

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:	PROGETTISTA:	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE
RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI	Prof. Ing. Marco PETRANGELI	Ing. Piergiorgio GRASSO
		Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche

PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE

VI05 – VIADOTTO dal km 20+474 al km 21+238: Viadotto Calore Torallo

Relazione di calcolo pulvini, ritegni e varchi

APPALTATORE	SCALA:
IMPRESA PIZZAROTTI & C. s.p.a. Dott. Ing. Sabino Del Balzo DIRETTORE TECNICO 24/02/2020	-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I	F	2	6	1	2	E	Z	Z	C	L	V	I	0	5	0	6	0	0	1	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	I. Lardani 	24/02/2020	G. Usai 	24/02/2020	P. Grasso 	24/02/2020	M. Petrangeli 24/02/2020

File: IF26.1.2.E.ZZ.CL.VI.05.0.6.001.A.docx

n. Elab.:

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione di calcolo pulvini, ritegni e varchi	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0506 001</td> <td>A</td> <td>2 di 21</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0506 001	A	2 di 21
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0506 001	A	2 di 21								

Indice

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
2.1	NORMATIVE.....	4
2.2	ELABORATI DI RIFERIMENTO	5
3	MATERIALI.....	6
3.1	CALCESTRUZZO PER ELEVAZIONI PILA E PULVINO	6
3.2	ACCIAIO PER BARRE DI ARMATURA.....	7
3.3	ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA.....	7
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	8
5	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA	9
6	ANALISI DEI CARICHI	10
6.1	IMPALCATI DA 25M IN C.A.P.	10
7	RITEGNI SISMICI.....	11
7.1	RITEGNI LONGITUDINALI IMPALCATI DA 25M.....	11
7.2	RITEGNI TRASVERSALI IMPALCATI DA 25M	12
8	ESCURSIONE LONGITUDINALE, GIUNTI E VARCHI	13
8.1	SPOSTAMENTO DOVUTO ALLA VARIAZIONE TERMICA UNIFORME	14
8.2	SPOSTAMENTO SISMICO IN TESTA PILA.....	16
8.3	SPOSTAMENTO DEL SUOLO.....	18
8.4	CALCOLO ESCURSIONE LONGITUDINALE, GIUNTI E VARCHI	20

1 PREMESSA

Nell'ambito dell'*Itinerario Napoli-Bari* si inserisce il *Raddoppio della Tratta Cancello – Benevento - 2° Lotto Funzionale Frasso Telesino - Vitulano* oggetto della Progettazione Esecutiva in esame.

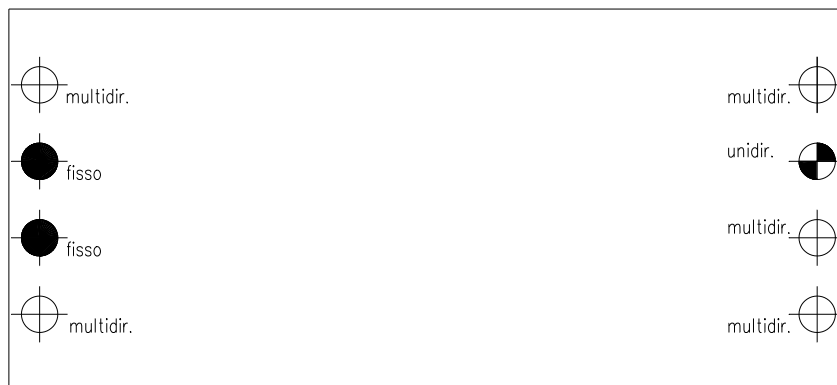
Oggetto della presente relazione è il dimensionamento del sistema di trasferimento dei carichi provenienti dagli impalcati ferroviari ai fusti delle pile: in particolare vengono verificati i ritegni sismici degli impalcati.

Vengono altresì determinate le entità delle escursioni totali degli appoggi e dei giunti, quella del varco da prevedere fra le testate di impalcati adiacenti, nonché i fine corsa sui ritegni sismici.

Le tipologie di impalcato presenti e considerate dunque per i successivi dimensionamenti sono le seguenti:

- impalcato da 25 m in c.a.p.;
- impalcato da 45 m misto acciaio-clc;
- impalcato da 65 m misto acciaio-clc.

Per tutte le tre tipologie di impalcato, costituite da 4 travi, la tipologia di vincolo è quella riportata nella figura seguente:



  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione di calcolo pulvini, ritegni e varchi	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0506 001</td> <td>A</td> <td>4 di 21</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0506 001	A	4 di 21
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0506 001	A	4 di 21								

2 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 NORMATIVE

Sono state prese a riferimento le seguenti Normative nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento:

- [1] *Ministero delle Infrastrutture, DM 14 gennaio 2008, «Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni»*
- [2] *Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP., «Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008»*
- [3] *Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 001 - Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario*
- [4] *Istruzione RFI DTC INC CS SP IFS 001 - Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie*
- [5] *Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 002 - Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria*
- [6] *Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 003 - Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari*
- [7] *Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 004 - Specifica per la progettazione e l'esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo*
- [8] *Istruzione RFI DTC INC PO SP IFS 005 - Specifica per il progetto, la produzione, il controllo della produzione e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti degli impalcati ferroviari e dei cavalcavia*
- [9] *Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture, Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento (UNI EN 1991-1-4)*
- [10] *Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione europea*

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione di calcolo pulvini, ritegni e varchi	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0506 001</td> <td>A</td> <td>5 di 21</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0506 001	A	5 di 21
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0506 001	A	5 di 21								

2.2 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Vengono presi a riferimento tutti gli elaborati grafici progettuali di pertinenza.

