

## CORRIDOIO PLURIMODALE ADRIATICO

ITINERARIO MAGLIE - SANTA MARIA DI LEUCA

S.S. N° 275 "DI S. MARIA DI LEUCA"

LAVORI DI AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA SEZ. B DEL D.M. 5.11.2001

S.S. 16 dal km 981+700 al km 985+386 - S.S. 275 dal Km 0+000 al km 37+000

1° Lotto: Dal Km 0+000 di prog. al Km 23+300 di prog.

### PROGETTO DEFINITIVO

COD. BA283

**PROGETTAZIONE:** ANAS - COORDINAMENTO TERRITORIALE ADRIATICA

<p>I PROGETTISTI</p> <p>Ing. Alberto SANCHIRICO – Progettista e Coordinatore</p> <p>Ing. Simona MASCIULLO – Progettista</p>	<p>ATTIVITA' DI SUPPORTO</p>    
<p>COLLABORATORI</p> <p>Geom. Andrea DELL'ANNA</p> <p>Geom. Massimo MARTANO</p> <p>Geom. Giuseppe CALO'</p>	
<p>IL GEOLOGO</p> <p>Dott. Pasquale SCORCIA</p>	
<p>IL COORDINATORE IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p>Ing. Alberto SANCHIRICO</p>	
<p>IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</p> <p>Ing. Gianfranco PAGLIALUNGA</p>	
<p>RESPONSABILE PROJECT MANAGEMENT PUGLIA</p> <p>Ing. Nicola MARZI</p>	

## 05 - SISMICA

### Relazione Sismica

CODICE PROGETTO	NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO      LIV. PROG.      N. PROG. L0503A    D    1701	T00_GE00_GET_RE02_C.pdf CODICE ELAB. T00GE00GETRE02	C	-
C	OTTEMPERANZA PARERE AdB Puglia – PARERE CSLLPP	Aprile 2019	
B	REVISIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO	Gennaio 2019	Ing. C. Beltrami
A	REVISIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO	Giugno 2018	Ing. C. Beltrami
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO VERIFICATO APPROVATO

## INDICE

1.	INTRODUZIONE	3
2.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
2.1	Normativa	4
2.2	Documenti di progetto	4
2.3	Bibliografia	5
3.	GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA	6
3.1	Inquadramento	6
3.2	Geologia	7
3.3	Morfologia	7
3.4	Idrogeologia	7
4.	SISMICITÀ NEI COMUNI INTERESSATI	10
4.1	Elenco	10
4.2	Classificazione sismica	10
4.3	Categoria sismica del sottosuolo	12
4.4	Categoria topografica	14
4.5	Liquefazione	14
4.6	Valutazione dei terreni ai fini del progetto	14
5.	STUDI SISMICI ESISTENTI	17
5.1	Inquadramento tettonico	17
5.2	Pericolosità e rischio sismico	21
6.	PROGETTAZIONE ANTISISMICA	23
6.1	Criteri generali	23
6.2	Tipologie strutturali	23
7.	RIFERIMENTI NORMATIVI	24
7.1	Vita Nominale	24
7.2	Uso	24

7.3	Periodo di Riferimento	25
7.4	Stati Limite	25
7.5	Spettro di progetto in accelerazione	26
	Componente orizzontale	26
	Componente verticale	28
7.6	Sommario dei parametri di progetto	29
8.	APPOGGI E GIUNTI	30
8.1	Appoggi	30
8.2	Giunti	31
9.	CONCLUSIONI	32

## **1. INTRODUZIONE**

Questa relazione presenta gli aspetti sismici legati alla progettazione degli interventi di ammodernamento e adeguamento ricadenti nella competenza di ANAS S.p.A. per la S.S. 275 di S. Maria di Leuca, I Lotto, dal km 0+000 di progetto al km 23+300 di progetto.

## 2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 Normativa

- [N1] D.M. 17 Gennaio 2018, NTC 2018. Aggiornamento delle “Norme Tecniche Per Le Costruzioni”, pubblicazione G.U. 20 febbraio 2018.
- [N2] Ordinanza Presidenza Consiglio Ministri O.P.C.M. 3274, 20-03-2003 (Classificazione Sismica Comuni Italiani).
- [N3] Deliberazione della Giunta Regionale 2 marzo 2004, n. 153. L.R. 20/00 - O.P.C.M. 3274/03 - Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale e delle tipologie di edifici ed opere strategici e rilevanti - Approvazione del programma temporale e delle indicazioni per le verifiche tecniche da effettuarsi sugli stessi. Bollettino Ufficiale della Regione Puglia - n. 33 del 18-3-2004

### 2.2 Documenti di progetto

- [P1] T00\_GE00\_GEO\_RE01\_C, *Relazione Geologica* (Progetto Definitivo).
- [P2] T00\_GE00\_GET\_RE01\_C, *Relazione Geotecnica* (Progetto Definitivo).
- [P3] T00\_GE00\_GEO\_RE03\_A, *Indagini Geofisiche (MASW)*. Geo Gav (2017) Rapporto di Prova 3117/G
- [P4] T00\_ST27\_STR\_RE01\_C, *Sovrappasso Ferroviario Direzione Tang. Ovest di Maglie Nord ST 27 – Relazione di Calcolo Strutturale* (Progetto Definitivo).
- [P5] T00\_CV01\_STR\_RE01\_C, *Cavalcavia CV 1 (Comune di Melpignano)*.
- [P6] T00\_ST28\_STR\_RE01\_D, *Cavalcavia (Comune di Maglie)*.
- [P7] T00\_CV02\_STR\_RE01\_C, *Cavalcavia CV 2 (Comune di Maglie)*.
- [P8] T00\_ST01\_STR\_RE01\_D, *Sottopasso (Comune di Maglie)*
- [P9] T00\_ST22\_STR\_RE01\_D, *Sottopasso (Comune di Maglie)*
- [P10] T00\_CV03\_STR\_RE01\_C, *Cavalcavia CV 3 (Comune di Muro Leccese)*.
- [P11] T00\_OM03\_STR\_RE01\_D, *Cavalcavia ferroviario Maglie Muro Leccese (Comune di Maglie) - fuori asse*.
- [P12] T00\_ST23\_STR\_RE01\_D, *Cavalcavia (Comune di Muro Leccese)*.
- [P13] T00\_CV04\_STR\_RE01\_C, *Cavalcavia CV 4 (Comune di Muro Leccese)*.
- [P14] T00\_CV05\_STR\_RE01\_C, *Cavalcavia CV 5 (Comune di Scorrano)*.
- [P15] T00\_ST02\_STR\_RE01\_D, *Sottopasso (Comune di Botrugno)*
- [P16] T00\_CV06\_STR\_RE01\_C, *Cavalcavia CV 6 (Comune di Nociglia)*.

