

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:	PROGETTISTA:	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE
RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI 	Ing. FEDERICO DURASTANTI	Ing. PIETRO MAZZOLI Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche

PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI-BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO

1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO-FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI

GEOTECNICA

Interconnessioni Nord - Relazione di Calcolo Rilevati ferr.

APPALTATORE	SCALA:
Consorzio CFT IL DIRETTORE TECNICO Geom. C. BIANCHI 22-09-2018	-

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

I	F	1	N	0	1	E	Z	Z	C	L	G	E	0	0	0	5	0	0	8	B
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	E.Sellari	10-07-2018	F.Durastanti	10-07-2018	P. Mazzoli	10-07-2018	F.Durastanti
B	Rev. Istruttoria ITF 07/09/18	E.Sellari	22-09-2018	F.Durastanti	22-09-2018	P. Mazzoli	22-09-2018	
								22-09-2018

File: IF1N.0.1.E.ZZ.CL.GE.00.0.5.008.B	n. Elab.:
----------------------------------------	-----------

   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Interconnessioni Nord – Relazione di Calcolo Rilevati ferr.	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GE0005 008</td> <td>B</td> <td>2 di 30</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	2 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	2 di 30								

Indice

1	INTRODUZIONE	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	5
2.1	NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO.....	5
3	CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE	6
3.1	CRITERI GENERALI DI VERIFICA	6
3.2	VERIFICHE DI SICUREZZA IN CAMPO STATICO PER OPERE IN MATERIALI SCIOLTI	6
3.2.1	STATI LIMITE ULTIMI (SLU).....	6
3.2.2	STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)	10
3.3	VERIFICHE DI SICUREZZA IN CAMPO SISMICO PER OPERE IN MATERIALI SCIOLTI	10
3.3.1	STATI LIMITE DI RIFERIMENTO PER LE VERIFICHE SISMICHE.....	10
3.3.2	STATI LIMITE ULTIMI (SLU).....	12
3.3.3	STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)	13
4	AZIONE SISMICA DI PROGETTO	14
4.1	COMPONENTI DELL'ACCELERAZIONE EQUIVALENTE	15
4.1.1	COEFFICIENTI SISMICI PER LA VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE	15
5	CODICI DI CALCOLO E METODOLOGIE DI VERIFICA	17
5.1	METODOLOGIE DI VERIFICA ADOTTATE.....	17
5.1.1	VERIFICHE DI STABILITÀ.....	17
5.1.2	VALUTAZIONE DEGLI SPOSTAMENTI	17
6	CARATTERISTICHE DEL CORPO STRADALE FERROVIARIO	20
6.1	INQUADRAMENTO GENERALE	20
6.2	DESCRIZIONE DEI TRATTI IN RILEVATO	20
6.3	MATERIALI	21
6.4	CARICHI DI PROGETTO	21
7	DATI GEOTECNICI DI CALCOLO.....	23
8	VERIFICHE RILEVATO TIPOLOGICO H=5.3M	24

   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Interconnessioni Nord – Relazione di Calcolo Rilevati ferr.	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GE0005 008</td> <td>B</td> <td>3 di 30</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	3 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	3 di 30								

8.1	VERIFICHE SLU – STABILITÀ GLOBALE	24
8.2	VERIFICHE SLU IN CONDIZIONI STATICHE	24
8.3	VERIFICHE SLU IN CONDIZIONI SISMICHE	24
8.4	VERIFICHE SLE – VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI	28
9	ALLEGATO	28

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Interconnessioni Nord – Relazione di Calcolo Rilevati ferr.	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GE0005 008</td> <td>B</td> <td>4 di 30</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	4 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	4 di 30								

1 INTRODUZIONE

Oggetto del presente documento tecnico sono i tratti in rilevato dell'Interconnessione Nord prevista nell'ambito del progetto di raddoppio della tratta Cancello - Benevento, I Lotto Funzionale Cancello – Frasso Telesino e relativa "Variante alla Linea Roma – Napoli Via Cassino nel Comune di Maddaloni".

Le verifiche sono state condotte ai sensi della Normativa vigente (Documenti di Riferimento e sono riferite ad una sezione tipologica rappresentativa di tutta la tratta in esame; la sezione di riferimento è la sezione alla progressiva 1+375 circa BD (altezza massima del rilevato H = 5.3 m).

Il documento è così articolato:

Nel Cap. 2 si riportano i documenti di riferimento e la normativa citati nel testo.

Nel Cap. 3 si descrivono i criteri generali di progettazione in accordo alla Normativa vigente.

Nel Cap. 4 si definisce l'azione sismica di progetto.

Nel Cap. 5 si descrivono le metodologie di verifica adottate.

Nel Cap. 6 si riporta la descrizione del corpo ferroviario in esame da un punto di vista geometrico, con i criteri per l'individuazione delle sezioni caratteristiche, le caratteristiche geotecniche dei materiali e i sovraccarichi presenti.

Nel Cap. 7 si riportano i dati geotecnici di calcolo in termini di stratigrafia e parametri.

Nel Cap.8 sono invece riportate le descrizioni delle verifiche condotte e i risultati ottenuti per ciascuna sezione caratteristica.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Interconnessioni Nord – Relazione di Calcolo Rilevati ferr.	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GE0005 008</td> <td>B</td> <td>5 di 30</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	5 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	5 di 30								

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO

1. Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30.
2. Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 14 Gennaio 2008.
3. UNI EN 1997-1 : Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
4. UNI EN 1998-5 : Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
5. RFI DTC INC PO SP IFS 001 A del 21.12.2011- Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario;
6. RFI DTC INC CS SP IFS 001 A del 21.12.2011 - Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie;
7. RFI DTC SICS SP IFS 001 B del 24.12.2015 - Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 5 – “Opere in terra e scavi” – RFI.
8. 1299/2014/UE Specifiche tecniche d'interoperabilità per il sottosistema “Infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione Europea (18/11/2014).

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Interconnessioni Nord – Relazione di Calcolo Rilevati ferr.	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GE0005 008</td> <td>B</td> <td>6 di 30</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	6 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	6 di 30								

3 CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE

3.1 CRITERI GENERALI DI VERIFICA

Per le opere in esame devono essere svolte le seguenti verifiche di sicurezza e delle prestazioni attese (par. 6.2.3. delle NTC2008):

Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU);

Verifiche agli Stati Limite d'Esercizio (SLE).

Per ogni **Stato Limite Ultimo (SLU)** deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq R_d \quad (\text{Eq. 6.2.1 delle NTC2008})$$

dove:

E_d = valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;

R_d = valore di progetto della resistenza.

La verifica della condizione $E_d \leq R_d$ deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I coefficienti da adottarsi nelle diverse combinazioni sono definiti in funzione del tipo di verifica da effettuare (si vedano i paragrafi seguenti). Si sottolinea che per quanto concerne le azioni di progetto E_d , tali forze possono essere determinate applicando i coefficienti parziali di cui sopra alle azioni caratteristiche, oppure, a posteriori, sulle sollecitazioni prodotte dalle azioni caratteristiche (Par. 6.2.3.1 delle NTC2008).

Per ogni **Stato Limite d'Esercizio (SLE)** deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq C_d \quad (\text{Eq. 6.2.7 delle NTC2008})$$

dove:

E_d = valore di progetto dell'effetto dell'azione;

C_d = valore limite prescritto dell'effetto delle azioni (definito dal Progettista Strutturale).

La verifica della condizione $E_d \leq C_d$ deve essere effettuata impiegando i valori caratteristici delle azioni e dei parametri geotecnici..

3.2 VERIFICHE DI SICUREZZA IN CAMPO STATICO PER OPERE IN MATERIALI SCIOLTI

In base a quanto indicato dalle NTC2008, le verifiche di sicurezza che devono essere condotte per opere costituite da materiali sciolti sono le seguenti.

