



REGIONE SICILIANA



LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI RAGUSA

già Provincia regionale di Ragusa

**POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. 115,
IL NUOVO AUTOPORTO DI VITTORIA, L'AEROPORTO DI COMISO E LA
S.S. 514 RAGUSA – CATANIA**

PRIMA FASE

**LOTTO 3 - OPERE STRADALI DALLA ROTATORIA SULLA S.P. N.4 "COMISO – GRAMMICHELE",
PROGR. KM 6+186.5, ALL'INCROCIO CON LA S.P. N.5 "VITTORIA – CANNAMELLITO – PANTALEO",
PROGR. KM 8+080.5, E ROTATORIA DI ACCESSO ALL'AEROPORTO DI COMISO**

**LOTTO 6 - OPERE IDRAULICHE DI ADEGUAMENTO DELLA CANALIZZAZIONE SUL CONFINE
DELL'AEROPORTO DI COMISO LUNGO LA S.P. N.5 "VITTORIA - CANNAMELLITO - PANTALEO"**

GRUPPO DI PROGETTAZIONE (RTP):

TECHNITAL S.p.A. (Mandataria)

I.R. Ingegneri Riuniti - Studio Tecnico Associato

TECNASS - Studio Tecnico Associato

S.A.P. Società Archeologia S.r.l.

IL PROGETTISTA

Dott. Ing. Gaetano Nunzio Miceli

**IL RESPONSABILE DELLA INTEGRAZIONE
TRA LE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE**

Dott. Ing. Massimo Raccosta

UFFICIO DEL R.U.P.

Assistenti

Il responsabile del procedimento

Visti:

PROGETTO ESECUTIVO - LOTTO 3

**OPERE D'ARTE MINORI
ATTRAVERSAMENTI IDRAULICI-CANALE AEROPORTO COMPLETAMENTO
Relazione tecnica e di calcolo**



CODICE: SIO93I-CE-PE-OM00-STR-RE-101-00

SCALA:

DATA: Settembre 2015

NOME FILE: SIO93I-CE-PE-OM00-STR-RE-101-00.doc

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
0	SETTEMBRE 2015	Emissione	G. Bernò	G.N. Miceli	G.N. Miceli

 <p>Regione Siciliana</p>  <p>Libero Consorzio Comunale di Ragusa già Provincia Regionale di Ragusa</p>	<p>POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA</p> <p>PRIMA FASE PROGETTO ESECUTIVO – LOTTO 3</p> <p>Relazione tecnica e di calcolo</p>
---	--

INDICE

1. PREMESSA	3
1.1. Localizzazione del sito	4
1.2. Destinazione	4
1.3. Caratteristiche del sito	4
1.4. Altitudine	4
1.5. Distanza dal mare	4
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	4
3. MATERIALI IMPIEGATI	5
4. PARAMETRI GEOTECNICI	5
5. MODELLAZIONE STRUTTURALE	6
6. SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE	6
6.1. Stati limite ultimi (SLU)	7
6.2. Stati limite di esercizio (SLE)	7
6.3. Verifiche	7
6.4. Valutazione della sicurezza	8
7. AZIONI DI PROGETTO	8
7.1. Azioni permanenti strutturali	9
7.2. Carichi permanenti non strutturali	9
7.3. Carichi variabili	9
7.3.1. Azione della neve	10
7.3.2. Carichi stradali	13
7.3.3. Azione dovuta alla spinta dell'acqua	16
7.3.4. Spinte sui setti	17
7.3.5. Azione sismica	17
8. VERIFICHE	26
9. CONSIDERAZIONI FINALI	26



Regione Siciliana





Libero Consorzio
Comunale di Ragusa già
Provincia Regionale di
Ragusa

POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO
COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA

PRIMA FASE
PROGETTO ESECUTIVO – LOTTO 3

Relazione tecnica e di calcolo

 <p>Regione Siciliana</p>  <p>Libero Consorzio Comunale di Ragusa già Provincia Regionale di Ragusa</p>	<p>POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA</p> <p>PRIMA FASE PROGETTO ESECUTIVO – LOTTO 3</p> <p>Relazione tecnica e di calcolo</p>
---	--

1. Premessa

Oggetto del presente intervento è la realizzazione del tratto del canale in c.a che nel progetto generale è inserito nel tronco 1 e va da sez. 0 a prog. 0,00 a sez. 23 a prog. 275,00.

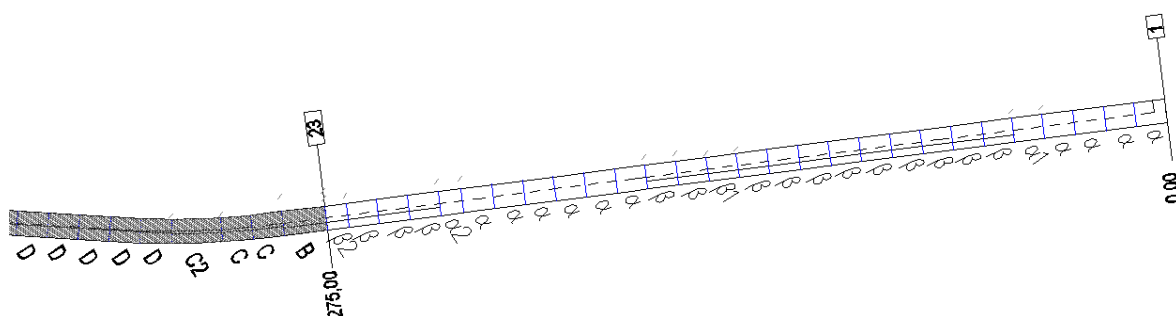


Fig. 1. - Planimetria con individuazione della sezione terminale e finale e dei blocchi tipologici.
Sono state individuate, come fatto in precedenza, delle sezioni tipologiche lungo lo sviluppo del canale e di ciascuna sezione tipologica è stato effettuato il calcolo di verifica.

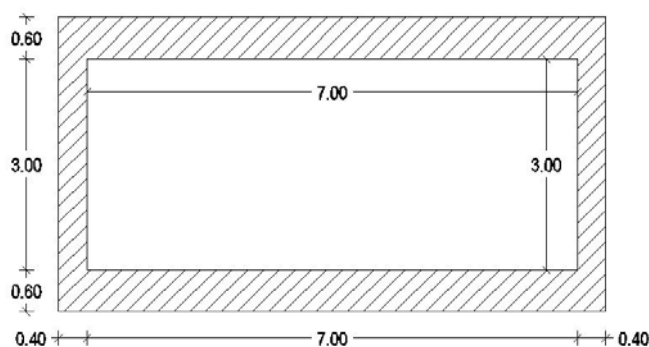
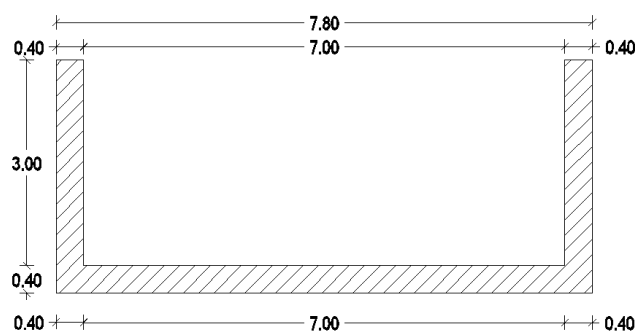


Fig. 2. - Blocco tipo α





 <p>Regione Siciliana</p>  <p>Libero Consorzio Comunale di Ragusa già Provincia Regionale di Ragusa</p>	<p>POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA</p> <p>PRIMA FASE PROGETTO ESECUTIVO – LOTTO 3</p> <p>Relazione tecnica e di calcolo</p>
---	--

Fig. 3. - Blocco tipo β

Data il notevole sviluppo longitudinale si è ritenuto opportuno realizzare un giunto ogni 10 m al fine di prevenire i problemi tipici che possono insorgere nelle strutture in c.a. gettate in opera di notevole sviluppo. Per tale motivo dunque i blocchi tipologici hanno lunghezza pari a 10 m. Ovviamente oltre le tipologie standard sono stati individuati dei pezzi unici aventi medesima sezione trasversale di quelli standard ma sviluppo longitudinale differente. Per tali elementi non sono stati ripetuti i calcoli di verifica ritenendo validi i calcoli relativi ai blocchi standard. Per i blocchi di tipo A le coperture sono state considerate carrabili, per tutte le altre tipologie di blocchi invece le coperture sono state considerate non carrabili.