- [P17] T00\_CV07\_STR\_RE01\_C, *Cavalcavia CV 7 (Comune di Nociglia)*.
- [P18] T00\_CV20\_STR\_RE01\_C, *Cavalcavia CV 20 (Comune di Surano)*.
- [P19] T00\_CV08\_STR\_RE01\_C, *Cavalcavia CV 8 (Comune di Surano)*.
- [P20] T00\_CV09\_STR\_RE01\_C, *Cavalcavia CV 9 (Comuni di Montesano e Andrano)*.
- [P21] T00\_CV10\_STR\_RE01\_C, *Cavalcavia CV 10 (Comune di Andrano)*.
- [P22] T00\_ST24\_STR\_RE01\_D, *Cavalcavia Ferroviario Montesano Andrano (Comune di Andrano)*
- [P23] T00\_ST25\_STR\_RE01\_D, *Cavalcavia Ferroviario Montesano Andrano (Comune di Montesano)*.

### **2.3 Bibliografia**

- [B1] Del Gaudio, V.; Pierri, P.; Frepoli, A.; Calcagnile, G.; Venisti, N.; Cimini, G. B. (2007). A critical revision of the seismicity of Northern Apulia (Adriatic microplate — Southern Italy) and implications for the identification of seismogenic structures, *Tectonophysics*, 436(1-4): 9-35.
- [B2] Meletti, C., Patacca, E. & Scandone, P. (2000). Construction of a seismotectonic model: the case of Italy. *Pure and Applied Geophysics* 157:11–35.
- [B3] Cinque, A., Patacca, E., Scandone, P. and Tozzi, M., (1993). Quaternary kinematic evolution of the southern Apennines. Relationships between surface geological features and deep lithospheric structures, *Annali di Geofisica* 36: 249–260.
- [B4] Gambini R. & Tozzi M. (1996) - Tertiary geodynamic evolution of the Southern Adria microplate. *Terra Nova*, 8: 593-60

### 3. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

#### 3.1 Inquadramento

Il tratto di strada compreso nel Lotto I ha inizio allo svincolo di attacco alla tangenziale di Maglie e si sviluppa, prevalentemente in direzione Nord-Sud, per una lunghezza di poco superiore a 23 km.

La morfologia dell'area interessata dal tracciato è di tipo sub pianeggiante; le quote topografiche variano da +88 s.l.m. ca a +40 s.l.m. circa. Le blande scarpate che delimitano o raccordano le zone pianeggianti hanno in genere una inclinazione inferiore ai 10°.

La loro direzione complessiva si sviluppa secondo Nordovest-Sudest, con andamento quasi parallelo alla linea di costa. Le caratteristiche delle scarpate, le caratteristiche litologiche della formazione più recente in prossimità della scarpata e le relazioni tra quest'ultima e la formazione più antica, provano che le scarpate rappresentano antiche linee di costa, attive nel tempo corrispondente all'età del sedimento situato in posizione depressa.

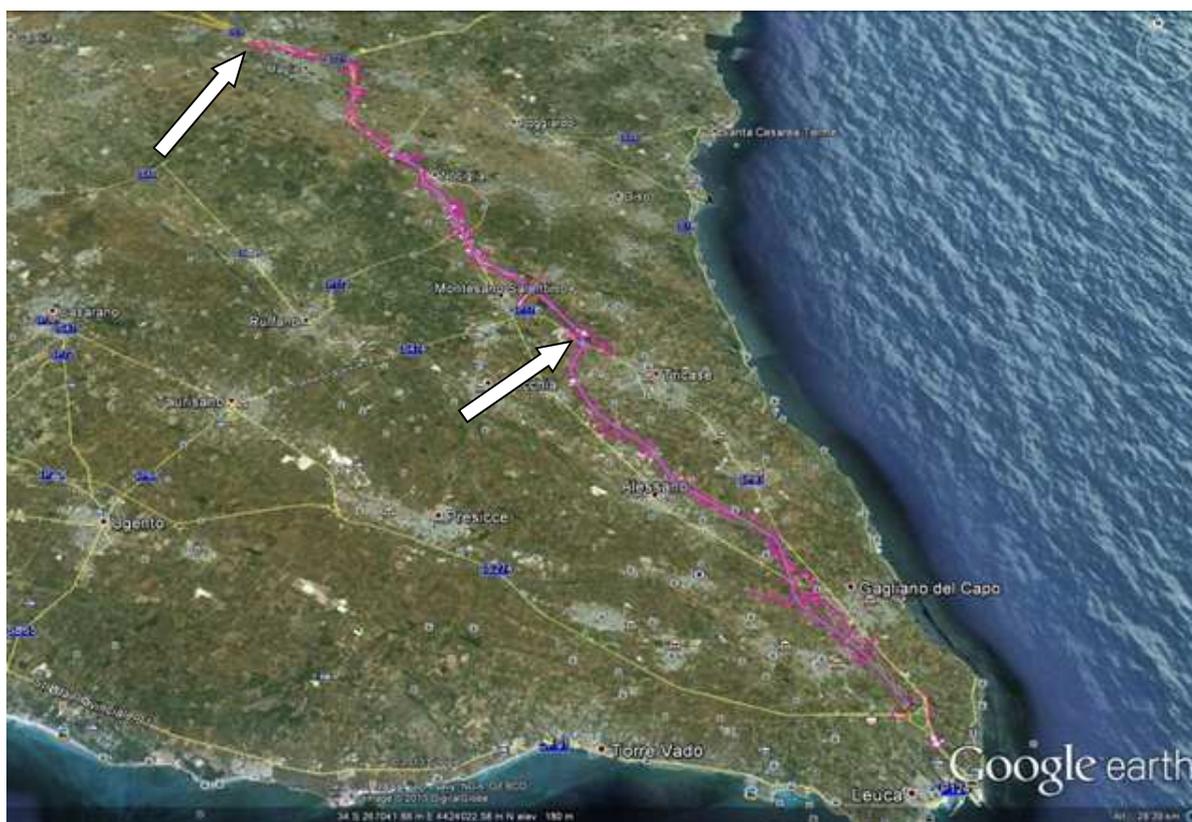


Figura 1. Panoramica dell'area in studio, immagine Google Earth.

Dal punto di vista geologico il tracciato si svolge quasi interamente su litotipi calcarenitici rappresentati da Calcareniti di Andrano, nella porzione settentrionale del I Lotto, e da Calcareniti del Salento nella sua porzione meridionale. Le Calcareniti mostrano cementazione variabile e presenza di facies sabbiose. I litotipi competenti risultano essere coperti da uno spessore generalmente inferiore al metro

di terreno limoso-sabbioso. La falda idrica principale, localizzata ad una quota assoluta di circa 1,5 m.s.l.m. appare sufficientemente profonda da non avvertire in alcun modo l'interazione con le opere qui discusse. In generale lo studio geologico NON rileva particolari problematiche di natura geologica, geomorfologica o idrogeologica nell'area interessata dal tracciato.

### **3.2 Geologia**

L'area vasta sottesa alla tratta Maglie – Montesano è caratterizzata dallo affioramento di terreni di età compresa dal Cenozoico al Quaternario. In particolare, passando dal termine più antico al più recente (cfr fig. 1), trattasi di:

**PIETRA LECCESE:** Calcareniti marnose, organogene, a grana uniforme, giallo-grigiastre, a stratificazione talora indistinta od in banchi di 10-30 cm di spessore

**CALCARENITI DI ANDRANO:** calcareniti grigio-chiare, organogene; calcari detritici cementati, calcari bioclastici; livelli conglomeratici (Miocene superiore e medio);

**SABBIE DI UGGIANO:** Sabbie calcaree e calcareniti marnose giallastre fossilifere, a stratificazione indistinta o in banchi di 15-40 cm di spessore . Calcari detritici organogeni, compatti, fossiliferi; alla base si notano spesso conglomerati.