3.2.1 STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

Le verifiche di stabilità in campo statico di opere in materiali sciolti, quali rilevati, devono essere eseguite secondo il seguente approccio (Par. 6.8.2 delle NTC2008):

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Interconnessioni Nord – Relazione di Calcolo Rilevati ferr.	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GE0005 008</td> <td>B</td> <td>7 di 30</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	7 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	7 di 30								

Approccio 1:

Combinazione 2 : A2 + M2 + R2

tenendo conto dei coefficienti parziali sotto definiti.

La verifica di stabilità globale si ritiene soddisfatta se:

$$\frac{R_d}{E_d} \geq 1 \Rightarrow \frac{\frac{1}{\gamma_R} \cdot R}{E_d} \geq 1 \Rightarrow \frac{R}{E_d} \geq \gamma_R$$

essendo R resistenza globale del sistema (vedasi Par. C.6.8.6.2 del Doc. Rif.2), calcolata sulla base delle azioni di

progetto, dei parametri di progetto e della geometria di progetto ($R = R \left[\gamma_F \cdot F_k \cdot \frac{S_d}{\gamma_m} \cdot a_d \right]$).

La stabilità globale dell'insieme manufatto-terreno di fondazione deve essere studiata nelle condizioni corrispondenti alle diverse fasi costruttive ed al termine della costruzione.

Facendo riferimento a quanto previsto al p.to 5.2.3.3.1 del Doc Rif. 5 ed al p.to 2.3.3. dei Doc Rif. 6 e 5, per le verifiche agli Stati Limite Ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali in Tab. 1 (Tab. 5.2.V del Doc Rif. 5) e i coefficienti di combinazione ψ in Tab. 5.2.VI.

		Coefficiente	EQU ¹	A1 STR	A2 GEO	Comb. eccezionale	Comb. Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	Y _{G1}	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali ²	favorevoli	Y _{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ³	favorevoli	Y _B	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico ⁴	favorevoli	Y _Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁵	0,20 ⁶
Carichi variabili	favorevoli	Y _{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	Y _P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole						

¹ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.

² Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

³ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

⁴ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico GR della tabella Tab. 5.2.IV del oc. Rif. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

⁵ Aliquota di carico da traffico da considerare.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Interconnessioni Nord – Relazione di Calcolo Rilevati ferr.	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GE0005 008</td> <td>B</td> <td>8 di 30</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	8 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	8 di 30								

			1,00 ⁶	1,00 ⁷	1,00	1,00	1,00
--	--	--	-------------------	-------------------	------	------	------

Tab. 1 – Coefficienti parziali sulle azioni (Tab. 5.2.V del Doc. Rif. 5)

In Tab. 1 (Tab. 5.2.V del Doc. Rif. 5) il significato dei simboli è il seguente:

- γ_{G1} coefficiente parziale del peso proprio della struttura, del terreno e dell'acqua, quando pertinente;
- γ_{G2} coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;
- γ_B coefficiente parziale del peso proprio del ballast;
- γ_Q coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;
- γ_{Qi} coefficiente parziale delle azioni variabili.

⁶ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna.

⁷ 1,20 per effetti locali.

   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Interconnessioni Nord – Relazione di Calcolo Rilevati ferr.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF1N</td> <td style="text-align: center;">01 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">GE0005 008</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">9 di 30</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	9 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	9 di 30								

Azioni	Descrizione	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr1	0,80 ⁸	0,80 ⁹	0,0
	gr2	0,80 ⁹	0,80 ¹⁰	-
	gr3	0,80 ⁹	0,80 ¹⁰	0,0
	gr4	1,00	1,00 ¹⁰	0,0
Azioni del vento	F_{wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,00	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

Tab. 2 – Coefficienti di combinazione ψ delle azioni (Tab. 5.2.VI del Doc. Rif.5)

Azioni	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2	
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 ¹⁰	1 ¹¹	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 ¹¹	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,00 ¹¹	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 ¹¹	-	-
	Centrifuga	1 ^{13 11}	1 ¹²	1 ¹³
	Azione laterale (serpeggio)	1,00 ¹¹	0,80	0,0

Tab. 3 – Coefficienti di combinazione ψ delle azioni (Tab. 5.2.VII del Doc. Rif. 5)

PARAMETRO	Coefficiente parziale	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\gamma_{\varphi'}$	1.0	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	γ_{Cu}	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	γ_r	1.0	1.0

⁸ Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,00.

⁹ 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari, e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

¹⁰ Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,00.

¹¹ 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

¹² Si usano gli stessi coefficienti ψ adottati per i carichi che provocano dette azioni

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Interconnessioni Nord – Relazione di Calcolo Rilevati ferr.	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GE0005 008</td> <td>B</td> <td>10 di 30</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	10 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	10 di 30								

Tab. 4 – Coefficienti parziali sui parametri del terreno (M1 ed M2) - (Tab. 6.2.II, Doc. Rif.1)

Coefficiente parziale	(R2)
γ_R	1.1

Tab. 5 – Coefficienti parziali per le verifiche di stabilità globale (R2) - (Tab. 6.8.I, Doc. Rif.1)

3.2.2 STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)

Deve essere verificato, mediante analisi effettuate impiegando i valori caratteristici delle azioni e dei parametri geotecnici (Par. 6.5.3.2 delle NTC2008), che gli spostamenti dell'opera in esame e del terreno circostante siano compatibili con la funzionalità della struttura e con la sicurezza e la funzionalità di manufatti adiacenti.

Sarà a carico del Progettista Strutturale definire valori di spostamenti/rotazioni corrispondenti ad uno Stato Limite di Esercizio (s_{SLE} e θ_{SLE}) delle strutture da confrontarsi con quelli calcolati in fondazione.

Deve essere tenuto presente che le verifiche agli Stati Limite di Esercizio possono risultare più restrittive di quelle agli Stati Limite Ultimi.

3.3 VERIFICHE DI SICUREZZA IN CAMPO SISMICO PER OPERE IN MATERIALI SCIOLTI

3.3.1 STATI LIMITE DI RIFERIMENTO PER LE VERIFICHE SISMICHE

Le NTC2008 (Doc. Rif. 1) stabiliscono differenti Stati Limite (sia d'Esercizio che Ultimi) in funzione, in primo luogo, dell'importanza dell'opera, mediante l'identificazione della Classe d'Uso, e poi in funzione del danno conseguente ad un certo Stato Limite. In particolare si definiscono i seguenti Stati Limite di Esercizio e Ultimi, come riportato al par. 3.2.1 delle NTC2008:

- **Stati Limite di Esercizio (SLE):**
 - Stato Limite di immediata Operatività **SLO** per le strutture ed apparecchiature che debbono restare operative a seguito dell'evento sismico. Tale stato limite non si applica per l'opera in oggetto.
 - Stato Limite di Danno **SLD** definito come lo stato limite da rispettare per garantire la sostanziale integrità dell'opera ed il suo immediato utilizzo.
- **Stati Limite Ultimi (SLU):**
 - Stato Limite di Salvaguardia della Vita umana, **SLV**, definito come lo stato limite in cui la struttura subisce una significativa perdita della rigidità nei confronti dei carichi orizzontali ma non nei confronti dei carichi verticali. Permane un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.
 - Stato Limite di Prevenzione del Collasso, **SLC**, stato limite nel quale la struttura subisce gravi danni strutturali, mantenendo comunque un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza a collasso per carichi orizzontali.

La Tab. 6 riporta, in funzione della classe d'uso della struttura, lo stato limite da considerare in funzione della verifica di sicurezza appropriata per l'opera (Tabella C7.1.1 del Doc. Rif.2).