1.1. Localizzazione del sito

L'opera è ubicata nel Comune di Comiso; in relazione all'estensione dell'opera, sono state valutate le coordinate geografiche in più punti in maniera tale da individuare quelle per cui la pericolosità sismica di base risulta di maggiore intensità.

1.2. Destinazione

Opera infrastrutturale di importanza normale ($V_N = 50$ anni).

1.3. Caratteristiche del sito

Le caratteristiche morfologiche, geologiche, idrologiche ed idrogeologiche del sito sono riportate in modo esplicito ed approfondito nella relazione geologica.

1.4. Altitudine

La quota sul livello del mare varia da circa 220 m a circa 190 m.

1.5. Distanza dal mare



La distanza dal mare è di circa 18 km.

2. Normative di riferimento

Le fasi di analisi e verifica della struttura sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo utilizzato nel prosieguo della presente relazione.

Il presente documento è stato redatto in conformità e nel rispetto delle normative vigenti:

- UNI EN 1992 – 1 – 1 “Progettazione delle strutture in c.a.”
- Decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285 (in Suppl. ordinario alla Gazz. Uff., 18 maggio, n. 114). – “Nuovo codice della strada”.
- Testo aggiornato con: D.L. 30.12.2008, n.207, convertito in L. 27.2.2009, n.14 con modifica termine entrata in vigore art.117, c.2 bis, e modifica testo art.75 c.d.s. (G.U. 28.02.2009, n.49, S.O. n.28)
- UNI EN 206 – 1 “Calcestruzzo, specificazione, prestazione, produzione e conformità”
- UNI 11104 “Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206 – 1”
- UNI 8520 Parti 1 e 2 “Aggregati per il calcestruzzo – Istruzioni complementari per l'applicazione in Italia della norma UNI – EN 12620 – requisiti”

 Regione Siciliana  Libero Consorzio Comunale di Ragusa già Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PRIMA FASE PROGETTO ESECUTIVO – LOTTO 3 Relazione tecnica e di calcolo
---	---

- UNI 7122 “Calcestruzzo fresco. Determinazione della quantità d’acqua d’impasto essudata”
- EN 10080:2005 “Acciaio per cemento armato”
- UNI EN ISO 15630 – 1/2 “Acciai per cemento armato: Metodi di prova”
- EN 13670:2008 “Excution of concrete structures”
- D.M. 14 gennaio 2008 – “Nuove norme tecniche sulle costruzioni”.
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 “Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27)”.

3. Materiali impiegati

Le caratteristiche dei materiali impiegati e le motivazioni circa la loro scelta sono riportate dettagliatamente nella “relazione sui materiali” allegata; i materiali di progetto utilizzati nei calcoli strutturali sinteticamente sono:


- calcestruzzo C32/40
- acciaio B450C

4. Parametri geotecnici

Per quanto attiene alle caratteristiche geotecniche del sito si rimanda alla relazione geotecnica generale; in relazione a quanto riportato in tale elaborato, sono stati assunti i parametri geotecnici riportati nella Tabella I.

Tabella I. Parametri geotecnici di calcolo

Stratigrafia di calcolo								
Terreno	Quota iniziale	Quota finale	Potenza banco	γ	c'	ϕ'	E	Eed
	(m)	(m)	(m)	(kN/m ³)	(kPa)	(°)	(kPa)	(kPa)
Terreno agrario	0	1	1	19	-	-	5.000 ÷ 8.000	-
Sabbia	1	7.6	6.6	17.50 ÷ 19.50	5 ÷ 15	30 ÷ 35	20.000 ÷ 30.000	-
Argilla	7.6	13.2	5.6	18.00 ÷ 19.00	25 ÷ 30	24 ÷ 26	22.000 ÷ 25.000	27.500 ÷ 34.500
Sabbia	13.2	18.2	5	17.50 ÷ 19.50	5 ÷ 15	30 ÷ 35	20.000 ÷ 30.000	-
Marne argillose	18.2	30	11.8	17.50 ÷ 18.30	30 ÷ 50	15 ÷ 25	30.000 ÷ 32.000	40.000 ÷ 44.000
Suolo sismico								

 <p>Regione Siciliana</p>  <p>Libero Consorzio Comunale di Ragusa già Provincia Regionale di Ragusa</p>	<p>POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA</p> <p>PRIMA FASE PROGETTO ESECUTIVO – LOTTO 3</p> <p>Relazione tecnica e di calcolo</p>
---	--

	Vs 30	=	428	m/s	suolo	B		
--	-------	---	-----	-----	-------	---	--	--

5. Modellazione strutturale

La struttura è stata modellata con il metodo degli elementi finiti utilizzando vari elementi di libreria specializzati per schematizzare i vari elementi strutturali.

Per gli elementi strutturali bidimensionali (pareti a taglio, setti, nuclei irrigidenti, piastre o superfici generiche) è stato utilizzato un modello finito a 3 o 4 nodi di tipo shell che modella sia il comportamento membranale (lastra) che flessionale (piastra). Tale elemento finito di tipo isoparametrico è stato modellato con funzioni di forma di tipo polinomiale che rappresentano una soluzione congruente ma non esatta nello spirito del metodo FEM. Per questo tipo di elementi finiti la precisione dei risultati ottenuti dipende dalla forma e densità della MESH. Il metodo è efficiente per il calcolo degli spostamenti nodali ed è sempre rispettoso dell'equilibrio a livello nodale con le azioni esterne.

Nel modello sono stati tenuti in conto i dissamenti tra i vari elementi strutturali schematizzandoli come vincoli cinematici rigidi. La presenza di eventuali orizzontamenti e' stata tenuta in conto o con vincoli cinematici rigidi o con modellazione della soletta con elementi SHELL. I vincoli tra i vari elementi strutturali e quelli con il terreno sono stati modellati in maniera congruente al reale comportamento strutturale.

In particolare, il modello di calcolo ha tenuto conto dell'interazione suolo-struttura schematizzando le fondazioni superficiali (con elementi plinto, trave o piastra) come elementi su suolo elastico alla Winkler.

I legami costitutivi utilizzati nelle analisi globali finalizzate al calcolo delle sollecitazioni sono del tipo elastico lineare.


6. Sicurezza e prestazioni attese

La sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale. Stato limite è la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata.

In particolare, le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

- sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU): capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone ovvero comportare la perdita di beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio l'opera;
- sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- robustezza nei confronti di azioni eccezionali: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescanti quali incendio, esplosioni, urti.

Il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile e si definisce collasso, mentre il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile.

 Regione Siciliana  Libero Consorzio Comunale di Ragusa già Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PRIMA FASE PROGETTO ESECUTIVO – LOTTO 3 Relazione tecnica e di calcolo
---	---

La durabilità, definita come conservazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali e delle strutture, proprietà essenziale affinché i livelli di sicurezza vengano mantenuti durante tutta la vita dell'opera, deve essere garantita attraverso una opportuna scelta dei materiali (vedi "relazione sui materiali" allegata) e un opportuno dimensionamento delle strutture, comprese le eventuali misure di protezione e manutenzione. I prodotti ed i componenti utilizzati per le opere strutturali devono essere chiaramente identificati in termini di caratteristiche meccanico – fisico – chimiche indispensabili alla valutazione della sicurezza e dotati di idonea qualificazione.

I materiali ed i prodotti, per poter essere utilizzati nelle opere previste dalle presenti norme, devono essere sottoposti a procedure e prove sperimentali di accettazione.