3 MATERIALI

3.1 CALCESTRUZZO PER ELEVAZIONI PILA E PULVINO

Classe C32/40

$R_{ck} =$	40.00	MPa	Resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} = 0,83 R_{ck} =$	33.20	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	41.20	MPa	Valore medio resistenza cilindrica
$\alpha_{cc} =$	0.85		Coeff. rid. per carichi di lunga durata
$\gamma_M =$	1.50	-	Coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_M =$	18.81	MPa	Resistenza di progetto
$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{(2/3)} =$	3.10	MPa	Resistenza media a trazione semplice
$f_{ctm} = 1,2 f_{ctm} =$	3.72	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} = 0,7 f_{ctm} =$	2.17	MPa	Valore caratteristico resistenza a trazione (frattile 5%)
$\sigma_c = 0,55 f_{ck} =$	18.26	MPa	Tensione limite in esercizio in comb. Rara (rif. §1.8.3.2.1 [3])
$\sigma_c = 0,40 f_{ck} =$	13.28	MPa	Tensione limite in esercizio in comb. quasi perm. (rif. §1.8.3.2.1 [3])
$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{(0,3)} =$	33643.00	MPa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0.20		Coefficiente di Poisson
$G_c = E_{cm} / (2(1 + \nu)) =$	14018.00	MPa	Modulo elastico tangenziale di progetto
Condizioni ambientali =	Debolmente aggressive		
Classe di esposizione =	XC4		
$c =$	4.00	cm	Copriferro minimo
$w =$	0.20	mm	Apertura massima fessure in esercizio in comb. Rara (rif. §1.8.3.2.4 [3])

3.2 ACCIAIO PER BARRE DI ARMATURA

B450C

$f_{yk} \geq$	450.00	MPa	Tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	540.00	MPa	Tensione caratteristica di rottura
$(f_t / f_y)_{k \geq}$	1.15		
$(f_t / f_y)_{k <}$	1.35		
$\gamma_s =$	1.15	-	Coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s =$	391.30	MPa	Tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	210000.00	MPa	Modulo elastico di progetto
$\epsilon_{yd} =$	0.20	%	Deformazione di progetto a snervamento
$\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k$	7.50	%	Deformazione caratteristica ultima
$\sigma_s = 0,75 f_{yk} =$	337.50	MPa	Tensione in esercizio in comb. Rara (rif. §1.8.3.2.1 [3])

3.3 ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA

S355

$f_{yk} \geq$	355.00	MPa	Tensione caratteristica di snervamento ($t \leq 40\text{mm}$)
	335.00	MPa	Tensione caratteristica di snervamento ($t > 40\text{mm}$)
$f_{tk} \geq$	510.00	MPa	Tensione caratteristica di rottura ($t \leq 40\text{mm}$)
	470.00	MPa	Tensione caratteristica di rottura ($t > 40\text{mm}$)
$E_s =$	210000.00	MPa	Modulo elastico di progetto

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione di calcolo pulvini, ritegni e varchi	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0506 001</td> <td>A</td> <td>8 di 21</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0506 001	A	8 di 21
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0506 001	A	8 di 21								

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per la definizione della categoria di suolo delle opere appartenenti alla tratta in oggetto si rimanda all'elaborato progettuale "IF2612EZZCLVI0500001A - *Relazione Geotecnica di calcolo delle fondazioni*".

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo pulvini, ritegni e varchi	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0506 001	REV. A	FOGLIO 9 di 21

5 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

Il Viadotto Calore Torallo_VI05, a doppio binario, si estende tra le progressive km 20+474,00 e km 21+238,50 della *Tratta Canello-Benevento – II° Lotto funzionale Frasso Telesino - Vitulano*, per uno sviluppo complessivo pari a 764.5 m in corrispondenza del *Fiume Calore*, ed è costituito da 25 campate isostatiche, di cui:

- n°22 campate di luce $L=25,00\text{m}$ (asse pila-asse pila): ciascun impalcato è costituito da n°4 travi a cassoncino in c.a.p. di luce di calcolo $L_c=22,80\text{m}$ disposte ad un interasse di 2,48m e collegate trasversalmente da n°4 trasversi in c.a.p. con cavi post-tesi. Completa l'impalcato una soletta in c.a. gettata in opera di larghezza complessiva pari a 13,70m.
- n°2 campate (tra le pile P5 e P6 e tra le pile P7 e P8) di luce $L=45,00\text{m}$ (asse pila-asse pila): l'impalcato è della tipologia a struttura mista acciaio-calcestruzzo con soletta collaborante in c.a. avente luce di calcolo $L_c=43,00\text{m}$ con una larghezza complessiva pari a 13,70m.
- n°1 campata (tra le pile P6 e P7) di luce $L=65,00\text{m}$ (asse pila-asse pila): l'impalcato è della tipologia a struttura mista acciaio-calcestruzzo con soletta collaborante in c.a. avente luce di calcolo $L_c=63,00\text{m}$ con una larghezza complessiva pari a 13,70m.