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Interconnessioni Nord – Relazione di Calcolo Rilevati ferr.	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GE0005 008</td> <td>B</td> <td>11 di 30</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	11 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	11 di 30								

Con riferimento all'opera in oggetto, e considerando quanto riportato al punto C7.1 del Doc. Rif.2, le verifiche geotecniche in presenza di un evento sismico richiedono la verifica ai seguenti stati limite:

Stato Limite Ultimo: **SLV** – Stato Limite di Salvaguardia della Vita (cui corrisponde una probabilità di superamento $P_{VR} = 10\%$ nel periodo V_r);

Stato Limite Esercizio: **SLD** – Stato Limite di Danno (cui corrisponde una probabilità di superamento $P_{VR} = 63\%$ nel periodo V_r).

Le suddette probabilità, valutate nel periodo di riferimento V_r per l'azione sismica, consentono di determinare, per ciascuno stato limite, il tempo di ritorno del terremoto di progetto corrispondente.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Interconnessioni Nord – Relazione di Calcolo Rilevati ferr.	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GE0005 008</td> <td>B</td> <td>12 di 30</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	12 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	12 di 30								

Stato Limite	Prestazione da verificare	Classe d'uso			
		I	II	III	IV
SLO	Contenimento del danno degli elementi non strutturali			X	X
	Funzionalità degli impianti			X	X
SLD	Resistenza degli elementi strutturali			X	X
	Contenimento del danno degli elementi non strutturali	X	X		
	Contenimento delle deformazioni del sistema fondazione-terreno	X	X	X	X
	Contenimento degli spostamenti permanenti dei muri di sostegno	X	X	X	X
SLV	Assenza di martellamento tra strutture contigue	X	X	X	X
	Resistenza delle strutture	X	X	X	X
	Duttilità delle strutture	X	X	X	X
	Assenza di collasso fragile ed espulsione di elementi non strutturali	X	X	X	X
	Resistenza dei sostegni e collegamenti degli impianti	X	X	X	X
	Stabilità del sito	X	X	X	X
	Stabilità dei fronti di scavo e dei rilevati	X	X	X	X
	Resistenza del sistema terreno-fondazione	X	X	X	X
	Stabilità del muro di sostegno	X	X	X	X
	Stabilità delle paratie	X	X	X	X
SLC	Resistenza e stabilità dei sistemi di contrasto e degli ancoraggi	X	X	X	X
	Resistenza dei dispositivi di vincolo temporaneo tra costruzioni isolate	X	X	X	X
	Capacità di spostamento degli isolatori	X	X	X	X

Tab. 6 – Verifiche di sicurezza in funzione della Classe d'uso (Tab. C7.1.I, Doc. Rif.2)

3.3.2 STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

Per tutte le verifiche l'azione sismica di progetto deve essere valutata sulla base degli Stati Limite relativi all'opera da verificare (vedasi Tab. 6). Per l'opera in oggetto, come definito al punto 3.3.1, le verifiche agli Stati Limite Ultimi verranno condotte con riferimento allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV).

Le verifiche di sicurezza agli SLU in campo sismico devono contemplare almeno le medesime verifiche definite in campo statico. In particolare la stabilità globale in condizioni sismiche dei opere in materiali sciolti, quali rilevati, deve essere svolta secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2.

Approccio 1:

Combinazione 2 :A2 + M2 + R2

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Interconnessioni Nord – Relazione di Calcolo Rilevati ferr.	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GE0005 008</td> <td>B</td> <td>13 di 30</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	13 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	13 di 30								

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati di Tab. 4 e Tab. 5 e ponendo i coefficienti parziali sulle azioni tutti pari ad uno (vedasi Par.7.11.1 delle NTC2008).

Le condizioni di stabilità del rilevato devono essere verificate affinché prima, durante e dopo il sisma la resistenza del sistema sia superiore alle azioni, ovvero gli spostamenti permanenti indotti dal sisma siano di entità tale da non pregiudicare le condizioni di sicurezza o di funzionalità delle strutture o infrastrutture medesime.

Come riportato al Par. 7.11.6.3.11 delle NTC2008 le verifiche possono essere condotte mediante metodi pseudo statici, metodi degli spostamenti e metodi di analisi dinamica.

3.3.3 STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)

Deve essere verificato, mediante analisi effettuate impiegando i valori caratteristici delle azioni e dei parametri geotecnici dei materiali, che gli spostamenti permanenti indotti dal sisma non alterino significativamente la resistenza della fondazione e devono essere compatibili con la funzionalità dell'opera.

L'azione sismica di progetto deve essere valutata sulla base degli Stati Limite relativi all'opera da verificare (vedasi Tab. 6). Per l'opera in oggetto, come definito al punto 3.3.1, le verifiche agli Stati Limite di Esercizio verranno condotte con riferimento allo Stato Limite di Danno (**SLD**).

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Interconnessioni Nord – Relazione di Calcolo Rilevati ferr.	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GE0005 008</td> <td>B</td> <td>14 di 30</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	14 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	14 di 30								

4 AZIONE SISMICA DI PROGETTO

La definizione dell'azione sismica di progetto per le opere afferenti il tracciato è stata condotta secondo quanto disposto dalle Norme Tecniche in vigore assunte alla base della progettazione in oggetto (D.M. 14 Gennaio 2008. Norme Tecniche per le Costruzioni. Gazzetta Ufficiale n. 29 del 04.02.2008 – Supplemento Ordinario n. 159).

In particolare, l'azione sismica in base alla quale è stato verificato il rispetto dei diversi Stati Limite per le strutture in progetto, è stata definita a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, a sua volta espressa in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale.

La definizione dell'azione sismica comprende la determinazione delle ordinate dello spettro di risposta elastica in accelerazione $S_e(T)$ "ancorato" al valore di a_g , facendo riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , nel periodo di riferimento V_R per la vita utile della struttura.

In particolare si sono considerati una vita nominale dell'opera V_N pari a 75 anni ed un coefficiente d'uso pari a 1.5. Pertanto la vita di riferimento dell'opera V_R risulta pari a 112.5 anni.

Data la probabilità di superamento nel periodo di riferimento considerato, funzione dello Stato Limite di verifica, la forma spettrale è definita a partire dai valori dei seguenti parametri relativi ad un sito di riferimento rigido e orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima su sito rigido e superficie topografica orizzontale;

F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Si è quindi proceduto alla definizione del periodo di riferimento per l'azione sismica, sulla base della classificazione delle opere in progetto, e successivamente sono stati definiti gli stati limite di interesse per la verifica strutturale, i periodi di ritorno corrispondenti dell'azione sismica per suolo rigido in corrispondenza dei punti di interesse collocati lungo il tracciato.

La determinazione della categoria di suolo (e topografica) è stata eseguita attraverso l'interpretazione delle indagini geotecniche e geofisiche condotte per il Progetto Preliminare e Definitivo: sulla base delle informazioni disponibili, ai fini della microzonazione, il tratto in esame risulta caratterizzabile, ai fini normativi, come sito di **Categoria B** ossia "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $C_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)".

L'amplificazione dell'azione sismica viene determinata, secondo le NTC2008, attraverso l'impiego di un fattore di sito S funzione sia della categoria di sottosuolo (S_s) sopra determinata, sia dell'andamento della superficie topografica (S_T):

$$S = S_s \cdot S_T.$$

Per la **Categoria di Sottosuolo B**, il coefficiente S_s si ottiene dall'espressione seguente (vedi Tabella 3.2.V del par. 3.2.3 delle NTC2008):

$$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$$

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Interconnessioni Nord – Relazione di Calcolo Rilevati ferr.	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GE0005 008</td> <td>B</td> <td>15 di 30</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	15 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	15 di 30								

Per quanto riguarda l'eventuale amplificazione topografica, considerato che il tracciato attraversa zone in parte pianeggianti e in parte collinari - rilevate, il fattore di amplificazione topografica è stato assunto pari a 1.1, valore intermedio tra S_T pari a 1.0 e pari a 1.2.