6.1. Stati limite ultimi (SLU)

I principali Stati Limite Ultimi sono:

- perdita di equilibrio della struttura o di una sua parte;
- spostamenti o deformazioni eccessive;
- raggiungimento della massima capacità di resistenza di parti di strutture, collegamenti, fondazioni;
- raggiungimento della massima capacità di resistenza della struttura nel suo insieme;
- raggiungimento di meccanismi di collasso nei terreni;
- rottura di membrature e collegamenti per fatica;
- rottura di membrature e collegamenti per altri effetti dipendenti dal tempo;
- instabilità di parti della struttura o del suo insieme;

6.2. Stati limite di esercizio (SLE)


I principali Stati Limite di Esercizio sono:

- danneggiamenti locali (ad es. eccessiva fessurazione del calcestruzzo) che possano ridurre la durabilità della struttura, la sua efficienza o il suo aspetto;
- spostamenti e deformazioni che possano limitare l'uso della costruzione, la sua efficienza e il suo aspetto;
- spostamenti e deformazioni che possano compromettere l'efficienza e l'aspetto di elementi non strutturali, impianti, macchinari;
- vibrazioni che possano compromettere l'uso della costruzione;
- danni per fatica che possano compromettere la durabilità;
- corrosione e/o eccessivo degrado dei materiali in funzione dell'ambiente di esposizione;

6.3. Verifiche

Le opere strutturali devono essere verificate:

- per gli stati limite ultimi che possono presentarsi, in conseguenza alle diverse combinazioni delle azioni;
- per gli stati limite di esercizio definiti in relazione alle prestazioni attese.

 <p>Regione Siciliana</p>  <p>Libero Consorzio Comunale di Ragusa già Provincia Regionale di Ragusa</p>	<p>POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA</p> <p>PRIMA FASE PROGETTO ESECUTIVO – LOTTO 3</p> <p>Relazione tecnica e di calcolo</p>
---	--

6.4. Valutazione della sicurezza

Per la valutazione della sicurezza si adotta il metodo semiprobabilistico agli stati limite (metodo di primo livello) basato sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza. In tale metodo, la sicurezza strutturale deve essere verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni. Per la sicurezza strutturale, la resistenza dei materiali e le azioni sono rappresentate dai valori caratteristici, R_{ki} e F_{kj} definiti, rispettivamente, come il frattile inferiore delle resistenze e il frattile (superiore o inferiore) delle azioni che minimizzano la sicurezza. In genere, i frattili sono assunti pari al 5%. Per le grandezze con piccoli coefficienti di variazione, ovvero per grandezze che non riguardino univocamente resistenze o azioni, si possono considerare frattili al 50% (valori mediani).

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza si effettua con il “metodo dei coefficienti parziali” di sicurezza espresso dalla equazione formale:

$$R_d \geq E_d$$

Dove:

- R_d è la resistenza di progetto, valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali e ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate;
- E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni, valutato in base ai valori di progetto $F_{dj}=F_{kj} \cdot \gamma_{Fj}$ delle azioni, o direttamente $E_{dj} = E_{kj} \cdot \gamma_{Ej}$.

I coefficienti parziali di sicurezza, γ_{Mi} e γ_{Fj} , associati rispettivamente al materiale i-esimo e all'azione j-esima, tengono in conto la variabilità delle rispettive grandezze e le incertezze relative alle tolleranze geometriche e alla affidabilità del modello di calcolo.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio si esprime controllando aspetti di funzionalità e stato tensionale.

7. Azioni di progetto

Per il dimensionamento e la verifica degli elementi strutturali sono state considerate le seguenti azioni:

G_1 : Azioni permanenti strutturali

G_2 : Azioni permanenti non strutturali

Q_j : Azioni variabili

Le azioni di progetto sono determinate e combinate come prescritto nel D.M. del 14 gennaio 2008. In particolare sono state valutate le seguenti combinazioni:


- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

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

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili

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

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

 Regione Siciliana  Libero Consorzio Comunale di Ragusa già Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PRIMA FASE PROGETTO ESECUTIVO – LOTTO 3 Relazione tecnica e di calcolo
---	---

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

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

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

- Combinazione eccezionale impiegati per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto:

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

7.1. Azioni permanenti strutturali

Le azioni permanenti strutturali sono peso proprio di tutti gli elementi strutturali.

Tali azioni vengono determinate in automatico dal software in funzione della geometria e dei pesi dell'unità di volume imputati e riportati nei tabulati di calcolo.

7.2. Carichi permanenti non strutturali

I carichi permanenti non strutturali (G_2) sono costituiti dai carichi portati; quando tali carichi sono noti con precisione è possibile inglobarli nei carichi permanenti strutturali in accordo con quanto precisato nelle NTC 2008 § 2.6.1.

Per coperture carrabili, l'azione dovuta alla presenza della sovrastruttura stradale viene considerata come peso permanente non strutturale e viene calcolato considerando un peso dell'unità di volume medio pari a 2000 daN/m³; considerando uno spessore di 70 cm (20+50) si ha:

$$g_{2, \text{strad}} = 2000 \cdot 0.70 = 1400 \text{ daN/m}^2$$

7.3. Carichi variabili



I carichi variabili (Q) sono quelle azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo; si distinguono:

- di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;
- di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura

I carichi variabili cui sono soggette le opere in esame sono:

- Azione della neve
- Azioni dovute al traffico veicolare
- Azione dell'acqua

In particolare, l'azione dell'acqua viene inclusa fra i carichi variabili in quanto il livello del pelo libero all'interno del canale risulta variabile nel tempo.

 Regione Siciliana  Libero Consorzio Comunale di Ragusa già Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PRIMA FASE PROGETTO ESECUTIVO – LOTTO 3 Relazione tecnica e di calcolo
---	---

7.3.1. Azione della neve

L'azione della neve è stata determinata assimilando il piano stradale a monte dell'opera ad una copertura piana ad una falda.

Il carico provocato dalla neve sulle coperture è valutato mediante la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

dove:

- q_s è il carico neve sulla copertura;
- μ_i è il coefficiente di forma della copertura;
- q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo per un periodo di ritorno di 50 anni;
- C_E è il coefficiente di esposizione;
- C_t è il coefficiente termico.

Si ipotizza che il carico agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie della copertura.

7.3.1.1. Valore caratteristico del carico neve al suolo

Il carico neve al suolo dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle precipitazioni nevose da zona a zona.

In mancanza di adeguate indagini statistiche e specifici studi locali, che tengano conto sia dell'altezza del manto nevoso che della sua densità, il carico di riferimento neve al suolo, per località poste a quota inferiore a 1500 m sul livello del mare, non dovrà essere assunto minore di quello calcolato in base alle espressioni riportate nel seguito, cui corrispondono valori associati ad un periodo di ritorno pari a 50 anni. Va richiamato il fatto che tale zonazione non può tenere conto di aspetti specifici e locali che, se necessario, dovranno essere definiti singolarmente.

- Zona I – Alpina: Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbania, Vercelli, Vicenza

$$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2 \quad a_s \leq 200 \text{ m}$$



$$q_{sk} = 1,39 [1 + (a_s/728)^2] \text{ kN/m}^2 \quad a_s > 200 \text{ m}$$

- Zona I – Mediterranea: Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì, Cesena, Lodi, Milano, Modena, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese

$$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2 \quad a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 1,35 [1 + (a_s/602)^2] \text{ kN/m}^2 \quad a_s > 200 \text{ m}$$

- Zona II: Arezzo, Ascoli Piceno, Bari, Campobasso, Chieti, Ferrara, Firenze, Foggia, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona

 Regione Siciliana  Libero Consorzio Comunale di Ragusa già Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PRIMA FASE PROGETTO ESECUTIVO – LOTTO 3 Relazione tecnica e di calcolo
---	---

$$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/m}^2 \quad a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 0,85 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2 \quad a_s > 200 \text{ m}$$

- Zona III: Agrigento, Avellino, Benevento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia, Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Frosinone, Grosseto, L'Aquila, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Rieti, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo

$$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2 \quad a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 0,51 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2 \quad a_s > 200 \text{ m}$$

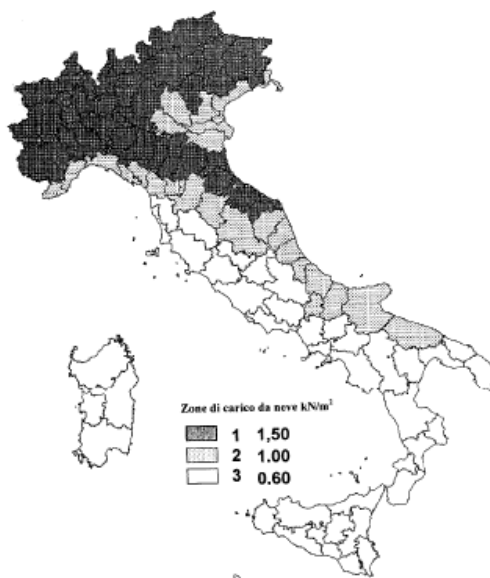




Fig. 4. - Zone di carico da neve

7.3.1.2. Coefficiente di esposizione

Il coefficiente di esposizione C_E può essere utilizzato per modificare il valore del carico neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. Valori consigliati del coefficiente di esposizione per diverse classi di topografia sono forniti nella tabella di seguito riportata. Se non diversamente indicato, si assumerà $C_E = 1$.