L'adozione di "campate speciali" (45,00m-65,00m-45,00m di cui sopra) per lo scavalco del Fiume Calore è stata dettata da motivazioni di carattere idraulico legate in primo luogo al rispetto di quanto prescritto dal DM 14 Gennaio 2008 [1] in termini di compatibilità idraulica (cfr. § 5.2.1.2 "...la luce minima tra pile contigue, misurata ortogonalmente al filone principale della corrente, non dovrà esser inferiore a 40metri..."), alla vicinanza del viadotto stradale esistente della S.S. Fondo Valle Isclero immediatamente più a valle, nonché dall'esigenza di garantire il rispetto dei franchi idraulici minimi sul livello di piena di progetto.

In corrispondenza dell'interferenza con la S.P.116 (ex S.S.265) è prevista la realizzazione di una struttura scatolare "a farfalla" (fra P20A e P20B) tale da compatibilizzare il progetto dell'infrastruttura ferroviaria con il mantenimento della sede attuale della S.P.116 (ex S.S.265) stessa. Tale struttura scatolare "a farfalla", in c.a. gettata in opera e con solettone di copertura realizzato con travi prefabbricate in c.a.o. solidarizzate in opera, presenta dei forni "ad arco" parallelamente alla sede stradale richiamando così, in diversa veste, il motivo caratterizzate di due opere ferroviarie del I° Lotto Funzionale della Tratta in oggetto.

Oggetto della presente relazione è il dimensionamento dei ritegni sismici degli impalcati.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo pulvini, ritegni e varchi	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0506 001	REV. A	FOGLIO 10 di 21

6 ANALISI DEI CARICHI

Per i calcoli riportati nei paragrafi successivi, relativamente ai ritegni trasversali e longitudinali, si fa riferimento al solo impalcato in c.a.p. da 25m.

I ritegni degli impalcati metallici da 45m e 65m sono realizzati mediante un elemento in carpenteria metallica collegato all'intradosso dell'impalcato stesso, che va in battuta sul pulvino.

6.1 IMPALCATI DA 25M IN C.A.P.

L'impalcato a singola campata isostatica, di luce pari a 25,00 m in asse ai giunti (22,80 m asse appoggi) è realizzato con 4 cassoncini accostati in c.a.p. e soletta gettata in opera. La lunghezza complessiva delle travi prefabbricate è pari a 24,30 m e la larghezza dell'impalcato è pari a 13,70 m.

Di seguito vengono riportate le azioni di progetto:

Massa impalcato = 13000 kN

$S_{d,max} (q=1) = 0.966 g$

$F_{htot} = 12560 kN$

$H_L = H_T = F_{htot}/2 = 6280 kN$

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo pulvini, ritegni e varchi	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0506 001	REV. A	FOGLIO 11 di 21

7 RITEGNI SISMICI

La verifica dei ritegni sismici longitudinali e trasversali viene eseguita con le massime azioni longitudinali e trasversali agenti su di essi riportate nel paragrafo precedente.

Il numero di ritegni sismici previsti su ciascuna pila o spalla è il seguente:

- ritegni sismici longitudinali: 2
- ritegni sismici trasversali: 2

I ritegni trasversali delle pile che portano gli impalcati da 25m sono realizzati con profili metallici inglobati nel calcestruzzo.

L'elemento resistente del ritegno è costituito da 4 profilati HEM240 su cui vengono saldati alle estremità 2 piatti saldati 2.2 x 540 mm.

7.1 RITEGNI LONGITUDINALI IMPALCATI DA 25M

Le massime sollecitazioni sugli elementi costituenti il ritegno sismico longitudinale si determinano sulla base dei massimi valori delle forze trasmesse dall'impalcato e dell'altezza del punto di applicazione della forza dall'incastro dell'elemento metallico sul pulvino.

La massima azione longitudinale trasmessa dall'impalcato al ritegno sismico è pari a:

$$H_L = 6279 \text{ kN}$$

Il punto di applicazione ha una distanza pari a 0.325 m dall'incastro, ne consegue che alla base dell'elemento metallico si avranno le seguenti sollecitazioni:

$$V_{Ed} = 6279 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 2041 \text{ kNm}$$

Trascurando a favore di sicurezza il contributo del calcestruzzo, l'elemento resistente del ritegno ha le seguenti caratteristiche:

$$A_{sw} = 5 \cdot 60 \text{ cm}^2 + 2 \cdot 2.2 \text{ cm} \cdot 27 \text{ cm} = 419 \text{ cm}^2$$

$$W_{pl} = 5 \cdot 2117 \text{ cm}^3 + 2 \cdot 2.2 \text{ cm} \cdot (27 \text{ cm})^2 / 4 = 11387 \text{ cm}^3$$

$$W_{pl \text{ anime}} = 5 \cdot (60 \text{ cm}^2)^2 / (4 \cdot 1.8 \text{ cm}) + 2 \cdot 2.2 \text{ cm} \cdot (27 \text{ cm})^2 / 4 = 3302 \text{ cm}^3$$

