

# **REGIONE PIEMONTE**

## **PROVINCIA DI VERCELLI**

### **COMUNE DI LOZZOLO**

#### **CONCESSIONE MINERARIA DENOMINATA " COCCOLA - ROLLEJA "**

PER CAOLINO - ARGILLE PER PORCELLANA E TERRAGLIA  
FORTE - TERRE REFRATTARIE CON GRADO DI REFRATTARIETA'  
SUPERIORE A 1630 °C ED ASSOCIATI

CONCESSIONARIO:

**REFRATTARI MOTTA S.r.l.**

Via Roma n. 53  
13060 LOZZOLO VC

ADEMPIMENTI

**VARIANTE CON AMPLIAMENTO DELLA COLTIVAZIONE MINERARIA  
E RIDUZIONE DELLA SUPERFICIE DELLA CONCESSIONE MINERARIA  
RELATIVA ALLA MINIERA " COCCOLA - ROLLEJA "**

**L.R. 40/98 art.12**

**RD -1443/1027**

ELABORATO

**G.a**

**INTEGRAZIONI ALLA  
RELAZIONE GEOTECNICA**



APRILE 2014

REFRATTARI MOTTA S.r.l.

Dott. Geol.  
BOCCA PIER CARLO

Aggiornamento ed integrazioni alla relazione  
geologica redatta nel 2006 a supporto del rinnovo della  
concessione mineraria a firma congiunta con il Dott.  
Geol. Roberto GAMBA

## **INDICE**

### **INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOTECNICA**

- 1. RISPOSTA AL PUNTO B4 DELLA NOTA TECNICA REGIONALE.....pag. 1**
- 2. RISPOSTA AL PUNTO B5 DELLA NOTA TECNICA REGIONALE.....pag. 7**
- 3. RISPOSTA AL PUNTO B5 DELLA NOTA TECNICA REGIONALE.  
VERIFICA DI STABILITA' SU ALTRO FRONTE DI MINIERA.....pag. 17**

### **INTEGRAZIONI ALLA RELAZIONE GEOTECNICA**

In fase di valutazione della procedura di V.I.A. relativa al progetto "Variante con ampliamento della coltivazione mineraria e riduzione della superficie della Concessione Mineraria denominata Coccola-Rolleja, per caolino, terre con grado di refrattarietà superiore a 1630°C, argille per porcellane e terraglia forte, sita nel territorio del Comune di Lozzolo (VC), presentato dalla Soc. Refrattari Motta s.r.l, ai sensi della Legge Regionale 14 dicembre 1998 n. 40 e s.m.i, la Regione Piemonte, con nota del 9 aprile 2014 del Settore Programmazione e Monitoraggio Attività Estrattive [prot. 4239/DB1613] ha richiesto integrazioni che, per la parte geologica e geotecnica di competenza dello scrivente sono riportate sottosteso prospetto relativamente ai punti b1 - b4 e b5.

#### **A) Integrazioni sulla coltivazione mineraria e recupero ambientale**

- b 1) la verifica di stabilità generale effettuata lungo la sezione 2-2 sul fronte di scavo, dovrà essere effettuata anche in corso d'opera; inoltre è necessaria una ulteriore verifica su un altro fronte della miniera ritenuto significativo;
- b 2) in merito al progetto di regimazione delle acque, oggetto della precedente autorizzazione, ne deve essere dichiarata la rispondenza con lo stato attuale ;
- b 3) fornire considerazioni in merito al dimensionamento delle vasche di decantazione previste ed indicate nelle tavole n. 12 e 13;
- b 4) nel rispetto del D.M. 14/01/2008, per la definizione dei parametri geotecnici utilizzati per le verifiche di stabilità è opportuno corredare l'indagine con una prova in situ;
- b 5) effettuare le verifiche di stabilità dei fronti di miniera con la coesione pari a zero anche per l'unità litostratigrafica 2 in analogia con i parametri geotecnici dell'unità litostratigrafica 1, specificando se sono condotte in condizioni sature o insature.

### **1) RISPOSTA AL PUNTO B 4) DELLA NOTA TECNICA REGIONALE**

#### **Parametri geotecnici.**

Nella relazione geologico-tecnica redatta nel novembre 2013, alla quale si rimanda, i dati di caratterizzazione geotecnica del terreno sono stati così definiti:

1) unità litostratigrafica corrispondente al substrato cristallino alterato-argillificato formante l'ossatura geologica dell'area.

Per la definizione dei parametri geotecnici si è fatto ricorso a prove in sito mediante il martello di Schmidt modello L17 "Swiss hammer" specifico per misure su roccia. Sugli affioramenti

del substrato roccioso mineralogicamente alterato sono state eseguite, secondo le raccomandazioni ISRM, prove di rimbalzo con serie di dieci battute cadauna scartando i cinque valori più bassi ed eseguendo la media sui restanti valori. La media individua un indice di rimbalzo R pari a 15 che è possibile correlare, su apposito abaco, con la resistenza alla compressione uniassiale; con martello inclinato di 45° si è correlata una resistenza a compressione uniassiale con valore minimo di 25 MPa pari a 255 Kg/cmq.

Con riferimento alla classificazione semiquantitativa di Bieniawski, l'ammasso roccioso debole è caratterizzato da angolo di attrito  $F_{hi}$  tra 20- e 30 gradi e coesione  $C < 0,1$  Kg/cmq.

A valori del tutto simili si è pervenuti applicando il criterio di rottura semiempirico di Hoek e Brown (1980-1997), secondo il quale il comportamento di un ammasso roccioso concettualmente viene assimilato a quello di un provino sottoposto a prova di compressione triassiale (1997). Su tali basi, per regressione lineare mediante apposito codice di calcolo (Roclab - Roscience), è possibile valutare i parametri medi di resistenza al taglio di Mohor - Coulomb ottenendo un valore della coesione pari a 0.36 MPa pari a 3.60 Kg/cm<sup>2</sup> e un angolo di attrito di 16,97 gradi (posto a 17 gradi). Il peso di volume è posto a 2.1 t/mc.