Tabella II. Valore di C_E per diverse classi di topografia

TOPOGRAFIA	DESCRIZIONE	C_E
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti.	0.9
Normale	Aree su cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1.0

 Regione Siciliana  Libero Consorzio Comunale di Ragusa già Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PRIMA FASE PROGETTO ESECUTIVO – LOTTO 3 Relazione tecnica e di calcolo	
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti.	1.1

7.3.1.3. *Coefficiente termico*

Il coefficiente termico può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato $C_t = 1$.

7.3.1.4. *Coefficiente di forma per le coperture*

Devono essere considerate le due seguenti principali disposizioni di carico:

- carico da neve depositata in assenza di vento;
- carico da neve depositata in presenza di vento.

In generale vengono usati i coefficienti di forma per il carico neve di seguito riportati, dove vengono indicati i relativi valori nominali essendo α , espresso in gradi sessagesimali, l'angolo formato dalla falda con l'orizzontale.

I valori del coefficiente di forma μ_1 , riportati nella seguente tabella si riferiscono alle coperture ad una o due falde.

Tabella III. Coefficienti di forma per coperture ad una o due falde

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0.8	$0.8 \cdot (60 - \alpha) / 30$	0.0

7.3.1.5. *Copertura ad una falda*

Si assume che la neve non sia impedita di scivolare. Se l'estremità più bassa della falda termina con un parapetto, una barriera od altre ostruzioni, allora il coefficiente di forma non potrà essere assunto inferiore a 0,8 indipendentemente dall'angolo α .

Si deve considerare la condizione riportata in nella seguente figura, la quale deve essere utilizzata per entrambi i casi di carico con o senza vento.

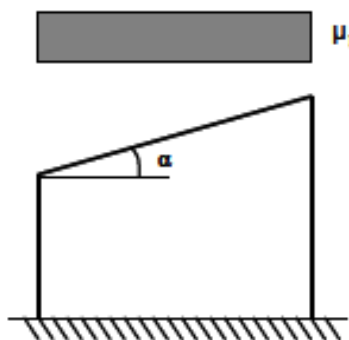




Fig. 5. - Condizioni di carico per coperture ad una falda.

 <p>Regione Siciliana</p>  <p>Libero Consorzio Comunale di Ragusa già Provincia Regionale di Ragusa</p>	<p>POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA</p> <p>PRIMA FASE PROGETTO ESECUTIVO – LOTTO 3</p> <p>Relazione tecnica e di calcolo</p>
---	--

7.3.1.6. Azione di progetto

I parametri assunti nel calcolo dell'azione da neve sono riportati nella seguente tabella:

Tabella IV. Azione dovuta al carico da neve

zona	a_s [m]	q_{sk} [daN/m ²]	topografia	C_E	C_t	Barriere	α	μ_1	q_s [daN/m ²]
III	220	61.67	normale	1.00	1.00	Presenti	0	0.8	49.34

7.3.2. Carichi stradali

Le opere in esame sono posizionate in prossimità di una strada urbana avente carreggiata di larghezza $w = 7.50$ m che è classificabile come strada extraurbana di categoria C. Sia nelle NTC 2008, sia nella Circolare n. 617, si fa riferimento ai modelli di carico su ponti stradali; tali modelli di carico sono dei modelli ideali riferiti ad un periodo di ritorno di 1000 anni ed includono gli effetti dinamici, intesi a riprodurre gli effetti del traffico reale, ma non sono rappresentativi dei veicoli reali. Pertanto, nel caso in esame, per la determinazione del carico variabile stradale, si ritiene opportuno fare riferimento ai carichi massimi ammessi dal codice della strada.

L'articolo 62 del codice della strada regola la massa limite dei veicoli, ed in particolare ammette una massa massima per asse e per ogni tipo di veicolo di 12 t.

Nel caso di assi contigui la massa complessiva sui due assi non può superare 12 t se la distanza fra gli assi è minore di 1 m, 16 t se la distanza fra gli assi è maggiore o uguale ad 1 m e minore di 1.3 m, 20 t se la distanza è compresa fra 1.3 m e 2.00 m.

Con riferimento ai casi sopra riportati, la condizione di carico più gravosa può essere ricavata dalle seguenti:

- 16000 daN su due assi contigui con interasse 1.00 m;
- 20000 daN su due assi contigui con interasse 1.30 m



Per l'adozione degli schemi di carico si fa riferimento congiuntamente a quanto riportato nelle NTC 2008 a proposito degli schemi di carico sui ponti e nella Circolare n. 617 § C5.1.3.3.7.1 a proposito delle parti del ponte a contatto con il terreno. In Figura 9 è riportato lo schema di carico 1 da adottare sia per le verifiche globali sia per quelle locali.

Nella Circolare n. 617 § C5.1.3.3.7.1 è riportato che sui rilevati adiacenti al ponte, per semplicità, è possibile sostituire il carico in tandem con carichi uniformemente distribuiti su una superficie larga 3.00 m (larghezza massima della corsia convenzionale) e lunga 2.20 m (interasse dell'asse convenzionale maggiorato di 1.00 m). In analogia si assumono:

- una superficie larga 3.00 m e lunga 2.00 m per il carico da 16000 daN;
- una superficie larga 3.00 m e lunga 2.30 m per il carico da 20000 daN.

Considerando una linea di diffusione dei carichi a 45° attraverso la sovrastruttura stradale di spessore posto convenzionalmente e a favore di sicurezza pari a 0.5 m, le dimensioni delle superfici da caricare, per i carichi di 16000 daN e 20000 daN, diventano rispettivamente:

- 4.00 m · 3.00 m;

 Regione Siciliana  Libero Consorzio Comunale di Ragusa già Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PRIMA FASE PROGETTO ESECUTIVO – LOTTO 3 Relazione tecnica e di calcolo
---	---

- 4.00 m · 3.30 m;

Pertanto i carichi uniformemente ripartiti sono:

- $q_{16} = 16000/(4.00 \cdot 3.00) \approx 1335 \text{ daN/m}^2$;
- $q_{20} = 20000/(4.00 \cdot 3.30) \approx 1520 \text{ daN/m}^2$.

Per tenere conto degli effetti dinamici, con riferimento ai dati reperibili nella letteratura tecnica e alle normative previgenti, si amplificano i carichi sopra riportati attraverso un fattore convenzionale $\phi = 1.3$ da cui si ricavano i carichi di progetto:

- $q_{k1} = \phi \cdot q_{20} = 1.3 \cdot 1520 \approx 2000 \text{ daN/m}^2$;
- $q_{k2} = \phi \cdot q_{16} = 1.3 \cdot 1335 \approx 1750 \text{ daN/m}^2$.