Da cui si determinano i seguenti valori resistenti:

$$V_{Rd} = A_{sw} \cdot f_{yk} / (\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}) = 8175 \text{ kN}$$

$$> V_{Ed} = 6279 \text{ kN}$$

$$M_{Rd} = (W_{pl} - W_{pl \text{ anime}} \cdot \rho) \cdot f_{yk} / \gamma_{M0} = 3529 \text{ kNm}$$

$$> M_{Ed} = 2041 \text{ kNm}$$

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo pulvini, ritegni e varchi	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0506 001	REV. A	FOGLIO 12 di 21

Con:

$$f_{yk} = 355 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} = 1.05$$

$$\rho = (2 \cdot V_{Ed} / V_{Rd} - 1)^2 = (2 \cdot 6280 \text{ kN} / 8175 \text{ kN} - 1)^2 = 0.29$$

Le verifiche risultano dunque soddisfatte.

7.2 RITEGNI TRASVERSALI IMPALCATI DA 25M

Le massime sollecitazioni sugli elementi costituenti il ritegno sismico trasversale si determinano sulla base dei massimi valori delle forze trasmesse dall'impalcato e dell'altezza del punto di applicazione della forza dall'incastro dell'elemento metallico sul pulvino.

La massima azione longitudinale trasmessa dall'impalcato al ritegno sismico è pari a:

$$H_T = 6279 \text{ kN}$$

Il punto di applicazione ha una distanza pari a 0.325 m dall'incastro, ne consegue che alla base dell'elemento metallico si avranno le seguenti sollecitazioni:

$$V_{Ed} = 6279 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 2041 \text{ kNm}$$

Trascurando a favore di sicurezza il contributo del calcestruzzo, l'elemento resistente del ritegno ha le seguenti caratteristiche:

$$A_{sw} = 4 \cdot 60 \text{ cm}^2 + 2 \cdot 2.2 \text{ cm} \cdot 54 \text{ cm} = 478 \text{ cm}^2$$

$$W_{pl} = 4 \cdot 2117 \text{ cm}^3 + 2 \cdot 2.2 \text{ cm} \cdot (54 \text{ cm})^2 / 4 = 11676 \text{ cm}^3$$

$$W_{pl \text{ anime}} = 5 \cdot (60 \text{ cm}^2)^2 / (4 \cdot 1.8 \text{ cm}) + 2 \cdot 2.2 \text{ cm} \cdot (54 \text{ cm})^2 / 4 = 5708 \text{ cm}^3$$

Da cui si determinano i seguenti valori resistenti:

$$V_{Rd} = A_{sw} \cdot f_{yk} / (\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}) = \mathbf{9323 \text{ kN}}$$

$$> V_{Ed} = 6279 \text{ kN}$$

$$M_{Rd} = (W_{pl} - W_{pl \text{ anime}} \cdot \rho) \cdot f_{yk} / \gamma_{M0} = \mathbf{3715 \text{ kNm}}$$

$$> M_{Ed} = 2041 \text{ kNm}$$

Con:

$$f_{yk} = 355 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} = 1.05$$

$$\rho = (2 \cdot V_{Ed} / V_{Rd} - 1)^2 = (2 \cdot 6280 \text{ kN} / 9323 \text{ kN} - 1)^2 = 0.12$$

Le verifiche risultano dunque soddisfatte.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo pulvini, ritegni e varchi	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0506 001	REV. A	FOGLIO 13 di 21

8 ESCURSIONE LONGITUDINALE, GIUNTI E VARCHI

Le escursioni longitudinali che i vincoli mobili devono consentire, sono state determinate in accordo con quanto indicato nel §2.5.2.1.5 della specifica RFI per i ponti [3].

Per i ponti e viadotti costituiti da una serie di travi semplicemente appoggiate l'entità dell'escursione totale dei giunti e degli apparecchi d'appoggio viene valutato mediante la seguente relazione:

$$E_L = k_1 * (E_1 + E_2 + E_3) = k_1 * (2 \cdot D_t + 4 \cdot d_{Ed} \cdot k_2 + 2 \cdot d_{eg})$$

Dove:

E_1 = spostamento dovuto alla variazione termica uniforme;

E_2 = spostamento dovuto alla risposta della struttura all'azione sismica;

E_3 = spostamento dovuto all'azione sismica fra le fondazioni di strutture non collegate;

k_1 = 0,45 coefficiente che tiene conto della non contemporaneità dei valori massimi corrispondenti a ciascun evento singolo;

k_2 = 0,55 coefficiente legato alla probabilità di moto in controfase di due pile adiacenti;

d_{Ed} = è lo spostamento relativo totale tra le parti, pari allo spostamento d_E prodotto dall'azione sismica di progetto, calcolato come indicato nel §7.3.3.3 delle NTC2008 [1];

d_{eg} = è lo spostamento relativo tra le parti dovuto agli spostamenti relativi del terreno, da valutare secondo il §3.2.3.3 delle NTC2008 [1].