Nella Tab. 7 sono riportati il valore dell'accelerazione a_g [g] atteso in condizioni di campo libero su suolo rigido, con i coefficienti S_s ed S_t relativi e il corrispondente valore di a_{max} [g], in corrispondenza dello stato limite di Salvaguardia della Vita (SLV).

a_g [g]	S_s	S_t	a_{max} [g]
0.197	1.2	1.1	0.260

Tab. 7 – Parametri per la valutazione dell'azione sismica

Tali parametri sono stati determinati attraverso il foglio di calcolo Excel Spettri-NTCver.1.0.3. del CConsiglio Superiore dei Lavori Pubblici sulla base delle seguenti coordinate geografiche:

Longitudine (ED50): 14.39846;

Latitudine (ED50): 41.02501

A partire dai valori sopra riportati risulta:

$$a_{max} [g] = S a_g [g] = 0.197 \cdot 1.200 \cdot 1.1 = 0.260.$$

4.1 COMPONENTI DELL'ACCELERAZIONE EQUIVALENTE

Come definito in normativa, a meno di specifiche analisi dinamiche, è possibile svolgere le verifiche di sicurezza mediante analisi pseudostatiche o analisi agli spostamenti.

4.1.1 COEFFICIENTI SISMICI PER LA VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE

Come descritto nell'esempio di calcolo riportato al Par. C7.11.4 del Doc. Rif. 2, la verifica di stabilità globale va condotta mediante il metodo di analisi definito al Par. 7.11.3.5 delle NTC2008, inerente alla stabilità dei pendii.

Sulla base di quanto definito al Par.7.11.3.5.2 delle NTC2008, in mancanza di studi specifici, i coefficienti sismici k_h (orizzontale) e k_v (verticale) sono definiti come:

- $k_h = \beta_s a_{max}$
- $k_v = \pm k_h / 2$

essendo

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (Tab. 8).

Per la **Categoria di Sottosuolo B**, il coefficiente β_s da assumere è pari a 0.24 essendo il parametro a_g [g] tale che $0.1 < a_g(g) = 0.197 < 0.2$.

	Categoria di Sottosuolo
--	--------------------------------

   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Interconnessioni Nord – Relazione di Calcolo Rilevati ferr.	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GE0005 008</td> <td>B</td> <td>16 di 30</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	16 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	16 di 30								

	A	B,C,D,E
	β_s	β_s
$0.2 < a_g(g) < 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < a_g(g) < 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g) < 0.1$	0.20	0.20

Tab. 8 – Coefficiente β_s

Con riferimento allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita, in accordo alle espressioni di cui sopra, si ottengono i seguenti coefficienti per la verifica di stabilità globale (Tab. 9):

STATO LIMITE	T_R	k_h	k_v
	[anni]	[g]	[g]
SLV	1068	0.062	± 0.031

Tab. 9 – Valori dei coefficienti sismici per le verifiche di stabilità globale

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Interconnessioni Nord – Relazione di Calcolo Rilevati ferr.	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GE0005 008</td> <td>B</td> <td>17 di 30</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	17 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	17 di 30								

5 CODICI DI CALCOLO E METODOLOGIE DI VERIFICA

5.1 METODOLOGIE DI VERIFICA ADOTTATE

5.1.1 VERIFICHE DI STABILITÀ

Il modulo VSP del software di calcolo ParatiePlus è stato utilizzato nel presente documento per condurre le analisi di stabilità sia in campo statico che in campo sismico (adottando il metodo pseudo-statico) costituenti le verifiche SLU richieste dalla Normativa per le opere in terreni sciolti.

Il modulo VSP prevede il calcolo della stabilità per mezzo dei seguenti metodi:

- Bishop semplificato;
- Janbu semplificato;
- Morgenstern & Price.

Tutti questi metodi, appartenenti alla famiglia dei metodi dell'equilibrio limite, si basano sull'individuazione di una porzione di terreno instabile mobilitata lungo una potenziale superficie di scorrimento.

Il coefficiente di sicurezza associato ad una superficie è calcolato imponendo le condizioni di equilibrio nelle quali vengono introdotte le resistenze offerte dal terreno affette da tale coefficiente di sicurezza.

Variando secondo diversi criteri la superficie di scorrimento, è possibile determinare la configurazione associata al coefficiente di sicurezza minimo.

Tutti i metodi suddividono la regione di terreno mobilitata in conci (slices) verticali compresi tra il piano campagna e la superficie di scorrimento e impongono le condizioni di equilibrio generali e relative ai singoli conci. Poiché nella scrittura delle condizioni di equilibrio del singolo cono è necessario includere le azioni che esso scambia con i conci adiacenti, si ottiene un sistema risolvibile in cui le incognite (il coefficiente di sicurezza e le azioni interne tra i conci) superano le equazioni disponibili.

In questa sede si è scelto di impiegare il metodo di Bishop semplificato il quale assume che i vari conci si scambino azioni solo normali alla facce, vale a dire azioni orizzontali; esso, inoltre, richiede che la superficie di scivolamento sia un arco di cerchio e determina il coefficiente di sicurezza imponendo l'equilibrio alla rotazione dell'ammasso intorno al centro della circonferenza.

Al fine di individuare la superficie di rottura associata al coefficiente di sicurezza minimo il modulo VSP consente di adottare vari criteri. Dal momento che l'interesse è rivolto alla ricerca di superficie che interessino la sede ferroviaria, si è scelto di utilizzare il criterio secondo il quale tali superficie siano costituite da archi di cerchio entranti ed uscenti da posizioni note.

Per le analisi in condizioni sismiche sono stati adottati i parametri riportati al paragrafo 4 cui si rimanda.

Nelle analisi sono state escluse, perché considerate non significative, le superfici di rottura superficiali che coinvolgono volumi di terreno ridotti e che comunque non interessano la sede ferroviaria.

5.1.2 VALUTAZIONE DEGLI SPOSTAMENTI

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Interconnessioni Nord – Relazione di Calcolo Rilevati ferr.	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GE0005 008</td> <td>B</td> <td>18 di 30</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	18 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	18 di 30								

La valutazione dell'ordine di grandezza dei cedimenti attesi sotto i carichi di esercizio è stato effettuato attraverso la teoria dell'elasticità. Facendo ricorso alla teoria del semispazio elastico omogeneo ed isotropo, è possibile definire in ogni punto del sottosuolo e per il previsto schema di carico i valori delle corrispondenti tensioni indotte. Il corpo di carico del rilevato è suddiviso in corpi di carico riconducibili a quelli di Figura 1, che consentono di determinare le tensioni indotte in forma analitica chiusa.

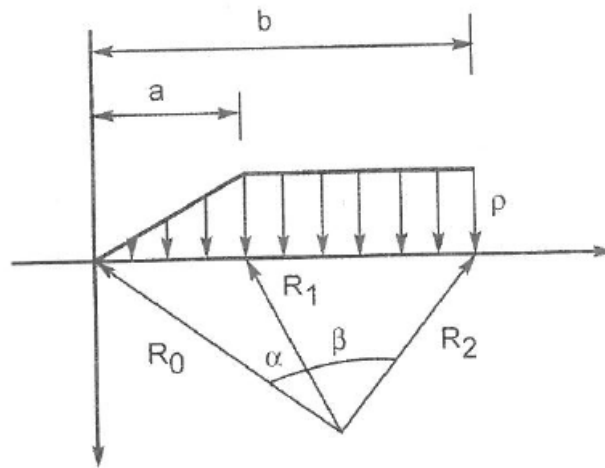


Figura 1

Con tale metodo le espressioni delle tensioni indotte dal singolo corpo di carico sono:

$$\Delta\sigma_z = p/\pi \cdot [\beta + x\alpha/a - z/R_2^2 \cdot (x - b)]$$

$$\Delta\sigma_x = p/\pi \cdot [\beta + x\alpha/a + z/R_2^2 \cdot (x - b) + 2z/a \cdot \log R_1/R_0]$$

$$\Delta\sigma_y = \nu \cdot (\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_z)$$

Ricavati ad ogni profondità z I corrispondenti valori di $\Delta\sigma_x$, $\Delta\sigma_y$ e $\Delta\sigma_z$, dovuti alla sovrapposizione degli effetti dei singoli corpi di carico, è possibile ricavare il corrispondente valore della ϵ_z attraverso l'espressione:

$$\epsilon_z = [\Delta\sigma_z - \nu \cdot (\Delta\sigma_y + \Delta\sigma_x)]/E$$

noti i valori del modulo di deformabilità E ed il coefficiente di Poisson ν .