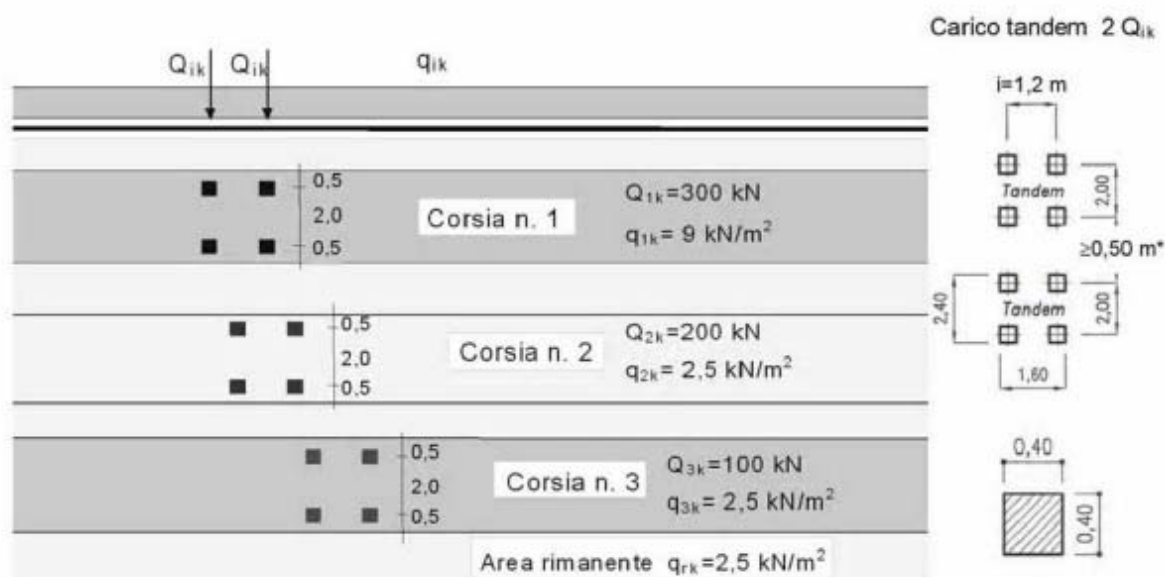


Fig. 6. - Schema di carico 1 per ponti



Il numero delle corsie convenzionali di carico viene determinato con riferimento alla Tabella VII. La larghezza della carreggiata considerata è pari a:

$$w = 7.50 \text{ m}$$

pertanto il numero di corsie convenzionali sarà pari a:

$$n_l = \text{Int}(w/3) = \text{Int}(7.5/3) = 2$$

le corsie sono disposte come rappresentato in Fig. 10; la larghezza delle corsie convenzionali viene posta pari a:

 <p>Regione Siciliana</p>  <p>Libero Consorzio Comunale di Ragusa già Provincia Regionale di Ragusa</p>	<p>POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA</p> <p>PRIMA FASE PROGETTO ESECUTIVO – LOTTO 3</p> <p>Relazione tecnica e di calcolo</p>
---	--

$$w_l = 3.00 \text{ m}$$

pertanto la larghezza della zona rimanente è pari a:

$$l_{zt} = w - (3 \cdot n_l) = 7.50 - 6 = 1.50 \text{ m}$$



I coefficienti parziali utilizzati nel calcolo sono quelli riportati nella Tabella V, mentre i coefficienti di combinazione utilizzati sono quelli riportati nella Tabella VI proposti per i carichi veicolari sui ponti.

Tabella V. Coefficienti parziali per i carichi variabili adottati

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali ⁽¹⁾	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

⁽¹⁾Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella VI. Coefficienti di combinazione per i carichi da traffico veicolare

 Regione Siciliana  Libero Consorzio Comunale di Ragusa già Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PRIMA FASE PROGETTO ESECUTIVO – LOTTO 3 Relazione tecnica e di calcolo
---	---

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente Ψ_0 di combinazione	Coefficiente Ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente Ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	----	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento q_s	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
Neve q_s	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	T_k	0,6	0,6	0,5

Tabella VII. Numero e larghezza delle corsie

Larghezza di carreggiata "w"	Numero di corsie convenzionali	Larghezza di una corsia convenzionale [m]	Larghezza della zona rimanente [m]
$w < 5,40 \text{ m}$	$n_l = 1$	3,00	$(w-3,00)$
$5,4 \leq w < 6,0 \text{ m}$	$n_l = 2$	$w/2$	0
$6,0 \text{ m} \leq w$	$n_l = \text{Int}(w/3)$	3,00	$w - (3,00 \times n_l)$

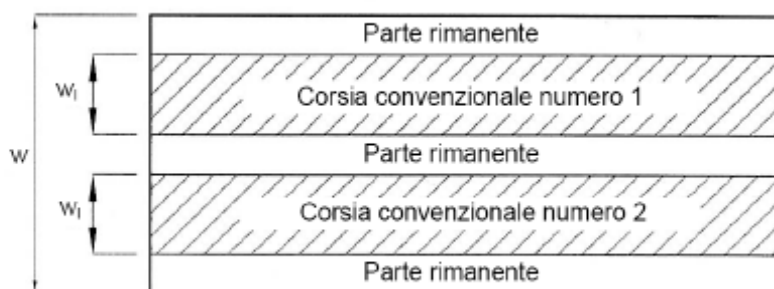



Fig. 7. - Numerazione delle corsie convenzionali

Per ciò che riguarda la parete della sezione aperta del canale adiacente alla strada i carichi adottati sono q_{1k} e q_{2k} considerati come sovraccarico sul terreno spingente sul setto in esame, mentre per quanto riguarda il canale interrato e le sezioni di canale con copertura carrabile è stato adottato un carico uniformemente ripartito pari a q_{1k} .

7.3.3. Azione dovuta alla spinta dell'acqua

L'azione dovuta alla spinta dell'acqua viene considerata applicando per semplicità la spinta idrostatica nelle condizioni di canale completamente pieno. Il valore della pressione nel caso di tirante idraulico massimo nel canale ($h = 3.00 \text{ m}$) vale:

 <p>Regione Siciliana</p>  <p>Libero Consorzio Comunale di Ragusa già Provincia Regionale di Ragusa</p>	<p>POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA</p> <p>PRIMA FASE PROGETTO ESECUTIVO – LOTTO 3</p> <p>Relazione tecnica e di calcolo</p>
---	--

$$q_{idr} = 1000 \cdot 3.00 = 3000 \text{ daN/m}^2$$

mentre nel caso della vasca vale:

$$q_{idr} = 1000 \cdot 2.50 = 2500 \text{ daN/m}^2$$

A favore di sicurezza dunque è stata trascurata l'azione delle forze idrostatiche, ritenendo più sfavorevole la condizione in cui il canale risulta essere vuoto e dunque non vi è alcuna pressione interna che va a bilanciare la spinta del terreno.

7.3.4. Spinte sui setti

Sulle pareti della parte interrata della struttura è stata considerata l'azione della spinta che il terrapieno a ridosso di tali elementi genera. La spinta orizzontale dovuta alla presenza del terreno sulle pareti verticali è stata modellata per mezzo di un carico orizzontale distribuito su ciascun setto con andamento variabile con l'altezza. Nello specifico nell'ipotesi di realizzare il rinterro con materiale arido di buone caratteristiche meccaniche, è stato definito un terreno per spinta avente le seguenti caratteristiche:

$$\gamma = 1850 \text{ kg/m}^3$$

$$\phi = 32^\circ$$

Definite le caratteristiche del terreno, la spinta su ciascun setto è stata applicata utilizzando la procedura “spinte setti” presente nel programma di calcolo utilizzato. Il tipo di carico applicato con tale procedura è quello di una pressione distribuita su tutto il setto con andamento variabile con l'altezza; i valori di pressione terreno in testa e al piede del setto vengono settati in automatico dal programma in funzione del tipo di terreno scelto e dell'altezza della parete.

Nei tratti di canale a ridosso della strada è stato considerato un sovraccarico pari a $q_{ik} = 2000 \text{ daN/m}^2$.



Per maggiori dettagli sui valori delle pressioni esercitate su ciascun setto si vedano i tabulati di calcolo.

