniziale viene generato automaticamente partendo da una interpretazione delle dromocrone con la tecnica **Delta-t-V** che consiste nella determinazione di una serie di valori di velocità stimati sulla verticale dei punti intermedi tra i vari punti di tiro ed i geofoni (CMP), da cui, per interpolazione, si ricava una griglia di dati di velocità ai nodi di una maglia molto fitta. Quindi, da questo modello iniziale viene effettuata una inversione dei dati con la tecnica **WET (Wawepath Eikonal Traveltime tomography)** e, in maniera iterativa, il software apporta aggiustamenti progressivi del modello iniziale fino alla minimizzazione della suddetta differenza di tempo. Generalmente sono sufficienti dieci iterazioni per raggiungere un buon livello di adattamento delle dromocrone calcolate a quelle sperimentali ricostruite con dati di campagna

Il risultato che si ottiene è una griglia di valori di velocità dalla superficie fino alle massime profondità di indagine che caratterizzano i vari elementi in cui è stato suddiviso il sottosuolo. Questa griglia di valori può essere, quindi utilizzata per rappresentare l'andamento nel sottosuolo delle varie litologie presenti, mediante variazioni cromatiche associate alle variazioni di velocità, o mediante linee di isovelocità.

Nella figura 1 si riporta il risultato ottenuto per un profilo ricostruito mediante la suddetta tecnica con elementi di dimensioni pari a 0.3 x 0.3 m.

Figura n.1 –Tomografia sismica ad onde P relativa al profilo PR-9 - Valori di VP in m/sec.



Si deve comunque tener presente che la ricostruzione tomografica di sezioni del sottosuolo è tanto più affidabile quanto più si è in presenza di una geometria delle discontinuità prossima ad un sistema "bidimensionale infinito", cioè le anomalie che si vedono nel piano della sezione, nella realtà devono svilupparsi all'infinito perpendicolarmente al piano stesso e da entrambi i lati. Quindi sezioni tra loro parallele devono essere uguali o molto simili.

Nella realtà purtroppo, queste condizioni sono molto rare ed in genere si è in presenza di evoluzioni tridimensionali dei contesti anomali e la loro rappresentazione nel piano della sezione potrebbe non essere facile. Questo problema può essere limitato cercando di esplorare il sottosuolo lungo più sezioni parallele e perpendicolari in modo da localizzare con maggior cognizione le eventuali situazioni anomale riscontrate. In ogni caso la rappresentazione che scaturisce da una elaborazione di dati acquisiti esclusivamente in superficie sarà sempre una rappresentazione schematica ed indicativa.

OPERAZIONI DI CAMPAGNA

L'area d'indagine è stata esplorata (nel complesso delle fasi d'acquisizione) mediante l'esecuzione di 12 profili sismici, nominati rispettivamente PR1, PR2, PR3...PR12, la cui disposizione è osservabile in Tavola 00. Ogni profilo eseguito, le cui caratteristiche sono riportate nella tabella di pagina 1 e 2, ha una distanza intergeofonica pari a 5 metri.(ved. Tavola n.1).

Le quote delle sezioni sismiche e degli elaborati derivanti da esse sono state fornite direttamente dalla committenza ed ottenute mediante lettura GPS di alta precisione e riferiti al livello del mare.

RISULTATI OTTENUTI

Nelle tavole 1-12 vengono riportate, per ogni profilo eseguito, le tomografie sismiche ad onde P ed SH e la rispettiva sezione interpretativa.

Ogni tomografia evidenzia variazioni delle velocità nel sottosuolo mediante variazioni cromatiche rappresentate da una apposita scala di colori che, nel caso delle onde P, va da tonalità blu scuro per le basse velocità, a colorazioni azzurro, e rosso, bianco per velocità più alte. Nel caso specifico si è adottata una scala che comprende i valori da 0 a 2500 m/sec per le onde P e da 0 a 500 m/sec per le onde SH.

Per la ricostruzione litostratigrafica è stata utilizzata la modellizzazione sismica tomografica del sottosuolo delle onde P sintetizzabile in termini litologici in tre principali sismostrati:

- PRIMO SISMOSTRATO (VP inferiore a 800 m/sec) – I terreni attribuibili a questo strato sono riconducibili a suolo e depositi appartenenti alla coltre di copertura, ai quali compete uno scarso grado di compattezza. Il loro spessore arriva ad un massimo di circa 10 metri in prossimità dei geofoni 8-10 del PR-1, attestandosi comunque in genere ad un valore medio di circa 5 metri. In molti casi questo sismostrato è ben correlabile con quello delle relative onde SH avente VSH inferiore a 300 m/sec.
- SISMOSTRATO INTERMEDIO (VP compresa tra 800 e 1400-1600 m/sec) - Questo sismostrato può essere attribuito alla porzione più superficiale del substrato in condizioni di marcata alterazione. Internamente a questo sismostrato si rinvenivano zone caratterizzate da aumenti della velocità, alle quali sono state associate livelli e lenti a maggior grado di compattezza. Va inoltre

sottolineato che con la profondità le velocità sismiche tendono ad aumentare in modo regolare.

- SUBSTRATO SISMICO – (VP superiore a 1600-1800 m/sec) – La discontinuità sismica individuata da queste velocità può essere ragionevolmente attribuita a quella del substrato sismico, qui rappresentato dalle formazioni argilloso-sabbiose Plioceniche, alle quale può essere associato un elevato grado di compattezza.