## 2) Unità litostratigrafica di superficie 1. Terreni di copertura

Nella relazione geologica tecnica del novembre 2013 i valori caratteristici di resistenza utilizzati per la verifica di stabilità delle scarpate corrispondono a:

peso di volume: 1,75 t/m<sup>3</sup>

angolo di attrito: 35°

coesione: 0,15 kg/cm<sup>2</sup> (0,014 MPa - pseudo coesione d'ammasso dovuta alla alta percentuale di materiale fine coesivo). Nelle verifiche di stabilità la coesione è nulla in quanto le operazioni di scavo alterano e modificano le naturali condizioni geotecniche. Il peso di volume è stimato dalle prove sismiche a rifrazione

## 3) Nuovi dati

Con riferimento ai dati della letteratura geologica, per le argille di Lozzolo si riportano le analisi granulometriche di laboratorio rappresentative dei terreni della copertura eseguite per vagliatura meccanica e per sedimentazione [Bottino G. "Studio geologico e mineralogico delle argille di Lozzolo (Biellese)"- Rendiconti S.I.M.P. - 4. 1973]

In fig. 1 è riportato l'insieme delle curve granulometriche rappresentative dei terreni di copertura.

primo gruppo: sedimenti ben assortiti, con classi granulometriche ben rappresentate. Corrispondono all'oggettiva distribuzione dei materiali dei fronti di cava oggetto di indagine.

curva 1= ghiaia 48%, sabbia 20%, limo+argilla 32% A2 AASHTO; GM-GP USBR

curva 2 = ghiaia 14%, sabbia 43%, limo+argilla 43% A4 " SW "

curva 3= ghiaia 23%, sabbia 43%, limo+argilla 32% A2 " SP-SM "

secondo gruppo. Campioni rappresentativi di terreni fini, con percentuali di sabbie e limi piuttosto scarse ed elevate percentuali della componente argillosa. Si riferiscono a terreni poco rappresentativi nell'area di indagine

curva 4= ghiaia 1%, sabbia 13%, limo 18%, argilla 68% gruppo A4 AASHTO  
gruppo CL-ML

curva 5= ghiaia 2%, sabbia 23%, limo 20%, argilla 55% gruppo A4 " "  
CL-ML

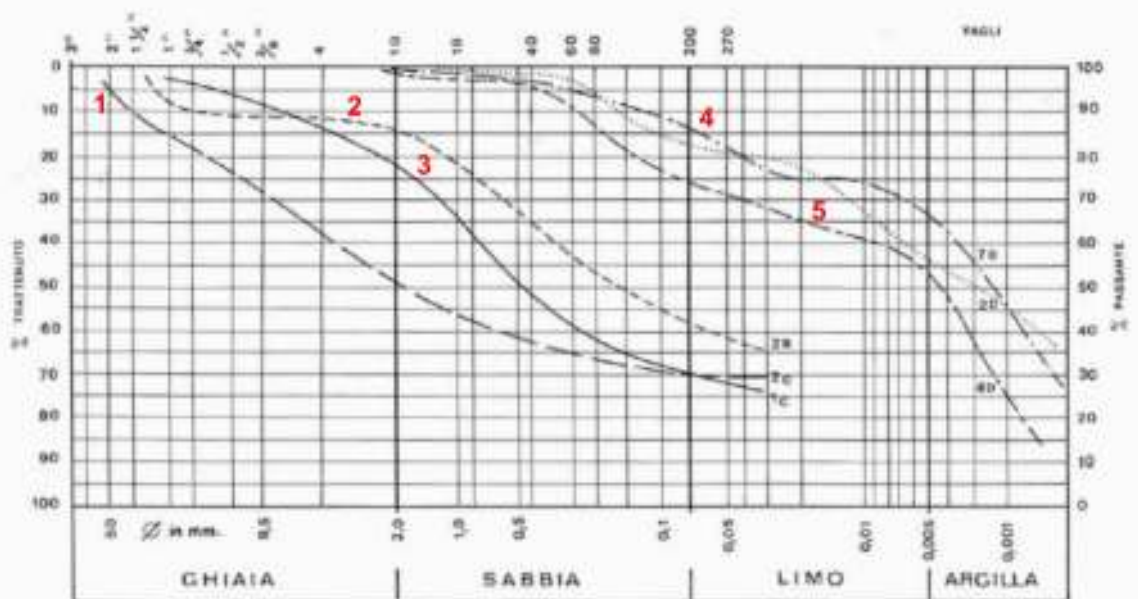


Fig.1 Curve granulometriche riprese da Bottino G.

Correlazione con parametri geotecnici.

Con riferimento al diagramma del NAVFAC Manual (fig. 3) si correla la classificazione USBR dei terreni allo stato di addensamento, al peso di volume e all'angolo di attrito interno  $F_{hi}$ . Per i gruppi GM-GP, considerando uno stato di addensamento medio-alto (DR75%), si correla un angolo di attrito pari a 38 gradi ed un peso di volume di 1.85 t/mc. Per i terreni dei gruppi SW-SM-SP si correla un valore medio di 35 gradi ed un peso di volume di 1.70 t/mc.

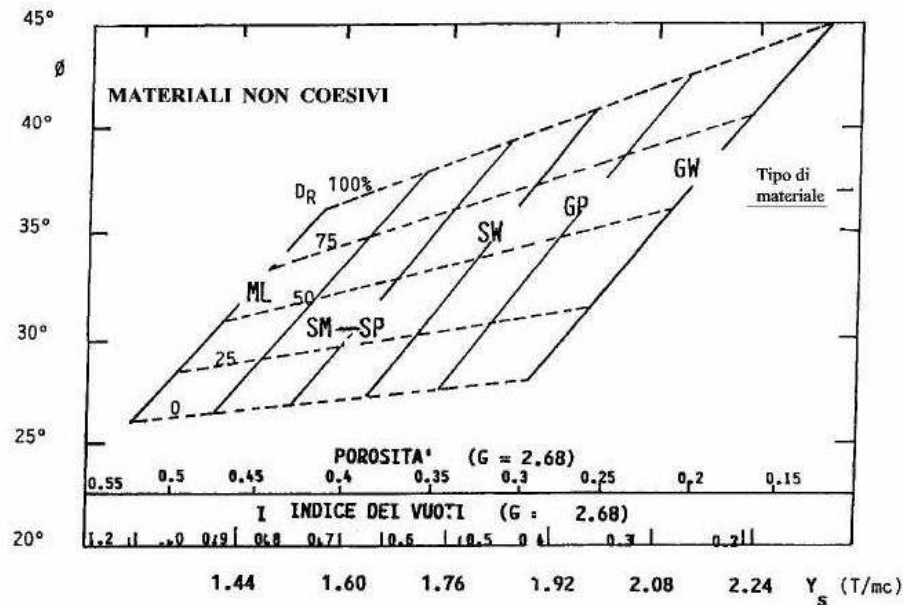
Pertanto, i valori di riferimento per i terreni del complesso sedimentario superiore definiti nella relazione geologico-tecnica del novembre 2013 risultano confermati.

