

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. L. LACOPPO

Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche

PROGETTO ESECUTIVO

**ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
3° SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO**

RELAZIONE

FABBRICATI

FA13 – AREA DI SOCCORSO al km 43+050 (imbocco GALLERIA NATURALE ROVENTA lato Frasso)

ELABORATI STRUTTURALI

BASAMENTO ANTENNA GSM

APPALTATORE		SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO 		-

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

IF2R 32 E ZZ CL FA1300 003 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE	F. De Santis	29/06/21	D. Maturi	30/06/21	M. Nuti	30/06/21	IL PROGETTISTA Cucino	

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO
Dott. Ing. PAOLO CUCINO
ISCRIZIONE ALBO N° 2216
01/07/21

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A	FOGLIO 2 di 38

1	GENERALITA'	4
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA	4
1.2	UNITA' DI MISURA	5
2	NORMATIVA	6
3	MATERIALI	7
3.1	DURABILITA' DELLE OPERE IN CLS ARMATO	7
3.2	CARATTERISTICHE MECCANICHE	8
3.3	PROVE SUI MATERIALI	9
4	CARATTERIZZAZIONE E CRITERI DI PROGETTAZIONE GEOTECNICA ...	10
4.1	STRATIGRAFIA IN PROSSIMITA' DELL'OPERA	10
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	11
5.1	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO	12
5.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITA' SISMICA	12
5.3	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CATEGORIA TOPOGRAFICA	15
6	ANALISI DEI CARICHI	16
6.1	PESO PROPRIO STRUTTURE	16
6.1.1	<i>Palo porta antenne</i>	16
6.2	AZIONE DEL VENTO	17
6.3	AZIONE SISMICA	19
7	METODO DI PROGETTAZIONE	21
7.1	COMBINAZIONE DELLE AZIONI	22

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A	FOGLIO 3 di 38

8	VERIFICHE GEOTECNICHE	23
8.1	CRITERI DI VERIFICA	23
8.2	AZIONI ALLA BASE DEL PALO	24
8.3	CARICO LIMITE FONDAZIONE TERRENO	24
8.4	SCORRIMENTO SUL PIANO DI POSA	31
8.5	RIBALTAMENTO.....	32
9	VERIFICHE STRUTTURALI.....	33
9.1	CRITERI DI VERIFICA.....	33
9.1.1	<i>Stati limite ultimi.....</i>	<i>33</i>
9.1.2	<i>Stati limite di esercizio.....</i>	<i>33</i>
9.2	BASAMENTO	34
9.2.1	VERIFICHE DI RESISTENZA	36

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A	FOGLIO 4 di 38

1 GENERALITA'

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo del Raddoppio dell'Itinerario Ferroviario Napoli-Bari nella Tratta Canello–Benevento/ 2° Lotto Funzionale Frasso Telesino – Vitulano.

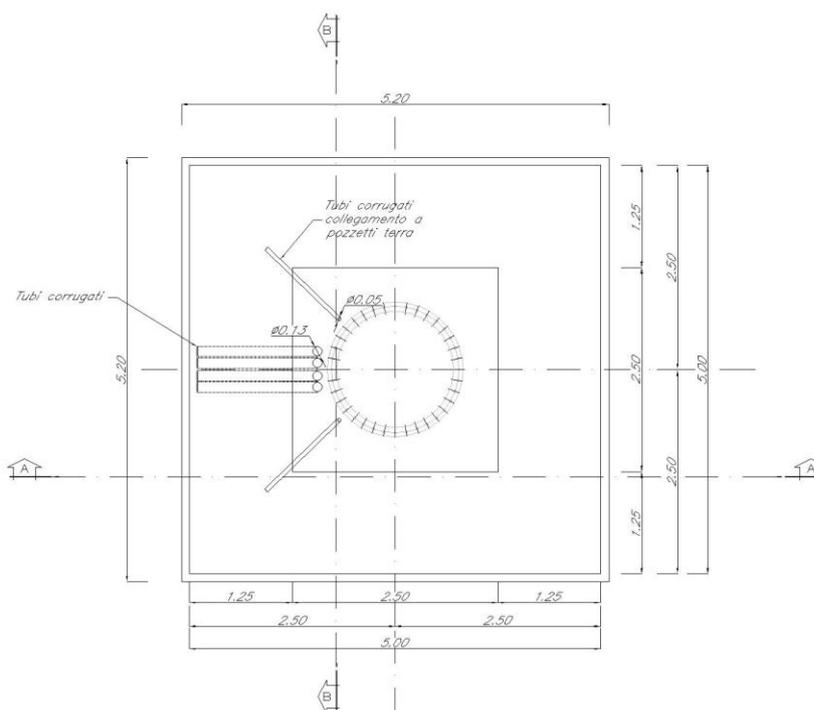
Le analisi e verifiche nel seguito esposte fanno in particolare riferimento al basamento in c.a. per antenna GSM previsto in corrispondenza dell' AREA DI SOCCORSO al km 43+050 (imbocco GALLERIA NATURALE ROVENTA lato Frasso).

1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

I pali in acciaio utilizzati per il sostegno dell'antenna GSM sono collegati alla base su un plinto di fondazione c.a. composto da un basamento avente pianta 5.0m x 5.0m con spessore 0.80m e un baggiolo a pianta quadrata di lato 2.5m e altezza 1.5m posto in posizione centrata.

Il plinto è disposto con il piano d'estradosso a +0.05m dal piano di calpestio.

Il basamento è gettato su uno strato di cls magro avente spessore 0.1m.



APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A	FOGLIO 5 di 38

Figura 1: Pianta carpenteria

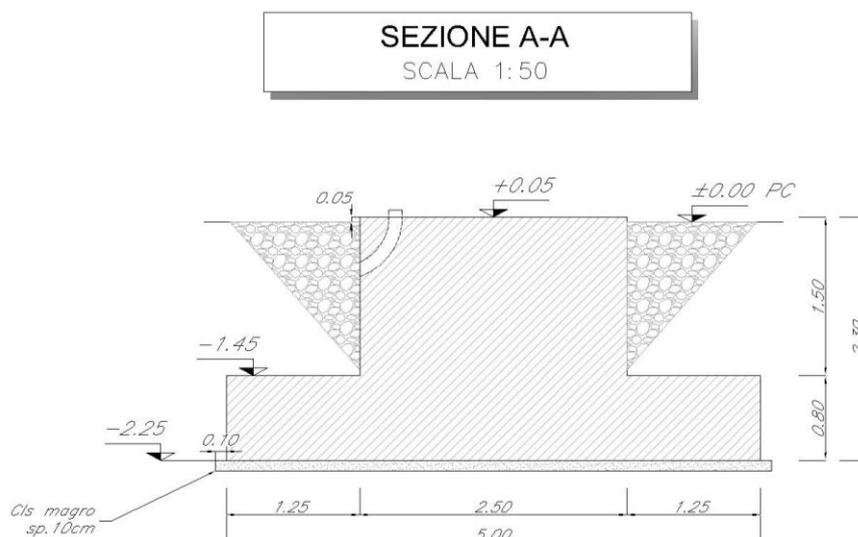


Figura 2: Sezione trasversale

1.2 UNITA' DI MISURA

Nel seguito si adotteranno le seguenti unità di misura:

- per le lunghezze m, mm
- per i carichi kN, kN/m², kN/m³
- per le azioni di calcolo kN, kNm
- per le tensioni MPa

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A	FOGLIO 6 di 38

2 **NORMATIVA**

Di seguito si riporta l'elenco generale delle Normative Nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento, quale riferimento per la redazione degli elaborati tecnici e/o di calcolo dell'intero progetto nell'ambito della quale si inserisce l'opera oggetto della presente relazione:

- Rif. [1] Ministero delle Infrastrutture, DM 14 gennaio 2008, «Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni»
- Rif. [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»
- Rif. [3] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE I / Aspetti Generali (RFI DTC SI MA IFS 001 A)
- Rif. [4] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 1 / Ambiente e Geologia (RFI DTC SI AG MA IFS 001 A – rev 30/12/2016)
- Rif. [5] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 2 / Ponti e Strutture (RFI DTC SI PS MA IFS 001 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [6] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 3 / Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [7] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 4 / Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [8] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 5 / Prescrizioni per i Marciapiedi e le Pensiline delle Stazioni Ferroviarie a servizio dei Viaggiatori (RFI DTC SI CS MA IFS 002 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [9] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 6 / Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [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
- Rif. [11] Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture, Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento (UNI EN 1991-1-4)
- Rif. [12] UNI 11104: Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A	FOGLIO 7 di 38

3 MATERIALI

3.1 DURABILITA' DELLE OPERE IN CLS ARMATO

Al fine di garantire buone prestazioni di durabilità delle opere in c.a., occorre adottare alcuni provvedimenti atti a limitare gli effetti degradanti indotti dagli attacchi chimico-fisici.

Per i provvedimenti e la definizione della classe di esposizione ambientale, si è fatto riferimento alle indicazioni contenute in NTC08 §4.1.6.1.3.

Con riferimento agli elementi strutturali in c.a. si individua la seguente classe di esposizione e la corrispondente condizione ambientale definita nella tabella 4.1.III delle NTC08.

- **Plinto fondazione** **XC4** **(Ambiente Aggressivo);**

In applicazione della UNI EN 206:2016, alla classe di esposizione sopra individuata è richiesto un cls avente una resistenza minima Rck pari a

- XC4 Rck = 37 MPa

Per le strutture in esame si prevede pertanto l'utilizzo di un cls di classe C30/37.

Al fine della protezione delle armature dalla corrosione il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve rispettare quanto indicato in Tabella C4.1.IV della circolare alle NTC08 di seguito riportata (Figura 3).

Tabella C4.1.IV - Copriferri minimi in mm

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
C _{min}	C _o	ambiente	C ≥ C _o	C _{min} < C < C _o	C ≥ C _o	C _{min} < C < C _o	C ≥ C _o	C _{min} < C < C _o	C ≥ C _o	C _{min} < C < C _o
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Figura 3: Tabella C4.1.IV circolare NTC08. Copriferri minimi in mm

In condizioni ambientali aggressive, per elementi a piastra, nella tabella è previsto un copriferro minimo di 30 mm.

A tale valore, riferito a costruzioni con vita nominale di 50 anni, vanno applicati una serie di incrementi legati alla tolleranza di posa, alla classe di resistenza del cls utilizzato e ai controlli di qualità sulla produzione.

Nel caso in esame si ottiene:

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A	FOGLIO 8 di 38

Vita nominale strutture	VN = 75 anni
Condizioni ambientali	Aggressive
Classe di resistenza minima cls utilizzato (fondaz)	C30/37
Classe di resistenza minima richiesta tab.C4.1.IV	C28/35
Copriferro minimo	$c_{min} = 30 \text{ mm}$
Incremento dovuto alla vita nominale	$\Delta C_{Vn} = +5 \text{ mm}$
Incremento dovuto alla resistenza del cls	$\Delta C_{cls} = 0 \text{ mm}$
Incremento tolleranza di posa	$\Delta C_{toll} = +10 \text{ mm}$
Decremento per controllo di qualità sul copriferro	$\Delta C_q = 0 \text{ mm}$

Il valore nominale del copriferro c_{nom} , inteso come distanza tra la superficie di calcestruzzo e quella dell'armatura più esterna, risulta:

$$c_{nom} = \Delta C_{Vn} + \Delta C_{cls} + \Delta C_{toll} + \Delta C_q = 45 \text{ mm}$$

Per il basamento Il valore nominale del copriferro adottato risulta pertanto pari a 50 mm.

3.2 CARATTERISTICHE MECCANICHE

Le caratteristiche meccaniche dei materiali, coerentemente a quanto indicato nella normativa cogente, sono riassunte nelle seguenti tabelle.

Calcestruzzo plinto

Caratteristiche materiale

CLS	C30/37	Classe di resistenza
$R_{ck} =$	37 N/mm ²	Resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	30.7 N/mm ²	Resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} =$	38.7 N/mm ²	valore medio della Resistenza cilindrica
$f_{ctm} =$	2.9 N/mm ²	Resistenza media a trazione semplice
$f_{ctk} =$	2.1 N/mm ²	Resistenza caratteristica a trazione
$E_c =$	33019 N/mm ²	Modulo elastico

Resistenze di calcolo SLU

α_{cc}	0.85 -	coeff. riduttivo per le resistenze di lunga
---------------	--------	---

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A	FOGLIO 9 di 38

		durata
γ_c	1.5 -	coeff. parziale di sicurezza relativo al cls
f_{cd}	17.4 N/mm ²	Resistenza di calcolo a compressione
f_{ctd}	1.4 N/mm ²	Resistenza di calcolo a trazione
f_{bd}	2.16 N/mm ²	tensione tangenziale di aderenza

Acciaio da cemento armato

Tutti gli elementi strutturali in calcestruzzo armato sono realizzati utilizzando barre in acciaio B450C controllato in stabilimento.

Caratteristiche materlale

Acciaio	B450C	
$f_{yk} \geq$	450.0 N/mm ²	Tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	540.0 N/mm ²	Tensione caratteristica a rottura
$E_s =$	210000 N/mm ²	Modulo elastico

Resistenze di calcolo SLU

γ_s	1.15 -	
$f_{yd} =$	391.3 N/mm ²	Tensione di calcolo

3.3 Prove sui materiali

La costruzione delle strutture dovrà essere eseguita nel rispetto delle specifiche d'istruzione tecnica FS 44/M - REV. A DEL 10/04/00.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A	FOGLIO 10 di 38

4 CARATTERIZZAZIONE E CRITERI DI PROGETTAZIONE GEOTECNICA

L'opera ricade in corrispondenza della progressiva chilometrica 43+050 del tracciato di progetto dell'Asse Principale, nell'ambito del 2° Lotto Funzionale Frasso Telesino - Vitulano.

La definizione del modello geotecnico di sottosuolo di riferimento per il dimensionamento delle strutture di fondazione dell'opera, è trattata diffusamente nella specifica sezione dedicata all'opera in esame nell'ambito del seguente documento di progetto:

Relazione geotecnica generale di linea delle opere all'aperto; IF2R.0.2.E.ZZ.RB.GE.00.0.5.001.A

4.1 STRATIGRAFIA IN PROSSIMITA' DELL'OPERA

Nel seguito si riportano le caratteristiche del terreno di fondazione interagente con l'opera:

LOTTO	ID	km
3	FA13	43+050

Unità	z	γ	c'	φ	C_u
(-)	(m)	(kN/m ³)	(kPa)	(°)	(kPa)
b2	0.0-4.0	19	0	23	75
ALT	4.0-40.0	20	15	26	100

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A	FOGLIO 11 di 38

5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 14 gennaio 2008 e relativa circolare applicativa.

L'opera in questione rientra in particolare nell'ambito del Progetto di Raddoppio della tratta Ferroviaria Frasso Telesino – Vitulano, che si sviluppa per circa 30Km, da ovest verso est, attraversando il territorio di diverse località tra cui Dugenta/Frasso (BN), Amorosi (BN), Telese(BN), Solopaca(BN), San Lorenzo Maggiore(BN), Ponte(BN), Torrecuso(BN), Vitulano (BN) , Benevento – Località Roseto (BN).