Suddividendo il terreno al di sotto del rilevato in strati di spessore Δz_i , è possibile valutare il cedimento dello strato i – esimo attraverso l'espressione:

$$\delta z_i = [\Delta\sigma_z - \nu \cdot (\Delta\sigma_y + \Delta\sigma_x)]/E \cdot \Delta z_i$$

Il cedimento complessivo sarà pari alla somma dei cedimenti dei singoli strati e quindi pari a:

$$\delta z_j = \sum_i \delta z_i = \sum_i [\Delta\sigma_z - \nu \cdot (\Delta\sigma_y + \Delta\sigma_x)]/E \cdot \Delta z_i$$

Se il sottosuolo sul quale è realizzato il rilevato è costituito da n strati, il cedimento complessivo è pari alla somma dei cedimenti dei singoli strati:

$$\delta_{tot} = \sum_j \delta z_j$$

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Interconnessioni Nord – Relazione di Calcolo Rilevati ferr.	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GE0005 008</td> <td>B</td> <td>19 di 30</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	19 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	19 di 30								

Il calcolo può essere esteso o su tutto lo spessore dello schema geometrico definito o esteso fino ad una profondità massima, intesa come quella profondità alla quale il rapporto tra l'incremento della tensione media nel sottosuolo per effetto del sovraccarico dovuto al rilevato $\Delta\sigma_m = (\Delta\sigma_z + \Delta\sigma_y + \Delta\sigma_x)/3$ e la tensione media efficace $\sigma_{m0} = (\sigma'_{v0} + 2k_0 \cdot \sigma'_{v0})/3$ risulta pari ad una certa percentuale. (es. 1%).

Il foglio di calcolo impiegato fornisce la valutazione del cedimento in undici punti collocati in corrispondenza del piano campagna. I dati di input richiesti per il calcolo del cedimento sono:

- caratteristiche geometriche del rilevato: altezza h, larghezza della scarpata sinistra a, larghezza del coronamento b e larghezza della scarpata a';
- il valore del peso dell'unità di volume del rilevato;
- il numero e lo spessore degli strati di terreno interessati con un eventuale descrizione e l'intervallo di suddivisione dei singoli strati Δz_i ;
- i parametri di deformabilità medi di ciascuno strato E_i e ν_i ;
- l'angolo di attrito interno φ'_i e il peso dell'unità di volume γ_i dei singoli strati;
- la profondità della falda z_w ;
- il rapporto tra la tensione media indotta nel sottosuolo e la tensione media efficace $\Delta\sigma_m/\sigma_{m0}$ (se uguale 0 l'analisi viene estesa allo spessore complessivo dovuto alla somma degli spessori dei singoli strati).

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Interconnessioni Nord – Relazione di Calcolo Rilevati ferr.	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GE0005 008</td> <td>B</td> <td>20 di 30</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	20 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	20 di 30								

6 CARATTERISTICHE DEL CORPO STRADALE FERROVIARIO

6.1 INQUADRAMENTO GENERALE

Lungo la Linea ferroviaria Napoli – Bari, nel tratto compreso tra Cancellò e Frasso Telesino e nella variante alla Linea Roma – Napoli via Cassino, nel Comune di Maddaloni, il corpo stradale ferroviario si sviluppa, nei tratti all'aperto, principalmente in rilevato ed per una porzione ridotta in trincea.

Le linee in esame sono state suddivise in tratte omogenee per stratigrafia, per le quali sono stati adottati i profili ed i parametri geotecnici di progetto così come definiti nella "Relazione geotecnica generale di linea delle opere all'aperto" (IF1N.0.1.E.ZZ.RB.GE.00.0.5.001.A), da utilizzarsi per le verifiche geotecniche dei rilevati oggetto del presente documento.

Per ciascun tratto omogeneo sono poi state individuate le altezze caratteristiche di rilevato che hanno permesso di definire le sezioni di verifica.

Oggetto del presente documento è il tratto in rilevato dell'Interconnessione Nord

Tale tratto prevede la realizzazione di rilevati con altezza (distanza PF e PC) massima di 5.3 m. Per altezza (distanza PF e PC) del rilevato si intende la distanza tra Piano del Ferro (PF) e piano campagna (PC).

Nel seguito sono riportate le verifiche relative al rilevato tipologico di altezza massima (distanza PF e PC).

6.2 DESCRIZIONE DEI TRATTI IN RILEVATO

Per quanto riguarda la geometria dei rilevati, si è fatto riferimento agli elaborati di progetto ad essi relativi ed in particolare alle sezioni trasversali, tipologiche e correnti.

In particolare, i rilevati sono previsto con pendenza 3H:2V, con banche di altezza massima pari a circa 6 m, intervallate da berme di larghezza pari a circa 2 m. Al di sotto del rilevato è stato previsto uno scotico e bonifico per uno spessore pari a 1.0 m. Per le scarpate è stata ipotizzata una finitura a verde. Il rilevato è finito in sommità con la realizzazione di uno strato di super compattato di spessore pari a 30 cm, al di sopra del quale verrà realizzato uno strato di sub-ballast di spessore pari a 12 cm.

Una volta così completato il corpo del rilevato si posizioneranno ballast, traversine ed armamento ferroviario.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Interconnessioni Nord – Relazione di Calcolo Rilevati ferr.	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GE0005 008</td> <td>B</td> <td>21 di 30</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	21 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	21 di 30								

6.3 MATERIALI

Il materiale costituente il corpo del rilevato è caratterizzato da un peso specifico pari a 20 kN/m³, un angolo di attrito caratteristico ϕ'_k pari a 38° e coesione efficace c'_k nulla.

Lo strato di materiale super compattato, di spessore pari a 30 cm, è caratterizzato da un peso specifico pari a 20 kN/m³, un angolo di attrito caratteristico ϕ'_k pari a 42° e coesione efficace c'_k nulla, mentre lo strato di sub-ballast, di spessore pari a 12 cm, è caratterizzato da un peso specifico pari a 20 kN/m³, angolo di attrito caratteristico ϕ'_k pari a 38° e coesione efficace c'_k pari a 100 kPa.

Per l'inerbimento superficiale delle scarpate si è considerato uno strato di spessore pari a 30 cm caratterizzato da un peso specifico pari a 19 kN/m³, un angolo di attrito caratteristico ϕ'_k pari a 32° e coesione efficace c'_k pari a 10 kPa.

Una sintesi dei parametri geotecnici di calcolo per i materiali antropici è riportata nella successiva Tabella.

Il terreno in sito è stato caratterizzato in accordo a quanto definito nella "Relazione geotecnica generale di linea delle opere all'aperto" (IF1N.0.1.E.ZZ.RB.GE.00.0.5.001.A).

strato	Spessore	Peso di volume	Angolo di resistenza al taglio			Coesione efficace/coesione non drenata			Modulo di Young operativo	Permeabilità
	m	γ_d	ϕ'_k	ϕ'_d (M1)	ϕ'_d (M2)	(1) c'_k	(1) c'_d	(1) c'_d	E_{op}	k
		kN/m ³	°	°	°	(2) c_{uk}	(2) c_{ud} (M1)	(2) c_{ud} (M2)		
SUB-BALLAST	0.12	20	38	38	32.0	100	100	80	400 - 500	1·10 ⁻⁹
SUPERCOMPATTATO	0.30	20	42	42	35.8	0	0	0	60	1·10 ⁻⁹
INERBIMENTO	0.30	19	32	32	25.6	10	10	8	8	1·10 ⁻⁵
RILEVATO	Variabile	20	38	38	32.0	0	0	0	30	1·10 ⁻⁵
STRATO DI BONIFICO	1.00	19	38	38	32.0	0	0	0	15	1·10 ⁻⁵

Tabella 1 – Parametri geotecnici di calcolo – materiali antropici.