7.3.5. Azione sismica

L'azione sismica è stata valutata in conformità alle indicazioni riportate al capitolo 3.2 del D.M. 14 gennaio 2008 “Norme tecniche per le Costruzioni”

In particolare il procedimento per la definizione degli spettri di progetto per i vari Stati Limite per cui sono state effettuate le verifiche è stato il seguente:

- definizione della Vita Nominale e della Classe d'Uso della struttura, il cui uso combinato ha portato alla definizione del Periodo di Riferimento dell'azione sismica.
- Individuazione, tramite latitudine e longitudine, dei parametri sismici di base a_g , F_0 e T^*c per tutti e quattro gli Stati Limite previsti (SLO, SLD, SLV e SLC);

 <p>Regione Siciliana</p>  <p>Libero Consorzio Comunale di Ragusa già Provincia Regionale di Ragusa</p>	<p>POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA</p> <p>PRIMA FASE PROGETTO ESECUTIVO – LOTTO 3</p> <p>Relazione tecnica e di calcolo</p>
---	--

l'individuazione è stata effettuata interpolando tra i 4 punti più vicini al punto di riferimento dell'edificio.

- Determinazione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica.
- Calcolo del periodo T_c corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello Spettro.

I dati così calcolati sono stati utilizzati per determinare gli Spettri di risposta nelle verifiche agli Stati Limite considerate.

7.3.5.1. Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è 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.

Nel caso in esame e sulla base della definizione di vita nominale, si assume:

$$V_N = 50 \text{ anni}$$

7.3.5.2. Classe d'uso

Poiché l'opera in esame può essere classificata come opera infrastrutturale Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, con riferimento alla classificazione riportata nelle NTC 2008 al § 2.4.2 si assume una classe d'uso pari a IV alla quale corrisponde un coefficiente d'uso:

$$C_U = 2.0$$

7.3.5.3. Periodo di riferimento per l'azione sismica

Come prescritto nelle NTC 2008 al § 2.4.3, il periodo di riferimento dell'azione sismica viene calcolato come:

$$V_R = V_N C_U = 100 \text{ anni}$$

7.3.5.4. Periodo di ritorno dell'azione sismica

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A, NTC 2008 Tabella 3.2.II), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} (NTC 2008 Tabella 3.2.I). Le forme spettrali (NTC 2008 § 3.2.3.2) sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

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. I suddetti parametri sono ricavabili dalle tabelle riportate nell'Appendice B delle NTC 2008 attraverso le procedure di interpolazione in essa esplicitate. Per la determinazione di tali parametri

è altresì richiesta l'individuazione del periodo di ritorno T_R che è funzione di V_N e P_{VR} ; la relazione che lega tali parametri è la seguente:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

7.3.5.5. Parametri di progetto



Ai fini della valutazione sismica sono stati considerati più punti lungo il canale ed è stato preso in considerazione il punto che ha fornito la pericolosità sismica di base maggiore. I punti esaminati sono riportati in Figura 17, mentre i valori numerici sono riassunti nella Tabella VIII (con riferimento ai parametri di seguito indicati).



Fig. 8. - Valutazione della pericolosità sismica di base

Tabella VIII. Pericolosità sismica di base lungo lo sviluppo longitudinale del canale

PUNTO	Coordinate		a_g/g
	lat.	lon.	
1	37.0012	14.6039	0.295
2	36.9978	14.6026	0.293
3	36.9955	14.6002	0.291
4	36.9917	14.5974	0.288

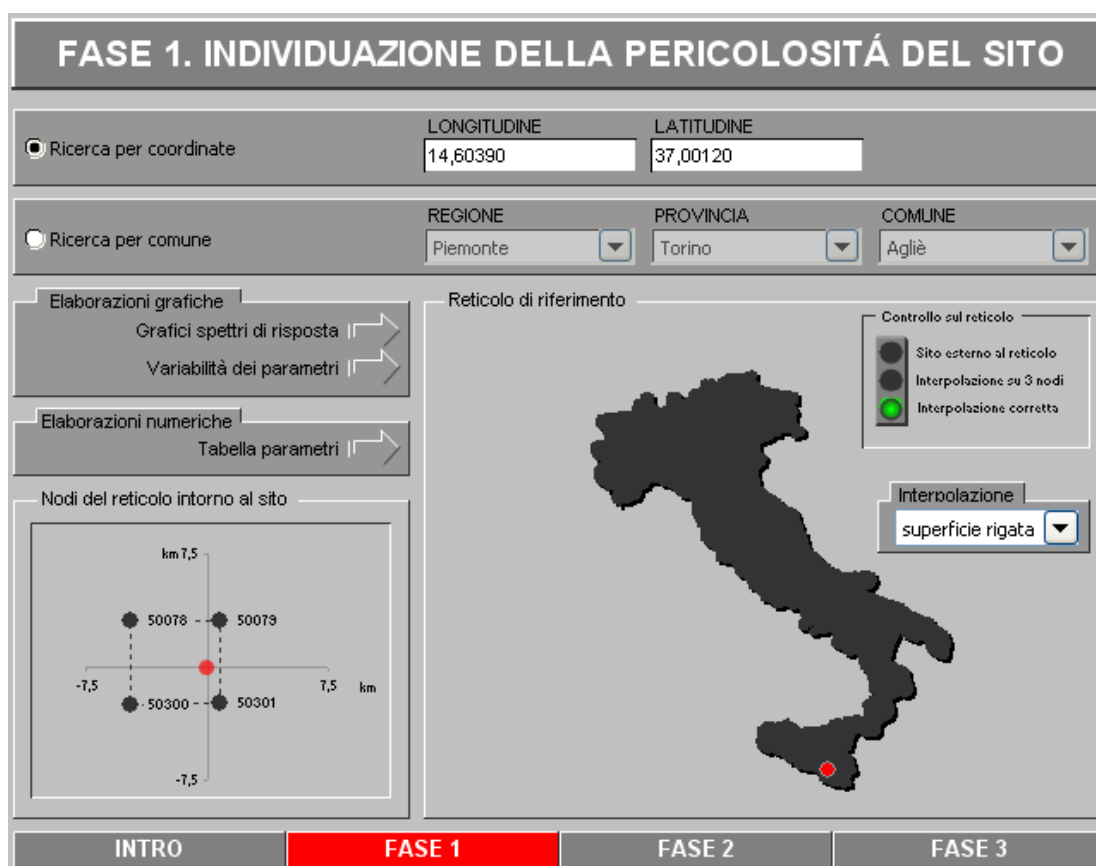
 Regione Siciliana  Libero Consorzio Comunale di Ragusa già Provincia Regionale di Ragusa	<p>POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA</p> <p>PRIMA FASE PROGETTO ESECUTIVO – LOTTO 3</p> <p>Relazione tecnica e di calcolo</p>
---	--

5	36.9867	14.5940	0.284
6	36.9848	14.5919	0.283

Sulla base dei dati riportati nella Tabella VIII, si assume una pericolosità sismica di base pari a:

$$a_g = 0.295 \cdot g$$

I parametri di progetto utilizzati sono riportati nelle Figure 19, 20 e 21 e nella Tabella IX.



FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate
LONGITUDINE: 14,60390
LATITUDINE: 37,00120

☐ Ricerca per comune
REGIONE: Piemonte
PROVINCIA: Torino
COMUNE: Agliè

Elaborazioni grafiche:
Grafici spettri di risposta
Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche:
Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo:
☐ Sito esterno al reticolo
☐ Interpolazione su 3 nodi
☒ Interpolazione corretta

Interpolazione:
superficie rigata

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

Fig. 9. - Coordinate geografiche di riferimento

 <p>Regione Siciliana</p>  <p>Libero Consorzio Comunale di Ragusa già Provincia Regionale di Ragusa</p>	<p>POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA</p> <p>PRIMA FASE PROGETTO ESECUTIVO – LOTTO 3</p> <p>Relazione tecnica e di calcolo</p>
---	--

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_n	<input type="text" value="50"/>	info
Coefficiente d'uso della costruzione - c_u	<input type="text" value="2"/>	info
Valori di progetto		
Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R	<input type="text" value="100"/>	info
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R		info
Stati limite di esercizio - SLE	<div> <div>SLO - $P_{VR} = 81\%$</div> <div><input type="text" value="60"/></div> </div> <div> <div>SLD - $P_{VR} = 63\%$</div> <div><input type="text" value="101"/></div> </div>	
Stati limite ultimi - SLU	<div> <div>SLV - $P_{VR} = 10\%$</div> <div><input type="text" value="949"/></div> </div> <div> <div>SLC - $P_{VR} = 5\%$</div> <div><input type="text" value="1950"/></div> </div>	