PRINCIPALI SUDDIVISIONI		SIMBOLO LETTERA	DENOMINAZIONE
TERRE A GRANA GROSSA	GHIAIE E TERRE GHIAIOSE	GW	Ghiaie a granulometria ben assortita o miscele di ghiaia e sabbia, con frazione fine scarsa o assente
		GP	Ghiaie a granulometria poco assortita o miscele di ghiaia e sabbia, con frazione fine scarsa o assente
		GM	Ghiaie limose, miscele di ghiaia, sabbia e limo
		GC	Ghiaie argillose, miscele di ghiaia, sabbia e argille
	SABBIA E TERRE SABBIOSE	SW	Sabbie a granulometria ben assortita o sabbie ghiaiose con frazione fine scarsa o assente
		SP	Sabbie a granulometria poco assortita o sabbie ghiaiose con frazione fine scarsa o assente
		SM	Sabbie limose, miscele di sabbia e limo
		SC	Sabbie argillose, miscele di sabbia e argilla
TERRE A GRANA FINE	LIMI E ARGILLE $w_L < 50$	ML	Limi inorganici e sabbie molto fini, sabbie fini limose o argillose o limi argillosi leggermente plastici
		CL	Argille inorganiche con plasticità da bassa a media, argille ghiaiose, argille sabbiose, argille limose
		OL	Limi organici e argille limose organiche a bassa plasticità
	LIMI E ARGILLE $w_L > 50$	MH	Limi organici, terreni limosi o finemente sabbiosi, micacei o diatomacei, limi
		CH	Argille inorganiche di alta plasticità
		OH	Argille organiche di media ed alta plasticità, limi organici
TERRE FORTEMENTE ORGANICHE		Pt	Torba ed altre terre altamente organiche

Fig.2 Classificazione USBR dei terreni a grana grosso e USCS a grana fine.

Dalla Tesi di Laurea del Dott. Roberto Gamba - Studio geologico della successione villafranchiana presso Lozzolo (Vc) finalizzato all'attività estrattiva (Istituto di Geologia dell'Università di Torino - A.A. 2002) sono disponibili numerose prove granulometriche relative ai terreni della copertura sedimentaria, ma non sono rappresentative in quanto le analisi sono state condotte solo sulle frazioni fini superiori a 63 micron previa separazione delle frazioni più grossolane (sabbie grossolane e ghiaie). Dall'interpretazione dei dati raccolti viene evidenziata la sensibile percentuale di frazione sabbiosa presente in quasi tutti i campioni nonostante, in letteratura, queste materie prime sono conosciute con il nome di "Argille di Gattinara".

## NAVFAC MANUAL - 1971



## VALORI DI FHI PER VARI TIPO DI TERRENO (Navfac Manual 1971)

**ML** - limi inorganici, sabbie limose molto fini

**SM** - sabbie limose

**SP** - sabbie, sabbie ghiaiose con granulometria uniforme

**SW** - sabbie a granulometria mista, sabbia ghiaiosa

**GP** - ghiaia a granulometria uniforme

**GW** - ghiaia a granulometria mista, misto ghiaia e sabbia

Fig3. Abaco del NAVFAC Manual per terreni incoerenti. Correlazione con parametri indice



## **2) RISPOSTA AL PUNTO B5 DELLA NOTA TECNICA REGIONALE**

Rispetto alla precedente verifica riportata nella relazione geologico-tecnica del novembre 2013, ferma restando immutata la geometria del sistema analizzato, è stata apportata la modifica alle condizioni geotecniche considerando che anche il terreno profondo (secondo strato) abbia caratteri di coesione simili al terreno superficiale del primo strato, ossia zero.

In ossequio al modello geologico del sottosuolo desunto sulla base dei dati dei sondaggi geognostici e delle ripetute misure effettuate sui due piezometri installati al loro interno, che escludono la presenza di corpi idrici, la verifica di stabilità, come per la precedente del novembre 2013, è stata condotta in condizione drenata, ossia in assenza di un battente idrico. Risulta pertanto che le analisi di stabilità eseguite sono a lungo termine dal momento che in tale caso le sovrappressioni risultano annullate e le pressioni interstiziali sono tornate all'equilibrio.

E' utile ricordare che la messe di dati della bibliografia di settore indica che non esiste una dimostrazione teorica del fatto che il metodo dell'equilibrio limite porta a soluzioni corrette; tuttavia l'esperienza ha dimostrato che tale metodo fornisce soluzioni che concordano abbastanza bene con le osservazioni dirette di collasso dei versanti naturali ed artificiali (Atkinson, 1993). Per tale ragione, le verifiche di stabilità condotte con il metodo dell'equilibrio limite sono comunemente accettate come un metodo di calcolo "affidabile" nell'ambito dell'ingegneria geotecnica e della geologia applicata.

## **VERIFICHE DI STABILITÀ GENERALE CON COESIONE ASSENTE SU ENTRAMBI GLI STRATI**

### **Metodo equilibrio limite (LEM)**

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio ( $\tau$ ) e confrontate con la resistenza disponibile ( $\tau_f$ ), valutata secondo il criterio di rottura di *Coulomb*, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza  $F = \tau_f / \tau$ .

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (*Culman*), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (*Fellenius, Bishop, Janbu ecc.*).

**Metodo di BISHOP (1955)**

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali.

Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

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

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

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

**VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA**

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

**Calcolo coefficienti sismici**

Le **NTC 2008** calcolano i coefficienti  $K_0$  e  $K_v$  in dipendenza di vari fattori:

$$K_0 = \beta_s \times (a_{\max} / g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_0$$

Con

$\beta_s$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

$a_{\max}$  accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  accelerazione di gravità.

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

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

$S_S$  (effetto di amplificazione stratigrafica):  $0.90 \leq S_S \leq 1.80$ ; è funzione di  $F_0$  (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria

di suolo (A, B, C, D, E).

$S_T$  (effetto di amplificazione topografica).

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

$$T1(S_T = 1.0) \quad T2(S_T = 1.20) \quad T3(S_T = 1.20) \quad T4(S_T = 1.40).$$

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

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

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

Con l'**OPCM 3274** e successive modifiche, i coefficienti sismici orizzontale  $K_0$  e verticale  $K_v$  che interessano tutte le masse vengono calcolati come:

$$K_0 = S \cdot (a_g/g) \quad K_v = 0.5 \cdot K_0$$

S: fattore dipendente dal tipo di suolo secondo lo schema:

tipo A -  $S=1$ ;

**tipo B -  $S=1.25$  coefficiente riduttivo per la classe di suolo determinata con prova MASW**

tipo C -  $S=1.25$ ;

tipo E -  $S=1.25$ ;

tipo D -  $S=1.35$ .



In presenza di sisma su ogni singolo concio si applica una forza orizzontale di modulo uguale a  $F_h = K_x W$  ed una forza verticale di modulo pari a  $F_v = K_y W$ ,  $W$  Peso del concio.

<b>Descrizione</b> Descrizione lavori REFRAATTARI MOTTA Verifica di stabilità con coesione assente per entrambi gli strati Definizione dei parametri sismici Il Progettista Data: giovedì 20 marzo 2014		<b>Azione sismica</b> Descrizione: NTC 2008: [A2+M2+R2] Normativa: NTC 2008 Calcolo coefficienti sismici Accelerazione massima ( $a_{max}/g$ ): 0.0621 Coefficiente azione sismica orizzontale <b>Kh</b> : 0.01 Coefficiente azione sismica verticale <b>Kv</b> : 0.005 <input type="checkbox"/> Incremento delle pressioni neutre Intensità di Arias <b>Ia</b> : 0 m/s Intensità degli incroci con l'asse dei tempi accelerogramma Durata accelerogramma Trifunac (1975) <b>Td</b> : 0 ▶	
<b>Dati generali</b> Pendii in terra / Pendii in roccia: Pendii in terra Coefficiente di sicurezza <b>[R2]</b> : 1.1 Passo ricerca fattore di sicurezza (10): 10 Numero di concii (4-50): 10 Profondità BedRock (m): 4		Tangente angolo di resistenza al taglio: 1.25 Coesione efficace: 1.25 Coesione non drenata: 1.4 <input checked="" type="checkbox"/> Utilizzare questi coefficienti per ridurre la resistenza del materiale	

Fig. 4 . Dati sismici definiti dal programma di calcolo per: classe sismica. Il Comune di Lozzolo ricade in 4 classe. Dalla località: dipende dalle coordinate riferiti ai vertici della rete sismica.

## Ricerca della superficie di scorrimento critica

### Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

Numero di strati	2.0
Numero dei concii	10.0
Coefficiente di sicurezza [R2]	1.1

### Superficie di forma circolare

### Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore $x_i$	176.61 m
Ordinata vertice sinistro inferiore $y_i$	360.51 m
Ascissa vertice destro superiore $x_s$	194.92 m
Ordinata vertice destro superiore $y_s$	372.17 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	25.0
Numero di celle lungo y	25.0

<b>Coefficiente azione sismica orizzontale <math>K_h</math></b>	<b>0.01</b>
<b>Coefficiente azione sismica verticale <math>K_v</math></b>	<b>0.005</b>
(Vedi dati di ingresso di figura 4)	

**Vertici profilo**

N	X m	y m
1	50.0	330.0
2	125.0	330.0
3	127.0	332.0
4	131.0	332.0
5	133.0	334.0
6	164.42	334.0
7	166.42	336.0
8	170.42	336.0
9	172.42	338.0
10	176.42	338.0
11	178.42	340.0
12	182.42	340.0
13	184.42	342.0
14	188.42	342.0
15	190.42	344.0
16	194.42	344.0
17	196.42	346.0
18	200.42	346.0
19	202.42	348.0
20	206.42	348.0
21	208.11	349.69
22	234.73	348.0
23	241.26	346.0

**Vertici strato .....1**

N	X m	y m
1	50.0	320.0
2	111.83	322.7
3	119.29	326.03
4	126.73	329.2
5	130.76	331.95
6	137.32	334.0
7	164.42	334.0
8	166.42	336.0
9	170.42	336.0
10	172.42	338.0
11	176.42	338.0
12	178.42	340.0
13	203.26	339.97
14	234.09	338.02
15	241.26	336.0

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici.**

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
<input checked="" type="checkbox"/> Utilizzare questi coefficienti per ridurre la resistenza del materiale	

**Inserimento della coesione = 0 per il secondo strato (vulcaniti permiane)**  
**Stratigrafia**

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

Strato	c (kN/m <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (kN/m <sup>3</sup> )	Gs (kN/m <sup>3</sup> )	K (Kg/cm <sup>3</sup> )	Litologia
1	0	35	17.5	17.5	0.00	
2	0	35	21.0	21.0	0.00	

**Carichi distribuiti**

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kN/m <sup>2</sup> )
1	196.42	346	200.42	346	50
2	202.42	348	206.42	348	50

**Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]**

Fs minimo individuato	1.20
Fs massimo individuato	2.15
Ascissa centro superficie	186.86 m
Ordinata centro superficie	360.51 m
Raggio superficie	18.28 m

**Numero di superfici esaminate....(1301)**

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	176.6	360.5	22.7	1.72
1301	194.9	372.2	29.9	2.15

**Commento ai risultati**

Rispetto alla precedente verifica di stabilità del novembre 2013, ferma restando la medesima geometria del pendio analizzato, il valore del coefficiente di sicurezza minimo rimane immutato, pari a 1.19775 (1.2) in quanto rappresentativa di una superficie di scivolamento che

interessa esclusivamente l'unità litostratigrafica 1 (copertura sedimentaria).