**CALCARENITI DEL SALENTO:** calcareniti, calcari tipo panchina, calcareniti argillose giallastre; sabbie calcaree poco cementate, con intercalati banchi di panchina (Pliocene superiore-Calabriano

**DEPOSITI RECENTI ED ATTUALI:** Sabbie, sabbie argillose e limi grigi lagunari recenti.

### **3.3 Morfologia**

La Penisola Salentina, allungata in direzione NO-SE tra i mari Adriatico e Ionio, è formata da una ossatura di rilievi collinari, detti "Serre", tra i quali si interpongono zone piuttosto basse e pianeggianti che costituiscono le aree topograficamente più depresse.

Sulle serre affiorano i sedimenti calcarei di età più antica (Cretaceo superiore), mentre altrove si rinviene la copertura post-cretacea attribuibile cronologicamente al Terziario e al Quaternario.

Coi ripetuti movimenti di emersione e sommersione durante i quali si è verificato il colmamento delle depressioni interposte tra i rilievi rimasti emersi, la Penisola Salentina è venuta acquistando quella configurazione che già nel Pleistocene superiore, allorché estese aree di sedimentazione venivano definitivamente colmate, era assai simile all'attuale.

### **3.4 Idrogeologia**

Le rocce carbonatiche mesozoiche, costituenti l'impalcatura geologica della penisola ed affioranti su vasta parte del territorio, sono notevolmente interessate da fenomeni di fratturazione e di dissoluzione carsica, tali da permettere l'esistenza di una cospicua falda idrica sotterranea.

L'idrografia superficiale è praticamente assente; dato l'assorbimento esercitato dalle formazioni esistenti, permeabili sia per porosità (depositi calcarenitici miocenici e quaternari) che per fessurazione (depositi calcarei mesozoici di base).

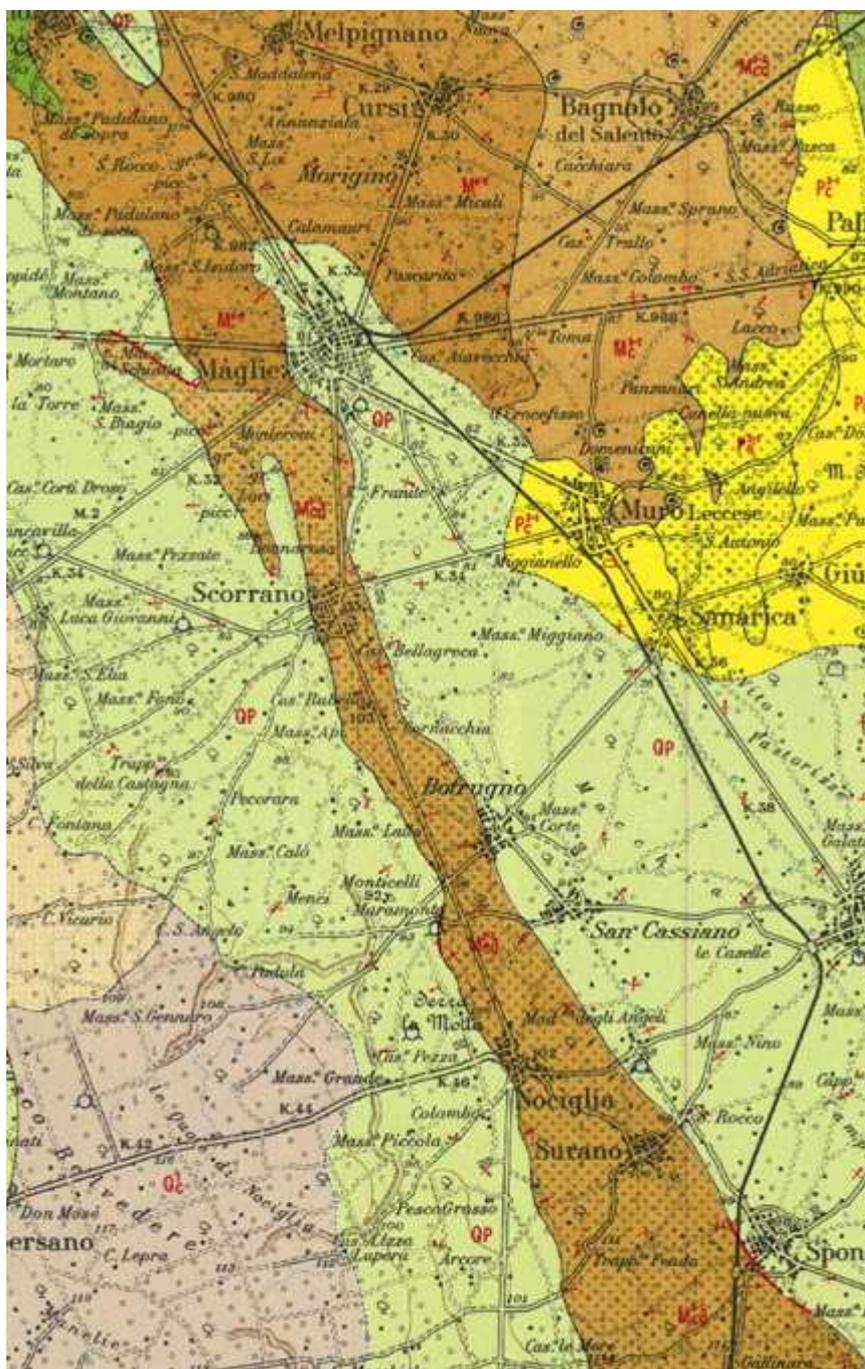


Figura 2. Stralcio Foglio 214 della Carta geologica d'Italia.