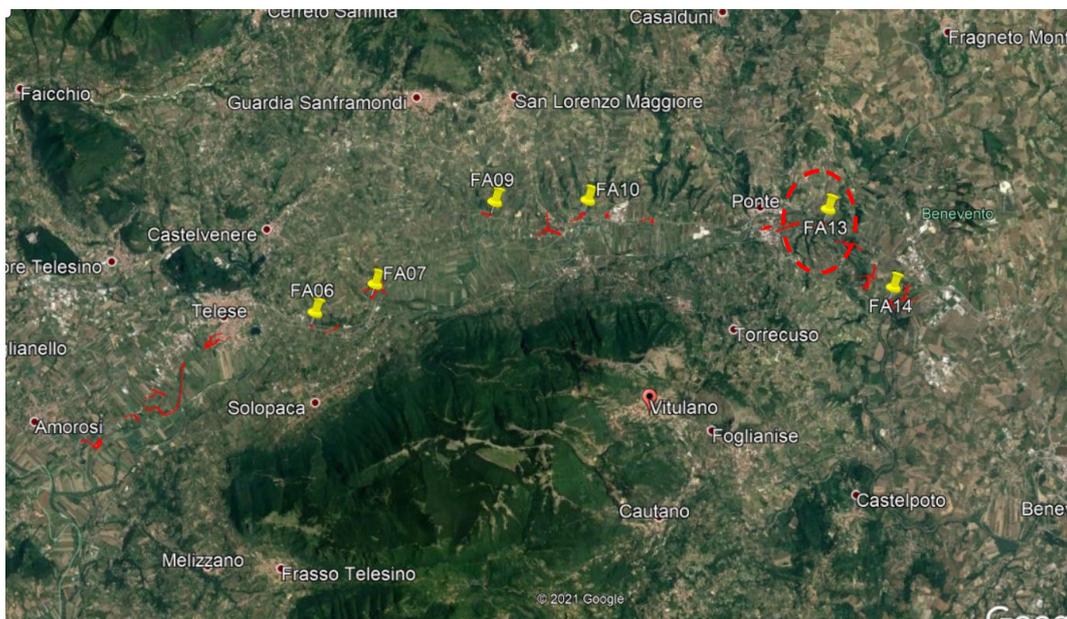


Figura 4: Individuazione planimetrica opera

Nella fattispecie, l'opera FA13 ricade tra i tra i comuni di Ponte e Torrecuso. Nei riguardi della valutazione delle azioni sismiche di progetto, si è fatto riferimento ai parametri di pericolosità sismica del Comune di Ponte (BN) come esposto nei paragrafi seguenti.

APPALTATORE:  Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO PROGETTO ESECUTIVO												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<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>IF2R</td> <td>3.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>FA.13.0.0.003</td> <td>A</td> <td>12 di 38</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	3.2.E.ZZ	CL	FA.13.0.0.003	A	12 di 38
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	3.2.E.ZZ	CL	FA.13.0.0.003	A	12 di 38								
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo													

5.1 VITA NOMINALE E CLASSE D'USO

Per la valutazione dei parametri di pericolosità sismica è necessario definire, oltre alla localizzazione geografica del sito, la Vita nominale dell'opera strutturale (VN), intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, e la Classe d'Uso a cui è associato un coefficiente d'uso (CU)

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale: $V_N = 75$ anni (categoria 2: "Altre opere nuove a velocità $V < 250$ Km/h"). Riguardo invece la Classe d'Uso, all' opera in oggetto corrisponde una Classe III a cui è associato un coefficiente d'uso pari a (NTC – Tabella 2.4.II): $C_u = 1.5$.

I parametri di pericolosità sismica vengono quindi valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale V_n per il coefficiente d'uso C_u , ovvero:

$$V_R = C_u \times V_N$$

Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a $V_R = 1.5 \times 75 = 112.5$ anni

5.2 PARAMETRI DI PERICOLOSITA' SISMICA

La valutazione dei parametri di pericolosità sismica, che ai sensi del D.M. 14-01-2008, costituiscono il dato base per la determinazione delle azioni sismiche di progetto su una costruzione (forme spettrali e/o forze inerziali) dipendono, come già in parte anticipato in precedenza, dalla localizzazione geografica del sito, dalle caratteristiche della costruzione (Periodo di riferimento per valutazione azione sismica / V_R) oltre che dallo Stato Limite di riferimento/Periodo di ritorno dell'azione sismica.

In accordo a quanto riportato in Allegato A delle Norme Tecniche per le costruzioni DM 14.01.08, si ottiene per il sito in esame:

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	3.2.E.ZZ	CL	FA.13.0.0.003	A	13 di 38

Ricerca per coordinate

Ricerca per comune

LONGITUDINE: 14.52700

LATITUDINE: 41.21770

REGIONE: Campania

PROVINCIA: Benevento

COMUNE: Ponte

Reticolo di riferimento

9 1

9 6

8 1

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione: superficie rigata

"Ricerca per comune" utilizza le ordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Figura 5: Sito di costruzione e reticolo di riferimento

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13- BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A	FOGLIO 14 di 38