I valori massimi del coefficiente di sicurezza, corrispondenti a superfici di scivolamento estese più in profondità e che interessano il complesso litostratigrafico 2 (vulcaniti permiane) risultano, per l'annullamento della coesione, significativamente ridotti, con un  $F_s$  massimo pari a 2.15. Nel complesso delle superfici analizzate la stabilità dei fronti di scavo è confermata anche in condizione di coesione nulla per entrambe le unità litotecniche. Va ricordato che con l'introduzione dei coefficienti sismici nel calcolo di verifica, il valore dell'angolo di attrito risulta ridotto di un valore pari a 1.25.

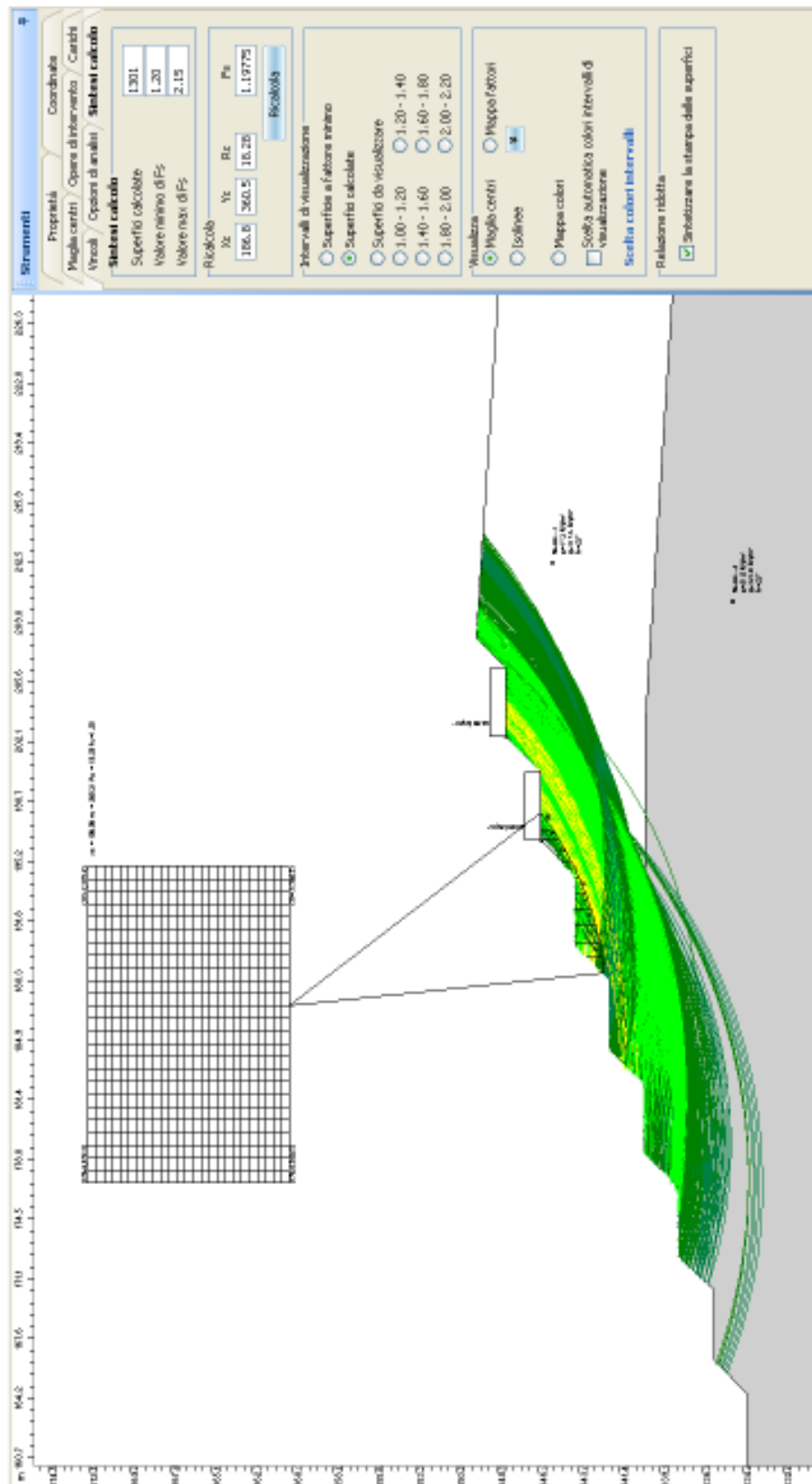


Fig. 5. Geometria del sistema analizzato- In evidenza la superficie di scivolamento critica con  $F_s$  pari

REFRATTARI MOTTA S.R.L. \* "PROGETTO DI VARIANTE CON AMPLIAMENTO DELLA  
COLTIVAZIONE MINERARIA E RIDUZIONE DELLA SUPERFICIE DELLA CONCESSIONE MINARARIA  
COCCOLA-ROLLEJA SITA IN COMUNE DI LOZZOLO VC \* APRILE 2014.



a 1,19775

Riferimento alla verifica di stabilità del novembre 2013.

In sede di prima riunione della conferenza dei servizi è stato richiesto un chiarimento circa la verifica di stabilità relativamente alla coesione di 359,9 KN/mq del secondo strato corrispondente ai terreni del complesso delle vulcaniti premiane. Tale valore, evidenziato nel tabulato di calcolo alla casella stratigrafica, è correlato al valore di 0,360 MPa ricavato dal programma di calcolo RocData che, tra i valori di ingresso, necessita anche della resistenza uniaassiale, nello specifico stimata in base ai valori di rimbalzo dello sclerometro da roccia. Il valore di 359,9 KN/mq è desunto dalla tabella di conversione di seguito riportata.