Fig. 10. - Vita nominale, coefficiente d'uso e periodo di riferimento

Risposta sismica locale			
Categoria di sottosuolo	<input type="text" value="B"/>	info	$S_B =$ <input type="text" value="1,123"/>
Categoria topografica	<input type="text" value="T1"/>	info	$C_C =$ <input type="text" value="1,289"/>
			$h/H =$ <input type="text" value="1,000"/>
			$S_T =$ <input type="text" value="1,000"/>
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)			

Fig. 11. - Categoria di sottosuolo e categoria topografica

Tabella IX. Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^*



SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	60	0,056	2,503	0,269
SLD	101	0,078	2,473	0,288
SLV	949	0,295	2,351	0,453
SLC	1950	0,424	2,342	0,513

7.3.5.6. Verifiche di regolarità

Sia per la scelta del metodo di calcolo, sia per la valutazione del fattore di struttura adottato, deve essere effettuato il controllo della regolarità della struttura. Al punto 7.2.2 delle NTC vengono stabilite le condizioni necessarie affinché una struttura possa essere considerata regolare in pianta e/o in altezza. Per maggiore chiarezza le condizioni di regolarità in pianta ed in altezza dettate dalla normativa vengono riportate nelle seguenti tabelle:

REGOLARITÀ DELLA STRUTTURA IN PIANTA
La configurazione in pianta è compatta e approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali, in relazione alla distribuzione di masse e rigidezze
Il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 4
Nessuna dimensione di eventuali rientri o sporgenze supera il 25 % della dimensione totale della costruzione nella corrispondente direzione
Gli orizzontamenti possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano rispetto agli elementi verticali e sufficientemente resistenti

Tabella X. Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^*

 Regione Siciliana  Libero Consorzio Comunale di Ragusa già Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PRIMA FASE PROGETTO ESECUTIVO – LOTTO 3 Relazione tecnica e di calcolo
---	---

REGOLARITÀ DELLA STRUTTURA IN ALTEZZA
Tutti i sistemi resistenti verticali (quali telai e pareti) si estendono per tutta l'altezza della costruzione
Massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25 %, la rigidezza non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%); ai fini della rigidezza si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione sismica alla base
Nelle strutture intelaiate progettate in CD "B" il rapporto tra resistenza effettiva e resistenza richiesta dal calcolo non è significativamente diverso per orizzontamenti diversi (il rapporto fra la resistenza effettiva e quella richiesta, calcolata ad un generico orizzontamento, non deve differire più del 20% dall'analogo rapporto determinato per un altro orizzontamento); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti
Eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengono in modo graduale da un orizzontamento al successivo, rispettando i seguenti limiti: ad ogni orizzontamento il rientro non supera il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento, né il 20% della dimensione corrispondente all'orizzontamento immediatamente sottostante. Fa eccezione l'ultimo orizzontamento di costruzioni di almeno quattro piani per il quale non sono previste limitazioni di restringimento

Tabella XI. Valori dei parametri a_g , F_o , T_c

Per tutti i blocchi tipologici le strutture sono state considerate regolari in pianta ed in altezza

7.3.5.7. Classe di duttilità

Al punto 7.2.1 delle NTC la normativa afferma che tutte le costruzioni soggette all'azione sismica, non dotate di appositi dispositivi dissipativi, devono essere progettate in accordo ai seguenti comportamenti strutturali:

- Comportamento strutturale non-dissipativo;
- Comportamento strutturale dissipativo.



Nel comportamento strutturale non-dissipativo, cui ci si riferisce quando si progetta per gli stati limite di esercizio, gli effetti combinati delle azioni sismiche e delle altre azioni sono calcolati, indipendentemente dalla tipologia strutturale adottata, senza tener conto delle non linearità di comportamento (di materiale e geometriche) se non rilevanti.

Nel comportamento strutturale dissipativo, cui ci si riferisce quando si progetta per gli stati limite ultimi, gli effetti combinati delle azioni sismiche e delle altre azioni sono calcolati, in funzione della tipologia strutturale adottata, tenendo conto delle non linearità di comportamento.

Nel caso in cui la struttura abbia un comportamento dissipativo, la normativa distingue due diversi livelli di Capacità Dissipativa o Classi di Duttilità (CD):

- Classe di Duttilità Alta (CD "A")
- Classe di Duttilità Bassa (CD "B")

La differenza tra le due classi risiede nelle entità delle plasticizzazioni cui ci si riconduce in fase di progettazione. In ogni caso la normativa impone che per entrambe le classi si faccia ricorso ai

 Regione Siciliana  Libero Consorzio Comunale di Ragusa già Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PRIMA FASE PROGETTO ESECUTIVO – LOTTO 3 Relazione tecnica e di calcolo
---	---

procedimenti tipici della gerarchia delle resistenze, al fine di assicurare un comportamento dissipativo e duttile che eviti eventuali rotture fragili e la formazione di meccanismi instabili imprevisti.

Nel caso in esame la struttura è stata progettata in classe di duttilità bassa (CD “B”)

7.3.5.8. **Definizione dei fattori di struttura degli spettri di progetto**

La normativa al punto 3.2.3.5 le NTC 2008 afferma che “ai fini del progetto o della verifica delle strutture le capacità dissipative delle strutture possono essere messe in conto attraverso una riduzione delle forze elastiche, che tiene conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovraresistenza, dell’incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni. In tal caso, lo spettro di progetto $S_d(T)$ da utilizzare, sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata (v. §§ 2.4 e 3.2.1), con le ordinate ridotte sostituendo nelle formule 3.2.4 η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura”

Il valore assunto da tale fattore dipende dalla tipologia strutturale, del suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e prende in conto anche le non linearità dei materiali, e può essere calcolato tramite la seguente espressione:

$$q = q_0 \cdot K_R$$

q_0 è il valore massimo del fattore di struttura che dipende dal livello di duttilità attesa, dalla tipologia strutturale e dal rapporto α_u/α_1 tra il valore dell’azione sismica per il quale si verifica la formazione di un numero di cerniere plastiche tali da rendere la struttura labile e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione;



K_R è un fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, con valore pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza e pari a 0,8 per costruzioni non regolari in altezza.

La norma consente di evitare di effettuare una analisi non lineare per la determinazione del rapporto α_u/α_1 e consente di utilizzare per strutture regolari in pianta, i valori indicati dalla stessa e dipendenti dalla tipologia strutturale scelta. Per le costruzioni non regolari in pianta, si possono adottare valori di α_u/α_1 pari alla media tra 1,0 ed i valori di volta in volta forniti per le diverse tipologie costruttive.

La punto 7.4.3.2 la normativa di riferimento fornisce indicazioni sulla modalità di determinazione dei fattori di struttura per strutture in c.a.

Tipologia	q_0	
	CD “B”	CD “A”
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste	$3.0 \alpha_u/\alpha_1$	$4.5 \alpha_u/\alpha_1$
Strutture a pareti non accoppiate	3.0	$4.0 \alpha_u/\alpha_1$
Strutture deformabili torsionalmente	2.0	3.0
Strutture a pendolo inverso	1.5	2.0

Tabella XII. Tabella 1. Valori di q_0 (Rif. Tab. 7.4.I NTC-2008)

 Regione Siciliana  Libero Consorzio Comunale di Ragusa già Provincia Regionale di Ragusa	<p>POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA</p> <p>PRIMA FASE PROGETTO ESECUTIVO – LOTTO 3</p> <p>Relazione tecnica e di calcolo</p>
---	---

Tipologia	α_u/α_1
Strutture a telaio o miste equivalenti a telai	
Strutture a telaio di un piano	1,1
Strutture a telaio con più piani ed una sola campata	1,2
Strutture a telaio con più piani ed più campate	1,3
Strutture a pareti o miste equivalenti a pareti	
strutture con solo due pareti non accoppiate per direzione orizzontale	1,0
altre strutture a pareti non accoppiate	1,1
Strutture a pareti accoppiate o miste equivalenti a pareti	1,2


Tabella XIII. Valori α_u/α_1 (Rif. Punto 7.4.3.2 NTC-2008)

È stato determinato il fattore di struttura corrispondente e fissato il valore dal fattore di struttura è stato determinato lo spettro di progetto.