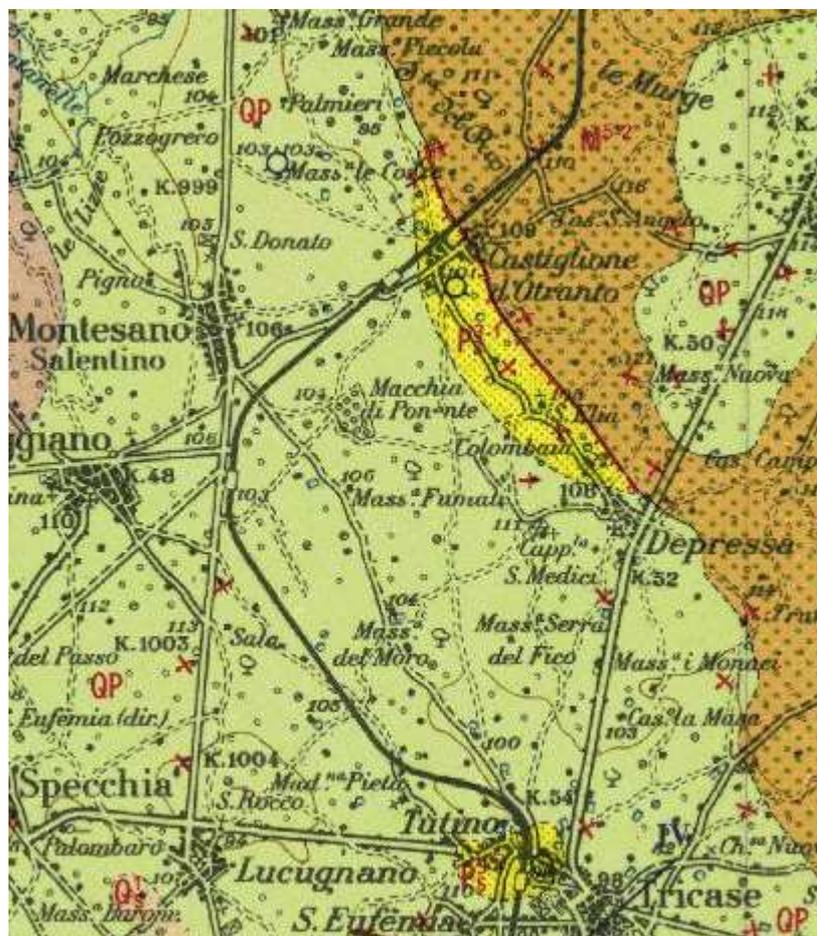


Fig. 2 bis- Stralcio Foglio 223 della Carta geologica d'Italia

## 4. SISMICITÀ NEI COMUNI INTERESSATI

### 4.1 Elenco

La strada di progetto ha inizio allo svincolo di attacco alla tangenziale di Maglie e termina in una rotonda nel comune di Tricase. Il tracciato, di lunghezza pari a circa 23 km, si svolge in direzione prevalentemente Nord-Sud nel tratto finale della Penisola Salentina ed interseca i comuni di:

- Maglie
- Melpignano
- Muro Leccese
- Scorrano
- Botrugno
- San Cassiano
- Nociglia
- Surano
- Montesano Salentino
- Andrano
- Tricase

### 4.2 Classificazione sismica

La classificazione sismica dei territori interessati dall'infrastruttura in progetto è stata condotta con riferimento alla D.G.R. n° 153 del 2 Marzo 2004 pubblicata sul B.U.R.P. n° 33 del 18 Marzo 2004, in recepimento della previgente normativa statale, con la quale la Regione Puglia ha istituito quattro zone di pericolosità sismica (Figura 3).

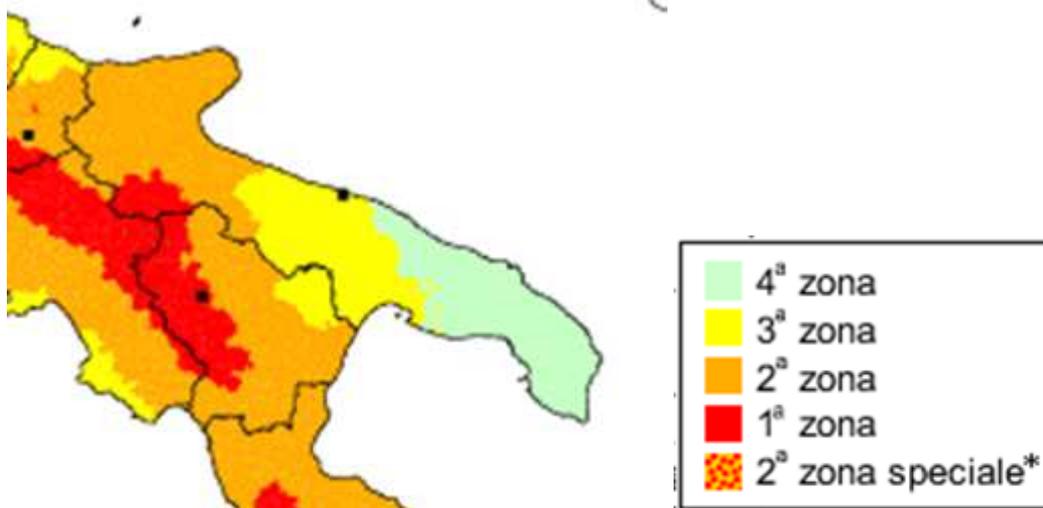


Figura 3. Mappa della classificazione delle zone sismiche nel territorio pugliese (DGR n° 153/04).

In particolare, i territori comunali interessati dal tracciato stradale in studio appartengono alla zona 4 - Zona con pericolosità sismica molto bassa (Tabella 1), ai sensi dell'attuale normativa (2006), che prevede valori di accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g/g$ ) inferiore a 0.05.



Figura 4. Mappa della classificazione delle zone sismiche nel territorio pugliese (da: Progetto PCM INGV).

Tabella 1

CODICE ISTAT 2001	Denominazione	Cat. class. precedente (Decreti fino 1984)	Cat. proposta del GdL del 1998	Zona Ordinanza 3274 (2003)	Classificazione regionale
16075045	Melpignano	N.C	N.C.	4	4
16075039	Maglie	N.C	N.C.	4	4
16075051	Muro Leccese	N.C	N.C.	4	4
16075073	Scoranno	N.C	N.C.	4	4
16075009	Botrugno	N.C	N.C.	4	4
16075095	San Cassiano	N.C	N.C.	4	4
16075054	Nociglia	N.C	N.C.	4	4
16075082	Surano	N.C	N.C.	4	4
16075005	Andrano	N.C	N.C.	4	4
16075049	Montesano Salentino	N.C	N.C.	4	4
16075088	Tricase	N.C	N.C.	4	4

#### 4.3 Categoria sismica del sottosuolo

La normativa sismica italiana OPCM, così come il nuovo DM 17/01/2018 definiscono l'azione sismica di progetto, in assenza di analisi specifiche, sulla base della zona sismica di appartenenza del sito e la categoria sismica di suolo su cui sarà realizzata l'opera. La norma suddivide il territorio nazionale in 4 zone sismiche, contraddistinte dal valore  $a_g$  dell'accelerazione di picco al suolo, normalizzata rispetto all'accelerazione di gravità  $g$ . I valori convenzionali di  $a_g$  assegnati nelle 4 zone sismiche fanno riferimento all'accelerazione di picco in superficie per suolo di tipo A, cioè roccia affiorante o suolo omogeneo molto rigido (vedi Tabella 2).

Tabella 2

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

In presenza di suoli di tipo B, C, D, E il moto sismico in superficie in genere risulta modificato rispetto al moto sismico al substrato roccioso, in funzione dell'intensità e del contenuto in frequenza dell'input sismico e delle caratteristiche geotecniche sismiche e dello spessore del suolo attraversato dalle onde sismiche per giungere in superficie.

In assenza di una specifica analisi di amplificazione sismica locale per il suolo in esame, per valutare l'accelerazione sismica spettrale in presenza di suoli di tipo B, C, D E la normativa introduce un fattore di amplificazione S e i periodi T che definiscono lo spettro di risposta di un oscillatore semplice con smorzamento pari al 5%. La classificazione del suolo è convenzionalmente eseguita sulla base della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio tra la superficie ed il substrato (roccia o terreno molto rigido, con  $V_s > 800$  m/s).