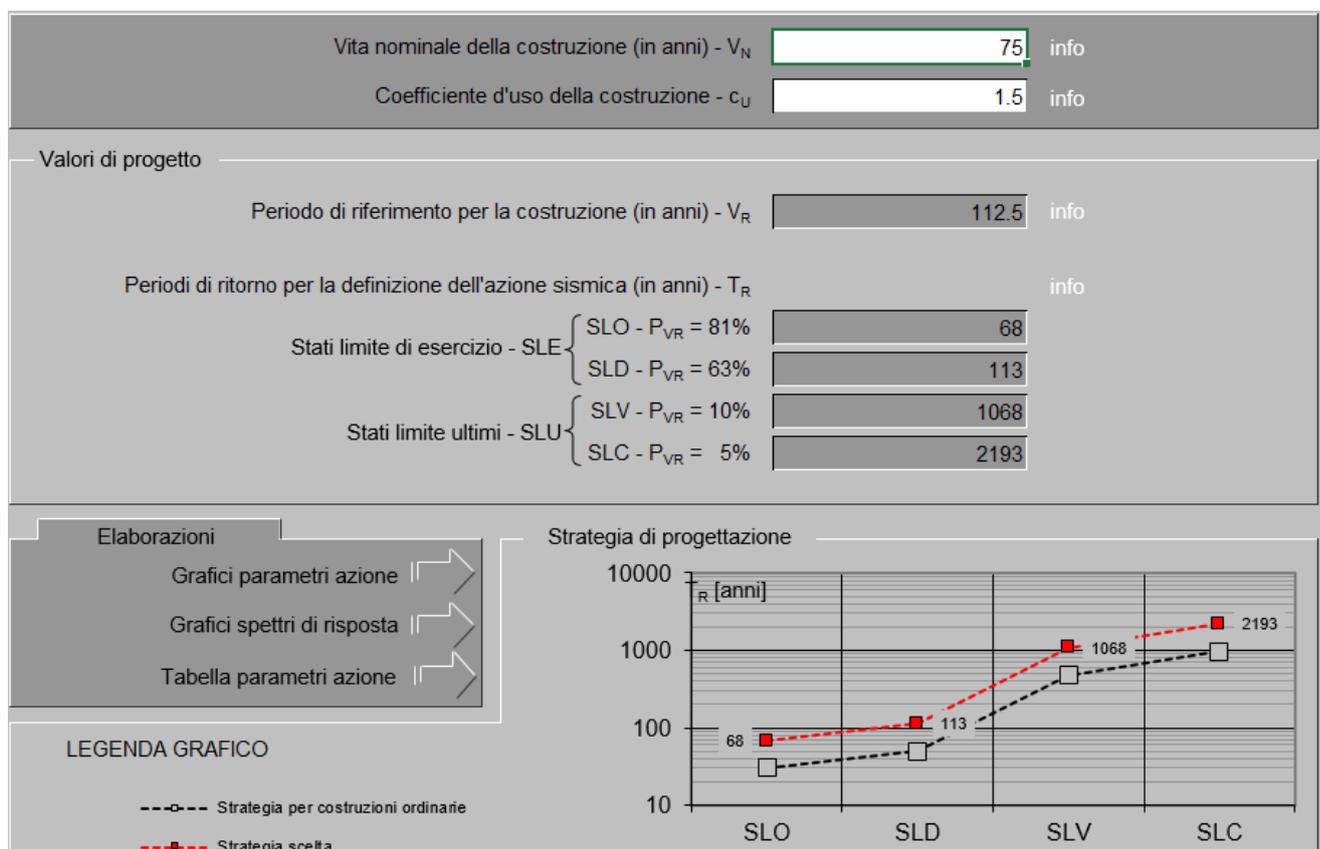


Figura 6: Scelta della strategia di progettazione

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	68	0.097	2.344	0.310
SLD	113	0.127	2.332	0.326
SLV	1068	0.367	2.346	0.395
SLC	2193	0.473	2.445	0.427

Figura 7: Valori dei parametri a_g , F_0 e T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno Stato limite

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A	FOGLIO 15 di 38

5.3 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CATEGORIA TOPOGRAFICA

Le Categoria di Sottosuolo e le Condizioni Topografiche sono valutate come descritte al punto 3.2.2 del DM 14.01.08. Per il caso in esame, come riportato all'interno della relazione geotecnica e di calcolo del lotto in esame (lotto2), risulta una categoria di sottosuolo di tipo C e una classe Topografica T1.

APPALTATORE:  Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO PROGETTO ESECUTIVO												
PROGETTAZIONE: Mandatario: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.													
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	<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>IF2R</td> <td>3.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>FA.13.0.0.003</td> <td>A</td> <td>16 di 38</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	3.2.E.ZZ	CL	FA.13.0.0.003	A	16 di 38
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	3.2.E.ZZ	CL	FA.13.0.0.003	A	16 di 38								

6 ANALISI DEI CARICHI

Le principali azioni agenti sul palo di sostegno delle antenne sono quelle di tipo ambientale. In aggiunta al peso proprio del palo in particolare sono state considerate le azioni orizzontali del vento e l'azione simica.

6.1 PESO PROPRIO STRUTTURE

6.1.1 Palo porta antenne

Il palo in acciaio è di tipo tubolare con sezione poligonale in lamiera pressopiegata rastremato e bullonato alla base per il collegamento al plinto di fondazione in c.a. . L'accesso in sicurezza al palo avviene con scala esterna priva di guardiacorpo e munita di dispositivo anti-caduta. Terrazzini di riposo ribaltabili sono posizionati a interasse di 10.0m circa.

Per la verifica del plinto di fondazione si considera una poligonale bullonata avente altezza complessiva di 30m. Il diametro del fusto risulta variabile tra 852mm e 495mm e lo spessore variabile tra 4mm e 6mm.

Il peso complessivo del palo e delle antenne risulta pari a 23.5 kN.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A	FOGLIO 17 di 38

6.2 AZIONE DEL VENTO

3) Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)

Zona	$v_{0,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s [1/s]
3	27	500	0.02
a_s (altitudine sul livello del mare [m])	180		
T_R (Tempo di ritorno)	50		
$v_0 = v_{0,0}$ per $a_s \leq a_0$			
$v_0 = v_{0,0} + k_s (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m			
$v_{0,0}$ ($T_R = 50$ [m/s])	27.000		
α_R (T_R)	1.00073		
v_0 (T_R) = $v_{0,0} \alpha_R$ [m/s]	27.020		

p (pressione del vento [N/mq]) = $q_0 \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$
q_0 (pressione cinetica di riferimento [N/mq])
c_e (coefficiente di esposizione)
c_p (coefficiente di forma)
c_d (coefficiente dinamico)



Pressione cinetica di riferimento

$$q_0 = 1/2 \cdot \rho \cdot v_0^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/mc})$$

q_0 [N/mq]	456.29
--------------	--------

Coefficiente di forma

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

Coefficiente dinamico

Esso può essere assunto autolativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di

Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,....)

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO				
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO				
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A FOGLIO 18 di 38

Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5						
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	III	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

ZONA 6					
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8			
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7			

ZONA 9		
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

Zona	Classe di rugosità	a_s [m]
3	D	180

$$C_e(z) = k_f \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_d \cdot \ln(z/z_0)] \text{ per } z \geq z_{min}$$

$$C_e(z) = C_e(z_{min}) \text{ per } z < z_{min}$$

Cat. Esposiz.	k_f	z_0 [m]	z_{min} [m]	c_t
II	0.19	0.05	4	1

PRESSIONE DEL VENTO

Velocità base di riferimento quota 0	$V_{b,0}$	27	m/s
Tab.3.3.I	a_0	500	m
Tab.3.3.I	k_s	0.37	1/s
Coefficiente di altitudine	c_a	1.00	-
Velocità base di riferimento	$V_b = V_{b0} \cdot c_a$	27	m/s
Periodo di ritorno	T_R	50	anni
Coefficiente di ritorno	c_r	1.00	-
Velocità di riferimento	$V_r = V_b \cdot c_r$	27	m/s
Pressione cinetica di riferimento q_r	$q_r = 0.5 \rho V_r^2$	0.46	kN/mq
Altezza dal suolo z		30.0	m
Tab.3.3.II	K_r	0.19	-
Tab.3.3.II	z_0	0.05	m
Tab.3.3.II	z_{min}	4.00	m
coefficiente di esposizione	c_e	3.09	-
coefficiente topografico	c_t	1.00	-
coefficiente dinamico	c_d	1.00	-
pressione del vento p , a meno del c_p	p / c_p	1.41	kN/mq

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A	FOGLIO 19 di 38

6.3 AZIONE SISMICA

Gli effetti dell'azione sismica sono valutati in riferimento allo stato limite ultimo SLV.

Assumendo cautelativamente una risposta della struttura in campo elastico lineare e considerando che il periodo fondamentale del palo in acciaio si attesta intorno a 0.95sec, si ottiene un'ordinata spettrale allo SLV di circa 0.6g.

Considerando il peso complessivo della struttura di sostegno si ottiene un taglio sismico alla base pari a

$$F_h(SLV) = 23.5 \text{ kN} \times 0.6 = 14.1 \text{ kN}$$

La risultante dell'azione orizzontale da vento vale

$$F_h(SLU) = 64.5 \text{ kN}$$

Le sollecitazioni dovute all'azione del vento risultano pertanto sensibilmente maggiori di quelle dovute all'evento sismico.

Essendo le due condizioni di carico non cumulabili tra loro, si è analizzata la struttura sottoposta alle sollecitazioni dovute alla sola azione del vento, essendo questa la condizione dimensionante.