Valore di partenza 0,360 MPa; valore convertito per i dati di input della verifica di stabilità pari 359,9 KN/m<sup>2</sup>; valore della coesione riferita a Kg/cmq = 3,6. Vedere le tabelle di conversione riportate in fig. 7

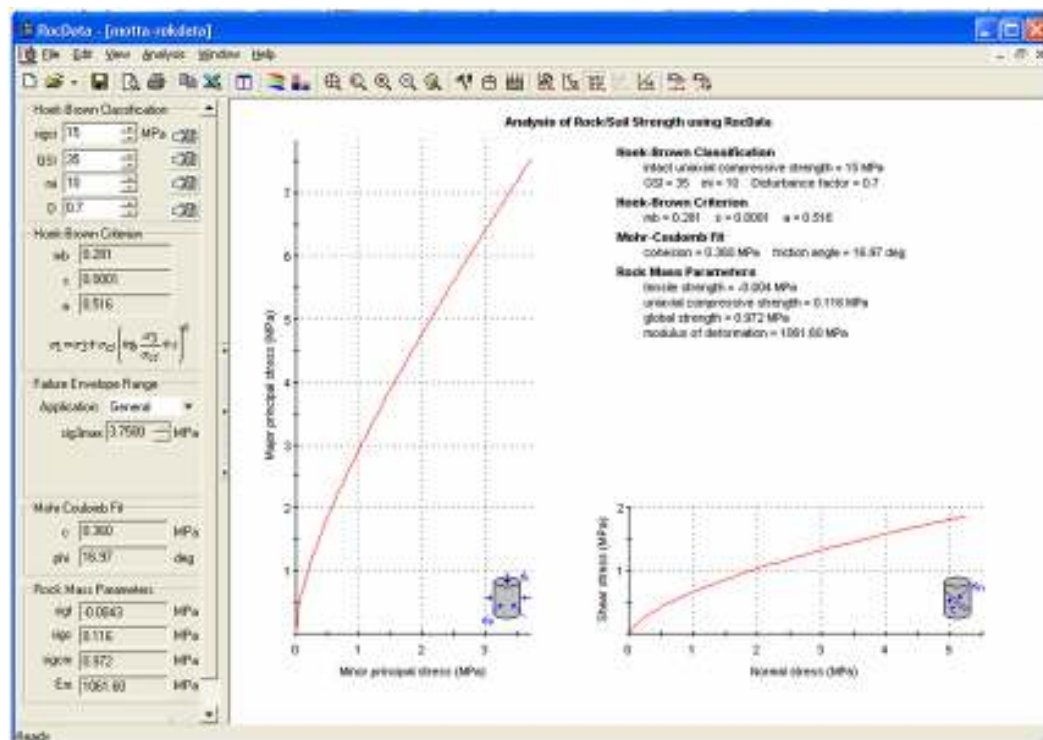


Fig. 6. Definizione dei parametri geotecnici del substrato roccioso secondo il metodo di Hoek e Bray



Fig. 7. Tabelle di conversione unità di misura secondo il sistema internazionale.

### **3 ) RISPOSTA AL PUNTO B1 DELLA NOTA TECNICA REGIONALE. VERIFICA DI STABILITÀ SU ALTRO FRONTE DI MINIERA RITENUTO SIGNIFICATIVO.**

#### Verifica su nuovo fronte sezione 1-1.

La geometria del sistema analizzato corrisponde alla porzione topograficamente più elevata ed estesa del fronte di cava che si verrà a realizzare al termine della fase di coltivazione decennale; tale sezione ingloba il maggior numero di gradonature. L'unità litostratigrafica corrisponde esclusivamente alle vulcaniti permiane mineralogicamente e chimicamente alterate. Per vincolo di calcolo del programma di stabilità è stato necessario definire due strati; la coesione, come richiesto, è stata posta a zero per entrambi gli strati (in ossequio al punto B4 della Nota Tecnica Regionale) e l'unica variabile è stata il peso di volume che è stato incrementato in profondità, così come si evidenzia nella specifica tabella descrittiva della stratigrafia. Considerato lo sviluppo longitudinale del fronte di scavo, sono stati introdotti tre carichi uniformemente distribuiti di 0.5 Kg/cmq su tre distinte berme, corrispondenti alla eventuale contemporanea presenza di macchine operatrici di cantiere. La verifica è stata condotta in condizione sismica introducendo i fattori correttivi che riducono il valore dell'angolo di attrito interno impostato a 35 gradi (Fattore riduttivo pari a 1.25 = valore ridotto a 26, 25 gradi) che rende ampiamente cautelativi i valori dei coefficienti di sicurezza. I risultati della verifica sviluppata su una maglia rettangolare composta da 221 vertici individuano un coefficiente di sicurezza FS minimo di 1,38 e massimo di 1,90. La superficie di scivolamento con FS minimo ingloba i tre carichi uniformemente distribuiti.

## **RELAZIONE DI CALCOLO**

### ***Metodo di BISHOP (1955)***

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali.

Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

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

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

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

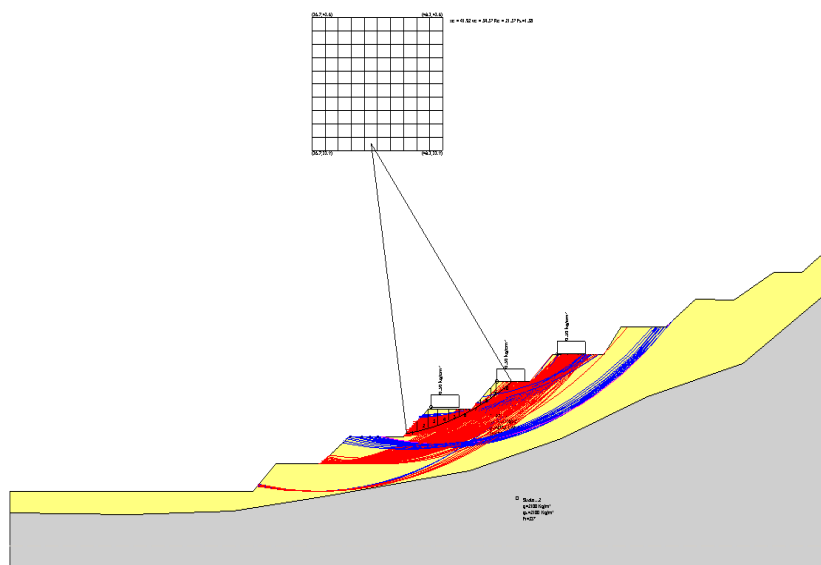


Fig. 8. Geometria del sistema analizzato. Sezione I-I - Il cerchio evidenziato corrisponde alla superficie di scorrimento critica con FS minimo pari a 1.38. Rispetto alla sezione originaria riportata negli elaborati progettuali l'immagine è automaticamente ribaltata dal programma di verifica.