I valori di  $V_s$  sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

$h_i$  spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Di seguito il quadro sinottico delle Prove MASW, e relative  $V_{s,30}$  come risultanti dalla campagna d'indagine eseguita dalla società Geo Gav srl:

Tabella 3

Numero prova	N° Geofoni	Distanza Geofoni (m)	$V_{s,30}$ (m/s)
MASW_01	24	5.00	843.59
MASW_02	24	5.00	802.32
MASW_03	24	5.00	817.44
MASW_04	24	5.00	745.09
MASW_05	24	5,00	769.24
MASW_06	24	5.00	809.45
MASW_07	24	5.00	816.14
MASW_08	24	5.00	790.67
MASW_09	24	5.00	760.03
MASW_10	24	5.00	715.40
MASW_11	24	5.00	792.15
MASW_12	24	5.00	816.12
MASW_13	24	5,00	779.01
MASW_14	24	5.00	765.21
MASW_15	24	5.00	793.30
MASW_16	24	5.00	812.29

#### 4.4 Categoria topografica

L'intero progetto ricade in aree classificabili come Categoria Topografica T1, che identifica superfici pianeggianti, eventualmente con pendii e rilievi isolati di pendenza media inferiore a 15°.

#### 4.5 Liquefazione

I terreni presenti lungo il percorso non sono suscettibili di liquefazione, Dal punto di vista normativo la presenza prevalente di litotipi competenti e l'assenza di falda permanente entro i 15 m dal piano campagna portano ad omettere la verifica a liquefazione, in linea con le NTC 2018.

#### 4.6 Valutazione dei terreni ai fini del progetto

Le caratteristiche del suolo e del sottosuolo risultano complessivamente favorevoli all'esecuzione delle opere previste. In particolare

- i materiali geologici interessati dalle opere di fondazione presentano buone caratteristiche geomeccaniche di resistenza e rigidità;
- le acque sotterranee risultano localizzate a profondità tali da non interferire con gli scavi e con il livello di posa delle fondazioni;



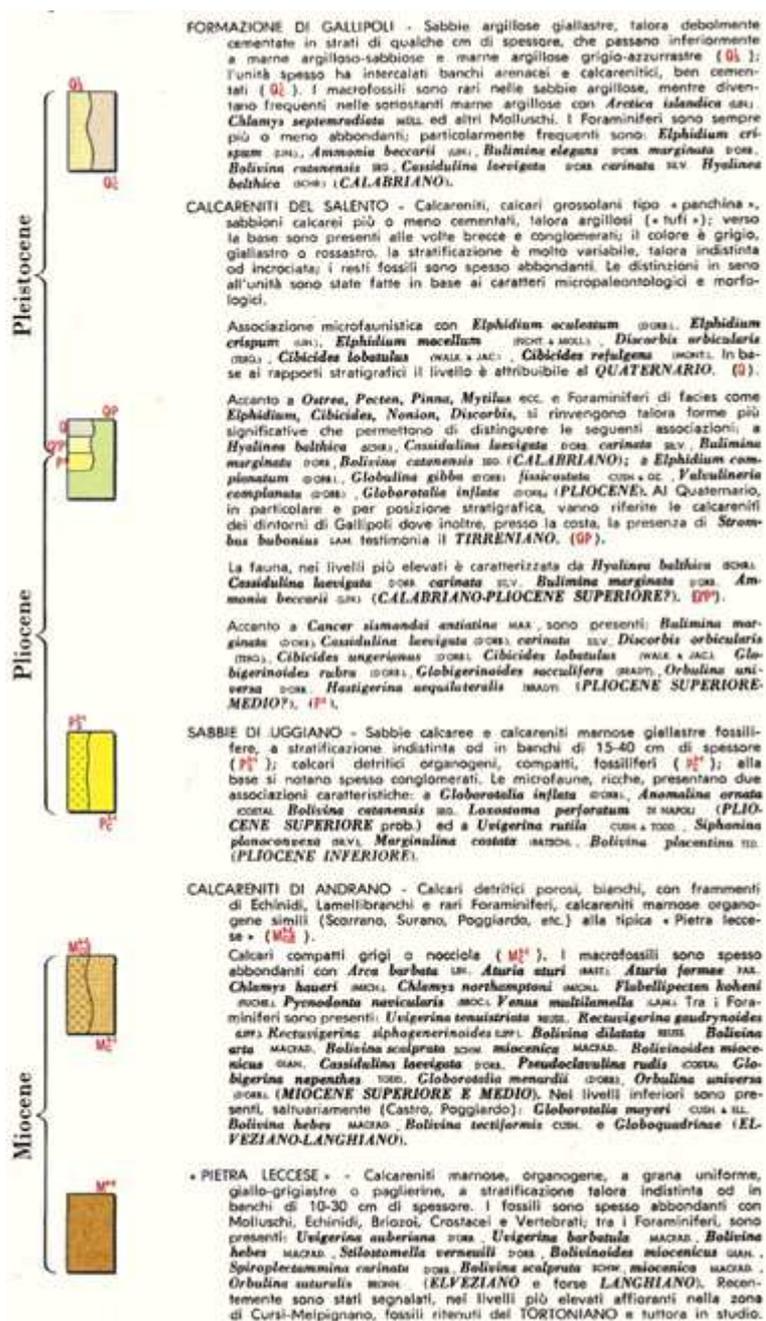


Figura 6. Legenda della carta geologica.

## 5. STUDI SISMICI ESISTENTI

### 5.1 Inquadramento tettonico

Il bacino del Mediterraneo e le zone circostanti devono la loro sismicità al complesso sistema collisionale che prende origine dall'interazione fra la placca euroasiatica e le placche africana, araba e indiana. Sotto il profilo geodinamico l'area mediterranea risulta caratterizzata da sistemi tettonici molto diversi tra loro.

È possibile osservare, infatti, zone sismogenetiche a tettonica compressiva, caratterizzate sia da inspessimento crostale (es. la catena alpina) che da subduzione (es. l'arco ellenico), zone sismogenetiche caratterizzate da una tettonica distensiva, come il Tirreno, il mar Egeo o l'Appennino, zone sismogenetiche caratterizzate da tettonica trascorrente (es. la faglia Nord Anatolica), ed infine zone caratterizzate da sismicità particolarmente bassa (es. placca anatolica e placca adriatica). Le deformazioni che hanno interessato e che tutt'ora interessano la penisola italiana e le aree attorno al Mar Adriatico sono testimoniate dalla presenza in questa zona di gran parte delle principali catene montuose del bacino del Mediterraneo.

Alpi, Appennini, Dinaridi, Ellenidi e Carpazi si sono formate nell'ultimo centinaio di milioni di anni, in momenti diversi, ma da una dinamica comune, legata alla convergenza fra la placca africana e quella euroasiatica, è testimoniata dall'elevato numero sia di eventi con magnitudo inferiore a 4 (Figura 7), che da un numero abbastanza cospicuo di terremoti con magnitudo superiore a 4 (Figura 8) e che in alcuni casi supera magnitudo 6.

Quest'elevata attività sismo tettonica tutt'attorno all'Adriatico è in netto contrasto con i rari eventi che si verificano nella parte centrale dello stesso bacino che si differenzia con tutto il resto del Mediterraneo anche per la batimetria particolarmente piatta.