In ogni caso, dovrà risultare:

$$E_L \geq E_0 \quad \text{e} \quad E_L \geq E_i \quad \text{con } i = 1, 2, 3$$

dove:

E_0 = escursione valutata secondo i criteri validi nelle zone non sismiche;

E_i = il maggiore dei due termini indicati nella espressione precedente.

Nei casi in cui anche una sola delle due precedenti disuguaglianze non risultasse verificata, dovrà assumersi:

$$E_L = \max (E_0; E_i)$$

Per garantire un valore minimo di escursione, in funzione della sismicità del sito, il valore E_L dovrà essere assunto non minore di:

$$E_L \geq 3.3 * L/1000 + 0.1 \text{ m} \quad \text{e} \quad E_L \geq 0,15 \text{ m} \quad \text{per } ag(SLV) \geq 0.25 \text{ g}$$

$$E_L \geq 2.3 * L/1000 + 0.073 \text{ m} \quad \text{e} \quad E_L \geq 0,10 \text{ m} \quad \text{per } ag(SLV) < 0.25 \text{ g}$$

dove:

L = la lunghezza del ponte (m).

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo pulvini, ritegni e varchi	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0506 001	REV. A	FOGLIO 14 di 21

- a) La corsa degli apparecchi d'appoggio mobili deve essere non inferiore a

$$E_{Cmin} = \pm (E_L / 2 + E_L / 8)$$
 con un minimo di $\pm (E_L / 2 + 15 \text{ mm})$.
- b) Il giunto fra le testate di due travi adiacenti dovrà consentire una escursione totale pari a:

$$E_{Gmin} = \pm (E_L / 2 + 10 \text{ mm})$$
- c) Il varco da prevedere fra le testate degli impalcati adiacenti, a temperatura media ambiente, dovrà essere non inferiore a:

$$E_{Vmin} = E_L / 2 + 20 \text{ mm}$$
- d) Il ritegno sismico dovrà essere disposto ad una distanza, dal bordo della trave supportata dal vincolo mobile, pari a:

$$E_{Rmin} = V - 10 \text{ mm}$$

Di seguito vengono valutati preliminarmente i diversi contributi relativi alle diverse azioni (termica, sismica e moto delle fondazioni) e successivamente vengono riportati i calcoli delle diverse grandezze per ciascuna pila.

8.1 SPOSTAMENTO DOVUTO ALLA VARIAZIONE TERMICA UNIFORME

In accordo con quanto indicato nel §2.5.1.4.4.1 della specifica RFI per i ponti [3], la variazione termica per la quale si procede al calcolo della massima escursione è pari a:

$$DT = 1.50 * 15 \text{ °C} = \pm 22.5 \text{ °C}$$

Tipologico	L	αt	ϵ	D_t
	m	1/°C	-	mm
L=25 m A cassoncini in c.a.p.	25.00	1.00E-05	2.25E-04	5.63
L=45 m misto acc-cls	45.00	1.20E-05	2.70E-04	12.15
L=65 m misto acc-cls	65.00	1.20E-05	2.70E-04	17.55

Si ottiene di conseguenza:

$$E_1 = 2 * D_t$$

**ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE
PROGETTO ESECUTIVO**

Relazione di calcolo pulvini, ritegni e varchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0506 001	A	15 di 21

OPERA		IMP SX		IMP DX		IMP CON	Dt	E ₁
-	-	L	VINC	L	VINC	m	mm	mm
VI05	S01	-	-	25.00	F	-	-	0
VI05	P01	25.00	M	25.00	F	25.00	5.63	11.25
VI05	P02	25.00	M	25.00	F	25.00	5.63	11.25
VI05	P03	25.00	M	25.00	F	25.00	5.63	11.25
VI05	P04	25.00	M	25.00	F	25.00	5.63	11.25
VI05	P05	25.00	M	45.00	F	25.00	5.63	11.25
VI05	P06	45.00	M	65.00	F	45.00	12.15	24.30
VI05	P07	65.00	M	45.00	F	65.00	17.55	35.10
VI05	P08	45.00	M	25.00	F	45.00	12.15	24.30
VI05	P09	25.00	M	25.00	F	25.00	5.63	11.25
VI05	P10	25.00	M	25.00	F	25.00	5.63	11.25
VI05	P11	25.00	M	25.00	F	25.00	5.63	11.25
VI05	P12	25.00	M	25.00	F	25.00	5.63	11.25
VI05	P13	25.00	M	25.00	F	25.00	5.63	11.25
VI05	P14	25.00	M	25.00	F	25.00	5.63	11.25
VI05	P15	25.00	M	25.00	F	25.00	5.63	11.25
VI05	P16	25.00	M	25.00	F	25.00	5.63	11.25
VI05	P17	25.00	M	25.00	F	25.00	5.63	11.25
VI05	P18	25.00	M	25.00	F	25.00	5.63	11.25
VI05	P19	25.00	M	25.00	F	25.00	5.63	11.25
VI05	P20A	25.00	M	-	-	25.00	5.63	11.25
VI05	P20B	-	-	25.00	F	-	-	0
VI05	P21	25.00	M	25.00	F	25.00	5.63	11.25
VI05	P22	25.00	M	25.00	F	25.00	5.63	11.25
VI05	P23	25.00	M	25.00	F	25.00	5.63	11.25
VI05	P24	25.00	M	25.00	F	25.00	5.63	11.25
VI05	S02	25.00	M	-	-	25.00	5.63	11.25