6.4 CARICHI DI PROGETTO

I carichi di progetto considerati nelle analisi oggetto del presente documento sono i seguenti:

- carico rappresentativo del pacchetto di armamento ferroviario (ballast, traversine, rotaie).
- sovraccarico rappresentativo del traffico ferroviario.
- carico da azione sismica.

L'armamento ferroviario è stato schematizzato per mezzo di una pressione uniformemente distribuita pari a 14.4 kPa, rappresentativo di uno strato di spessore pari a 0.80 m con un peso pari a 18.00 kN/m³. Il carico è stato applicato sulla sommità del rilevato sino ad una distanza pari a 0.65 m dai bordi, laddove l'armamento non è effettivamente presente.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Interconnessioni Nord – Relazione di Calcolo Rilevati ferr.	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GE0005 008</td> <td>B</td> <td>22 di 30</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	22 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	22 di 30								

Il sovraccarico da traffico ferroviario è stato valutato in accordo a quanto riportato nel Doc. Rif. 5 per quanto riguarda il traffico normale (treno di carico LM71). In base a quanto indicato nella specifica di riferimento si è definita la pressione equivalente secondo le seguenti considerazioni:

- il carico dato dal treno LM71 risulta essere pari a 250 kN ad asse, con interasse pari a 1.6 m, (ossia $250/1.6 = 156.25$ kN/m);
- per riportare il carico ferroviario dalla traversina, di larghezza pari a 2.6 m, al piano al di sotto dell'armamento si è considerata una diffusione con pendenza 1:4. Pertanto la pressione equivalente è stata valutata come applicata su una fascia di larghezza pari a 2.90 m, centrata in corrispondenza dell'asse della linea ferroviaria (ossia $156.25/2.9 = 53.9$ kPa). In caso di doppio binario si sono considerate due fasce di larghezza pari a 2.90 m in corrispondenza delle due vie di corsa.

La pressione considerata è stata assunta, pertanto, pari a 54 kPa, da amplificarsi, sempre in base a quanto indicato dal Doc. Rif. 5, con un coefficiente α pari a 1.1. Il valore di pressione risultante è, pertanto, pari a 59.4 kPa.

Per la definizione dell'azione sismica di progetto si rimanda al paragrafo 4 del presente documento.

Tali carichi e sovraccarichi sono stati inseriti nelle diverse verifiche agli SLU (statiche e sismiche) e agli SLE applicando laddove necessario gli opportuni coefficienti parziali di amplificazione come previsti dalla Normativa vigente.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Interconnessioni Nord – Relazione di Calcolo Rilevati ferr.	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GE0005 008</td> <td>B</td> <td>23 di 30</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	23 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	23 di 30								

7 DATI GEOTECNICI DI CALCOLO

In accordo a quanto riportato nella “Relazione geotecnica generale di linea delle opere all'aperto” (IF1N.0.1.E.ZZ.RB.GE.00.0.5.001.A), e sulla base di quanto descritto nel Capitolo 3, nella Tab. 10 sono riportati i valori dei parametri geotecnici caratteristici e di progetto, fattorizzati utilizzando i coefficienti M1 e M2 contenuti nella Tab. 4 della presente relazione.

La stratigrafia riportata fa riferimento al tratto da pk 2+205 a fine tratta della Linea Storica Roma – Napoli.

Si ricorda che, come definito al Cap. 7 del Doc. Rif.[4], le verifiche geotecniche SLU di stabilità globale dei rilevati, in campo statico e sismico, richiedono l'adozione della sola Combinazione 2 dell'Approccio 1 e pertanto l'applicazione dei soli coefficienti parziali M2, mentre per le verifiche SLE, finalizzate alla determinazione dei cedimenti, sono richiesti i parametri caratteristici.

La falda di progetto è stata assunta nei calcoli a 21 m dal piano campagna.

strato	profondità da m da pc	profondità a m da pc	peso di volume kN/m ³	angolo di resistenza al taglio			coesione efficace			modulo elastico operativo E _{op} MPa	permeabil ità K m/s
				ϕ'_k	ϕ'_d M1	ϕ'_d M2	c' _k	c' _d M1	c' _d M2		
				°	°	°	kPa	kPa	kPa		
Piroclastiti superficiali (CCU)	0	4.5	16	26	26	21.3	0	0	0	15	5·10 ⁻⁵
Tufo Grigio Campano in facies litoide (TGCI)	4.5	10	13	35	35	29.3	20	20	16	125	1·10 ⁻⁶
Tufo Grigio Campano in facies sciolta (TGCs)	10	50	14	34	34	28.4	0	0	0	55	5·10 ⁻⁵
QUOTA DELLA FALDA: 21 m s.l.m.											
CLASSE DI SUOLO: B											

Tab. 10 – Parametri geotecnici di calcolo pk 1+375 BD circa – Materiali in sito.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Interconnessioni Nord – Relazione di Calcolo Rilevati ferr.	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GE0005 008</td> <td>B</td> <td>24 di 30</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	24 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	24 di 30								

8 VERIFICHE RILEVATO TIPOLOGICO H=5.3M

8.1 VERIFICHE SLU – STABILITÀ GLOBALE

Le verifiche SLU della stabilità globale del rilevato (sia in condizioni statiche che sismiche) sono state condotte tramite il modulo VSP del software ParatiePlus 18.0. Le combinazioni di carico adottate nelle analisi fanno riferimento rispettivamente ai coefficienti parziali A2 + M2 per le analisi in campo statico e ai coefficienti parziali A2 (=1) + M2 per le analisi sismiche. Tali coefficienti sono contenuti nella Tab. 1 e nella Tab. 4 della presente relazione.

Come dalle NTC2008, la verifica SLU di stabilità globale è soddisfatta se la relazione $FS \geq R2=1.1$ è verificata sia in condizioni statiche che sismiche.

Il coefficiente R2 è contenuto nella Tab. 5 della presente relazione.

8.2 VERIFICHE SLU IN CONDIZIONI STATICHE

L'analisi di stabilità globale in campo statico del rilevato tipologico con altezza (distanza PF e PC) pari a 5.3 m è stata condotta in accordo alla combinazione DA1C2 assumendo i parametri geotecnici M2 di cui in Tab. 10.

Il carico da traffico ferroviario (q), assunto pari a 59.4 kPa, è stato modellato come un carico distribuito applicato in corrispondenza delle impronte delle traversine ferroviarie. Tale sovraccarico è di tipo variabile/sfavorevole e, pertanto, in accordo al coefficiente parziale sulle azioni A2 riportato in Tab. 1; il valore di calcolo è stato assunto pari a:

- $q_d = q_k \times \gamma_{Qi [A2]} = 59.4 \text{ kPa} \times 1.3 = 77.22 \text{ kPa}$.

L'analisi di stabilità globale è stata finalizzata all'individuazione delle superfici di rottura tali da intercettare il carico ferroviario. Tra esse, è definita critica quella a cui corrisponde il fattore di sicurezza FS minimo.

Si sottolinea che nella ricerca delle superfici di rottura critiche sono state escluse tutte quelle superfici di spessore ridotto e che non interessano la sede ferroviaria.

In Fig. 1 è riportata la superficie di rottura critica per la combinazione DA1C2; il fattore di sicurezza FS relativo a tali meccanismi, e quindi il minore tra tutti i fattori di sicurezza FS calcolati, è pari a:

$$FS^{\text{MIN}} (\text{DA1C2}) = 1.262$$

Essendo soddisfatta la relazione:

$$FS^{\text{MIN}} \geq R2 = 1.1,$$

la verifica di stabilità globale in campo statico risulta soddisfatta.