La modellizzazione sismica tomografica del sottosuolo delle onde SH ha permesso di escludere la presenza di zone sature molto estese e la presenza di falde consistenti entro i potenziali acquiferi sabbiosi. Infatti le velocità Vp di 1600 m/sec (attribuite al substrato sismico) possono competere anche ad un terreno allentato, ma saturo. Le onde SH invece, come noto, non essendo influenzate dai liquidi, avrebbero indicato zone molto allentate, qualora invece che il substrato sismico fosse stata presente la suddetta condizione di terreno allentato e saturo. La velocità delle onde P in acqua, infatti è di 1500 m/sec, di poco inferiore a quella della formazione compatta presente nell'area indagata.

La sintesi planimetrica delle elaborazioni tomografiche delle onde P ed SH è riportata nelle tavole 13-14-15 dove sono riportate delle mappe di isovalori dei parametri Vp e VSH relative ai seguenti sismostrati:

-TAVOLA 13: ISOPACHE DELLO STRATO SUPERFICIALE AREATO (con VP<800 m/sec). In questa mappa si riportano gli spessori del primo sismostrato attribuibile a terreni di copertura areati scarsamente compatti. L'andamento degli spessori è evidenziato da linee isopache che delimitano zone a cui è associata una scala cromatica che va da colorazioni blu per minimi spessori a rosso-viola per quelli massimi. Questa visualizzazione permette di individuare più chiaramente le zone di massimo ispessimento delle

coperture, evidenziando massimi valori nella zona a monte del versante ed in particolare nella parte iniziale del PR1.

- TAVOLA 14: ISOIPSE DELLA BASE DELLO STRATO SUPERFICIALE AREATO (con $VP < 800$ m/sec). L'andamento della base delle coperture superficiali è stato qui evidenziato mediante linee isoipse con valori in metri slm al fine di correlarlo con la morfologia di superficie del versante di indagine. Questa ricostruzione, anch'essa visualizzata da isolinee e scala cromatica, evidenzia un sostanziale accordo tra la morfologia di superficie e quella della base dei terreni areati di copertura del primo sismostrato, assegnando di fatto in generale la stessa pendenza tra la discontinuità sismica e quella del versante in superficie.

- TAVOLA 15: ISOPACHE DELLO STRATO SUPERFICIALE AREATO CARATTERIZZATO DA $VSH < 300$ M/SEC. Questa mappa evidenzia, nello stesso modo della Tav.13, l'andamento lungo il versante degli spessori del primo sismostrato (strato superficiale areato) ottenuto dall'elaborazione tomografica delle onde SH considerando la discontinuità con $VSH > 300$ m/sec. Questa mappa concorda in parte con la mappa delle isopache di Tavola 13, evidenziando stesse zone di massimo relativo degli spessori (zona compresa tra PR6-7 e PR10-11, tra PR12 e PR11,). Sono evidenti anche zone dove le due mappe non concordano nell'andamento relativo degli spessori, in particolare nelle zone tra i PR8 e PR9 (dove la Tavola 13 mostra dei minimi di spessori, mentre Tavola 15 massimi ispessimenti). Questa discordanza è da attribuire probabilmente alla differente propagazione delle onde P e delle onde SH che si verifica in zone in cui è presente una litologia pressochè omogenea rispetto a contesti più eterogenei. È il caso ad esempio, riconducibile alla situazione verificatasi tra i PR-8 e PR-9, di litologie prevalentemente argillose che sono caratterizzate da Vp elevate e VSH più basse, con un rapporto VP/VSH in questo caso sempre maggiore di 3. Nell'interpretazione stratigrafica quindi la linea di isovelocità $VSH > 300$ m/sec è da riferire al substrato si-

smico e non tanto allo strato superficiale areato con V_p di 800 m/sec. Situazione analoga ma invertita è presente all'estremo ovest del versante indagato (PR-1). Qui il pogetto presente, costituito prevalentemente da materiali sabbiosi, in base alle onde P risulta discretamente allentato, mentre in base alla SH appare più compatto.

- TAVOLA 16: MAPPA DELLE ZONE DI MASSIMO ISPESSIMENTO DELLO STRATO SUPERFICIALE AREATO. A sintesi delle considerazioni e degli elaborati suddetti in questa tavola sono riportate le zone di massimo ispessimento dello strato superficiale areato prevalentemente sabbioso delineate essenzialmente dalla Tavola 13, considerando l'isolinea $V_p = 800$ m/sec come l'interfaccia più attendibile tra suolo e terreni areati (primo sismostrato) con coperture più compatte (sismostrato intermedio). Le zone di ispessimento relative alla tavola 15 ($V_{SH} = 300$ m/sec) non sono state inserite in questa mappa in quanto possono rappresentare una condizione di allentamento congenito caratteristico della formazione più argillosa, generalmente stratificata con livelletti sabbiosi e locali livelli torbosi, tali da conferire all'insieme una bassa rigidità. A questa caratteristica infatti è ben correlata la velocità delle onde SH.

CONSIDERAZIONI FINALI

In funzione degli scopi prefissati con l'indagine geofisica ed dei risultati ottenuti dall'elaborazione e dall'interpretazione dei dati, è stato possibile delineare con discreto dettaglio lungo tutto il versante gli spessori della porzione di terreno superficiale allentata dalla naturale decompressione ed alterazione superficiale. È stato possibile inoltre delineare l'andamento in profondità della formazione in situ compatta (substrato sismico) ed evidenziare una fascia intermedia di terreni di copertura caratterizzati da discreto grado di compattezza localmente con lenti e livelli più compatti.