8.2 SPOSTAMENTO SISMICO IN TESTA PILA

Lo spostamento sismico longitudinale si ottiene dal modello di calcolo agli elementi finiti delle pile. Il valore dello spostamento elastico si ottiene a partire dal valore di calcolo allo SLV (per $q=1.5$), moltiplicando quest'ultimo per il fattore μ_d .

Di seguito vengono ricapitolati i valori degli spostamenti ottenuti dal calcolo per ciascuna delle pile oggetto di dimensionamento. Per le restanti pile, si fa riferimento al calcolo eseguito per la pila tipologica di riferimento per il calcolo, secondo la tabella di seguito riportata:

Viadotto	Pila	H fusto	V_R	IMP SX - DX	PILA TIP. DI RIF.
-	-	m	anni	m - m	-
VI05	S01	-	-	-	-
VI05	P01	4.50	112.5	25-25	VI05-P01
VI05	P02	5.00	112.5	25-25	VI05-P02
VI05	P03	5.50	112.5	25-25	VI05-P02
VI05	P04	6.50	112.5	25-25	VI05-P04
VI05	P05	7.50	112.5	25-45	VI05-P08
VI05	P06	12.00	112.5	45-65	VI05-P07
VI05	P07	12.00	112.5	65-45	VI05-P07
VI05	P08	8.00	112.5	45-25	VI05-P08
VI05	P09	6.50	112.5	25-25	VI05-P04
VI05	P10	6.50	112.5	25-25	VI05-P04
VI05	P11	6.50	112.5	25-25	VI05-P04
VI05	P12	6.50	112.5	25-25	VI05-P04
VI05	P13	6.50	112.5	25-25	VI05-P04
VI05	P14	6.50	112.5	25-25	VI05-P04
VI05	P15	6.50	112.5	25-25	VI05-P04
VI05	P16	6.50	112.5	25-25	VI05-P04
VI05	P17	6.00	112.5	25-25	VI05-P04
VI05	P18	5.50	112.5	25-25	VI05-P02
VI05	P19	5.50	200	25-25	VI05-P19
VI05	P20A	-	-	-	-
VI05	P20B	-	-	-	-
VI05	P21	5.00	200	25-25	VI05-P19
VI05	P22	5.00	112.5	25-25	VI05-P02
VI05	P23	5.00	112.5	25-25	VI05-P02
VI05	P24	5.00	112.5	25-25	VI05-P02
VI05	S02	-	-	-	-

Relazione di calcolo pulvini, ritegni e varchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0506 001	A	17 di 21

OPERA		COORDINATE		PARAMETRI SISMICI				SPOSTAMENTO LONG.
		LONG.	LAT.	V _R	a _g	S	F ₀	d1, max sism.
		°	°	anni	g	-	-	mm
VI05	S01	14.4747	41.1884	112.5	0.266	1.324	2.353	-
VI05	P01	14.4747	41.1884	112.5	0.266	1.324	2.353	3.5
VI05	P02	14.4747	41.1884	112.5	0.266	1.324	2.353	5.8
VI05	P04	14.4747	41.1884	112.5	0.266	1.324	2.353	7.8
VI05	P07	14.4747	41.1884	112.5	0.266	1.324	2.353	8.3
VI05	P08	14.4747	41.1884	112.5	0.266	1.324	2.353	1.9
VI05	P19	14.4747	41.1884	200	0.331	1.228	2.381	6.7
VI05	P20A-P20B	14.4747	41.1884	200	0.331	1.228	2.381	-
VI05	S02	14.4747	41.1884	112.5	0.266	1.324	2.353	-

Si ottiene ($E_2 = 4 * d_{Ed} * k_2$):

OPERA		d1, sism	E ₂
		mm	mm
VI05	S01	-	0
VI05	P01	3.5	7.7
VI05	P02	5.8	12.76
VI05	P03	5.8	12.76
VI05	P04	7.8	17.16
VI05	P05	1.9	4.18
VI05	P06	8.3	18.26
VI05	P07	8.3	18.26
VI05	P08	1.9	4.18
VI05	P09	7.8	17.16
VI05	P10	7.8	17.16
VI05	P11	7.8	17.16
VI05	P12	7.8	17.16
VI05	P13	7.8	17.16
VI05	P14	7.8	17.16
VI05	P15	7.8	17.16
VI05	P16	7.8	17.16
VI05	P17	7.8	17.16
VI05	P18	5.8	12.76

OPERA		d1, sism	E ₂
		mm	mm
VI05	P19	6.7	14.74
VI05	P20A	-	0
VI05	P20B	-	0
VI05	P21	6.7	14.74
VI05	P22	5.8	12.76
VI05	P23	5.8	12.76
VI05	P24	5.8	12.76
VI05	S02	-	0

8.3 SPOSTAMENTO DEL SUOLO

Lo spostamento relativo tra le pile e spalle *deg* dovuto agli spostamenti relativi del terreno si determina in base alle indicazioni riportate nel §3.2.3.3 delle NTC2008 [1].