### **Ricerca della superficie di scorrimento critica**

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

### **Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP**

Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Coefficiente di sicurezza [R2]	1.0
<b>Superficie di forma circolare</b>	

**Maglia dei Centri**

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	36.72 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	33.88 m
Ascissa vertice destro superiore xs	48.27 m
Ordinata vertice destro superiore ys	43.61 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0
Coefficiente azione sismica orizzontale	0.01
Coefficiente azione sismica verticale	0.005

**Vertici profilo**

N	X m	y m
1	10.0	9.0
2	31.5	9.0
3	33.5	11.0
4	37.5	11.0
5	40.0	13.0
6	44.8	13.0
7	47.0	15.0
8	50.8	15.0
9	53.0	17.0
10	56.0	17.0
11	58.0	19.0
12	62.5	19.0
13	64.0	21.0
14	68.0	21.0
15	70.6	23.04
16	74.0	23.0
17	77.5	25.0
18	80.0	25.0
19	82.5	26.8

**Vertici strato .....1**

N	X m	y m
1	10.0	7.45
2	20.66	7.31
3	29.73	7.58
4	37.63	8.62
5	50.62	10.51
6	58.72	12.86
7	66.36	15.93
8	74.78	18.35
9	82.5	23.71

**Stratigrafia**

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

Strato	c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fi (°)	G (Kg/m <sup>3</sup> )	Gs (Kg/m <sup>3</sup> )	K (Kg/cm <sup>3</sup> )	Litologia	
--------	----------------------------	-----------	---------------------------	----------------------------	----------------------------	-----------	--

1	0	35	1750	2100	0.00		
2	0	35	2100	2100	0.00		

**Carichi distribuiti**

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm²)
1	47.23	15.14	49.73	15.14	0.5
2	53.04	17.03	55.54	17.03	0.5
3	58.39	19.05	60.89	19.05	0.5

**Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]**

<b>Fs minimo individuato</b>	<b>1.38</b>
Fs massimo individuato	1.90
Ascissa centro superficie	41.92 m
Ordinata centro superficie	34.37 m
Raggio superficie	21.37 m

**Numero di superfici esaminate....(221)**

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	36.7	33.9	22.9	1.42
2	37.3	34.4	23.4	1.51
3	37.9	33.9	22.9	1.59
4	38.5	34.4	23.4	1.48
5	39.0	33.9	22.9	1.49
6	39.6	34.4	23.4	1.50
7	40.2	33.9	22.9	1.50
8	40.8	34.4	21.4	1.46
9	41.3	33.9	20.9	1.56
10	41.9	34.4	21.4	1.38
11	42.5	33.9	22.9	1.56
12	43.1	34.4	21.4	1.42
13	43.7	33.9	20.9	1.49
14	44.2	34.4	21.2	1.48
15	44.8	33.9	20.6	1.50
16	45.4	34.4	20.9	1.54
17	46.0	33.9	20.3	1.56
18	46.5	34.4	20.5	1.59
19	47.1	33.9	19.9	1.62
20	47.7	34.4	20.2	1.67
21	48.3	33.9	19.6	1.72
22	36.7	34.9	23.9	1.44
23	37.3	35.3	26.3	1.67
24	37.9	34.9	23.9	1.48
25	38.5	35.3	24.3	1.47
26	39.0	34.9	23.9	1.49
27	39.6	35.3	24.3	1.49
28	40.2	34.9	23.9	1.53
29	40.8	35.3	22.3	1.53
30	41.3	34.9	23.9	1.55

31	41.9	35.3	22.3	1.39
32	42.5	34.9	21.9	1.40
33	43.1	35.3	24.3	1.57
34	43.7	34.9	21.8	1.47
35	44.2	35.3	22.1	1.49
36	44.8	34.9	21.5	1.51
37	45.4	35.3	21.7	1.55
38	46.0	34.9	21.1	1.56
39	46.5	35.3	21.4	1.60
40	47.1	34.9	20.8	1.63
41	47.7	35.3	21.1	1.68
42	48.3	34.9	20.5	1.76
43	36.7	35.8	24.8	1.49
44	37.3	36.3	25.3	1.48
45	37.9	35.8	24.8	1.46
46	38.5	36.3	25.3	1.48
47	39.0	35.8	24.8	1.49
48	39.6	36.3	25.3	1.53
49	40.2	35.8	24.8	1.55
50	40.8	36.3	25.3	1.53
51	41.3	35.8	24.8	1.53
52	41.9	36.3	25.3	1.53
53	42.5	35.8	24.8	1.54
54	43.1	36.3	23.2	1.52
55	43.7	35.8	22.6	1.47
56	44.2	36.3	22.9	1.50
57	44.8	35.8	22.3	1.52
58	45.4	36.3	22.6	1.55
59	46.0	35.8	22.0	1.57
60	46.5	36.3	22.3	1.61
61	47.1	35.8	21.7	1.64
62	47.7	36.3	21.9	1.73
63	48.3	35.8	21.3	1.80
64	36.7	36.8	25.8	1.54
65	37.3	37.3	28.3	1.62
66	37.9	36.8	25.8	1.46
67	38.5	37.3	26.3	1.48
68	39.0	36.8	25.8	1.48
69	39.6	37.3	26.3	1.52
70	40.2	36.8	23.8	1.51
71	40.8	37.3	26.3	1.52
72	41.3	36.8	23.8	1.40
73	41.9	37.3	24.3	1.42
74	42.5	36.8	23.8	1.45
75	43.1	37.3	24.1	1.46
76	43.7	36.8	23.5	1.48
77	44.2	37.3	23.8	1.51
78	44.8	36.8	23.2	1.53
79	45.4	37.3	23.4	1.56
80	46.0	36.8	22.9	1.58
81	46.5	37.3	23.1	1.63
82	47.1	36.8	22.5	1.65
83	47.7	37.3	22.8	1.77
84	48.3	36.8	24.6	1.84
85	36.7	37.8	28.8	1.63
86	37.3	38.3	27.3	1.46