I fattori di struttura e i principali parametri sismici e gli spettri utilizzati vengono riportati nella seguente tabella:

PARAMETRI SISMICI			
Vita Nominale (Anni)	50	Classe d' Uso	QUARTA
Longitudine Est (Grd)	14,60390	Latitudine Nord (Grd)	37,00120
Categoria Suolo	B	Coeff. Condiz. Topogr.	1,00000
Sistema Costruttivo Dir.1	C.A.	Sistema Costruttivo Dir.2	C.A.
Regolarita' in Altezza	SI (KR=1)	Regolarita' in Pianta	SI
PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.D.			
Probabilita' Pvr	0,63	Periodo di Ritorno Anni	101,00
Accelerazione Ag/g	0,08	Periodo T'c (sec.)	0,29
Fo	2,48	Fv	0,93
Fattore Stratigrafia'Ss'	1,20	Periodo TB (sec.)	0,14
Periodo TC (sec.)	0,41	Periodo TD (sec.)	1,91
PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.V.			
Probabilita' Pvr	0,10	Periodo di Ritorno Anni	949,00
Accelerazione Ag/g	0,29	Periodo T'c (sec.)	0,45
Fo	2,35	Fv	1,71
Fattore Stratigrafia'Ss'	1,13	Periodo TB (sec.)	0,20
Periodo TC (sec.)	0,59	Periodo TD (sec.)	2,76
PARAMETRI SISTEMA COSTRUTTIVO C.A. - DIR. 1			
Classe Dutilita'	BASSA	Sotto-Sistema Strutturale	Telaio
AlfaU/Alfa1	1,10	Fattore riduttivo KW	1,00
Fattore di struttura 'q'	3,30		
PARAMETRI SISTEMA COSTRUTTIVO C.A. - DIR. 2			
Classe Dutilita'	BASSA	Sotto-Sistema Strutturale	Pareti
AlfaU/Alfa1	1,20	Fattore riduttivo KW	0,67
Fattore di struttura 'q'	2,40		

Tabella XIV. Valori α_u/α_1 (Rif. Punto 7.4.3.2 NTC-2008)

 <p>Regione Siciliana</p>  <p>Libero Consorzio Comunale di Ragusa già Provincia Regionale di Ragusa</p>	<p>POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA</p> <p>PRIMA FASE PROGETTO ESECUTIVO – LOTTO 3</p> <p>Relazione tecnica e di calcolo</p>
---	--

7.3.5.9. *Metodo di analisi sismica*

Al punto 7.3 la normativa di riferimento fornisce indicazioni circa i metodi di analisi e i criteri di verifica da adottare per strutture soggette all'azione sismica.

Nello specifico la norma afferma che è possibile effettuare analisi di tipo statico o dinamico; lineare o non lineare.

Per i manufatti oggetto di analisi i calcoli delle azioni sismiche sono stati eseguiti in analisi dinamica modale, considerando il comportamento della struttura in regime elastico lineare.

Il numero di modi di vibrazione considerato ha consentito, nelle varie condizioni, di mobilitare una percentuale di massa per ciascuna struttura superiore al minimo richiesto dalla normativa (massa di partecipazione modale >85%).

Per valutare la risposta massima complessiva di una generica caratteristica E, conseguente alla sovrapposizione dei modi, si è utilizzata una tecnica di combinazione probabilistica definita CQC (Complete Quadratic Combination - Combinazione Quadratica Completa):

$$E = \sqrt{\sum_{i,j=1,n} \rho_{ij} \cdot E_i \cdot E_j}$$

con:

$$\rho_{ij} = \frac{8\xi^2 \cdot (1 + \beta_{ij}) \cdot \beta_{ij}^{\frac{3}{2}}}{(1 - \beta_{ij}^2)^2 + 4\xi^2 \cdot \beta_{ij} \cdot (1 + \beta_{ij}^2)} \quad \beta_{ij} = \frac{\omega_i}{\omega_j}$$

dove:

n è il numero di modi di vibrazione considerati

ξ è il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente espresso in percentuale;

β_{ij} è il rapporto tra le frequenze di ciascuna coppia i-j di modi di vibrazione.



Le sollecitazioni derivanti da tali azioni sono state composte poi con quelle derivanti da carichi verticali, orizzontali non sismici secondo le varie combinazioni di carico probabilistiche. Il calcolo è stato effettuato mediante un programma agli elementi finiti le cui caratteristiche verranno descritte nel seguito.

Il calcolo degli effetti dell'azione sismica è stato eseguito con riferimento alla struttura spaziale, tenendo cioè conto degli elementi interagenti fra loro secondo l'effettiva realizzazione escludendo i tamponamenti.

Si è tenuto conto delle deformabilità taglianti e flessionali degli elementi monodimensionali; pareti, setti, solette sono stati correttamente schematizzati tramite elementi finiti a tre/quattro nodi con comportamento sia a piastra che a lastra.

Sono stati considerati sei gradi di libertà per nodo; in ogni nodo della struttura sono state applicate le forze sismiche derivanti dalle masse circostanti.

Le sollecitazioni derivanti da tali forze sono state poi combinate con quelle derivanti dagli altri carichi come prima specificato.

 <p>Regione Siciliana</p>  <p>Libero Consorzio Comunale di Ragusa già Provincia Regionale di Ragusa</p>	<p>POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA</p> <p>PRIMA FASE PROGETTO ESECUTIVO – LOTTO 3</p> <p>Relazione tecnica e di calcolo</p>
---	--

7.3.5.10. *Combinazione delle componenti dell'azione sismica*

Così come consentito al punto 7.3.5 delle NTC il sisma viene convenzionalmente considerato come agente separatamente in due direzioni tra loro ortogonali prefissate; per tenere conto che nella realtà il moto del terreno durante l'evento sismico ha direzione casuale e in accordo con le prescrizioni normative, per ottenere l'effetto complessivo del sisma, a partire dagli effetti delle direzioni calcolati separatamente, si è provveduto a sommare i massimi ottenuti in una direzione con il 30% dei massimi ottenuti per l'azione applicata nell'altra direzione.

7.3.5.11. *Eccentricità accidentale*

Per valutare le eccentricità accidentali, previste in aggiunta all'eccentricità effettiva sono state considerate condizioni di carico aggiuntive ottenute applicando l'azione sismica nelle posizioni del centro di massa di ogni piano ottenute traslando gli stessi, in ogni direzione considerata, di una distanza pari a $\pm 5\%$ della dimensione massima del piano in direzione perpendicolare all'azione sismica.

8. Verifiche

Le verifiche, svolte secondo il metodo degli stati limite ultimi e di esercizio, si ottengono involupando tutte le condizioni di carico prese in considerazione.

In fase di verifica è stato differenziato l'elemento trave dall'elemento pilastro. Nell'elemento trave le armature sono disposte in modo asimmetrico, mentre nei pilastri sono sempre disposte simmetricamente. Per l'elemento trave, l'armatura si determina suddividendola in cinque conci in cui l'armatura si mantiene costante, valutando per tali conci le massime aree di armatura superiore ed inferiore richieste in base ai momenti massimi riscontrati nelle varie combinazioni di carico esaminate. Lo stesso criterio è stato adottato per il calcolo delle staffe.

Anche l'elemento pilastro viene scomposto in cinque conci in cui l'armatura si mantiene costante. Vengono però riportate le armature massime richieste nella metà superiore (testa) e inferiore (piede).

La ripartizione dei carichi, data la natura matriciale del calcolo, tiene automaticamente conto della rigidità relativa delle varie travate convergenti su ogni nodo.

Le verifiche per gli elementi bidimensionali (setti) vengono effettuate sovrapponendo lo stato tensionale del comportamento a lastra e di quello a piastra. Vengono calcolate le armature delle due facce dell'elemento bidimensionale disponendo i ferri in due direzioni ortogonali.

9. Considerazioni finali

Per quanto non espressamente sopra riportato, ed in particolar modo per ciò che concerne i dati numerici di calcolo, si rimanda ai tabulati di calcolo.