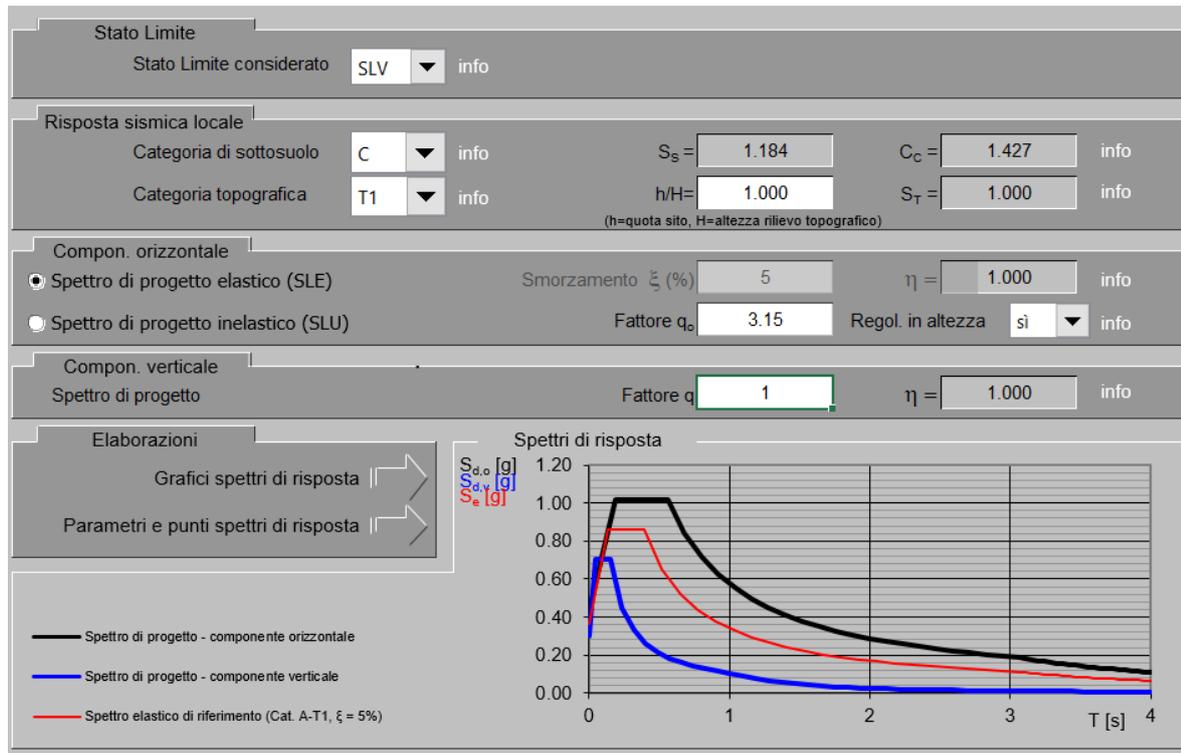


Figura 8: Azione di progetto elastica allo SLV

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A	FOGLIO 20 di 38

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.367 g
F_g	2.346
T_C^*	0.395 s
S_S	1.184
C_C	1.427
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.184
η	1.000
T_B	0.188 s
T_C	0.563 s
T_D	3.067 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.434
$T_B \leftarrow$	0.188	1.019
$T_C \leftarrow$	0.563	1.019
	0.683	0.841
	0.802	0.716
	0.921	0.623
	1.040	0.552
	1.159	0.495
	1.279	0.449
	1.398	0.411
	1.517	0.378
	1.636	0.351
	1.755	0.327
	1.875	0.306
	1.994	0.288
	2.113	0.272
	2.232	0.257
	2.352	0.244
	2.471	0.232
	2.590	0.222
	2.709	0.212
	2.828	0.203
	2.948	0.195
$T_D \leftarrow$	3.067	0.187
	3.111	0.182
	3.156	0.177
	3.200	0.172
	3.245	0.167
	3.289	0.163

Figura 9: Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale elastico allo SLV

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A	FOGLIO 21 di 38

7 METODO DI PROGETTAZIONE

In accordo alle NTC 2008 la struttura in c.a. è stata verificata sia nei confronti degli stati limite ultimi e di esercizio in condizioni statiche e sismiche, tenendo conto delle condizioni di carico più gravose e valutando gli effetti delle combinazioni.

Per ogni stato limite ultimo considerato è stato verificato che non si raggiunga una condizione di stato limite ultimo, ovvero che sia rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e R_d il valore di progetto della resistenza del sistema.

Per ciascun stato limite di esercizio considerato è stato verificato che sia rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d$$

dove E_d è il valore di progetto degli effetti delle azioni e C_d è il prescritto valore limite di tale effetto.

Nello specifico, per il graticcio di travi in esame sono state effettuate le seguenti verifiche:

1. *Verifiche allo SLU di tipo geotecnico (GEO)*
 - collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno
 - collasso per scorrimento sul piano di posa
2. *Verifiche allo Stato Limite di Equilibrio come corpo rigido*
 - Ribaltamento del basamento di fondazione
3. *Verifiche allo SLU di tipo strutturale (STR):*
 - Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali
4. *Verifiche SLE di tipo strutturale*
 - Verifiche delle tensioni in esercizio e verifiche di fessurazione

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A	FOGLIO 22 di 38

7.1 COMBINAZIONE DELLE AZIONI

Per le verifiche della struttura in esame i valori delle azioni elementari sono stati combinati utilizzando i coefficienti proposti dalla normativa secondo le regole previste dalla normativa vigente:

Stati limite ultimi SLU

Combinazione fondamentale

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Stati limite di esercizio SLE

Combinazione caratteristica (rara)

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

Combinazione frequente

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

Combinazione quasi permanente

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

Dove:

Destinazione d'uso/azione	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Vento	0.60	0.20	0.00

Tabella 1: Valori dei coefficienti di combinazione

		Coefficiente γ_f	EQU	A1	A2
Carichi permanenti	Favorevoli	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevoli		1.1	1.3	1.0
Carichi permanenti non strutturali (Non compiutamente definiti)	Favorevoli	γ_{G2}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevoli		1.5	1.5	1.3
Carichi variabili	Favorevoli	γ_{Qi}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevoli		1.5	1.5	1.3

Tabella 2: NTC 2008 Tabella 2.6.I

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A	FOGLIO 23 di 38

8 VERIFICHE GEOTECNICHE

8.1 CRITERI DI VERIFICA

Per le verifiche si è fatto riferimento allo stato limite ultimo di collasso per carico limite della fondazione.

Le verifiche sono state effettuate secondo la combinazione dell'approccio 2:

- *Approccio 2 (A1+M1+R3)*

dove i coefficienti sui parametri di resistenza del terreno (M1) sono unitari, mentre le azioni permanenti e variabili sono amplificate mediante i coefficienti parziali del gruppo A1 della Tabella 3 (Tabella 6.2.I della NTC08) ed i coefficienti parziali sulla resistenza globale del sistema (R3) sono quelli riportati nella Tabella 4.

Le verifiche sono state effettuate per le condizioni statiche (SLU) e per le condizioni sismiche (SLV).

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Tabella 3: Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A	FOGLIO 24 di 38

VERIFICA	Coefficiente parziale (R1)	Coefficiente parziale (R2)	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_r = 1,0$	$\gamma_r = 1,8$	$\gamma_r = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_r = 1,0$	$\gamma_r = 1,1$	$\gamma_r = 1,1$

Tabella 4: Coefficienti parziali sulla resistenza globale del sistema

8.2 AZIONI ALLA BASE DEL PALO

I carichi alla base del palo riferiti al baricentro del piano d'estradosso del plinto sono riportati nella Tabella 5. Le sollecitazioni sono valutate nei diversi stati limite STR/GEO /EQU.