Il valore dello spostamento assoluto orizzontale del suolo in un punto si determina mediante la seguente espressione:

$$D_g = 0.025 \cdot a_g \cdot S \cdot T_c \cdot T_D$$

Lo spostamento massimo relativo tra due punti i e j, viene stimato:

$$d_{ij,max} = 1.25 \cdot \sqrt{(d_{gi}^2 + d_{gj}^2)}$$

Se i punti ricadono su sottosuolo dello stesso tipo lo spostamento relativo tra due punti a distanza *x* può essere stimato con le seguenti relazioni:

$$d_{ij}(x) = d_{ij,0} + (d_{ij,max} - d_{ij,0}) \cdot (1 - e^{-1,25(x/V_s)^{0,7}})$$

$$d_{ij,0} = 1.25 |d_{gi} - d_{gj}|$$

Di seguito vengono ricapitolati i valori degli spostamenti ottenuti dal calcolo per ciascuna delle pile oggetto di dimensionamento. Per le restanti pile, si rimanda alla pila tipologica di riferimento per il calcolo, secondo la tabella riportata nel §8.2.

OPERA		COORDINATE		PARAMETRI SISMICI				SPOST. PUNTO	
		LONG.	LAT.	V _R	a _g	S	T _c	T _D	d _{gi}
		°	°		g	-	s	s	mm
VI05	S01	14.4747	41.1884	112.5	0.266	1.324	0.587	2.664	135.1
VI05	P01	14.4747	41.1884	112.5	0.266	1.324	0.587	2.664	135.1
VI05	P02	14.4747	41.1884	112.5	0.266	1.324	0.587	2.664	135.1

Relazione di calcolo pulvini, ritegni e varchi

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0506 001	A	19 di 21

VI05	P04	14.4747	41.1884	112.5	0.266	1.324	0.587	2.664	135.1
VI05	P07	14.4747	41.1884	112.5	0.266	1.324	0.587	2.664	135.1
VI05	P08	14.4747	41.1884	112.5	0.266	1.324	0.587	2.664	135.1
VI05	P19	14.4747	41.1884	200	0.331	1.228	0.597	2.992	178.1
VI05	P20A-P20B	14.4747	41.1884	200	0.331	1.228	0.597	2.992	178.1
VI05	S02	14.4747	41.1884	112.5	0.266	1.324	0.587	2.664	135.1

Si ottiene:

$$E_3 = 2 * d_{eg}$$

OPERA			d _{gi}	d _{gj}	d _{ij,max}	d _{ij0}	d _{ij(x)}	E ₃
			mm	mm	mm	mm	mm	mm
VI05		S01	-	135.1	-	-	-	0.0
VI05	S01	P01	135.1	135.1	238.8	0.0	64.3	128.6
VI05	P01	P02	135.1	135.1	238.8	0.0	64.3	128.6
VI05	P02	P03	135.1	135.1	238.8	0.0	64.3	128.6
VI05	P03	P04	135.1	135.1	238.8	0.0	64.3	128.6
VI05	P04	P05	135.1	135.1	238.8	0.0	64.3	128.6
VI05	P05	P06	135.1	135.1	238.8	0.0	90.1	180.2
VI05	P06	P07	135.1	135.1	238.8	0.0	109.4	218.8
VI05	P07	P08	135.1	135.1	238.8	0.0	90.1	180.2
VI05	P08	P09	135.1	135.1	238.8	0.0	64.3	128.6
VI05	P09	P10	135.1	135.1	238.8	0.0	64.3	128.6
VI05	P10	P11	135.1	135.1	238.8	0.0	64.3	128.6
VI05	P11	P12	135.1	135.1	238.8	0.0	64.3	128.6
VI05	P12	P13	135.1	135.1	238.8	0.0	64.3	128.6
VI05	P13	P14	135.1	135.1	238.8	0.0	64.3	128.6
VI05	P14	P15	135.1	135.1	238.8	0.0	64.3	128.6
VI05	P15	P16	135.1	135.1	238.8	0.0	64.3	128.6
VI05	P16	P17	135.1	135.1	238.8	0.0	64.3	128.6
VI05	P17	P18	135.1	135.1	238.8	0.0	64.3	128.6
VI05	P18	P19	135.1	178.1	279.4	53.7	114.5	229.1
VI05	P19	P20A	178.1	178.1	314.8	0.0	84.8	169.6
VI05	P20A	P20B	178.1	178.1	314.8	0.0	0	0
VI05	P20B	P21	178.1	178.1	314.8	0.0	84.8	169.6
VI05	P21	P22	178.1	135.1	279.4	53.7	114.5	229.1
VI05	P22	P23	135.1	135.1	238.8	0.0	64.3	128.6
VI05	P23	P24	135.1	135.1	238.8	0.0	64.3	128.6
VI05	P24	S02	135.1	135.1	238.8	0.0	64.3	128.6

8.4 CALCOLO ESCURSIONE LONGITUDINALE, GIUNTI E VARCHI

Sulla base dei valori di E1, E2 ed E3 precedentemente calcolati, si determinano i seguenti parametri:

- escursione longitudinale E_L ;
- corsa degli apparecchi d'appoggio E_C ;
- escursione di giunti E_G ;
- ampiezza dei varchi E_V ;
- distanza minima ritegno sismico E_R .