Questa zona stabile, che si estende dalla Pianura Padana alla Penisola Apula, è stata interpretata da più autori come una microplacca che s'incunea tra la placca africana e quella eurasiatica.

La debole attività sismica nei dintorni dello Stretto di Otranto viene interpretata da alcuni studiosi come l'indicazione che in questa zona vi possa essere una discontinuità, mentre altri invece ritengono che il margine meridionale della micro placca si trovi a N del Gargano, presso le Isole Tremiti, all'altezza delle quali si ha una zona sismica che si estende verso NE fino in Jugoslavia.

I terremoti che avvengono lungo questa fascia contrastano con l'idea che la microplacca adriatica sia asismica e uno studio approfondito della sismicità registrata fra il 1986 e il 1990, associato ad altri dati geofisici e geologici, ha permesso di avanzare l'ipotesi che questa zona sismogenetica separi una microplacca adriatica settentrionale da una meridionale.

I profili ottenuti dalla sismica a mare effettuata a N e a ESE del Gargano hanno evidenziato la presenza di due fasce deformate, ricollegabili alla sismicità recente, che mostrano come questa sia un'area preferenziale per la deformazione all'interno dell'area adriatica. Indipendentemente dalla sua origine,

l'individuazione della microplacca adriatica e l'ipotesi che essa ruoti in senso antiorario, con polo di rotazione in Italia settentrionale, permette di giustificare i diversi stili tettonici che troviamo nella zona peri adriatica.

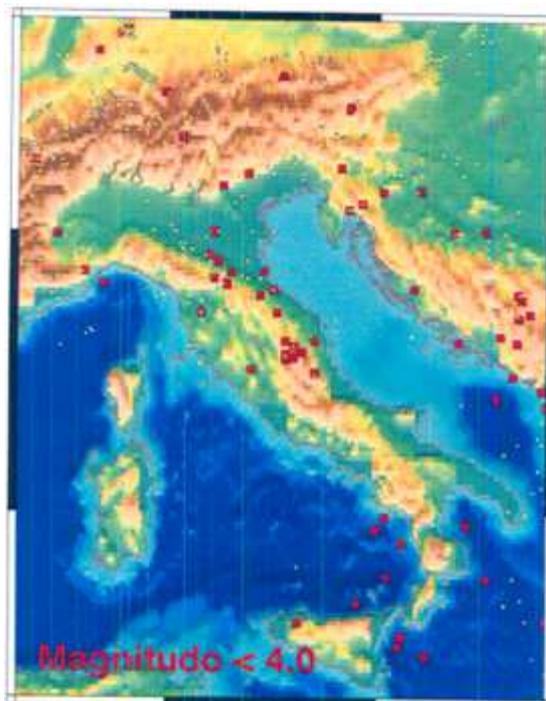


Figura 7. Terremoti storici con  $M < 4.0$

Infatti, la rotazione della placca ben si accorda con una tettonica compressiva lungo la costa orientale e settentrionale e con una tettonica distensiva lungo la catena appenninica.

Esistono comunque dei modelli recenti in cui l'origine e lo sviluppo dei diversi stili deformativi dell'area adriatica vengono descritti diversamente, considerando l'area come promontorio della placca africana e la situazione tettonica attuale come il risultato della convergenza delle placche euroasiatica e africana lungo una direzione NE-SW.

Per quanto riguarda l'origine dei terremoti, in Italia la maggior parte dell'attività sismica registrata è di origine crostale (Figura 9) e si concentra soprattutto nelle Alpi, lungo gli Appennini e riguarda la maggior parte dei vulcani attivi del quaternario (per esempio, L'Etna, il Vesuvio, i Campi Flegrei, i Colli Albani), mentre la Puglia, fatta eccezione per il promontorio del Gargano, e la Sardegna sembrano essere relativamente asismiche.

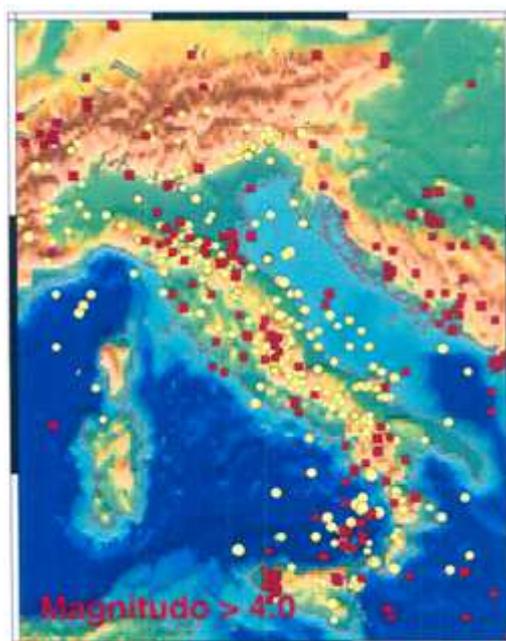


Figura 8. Terremoti storici con  $M > 4$ .

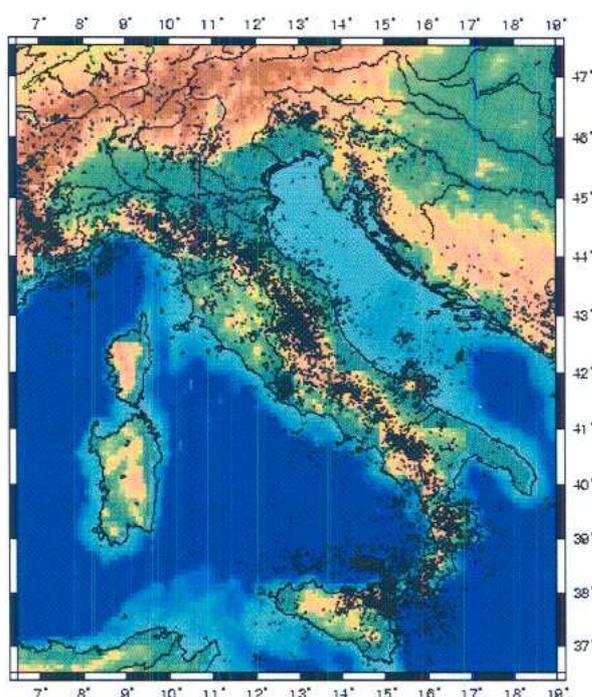


Figura 9. Eventi di origine crostale.

La penisola italiana è interessata anche da terremoti intermedi e profondi (Figura 10), che pur in numero relativamente esiguo, sono di grande importanza per la comprensione della dinamica dei processi profondi che avvengono nell'area.

Terremoti fino a 500 km di profondità avvengono nella zona del Tirreno meridionale e la loro profondità aumenta andando da Sud-Est verso Nord-Ovest.

Questi eventi evidenziano la subduzione attiva della litosfera Jonica al di sotto dell'Arco calabro.

La maggior parte dell'attività è concentrata soprattutto verso i 300 Km di profondità, dove i terremoti possono raggiungere anche Magnitudo 7.