	M	T (kN)	N _{min}	N _{max}
	kNm	kN	kN	kN
Combinazione STR	982,7	64,5	23,5	33,8
Combinazione EQU	982,7	64,5	21,1	29,1
Combinazione GEO	851,7	55,9	23,5	26,3

Tabella 5: Sollecitazioni di progetto alla base del palo

8.3 CARICO LIMITE FONDAZIONE TERRENO

Per il calcolo del carico limite di una fondazione diretta è stata utilizzata l'espressione trinomia proposta da Brinch-Hansen

Il piano di posa della fondazioni è stato assunto a una profondità dal p.c. definitivo pari a 2.25m. Assumendo cautelativamente la posizione della falda coincidente con il piano di posa del basamento e per il terreno di fondazione le caratteristiche meccaniche dell'unità "b2" è stato calcolato il valore del carico limite q_{lim} in termini di tensioni efficaci e di tensioni totali.

Il valore della tensione limite risulta essere superiore al valore della tensione valutata allo SLU; le verifiche risultano pertanto soddisfatte.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO												
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF2R</td> <td>3.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>FA.13.0.0.003</td> <td>A</td> <td>25 di 38</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	3.2.E.ZZ	CL	FA.13.0.0.003	A	25 di 38
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	3.2.E.ZZ	CL	FA.13.0.0.003	A	25 di 38								

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot sc \cdot dc \cdot ic \cdot bc \cdot gc + q \cdot N_q \cdot sq \cdot dq \cdot iq \cdot bq \cdot gq + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B ($e_B = Mb/N$)

e_L = Eccentricità in direzione L ($e_L = ML/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

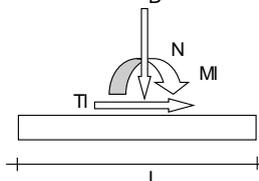
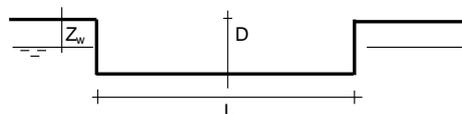
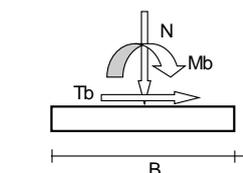
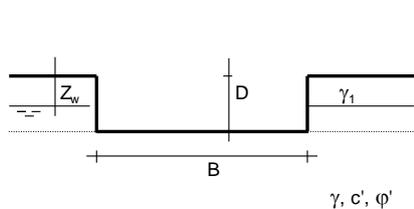
B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2 \cdot e_B$)

L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2 \cdot e_L$)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

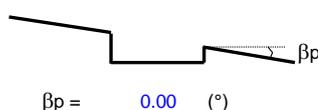
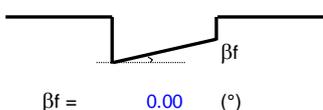
coefficienti parziali

Metodo di calcolo		azioni		proprietà del terreno		resistenze	
		permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	c'	q_{lim}	scorr
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80
	SISMA	○	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30
Tensioni Ammissibili	○	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00
Definiti dal Progettista	⊙	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10



(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B = 5.00 (m)
L = 5.00 (m)
D = 2.25 (m)



APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A	FOGLIO 26 di 38

Ai carichi di progetto forniti al piano d'estradosso del plinto viene aggiunto il contributo del peso proprio della fondazione e il momento di trasporto per riferire le azioni al piano di intradosso della fondazione. Le azioni di progetto risultano:

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	757.88		757.88
Mb [kNm]	1131.05		1131.05
Ml [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	64.50		64.50
Tl [kN]	0.00		0.00
H [kN]	64.50	0.00	64.50

Peso unità di volume del terreno

$$\gamma_1 = 19.00 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 19.00 \quad (\text{kN/mc})$$

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$$c' = 0.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 23.00 \quad (^\circ)$$

Valori di progetto

$$c' = 0.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 23.00 \quad (^\circ)$$

Profondità della falda

$$Z_w = 2.30 \quad (\text{m})$$

$$e_B = 1.49 \quad (\text{m})$$

$$e_L = 0.00 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 2.02 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 5.00 \quad (\text{m})$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 42.75 \quad (\text{kN/mq})$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 9.10 \quad (\text{kN/mc})$$

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A	FOGLIO 27 di 38

Nc, Nq, Ny : coefficienti di capacità portante	sc, sq, sy : fattori di forma	ic, iq, iy : fattori di inclinazione del carico
$Nq = \tan^2(45 + \varphi/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi)}$	$s_c = 1 + B^* Nq / (L^* Nc)$	$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.71$
Nq = 8.66	sc = 1.19	$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.29$
$Nc = (Nq - 1) / \tan \varphi'$	$s_q = 1 + B^* \tan \varphi' / L^*$	$i_q = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cot \varphi))^m$
Nc = 18.05	sq = 1.17	iq = 0.86
$Ny = 2 \cdot (Nq + 1) \cdot \tan \varphi'$	$s_y = 1 - 0,4 \cdot B^* / L^*$	$i_c = i_q - (1 - i_q) / (Nq - 1)$
Ny = 8.20	sy = 0.84	ic = 0.84
		$i_y = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cot \varphi))^{(m \cdot 1)}$
		iy = 0.79

dc, dq, dy : fattori di profondità del piano di appoggio

per $D/B^* \leq 1$; $d_q = 1 + 2 D \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2 / B^*$
per $D/B^* > 1$; $d_q = 1 + (2 \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2) \cdot \arctan (D / B^*)$

$$d_q = 1.26$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$d_c = 1.30$$

$$d_y = 1$$

$$d_y = 1.00$$

bc, bq, by : fattori di inclinazione base della fondazione

$$b_q = (1 - \beta_f \tan \varphi')^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_y = b_q$$

$$b_y = 1.00$$

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A	FOGLIO 28 di 38

g_c, g_q, g_r : fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_q = (1 - \tan\beta_p)^2 \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan\phi')$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_r = g_q$$

$$g_r = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 520.51 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 75.22 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 226.31 \geq q = 75.22 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni totali

$$q_{lim} = c_u \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Eccentricità in direzione B (e_B = Mb/N)

e_L = Eccentricità in direzione L (e_L = Ml/N) (per fondazione nastriforme e_L = 0; L* = L)

B* = Larghezza fittizia della fondazione (B* = B - 2*e_B)

L* = Lunghezza fittizia della fondazione (L* = L - 2*e_L)

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A	FOGLIO 29 di 38

Peso unità di volume del terreno

$$\gamma_1 = 19.00 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 19.00 \quad (\text{kN/mc})$$

Valore caratteristico di resistenza del terreno

$$c_u = 75.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$e_B = 1.49 \quad (\text{m})$$

$$e_L = 0.00 \quad (\text{m})$$

Valore di progetto

$$c_u = 75.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$B^* = 2.02 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 5.00 \quad (\text{m})$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 42.75 \quad (\text{kN/mq})$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 19.00 \quad (\text{kN/mc})$$

Nc : coefficiente di capacità portante

$$N_c = 2 + \pi$$

$$N_c = 5.14$$

s_c : fattori di forma

$$s_c = 1 + 0,2 B^* / L^*$$

$$s_c = 1.08$$

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A	FOGLIO 30 di 38

i_c: fattore di inclinazione del carico

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.71$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.29$$

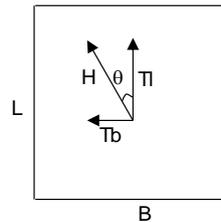
$$\theta = \arctg(T_b / T_l) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m = 1.71$$

(m=2 nel caso di fondazione nastriforme e
 $m = (m_b \sin^2 \theta + m_l \cos^2 \theta)$ in tutti gli altri casi)

$$i_c = (1 - m H / (B^* L^* c_u N_c))$$

$$i_c = 0.97$$



d_c: fattore di profondità del piano di appoggio

per $D/B^* \leq 1$; $d_c = 1 + 0,4 D / B^*$

per $D/B^* > 1$; $d_c = 1 + 0,4 \arctan (D / B^*)$

$$d_c = 1.34$$

b_c: fattore di inclinazione base della fondazione

$$b_c = (1 - 2 \beta_f / (\pi + 2)) \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_c = 1.00$$

g_c: fattore di inclinazione piano di campagna

$$g_c = (1 - 2 \beta_f / (\pi + 2)) \quad \beta_f + \beta_p = 0.00 \quad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_c = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 583.53 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 75.22 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 253.71 \geq q = 75.22 \quad (\text{kN/m}^2)$$