87	37.9	37.8	26.8	1.46
88	38.5	38.3	27.3	1.48
89	39.0	37.8	26.8	1.52
90	39.6	38.3	27.3	1.51
91	40.2	37.8	26.8	1.51
92	40.8	38.3	27.3	1.51
93	41.3	37.8	24.8	1.41
94	41.9	38.3	25.3	1.44
95	42.5	37.8	24.7	1.50
96	43.1	38.3	25.0	1.47
97	43.7	37.8	24.4	1.49
98	44.2	38.3	24.6	1.53
99	44.8	37.8	24.0	1.54
100	45.4	38.3	24.3	1.57
101	46.0	37.8	23.7	1.60
102	46.5	38.3	24.0	1.65
103	47.1	37.8	23.4	1.69
104	47.7	38.3	26.1	1.78
105	48.3	37.8	25.5	1.85
106	36.7	38.7	27.7	1.45
107	37.3	39.2	28.2	1.46
108	37.9	38.7	27.7	1.47
109	38.5	39.2	28.2	1.50
110	39.0	38.7	27.7	1.51
111	39.6	39.2	28.2	1.50
112	40.2	38.7	27.7	1.50
113	40.8	39.2	26.2	1.42
114	41.3	38.7	25.7	1.43
115	41.9	39.2	26.1	1.48
116	42.5	38.7	25.5	1.54
117	43.1	39.2	25.8	1.49
118	43.7	38.7	25.2	1.51
119	44.2	39.2	25.5	1.54
120	44.8	38.7	24.9	1.55
121	45.4	39.2	25.2	1.59
122	46.0	38.7	24.6	1.61
123	46.5	39.2	24.8	1.66
124	47.1	38.7	24.2	1.73
125	47.7	39.2	26.9	1.81
126	48.3	38.7	26.4	1.85
127	36.7	39.7	28.7	1.45
128	37.3	40.2	31.2	1.61
129	37.9	39.7	28.7	1.47
130	38.5	40.2	29.2	1.49
131	39.0	39.7	28.7	1.49
132	39.6	40.2	29.2	1.49
133	40.2	39.7	28.7	1.50
134	40.8	40.2	27.2	1.43
135	41.3	39.7	26.7	1.45
136	41.9	40.2	27.0	1.52
137	42.5	39.7	26.4	1.58
138	43.1	40.2	26.7	1.50
139	43.7	39.7	26.1	1.52
140	44.2	40.2	26.3	1.55
141	44.8	39.7	25.8	1.56
142	45.4	40.2	26.0	1.61



143	46.0	39.7	25.4	1.64
144	46.5	40.2	25.7	1.70
145	47.1	39.7	27.5	1.75
146	47.7	40.2	27.8	1.83
147	48.3	39.7	27.3	1.90
148	36.7	40.7	29.7	1.45
149	37.3	41.2	32.2	1.60
150	37.9	40.7	29.7	1.49
151	38.5	41.2	30.2	1.48
152	39.0	40.7	29.7	1.49
153	39.6	41.2	30.2	1.49
154	40.2	40.7	29.7	1.49
155	40.8	41.2	28.2	1.45
156	41.3	40.7	27.6	1.48
157	41.9	41.2	27.9	1.56
158	42.5	40.7	27.3	1.62
159	43.1	41.2	27.5	1.52
160	43.7	40.7	26.9	1.53
161	44.2	41.2	27.2	1.56
162	44.8	40.7	26.6	1.58
163	45.4	41.2	26.9	1.63
164	46.0	40.7	26.3	1.66
165	46.5	41.2	26.6	1.74
166	47.1	40.7	28.4	1.76
167	47.7	41.2	28.7	1.89
168	48.3	40.7	25.6	1.55
169	36.7	41.7	32.7	1.59
170	37.3	42.1	33.1	1.59
171	37.9	41.7	30.7	1.48
172	38.5	42.1	31.1	1.48
173	39.0	41.7	30.7	1.48
174	39.6	42.1	31.1	1.48
175	40.2	41.7	30.7	1.49
176	40.8	42.1	29.0	1.48
177	41.3	41.7	28.5	1.51
178	41.9	42.1	28.7	1.60
179	42.5	41.7	28.1	1.51
180	43.1	42.1	28.4	1.53
181	43.7	41.7	27.8	1.55
182	44.2	42.1	28.1	1.58
183	44.8	41.7	27.5	1.60
184	45.4	42.1	27.7	1.65
185	46.0	41.7	27.1	1.67
186	46.5	42.1	29.8	1.75
187	47.1	41.7	29.3	1.79
188	47.7	42.1	27.1	1.53
189	48.3	41.7	26.5	1.59
190	36.7	42.6	31.6	1.46
191	37.3	43.1	32.1	1.51
192	37.9	42.6	31.6	1.47
193	38.5	43.1	32.1	1.47
194	39.0	42.6	31.6	1.48
195	39.6	43.1	32.1	1.48
196	40.2	42.6	31.6	1.50
197	40.8	43.1	29.9	1.52
198	41.3	42.6	29.3	1.54

199	41.9	43.1	31.7	1.59
200	42.5	42.6	29.0	1.52
201	43.1	43.1	29.3	1.55
202	43.7	42.6	28.7	1.56
203	44.2	43.1	28.9	1.60
204	44.8	42.6	28.3	1.62
205	45.4	43.1	31.0	1.76
206	46.0	42.6	30.4	1.76
207	46.5	43.1	30.7	1.74
208	47.1	42.6	30.2	1.86
209	47.7	43.1	27.9	1.57
210	48.3	42.6	27.3	1.64
211	36.7	43.6	32.6	1.46
212	37.9	43.6	32.6	1.47
213	39.0	43.6	32.6	1.47
214	40.2	43.6	32.5	1.53
215	41.3	43.6	30.2	1.58
216	42.5	43.6	29.8	1.54
217	43.7	43.6	29.5	1.58
218	44.8	43.6	31.5	1.75
219	46.0	43.6	31.3	1.76
220	47.1	43.6	28.5	1.51
221	48.3	43.6	27.9	1.66