8.3 VERIFICHE SLU IN CONDIZIONI SISMICHE

L'analisi di stabilità globale in campo sismico del rilevato tipologico con altezza (distanza PF e PC) pari a 5.3 m è stata condotta assumendo i parametri geotecnici M2 di cui in Tab. 10.

In accordo a quanto riportato al punto 4, la forza sismica è stata modellata tramite i coefficienti sismici:

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Interconnessioni Nord – Relazione di Calcolo Rilevati ferr.	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GE0005 008</td> <td>B</td> <td>25 di 30</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	25 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	25 di 30								

$k_h = + 0.062$ (concorde alla direzione di scivolamento)

$k_v = \pm 0.031$ (verificando la più cautelativa tra negativo e positivo)

Il carico stradale (q), assunto pari a 59.4 kPa, è stato modellato come un carico distribuito applicato in corrispondenza delle impronte delle traversine ferroviarie. Tale sovraccarico è stato inserito nei calcoli col proprio valore caratteristico in accordo a quanto specificato dalle NTC2008 (vedasi Par.7.11.1 delle NTC2008 stesse) che indicano per le analisi in condizioni sismiche di adottare l'Approccio 1 Combinazione 2 ponendo i coefficienti parziali sulle azioni (A2) tutti pari ad uno. Pertanto:

$q_d = q_k = 59.4 \text{ kPa}$.

L'analisi di stabilità globale è stata finalizzata all'individuazione delle superfici di rottura tali da intercettare il carico ferroviario. Tra esse, è definita "critica", quella a cui corrisponde il fattore di sicurezza FS minimo.

Si sottolinea che nella ricerca delle superfici di rottura critiche sono state escluse tutte quelle superfici di spessore ridotto e che non interessano la sede ferroviaria.

In Fig. 2 è riportata la superficie di rottura critica; il fattore di sicurezza FS relativo a tale meccanismo, e quindi il minore tra tutti i fattori di sicurezza FS calcolati, è pari a:

$FS^{\text{MIN}} = 1.131$

Essendo soddisfatta la relazione:

$FS^{\text{MIN}} \geq R2 = 1.1$,

la verifica di stabilità globale in campo sismico risulta soddisfatta.

Interconnessioni Nord – Relazione di Calcolo
Rilevati ferr.

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	26 di 30

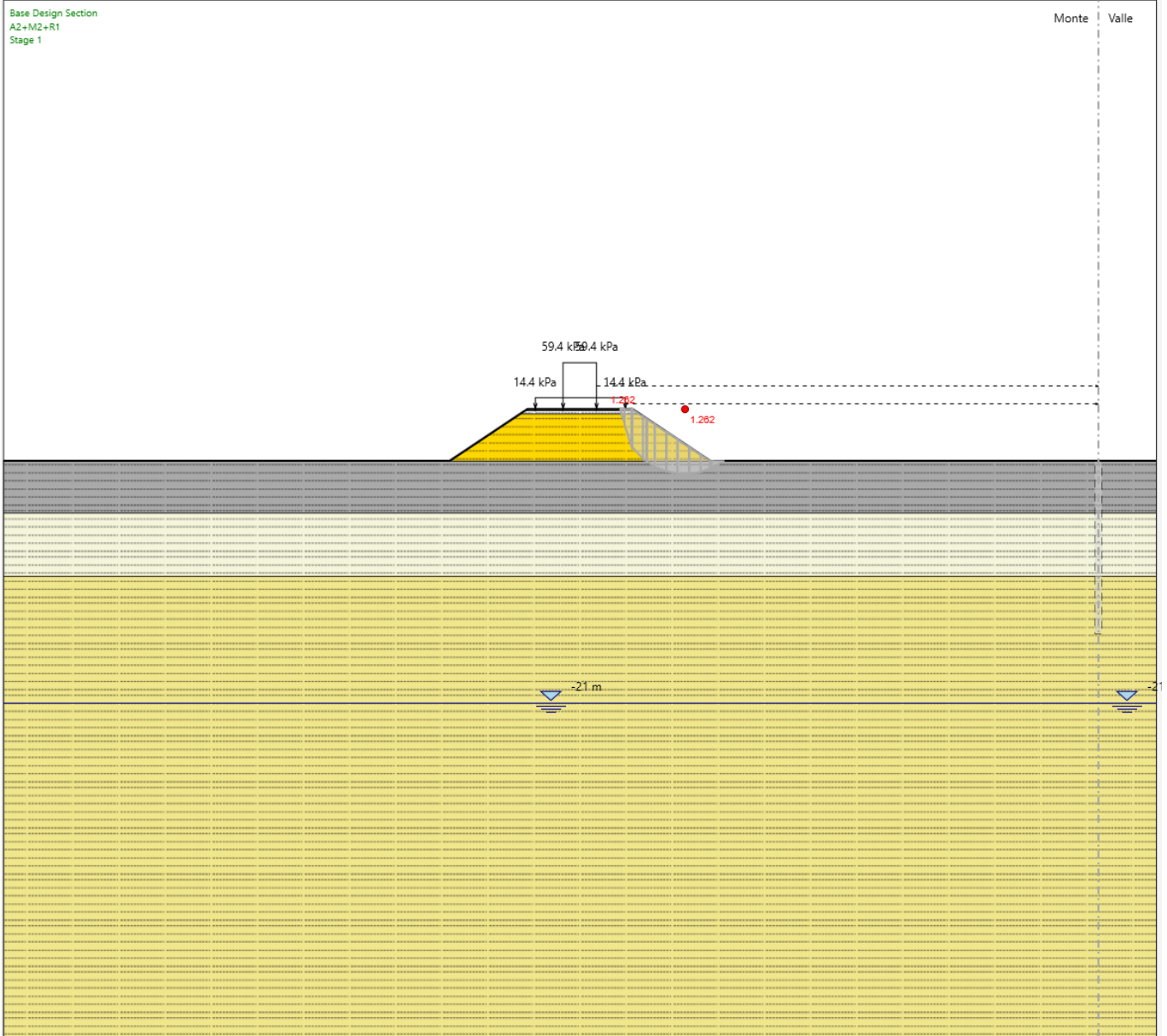


Fig. 1: Rilevato H (distanza PF e PC) = 5.3 m (pk 1+375 BD circa) - Analisi di stabilità globale in campo statico DA1C2

Interconnessioni Nord – Relazione di Calcolo
Rilevati ferr.