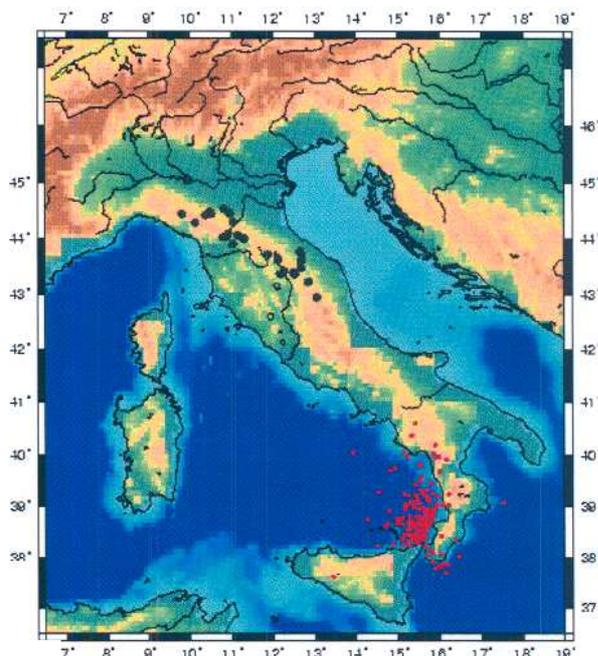


Figura 10. Eventi di origine profonda.

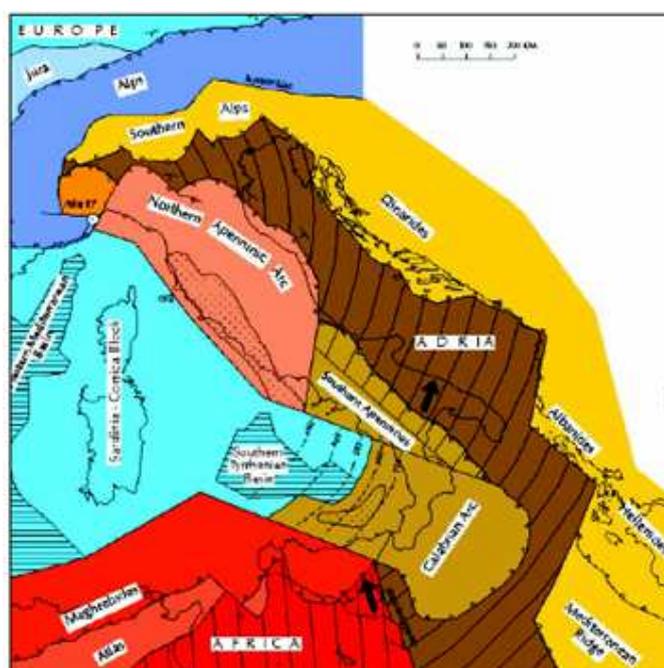


Figura 11. Mappa schematica delle grandi unità strutturali dell'Italia e delle aree circostanti (Meletti *et al.* 2000).

Un esiguo numero di terremoti di Magnitudo moderata ( $< 4.0$ ) e di profondità intermedia si verificano anche nell'Appennino settentrionale.

La profondità massima osservata per questi terremoti è di circa 100 Km e, sebbene non siano ancora ben studiati, suggeriscono un processo di subduzione attiva anche per questo settore della penisola italiana.

## **5.2 Pericolosità e rischio sismico**

La valutazione del rischio sismico, in aree ad estensione regionale, viene realizzata mediante gli studi di macrozonazione sismica, ove con tale espressione si intende la valutazione zona per zona di parametri che schematizzino in maniera complessiva tutta l'attività sismica, anche esterna all'area, i cui effetti siano stati risentiti in essa.

A tal fine sono stati raccolti ed elaborati i dati provenienti da tutti gli archivi sismici disponibili che hanno consentito di catalogare, per ogni terremoto registrato, la data e l'ora, le coordinate epicentrali, la profondità, la grandezza dell'evento (intensità e/o magnitudo) e la zona epicentrale, oltre a tutte le informazioni sugli effetti dei terremoti per ciascuna località. Per la macrozonazione del territorio italiano sono stati utilizzati i dati provenienti da tutte queste fonti, integrate con le informazioni estratte da fonti ed archivi dei paesi limitrofi e le mappe delle isosisme esistenti in letteratura.

La banca dati è stata utilizzata, quindi, per definire su scala regionale alcune caratteristiche della propagazione degli effetti in superficie.

Attraverso la valutazione dei seguenti parametri macrosismici:

- 1) intensità massima risentita;
- 2) numero di risentimenti per ciascun grado di intensità;
- 3) indice che sintetizza cumulativamente gli effetti in ciascuna area;

e dal confronto e dall'analisi dei dati raccolti si è giunti a costruire le mappe di ciascuno dei tre parametri relative a tutto il territorio nazionale che hanno permesso di ottenere una efficace macrozonazione del territorio italiano, utile per una migliore definizione della pericolosità sismica.

All'interno di queste aree si possono valutare, con maggior dettaglio, le differenze di intensità massima dovute a differenti situazioni geologiche locali attraverso procedure il cui insieme costituisce, invece, la microzonazione sismica.

Infatti, l'esame della distribuzione dei danni prodotti da un terremoto nello stesso territorio dimostra che le azioni sismiche possono assumere anche a distanze di poche decine di metri caratteristiche differenti in funzione delle diverse condizioni locali (morfologia superficiale, morfologia del substrato roccioso sepolto, presenza e profondità della falda freatica, costituzione e proprietà del sottosuolo, presenza di faglie).

La microzonazione sismica è volta ad individuare gli strumenti necessari a prevedere e a mitigare (attraverso idonei criteri d'uso del territorio) gli effetti sismici in una zona di dimensioni urbane

Quindi la microzonazione sismica ha lo scopo di riconoscere ad una scala sufficientemente grande le condizioni di sito che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso (moto sismico di riferimento) o possono produrre effetti cosismici rilevanti per le costruzioni e le infrastrutture.

In sostanza lo studio di microzonazione sismica consente di realizzare una mappa del territorio nella quale sono individuate:

-le zone in cui il moto sismico viene amplificato (in frequenza ed in ampiezza) a causa delle caratteristiche geologico-tecniche del terreno e geomorfologiche del territorio.

-le zone in cui sono presenti o suscettibili di attivazione dissesti del suolo dovuti o incrementati dal sisma (frane, cedimenti, liquefazioni, fagliazioni superficiali).

## 6. PROGETTAZIONE ANTISISMICA

### 6.1 Criteri generali

Le strutture facenti parte l'opera in oggetto hanno seguito i criteri di progettazione antisismica del D.M. 17 gennaio 2018. L'azione sismica è descritta mediante spettri di risposta elastici e di progetto. In particolare, sono stati utilizzati gli spettri di risposta in termini di accelerazioni orizzontali e verticali presenti in normativa.

### 6.2 Tipologie strutturali

Gli impalcati dei ponti del presente progetto sono composti da diverse tipologie strutturali strettamente dipendenti dalla luce di calcolo. Le campate di queste opere sono al massimo 3. Le le tipologie principali sono:

- Impalcato con travi CAP 140.