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A	FOGLIO 31 di 38

8.4 SCORRIMENTO SUL PIANO DI POSA

Nello stato limite di collasso per scorrimento, l'azione di progetto H_d è data dalla componente della risultante delle forze in direzione parallela al piano di scorrimento della fondazione:

$$H_d = (F_x^2 + F_y^2)^{0.5}$$

La resistenza di progetto S_d nello stesso piano di scorrimento è assunta pari a:

$$S_d = N \tan \phi + c' B^* L^*$$

I coefficienti di sicurezza F_s ottenuti sono tutti superiori al valore minimo di $\gamma_R = 1.1$ previsto dall'approccio 2 per la verifica dello scorrimento delle fondazioni superficiali, e pertanto le verifiche risultano soddisfatte.

Tensioni efficaci

VERIFICA A SCORRIMENTO

Carico agente

$$H_d = 64.50 \quad (\text{kN})$$

Azione Resistente

$$S_d = N \tan(\phi') + c' B^* L^*$$

$$S_d = 321.70 \quad (\text{kN})$$

Verifica di sicurezza allo scorrimento

$$S_d / \gamma_R = 292.45 \geq H_d = 64.50 \quad (\text{kN})$$

Tensioni totali

VERIFICA A SCORRIMENTO

Carico agente

$$H_d = 64.50 \quad (\text{kN})$$

Azione Resistente

$$S_d = c_u B^* L^*$$

$$S_d = 755.70 \quad (\text{kN})$$

Verifica di sicurezza allo scorrimento

$$S_d / \gamma_R = 687 \geq H_d = 64.50 \quad (\text{kN})$$

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A	FOGLIO 32 di 38

8.5 RIBALTAMENTO

Si è verificata la possibilità di rotazione della fondazione attorno al suo punto più a valle (rispetto alla direzione del vento). L'azione che determina il ribaltamento è data dalla componente orizzontale dei carichi (la cui risultante è applicata sopra il piano di posa della fondazione) che genera un momento ribaltante; l'azione stabilizzante è data dal carico verticale del sostegno, dal peso proprio del plinto di fondazione e dal peso del terreno di ricoprimento che eventualmente grava sulla suola di fondazione.

In termini analitici, la verifica al ribaltamento si esprime con la condizione che il momento delle forze stabilizzanti (M_S), rispetto al centro di rotazione, non sia minore del momento delle forze ribaltanti (M_R), rispetto al centro di rotazione;

Pertanto deve risultare:

$$\eta_{rib} = M_S / (M_R) \geq 1,0$$

Per la verifica a ribaltamento si considera il vento spirante lungo una delle due direzioni principali della fondazione.

Il momento stabilizzante M_S è determinato dalla forza verticale N trasmessa dal palo dell'antenna in condizioni EQU e dal peso del plinto di fondazione N_{pl} ; per entrambe le componenti il braccio delle forze rispetto al centro di rotazione vale 2.5m.

Nel caso in esame

$$N_{pl} = 25 \text{ kN/mc} \times (5.0\text{m} \times 5.0\text{m} \times 0.8\text{m} + 2.5\text{m} \times 2.5\text{m} \times 1.5\text{m}) = 734.4 \text{ kN}$$

$$N_{EQU} = 21.1 \text{ kN}$$

$$M_S = (0.9 \times N_{pl} + N_{EQU}) \times 2.5\text{m} = 1705.1 \text{ kNm}$$

Il momento ribaltante M_R è determinato dall'azione flettente M_{EQU} presente alla base del palo in condizioni EQU e dal trasporto della forza di taglio V_{EQU} agente con un braccio di 2.3m rispetto al centro di rotazione.

$$M_R = M_{EQU} + V_{EQU} \times 2.3\text{m} = 982.7 \text{ kNm} + 64.5\text{kN} \times 2.3\text{m} = 1131.0 \text{ kNm}$$

Il coefficiente di sicurezza nei confronti del ribaltamento risulta

$$\eta_{rib} = M_S / (M_R) = 1.5 > 1,0$$

La verifica risulta soddisfatta.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A	FOGLIO 33 di 38

9 VERIFICHE STRUTTURALI

9.1 CRITERI DI VERIFICA

9.1.1 Stati limite ultimi

Verifica pressoflessione:

La verifica agli SLU è stata realizzata attraverso il calcolo dei domini di interazione N-M, ovvero il luogo dei punti rappresentativi di sollecitazioni che portano in crisi la sezione di verifica secondo i criteri di resistenza da normativa.

Nel calcolo dei domini sono state mantenute le consuete ipotesi, tra cui:

- conservazione delle sezioni piane
- legame costitutivo del calcestruzzo parabola-rettangolo non reagente a trazione, con plateau ad una deformazione del 2‰ e rottura al 3.5‰ ($\sigma_{max} = 0.85 \times 0.83 \times R_{ck} / 1.5$)
- legame costitutivo dell'armatura d'acciaio elasto-perfettamente plastico con deformazione limite di rottura al 10‰ ($\sigma_{max} = f_{yk} / 1.15$)

Nelle condizioni di stato limite ultimo (SLU) è stato verificato che il momento ultimo della sezione M_{Rd} risulti maggiore del momento di calcolo agente M_{Ed} , ricavando il relativo coefficiente di sicurezza D/C

La resistenza di progetto delle membrature in c.a. è valutata in accordo alle regole definite al cap. 4 delle NTC08.

9.1.2 Stati limite di esercizio

Verifica di fessurazione:

Per assicurare la funzionalità e la durabilità delle strutture è stato controllato che non venisse superato uno stato limite di fessurazione adeguato alle condizioni ambientali alle sollecitazioni ed alla sensibilità delle armature alla corrosione.

Nel caso in esame i valori limite per l'ampiezza delle fessure risultano:

- | | |
|------------------------|----------------|
| condizioni ambientali; | Aggressive |
| tipologia armature: | poco sensibili |

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A	FOGLIO 34 di 38

comb. freq. $w \leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$
comb. qperm. $w \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

Verifica delle tensioni in esercizio :

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristiche e quasi permanente della azioni, sono state calcolate le massime tensioni nel calcestruzzo e nelle armature verificando che risultino inferiori ai massimi valori consentiti di seguito riportati:

Cls C30/37

comb. rara $\sigma_{cls} +: < 0.60f_{ck} = 18.4 \text{ N/mm}^2$

comb. qperm. $\sigma_{cls} +: < 0.45f_{ck} = 13.8 \text{ N/mm}^2$

Acciaio B450C

comb. rara $\sigma_{acc} - < 0.80f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2$

9.2 BASAMENTO

Per il dimensionamento dell'armatura dei basamenti si ricorre allo schema statico di mensola uscente a sbalzo dal filo esterno del baggiolo.

Il carico agente dalla mensola è costituito dalla pressione di contatto terreno – plinto mentre cautelativamente si trascura l'effetto benevolo del peso del basamento e degli altri carichi agenti direttamente sulla fondazione.

La tensione di contatto sul terreno viene determinata ipotizzando per il terreno un comportamento a molle unidirezionali di uguale rigidezza e per la fondazione quello di un corpo infinitamente rigido.