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	27 di 30

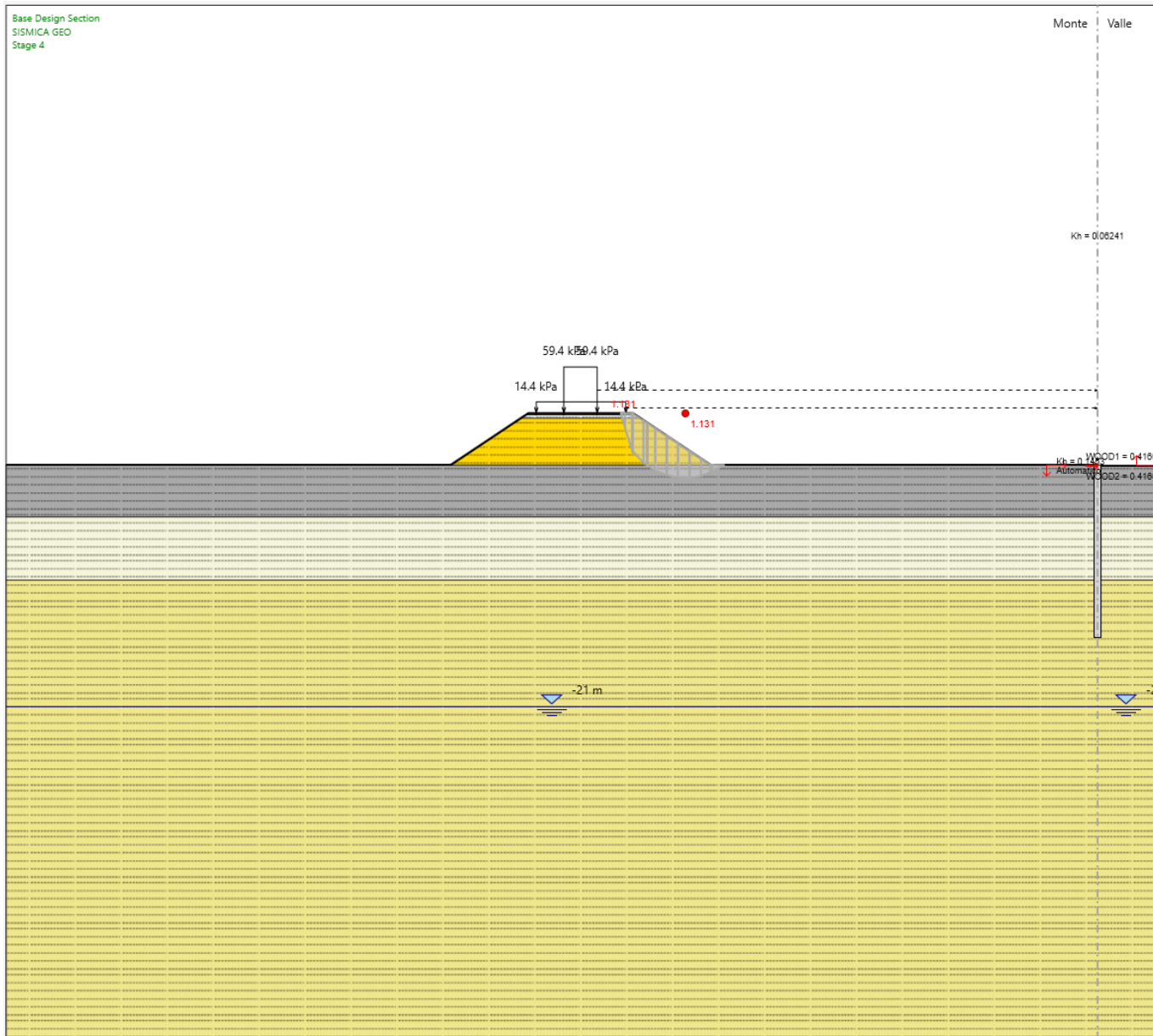


Fig. 2: Rilevato H (distanza PF e PC) = 5.3 m (pk 1+375 BD circa) - Analisi di stabilità globale in campo sismico

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO 1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Interconnessioni Nord – Relazione di Calcolo Rilevati ferr.	<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>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>GE0005 008</td> <td>B</td> <td>28 di 30</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	28 di 30
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	28 di 30								

8.4 VERIFICHE SLE – VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI

Come definito nel paragrafo 3, nell'ambito delle verifiche agli Stati Limite d'Esercizio, dev'essere verificata la seguente disequaglianza:

$$E_d \leq C_d \quad (\text{Eq. 6.2.7 del Doc. Rif.1})$$

dove

E_d è il valore di progetto dell'effetto dell'azione, e C_d è il valore limite prescritto dell'effetto delle azioni.

Sulla base di quanto riportato sopra, le verifiche geotecniche sono pertanto volte ad identificare un campo di spostamenti/cedimenti.

La determinazione del campo di spostamenti è stata svolta mediante l'utilizzo di un foglio di calcolo che impiega la teoria dell'elasticità assumendo i valori caratteristici sia sulle azioni che sui materiali. Tali parametri sono riportati in Tab. 10.

In tale analisi, non sono stati previsti carichi.

Il valore del cedimento in asse al rilevato è pari a 5.3 cm. Tale cedimento, essendo i terreni di fondazione tali da non determinare cedimenti differiti nel tempo, si esaurisce al termine della fase di costruzione e, pertanto, può essere ritenuto accettabile.

9 ALLEGATO

Modello di calcolo della stabilità di versante.

Interconnessioni Nord – Relazione di Calcolo
Rilevati ferr.

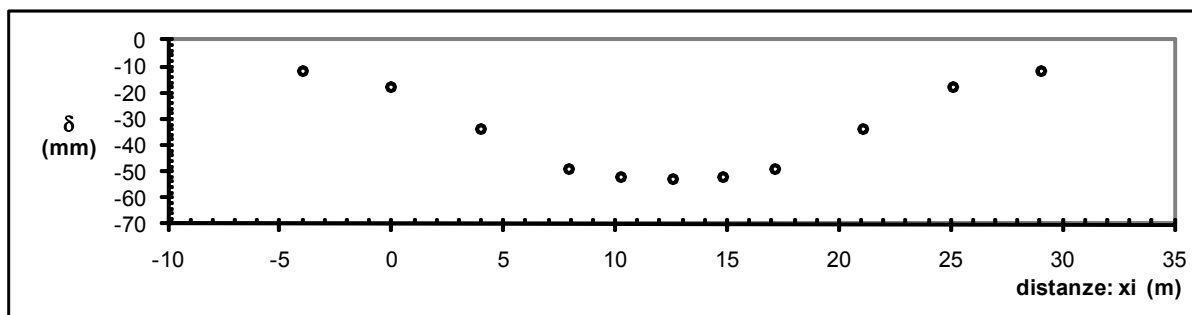
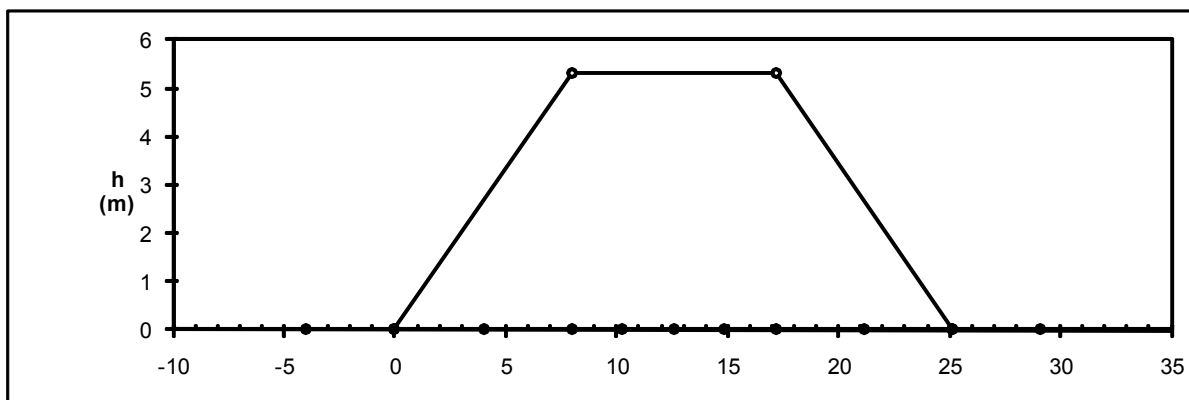
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1N	01 E ZZ	CL	GE0005 008	B	30 di 30

ASCISSE DI CALCOLO

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
-3.98	0.00	3.98	7.95	10.25	12.55	14.85	17.15	21.13	25.10	29.08

(automatico)
(manuale)

RISULTATI DELLE ANALISI



ASCISSE DI CALCOLO

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
-3.98	0.00	3.98	7.95	10.25	12.55	14.85	17.15	21.13	25.10	29.08

CEDIMENTI

δ1	δ2	δ3	δ4	δ5	δ6	δ7	δ8	δ9	δ10	δ11
(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
-1.18	-1.79	-3.40	-4.93	-5.24	-5.31	-5.24	-4.93	-3.40	-1.79	-1.18