OPERA		E_1	E_2	E_3	E_{L_c}	EL	a_g	$E_{L,min}$	$E_{L,min}$	$E_{L,min}$
					$k1*(E1+E2+E3)$	MAX (E1;E2;E3;EL_C)		EL > 3.3L/1000+0.1m	EL > 0.15m	
		mm	mm	mm	mm	mm	g	mm	mm	mm
VI05	S01	0	0	0	0	0	0.266	0	0	0.0
VI05	P01	11.25	7.7	128.6	66.4	128.6	0.266	182.5	150	182.5
VI05	P02	11.25	12.76	128.6	68.7	128.6	0.266	182.5	150	182.5
VI05	P03	11.25	12.76	128.6	68.7	128.6	0.266	182.5	150	182.5
VI05	P04	11.25	17.16	128.6	70.7	128.6	0.266	182.5	150	182.5
VI05	P05	11.25	4.18	128.6	64.8	128.6	0.266	182.5	150	182.5
VI05	P06	24.3	18.26	180.2	100.2	180.2	0.266	248.5	150	248.5
VI05	P07	35.1	18.26	218.8	122.5	218.8	0.266	314.5	150	314.5
VI05	P08	24.3	4.18	180.2	93.9	180.2	0.266	248.5	150	248.5
VI05	P09	11.25	17.16	128.6	70.7	128.6	0.266	182.5	150	182.5
VI05	P10	11.25	17.16	128.6	70.7	128.6	0.266	182.5	150	182.5
VI05	P11	11.25	17.16	128.6	70.7	128.6	0.266	182.5	150	182.5
VI05	P12	11.25	17.16	128.6	70.7	128.6	0.266	182.5	150	182.5
VI05	P13	11.25	17.16	128.6	70.7	128.6	0.266	182.5	150	182.5
VI05	P14	11.25	17.16	128.6	70.7	128.6	0.266	182.5	150	182.5
VI05	P15	11.25	17.16	128.6	70.7	128.6	0.266	182.5	150	182.5
VI05	P16	11.25	17.16	128.6	70.7	128.6	0.266	182.5	150	182.5
VI05	P17	11.25	17.16	128.6	70.7	128.6	0.266	182.5	150	182.5
VI05	P18	11.25	12.76	128.6	68.7	128.6	0.266	182.5	150	182.5
VI05	P19	11.25	14.74	229.1	114.8	229.1	0.331	182.5	150	229.1
VI05	P20A	11.25	0	169.6	81.4	169.6	0.331	182.5	150	182.5
VI05	P20B	0	0	0.0	0.0	0.0	0.331	0	0	0.0
VI05	P21	11.25	14.74	169.6	88.0	169.6	0.331	182.5	150	182.5
VI05	P22	11.25	12.76	229.1	113.9	229.1	0.266	182.5	150	229.1
VI05	P23	11.25	12.76	128.6	68.7	128.6	0.266	182.5	150	182.5
VI05	P24	11.25	12.76	128.6	68.7	128.6	0.266	182.5	150	182.5
VI05	S02	11.25	0	128.6	63.0	128.6	0.266	182.5	150	182.5

Si ottiene:

OPERA		EL	EC	EG	EVmin	ER	EV
-	-	mm	mm	mm	mm	mm	mm
VI05	S01	0	15	10	20	10	50
VI05	P01	183	114	101	111	101	120
VI05	P02	183	114	101	111	101	120
VI05	P03	183	114	101	111	101	120
VI05	P04	183	114	101	111	101	120
VI05	P05	183	114	101	111	101	120
VI05	P06	249	155	134	144	134	160
VI05	P07	315	197	167	177	167	200
VI05	P08	249	155	134	144	134	160
VI05	P09	183	114	101	111	101	120
VI05	P10	183	114	101	111	101	120
VI05	P11	183	114	101	111	101	120
VI05	P12	183	114	101	111	101	120
VI05	P13	183	114	101	111	101	120
VI05	P14	183	114	101	111	101	120
VI05	P15	183	114	101	111	101	120
VI05	P16	183	114	101	111	101	120
VI05	P17	183	114	101	111	101	120
VI05	P18	183	114	101	111	101	120
VI05	P19	229	143	125	135	125	150
VI05	P20A	183	114	101	111	101	120
VI05	P20B	0	15	10	20	10	50
VI05	P21	183	114	101	111	101	120
VI05	P22	229	143	125	135	125	150
VI05	P23	183	114	101	111	101	120
VI05	P24	183	114	101	111	101	120
VI05	S02	183	114	101	111	101	120