Valutate le azioni risultanti N ed M agenti alla quota d'intradosso del basamento, se il centro di pressione cade all'interno del nocciolo d'inerzia della sezione in pianta della fondazione essa risulta interamente reagente e la tensione massima sul terreno vale

$$\sigma_{max} = N/A + M/W$$

con

N carico verticale complessivo

A area sezione

W modulo di resistenza sezione

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A	FOGLIO 35 di 38

Qualora il centro di pressione cade all'esterno del nocciolo centrale d'inerzia , non essendo lecito considerare il terreno reagente a trazione, la tensione massima nel caso in esame di flessione retta è stata valutata secondo la relazione

$$\sigma_{max} = 2N / 3bu$$

Le tensioni di contatto nei diversi stati limite ultimi e di esercizio risultano:

Elemento	comb	Fz	My	ex = My / Fz	B	L	u	y = 3u	σ_t	$\sigma_{t,max}$
[-]	-	[kN]	[kNm]	m	m	m	m	m	kPa	kPa
f01	SLU	1292.25	1227.80	1.0	5.0	5.0	1.550	4.65	111.2	111.2
f01	RAR	1286.83	706.73	0.5	5.0	5.0	1.951	5.85	88.0	85.4
f01	FREQ	1286.83	269.98	0.2	5.0	5.0	2.290	6.87	74.9	64.4
f01	QPERM	1286.83	51.60	0.0	5.0	5.0	2.460	7.38	69.7	54.0

Adottando lo schema statico di mensola di luce L=1.25m soggetta al carico uniforme σ_{tmax} si ottengono le seguenti sollecitazioni massime

Elemento	comb	M	V
[-]	-	kNm/m	kN
f01	SLU	86.9	139.0
f01	RAR	66.7	106.7
f01	FREQ	50.3	
f01	QPERM	42.1	

Si riportano di seguito il dettaglio della verifica di resistenza a flessione e taglio.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A	FOGLIO 36 di 38

9.2.1 VERIFICHE DI RESISTENZA

Per facilitare la lettura delle tabelle di sintesi delle verifiche di resistenza si riporta una legenda con i simboli e le convenzioni adottate.

b, h: larghezza ed altezza della sezione trasversale dell'elemento esaminato

A_a : armatura lato intradosso

A'_a : armatura lato estradosso

M_{Rd} : momento flettente resistente ultimo della sezione

M_{Ed} : momento flettente di calcolo

$\sigma_{cls} +$: tensione massima di compressione nel cls

$\sigma_{acc} -$: tensione massima di trazione nelle barre di acciaio

w: apertura fessure [-] : sezione non fessurata

La convenzione adottata per le sollecitazioni è:

$N > 0$ forza assiale di trazione

$M > 0$ tende le fibre inferiori

$\sigma_{cls} +$: massima tensione nel cls [>0 compressione]

$\sigma_{acc} -$: massima tensione nelle barre di acciaio [>0 compressione]

$\sigma_{cls} -$: minima tensione nel cls [>0 compressione]

Sezione **F1**

Carpenteria		
b	h	A _{cls}
mm	mm	m ²
1000	800	0.80

Copriferro	
lato	c [mm]
Interno	50
Terra	50

Materiali		
Barre acciaio		
Tipo	B450C	
f_{yk}	450.0	N/mm ²
γ_M	1.15	-
f_{yd}	391.3	N/mm ²

Calcestruzzo		
Tipo	C30/37	
f_{ck}	30.7	N/mm ²
R_{ck}	37.0	N/mm ²
γ_M	1.50	-
f_{cd}	17.4	N/mm ²

Tensioni limite		
Acciaio	Cls	
r _{ar}	r _{ar}	q _{perm}
0.8 f _{yk}	0.6 f _{ck}	0.45 f _{ck}
360.0	18.4	13.8

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. Mandante: SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO				
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO
		IF2R	3.2.E.ZZ	CL	FA.13.0.0.003	A 37 di 38

Armature

Lato Interno				
n	ϕ	Aa	c'	Aa/Acls
-	mm	mm ²	mm	%
5	16	1005	74	
		0		
		0		
Aa,tot =		1005		0.13

Lato Terra				
n	ϕ	Aa	c'	Aa/Acls
-	mm	mm ²	mm	%
5	16	1005	74	
		0		
		0		
Aa,tot =		1005		0.13

Verifica presso/tenso flessione

Verifica Stato Limite Ultimo

Lato tesoro	Elem	Sez.	Comb	N _{Ed}	M _{Ed,x}
	-	-	[-]	[kN]	[kNm]
Interno	F1	0.0	SLU	0.0	86.9

M _{Rd}	C/D	esito
[kNm]	[-]	
293.0	3.37	VERIFICA SODDISFATTA

Verifiche Stato Limite d'Esercizio

Combinazioni RARE

Lato tesoro	Elem	Sez.	Comb	N	Mx
	-	-	[-]	[kN]	[kNm]
Interno	F1	0.0	RARA	0.0	66.7

σ_{cls}^+	σ_{acc}	esito
[N/mm ²]	[N/mm ²]	
1.4	-97.5	
0.08	0.27	
ok	ok	

Combinazioni FREQUENTI

Lato tesoro	Elem	Sez.	Comb	N	Mx
	-	-	[-]	[kN]	[kNm]
Interno	F1	0	FREQ	0.0	50.3

σ_{cls}^+	σ_{acc}	w	w _{lim}
[N/mm ²]	[N/mm ²]	[mm]	mm
1.1	-73.5	0.160	0.300
		0.53	
		ok	

Combinazioni QUASI PERMANENTI

Lato tesoro	Elem	Sez.	Comb	N	Mx
	-	-	[-]	[kN]	[kNm]
Interno	F1	0.0	QPERM	0.0	42.1

σ_{cls}^+	σ_{acc}	w	w _{lim}
[N/mm ²]	[N/mm ²]	[mm]	mm
0.9	-61.5	0.134	0.200
0.06		0.45	
ok		ok	

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3 SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
FA13– BASAMENTO ANTENNA GSM Relazione di calcolo	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO FA.13.0.0.003	REV. A	FOGLIO 38 di 38

Verifica a taglio

Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

V_{Ed}	b_w	d	ρ_l	k	v_{min}	σ_{cp}	V_{Rd}	C / D
[kN]	[m]	[m]	[-]	[-]	[N/mm ²]	[-]	[kN]	[-]
139.0	1.00	0.726	0.00138	1.9	0.4	0.0	265.1	1.91

VERIFICA A TAGLIO SODDISFATTA

Verifica a taglio - dettaglio

Valore di calcolo sforzo di compressione	N_{Ed}	0.0 kN
Valore di calcolo sforzo di taglio agente	V_{Ed}	139.0 kN
Larghezza minima sezione	b_w	1000 mm
Altezza utile sezione	d	726 mm

Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

	$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$	1.52 -
	$v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$	0.37
	A_a	1004.80 mm ²
Rapporto geometrico armatura longitudinale	$\rho_l = A_a / (b d) \leq 0.02$	0.001384 -
Forza assiale di compressione	N_{Ed}	0 kN
Tensione media di compressione nella sezione [$\leq 0.2 f_{cd}$]	$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$	0 N/mm ²
	$v_{min} + 0.15 \sigma_{cp}$	0 N/mm ²
	$0.18 k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \sigma_{cp}$	0 N/mm ²
	$V_{Rd,min} = [v_{min} + 0.15 \sigma_{cp}] b_w d$	265 kN
	$V_{Rd,c} = [0.18 k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \sigma_{cp}] b_w d$	215 kN
Taglio resistente	V_{Rd}	265.1 kN
	V_{Rd} / V_{Ed}	1.91 >1

ARMATURA A TAGLIO NON NECESSARIA