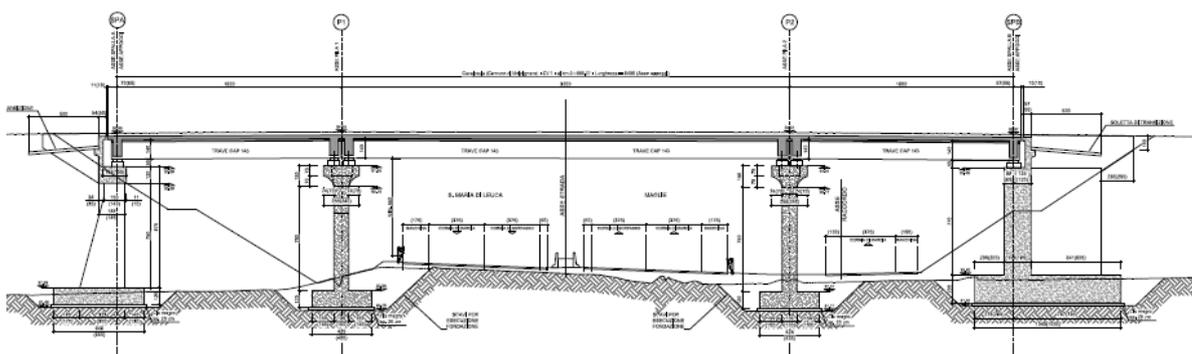


Figura 12. Esempio di impalcato con travi CAP 140.

- Impalcato su travi d'acciaio di altezza variabile (tipicamente 80 cm in corrispondenza delle campate laterali, 160 cm nella campata centrale).

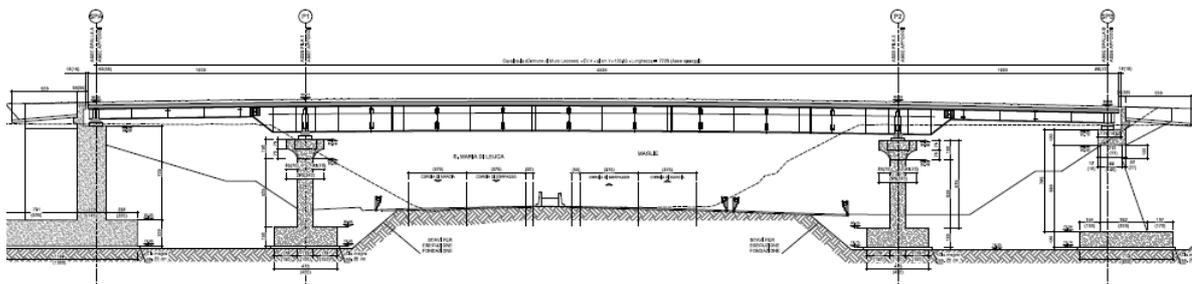


Figura 13. Esempio di impalcato con travi metalliche di altezza variabile.

## 7. RIFERIMENTI NORMATIVI

### 7.1 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. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella tabella seguente.

Tabella 4

**Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale  $V_N$  di progetto per i diversi tipi di costruzioni**

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di $V_N$ (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Per le opere permanenti di questo progetto si applica una vita nominale  $V_N = 50$  anni.

### 7.2 Uso

Il D.M. 17 Gennaio 2018 (NTC 2018) prevede quattro categorie di classi d'uso riportate nel seguito.

Tabella 5

Classe	Uso
I	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
II	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe III o in Classe IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
III	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
IV	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione di strade", e di tipo quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti o reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

### 7.3 Periodo di Riferimento

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_u$ :

$$V_R = V_N C_u$$

Il valore del coefficiente d'uso è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella tabella seguente.

Tabella 6

Classe	I	II	II	IV
$C_u$	0.7	1.0	1.5	2.0

Le opere maggiori di questo progetto (viadotti e ponti) ricadono nella IV classe d'uso; ne segue un periodo di riferimento

$$V_R = V_N C_u = 50 \times 2.0 = 100 \text{ anni}$$

### 7.4 Stati Limite

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi – secondo le Norme Tecniche - per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono elencate nella tabella successiva, che riporta anche il periodo di ritorno dell'azione sismica, calcolato come

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

Tabella 7

Stati Limite		$P_{VR}$ (-)	$T_R$ (anni)
Esercizio	SLO	81%	60
	SLD	63%	101
Ultimo	SLV	10%	949
	SLC	5%	19510

Ove:

SLO: stato limite di operatività;

SLD: stato limite di danno;

SLV: stato limite di salvaguardia della vita;

SLC: stato limite di prevenzione del collasso.

### 7.5 Spettro di progetto in accelerazione

Ai fini delle NTC le forme spettrali, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , sono definite a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima sul sito;
- $F_0$ : fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T^*_c$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I parametri sopra elencati sono forniti dalle NTC, in base alle coordinate geografiche (in un reticolo di riferimento) ed al periodo di riferimento ( $V_R$ ).

Lo spettro di progetto in accelerazione è espresso da uno spettro normalizzato, riferito ad uno smorzamento viscoso assunto pari a  $\xi = 5\%$ , moltiplicato per l'accelerazione orizzontale massima su sito rigido  $a_g$ . Sia lo spettro normalizzato che l'accelerazione massima di riferimento variano al variare di  $P_{VR}$ , probabilità di eccedenza durante la vita di riferimento.

#### *Componente orizzontale*

La componente orizzontale dello spettro di progetto è definita da quattro equazioni, che descrivono una curva su quattro intervalli del periodo di vibrazione  $T$ . Le espressioni che definiscono lo spettro elastico orizzontale sono:

$$0 \leq T \leq T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \cdot \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T \leq T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \frac{T_C}{T}$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

$S_e$ : spettro elastico in accelerazione

$a_g$ : accelerazione di riferimento

$S$ : coefficiente che tiene conto delle condizioni di sito in termine di amplificazione stratigrafica,  $S_s$ , e topografica,  $S_T$ ; si calcola come  $S = S_s \times S_T$

$\eta$  è un fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento diversi a  $z = 5\%$ ; per le opere in questione  $\eta = 1$ .

$T_B$ : è il periodo che delimita il ramo crescente dello spettro e marca l'inizio del plateau ad accelerazione costante

$T_C$ : è il periodo che delimita il plateau ad accelerazione costante e marca l'inizio del primo tratto ad accelerazione decrescente (velocità costante)

$T_D$ : è il periodo che delimita il primo tratto ad accelerazione decrescente (velocità costante) e marca l'inizio del secondo ed ultimo tratto ad accelerazione decrescente (spostamento costante)

I tre periodi di vibrazione sono calcolati come

$$T_B = T_C/3$$

$$T_C = C_c T_c^*$$

$C_c$ : coefficiente che dipende dalla categoria di sottosuolo

$T_c^*$ : valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale; fornito nei punti del reticolo geografico dalle NTC

$$T_D = 4,0 (a_g/g) + 1,6$$

I valori di  $S_s$  e  $C_c$  prescritti dalla normativa per le categorie di sottosuolo A e B (le uniche presenti lungo il percorso in questione) sono riportati nella seguente tabella.

Tabella 8

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,0	1,0
B	$1,0 \leq 1,4 - 0,4 F_0 (a_g/g) \leq 1,2$	$1,10 * (T_c^*)^{-0,20}$

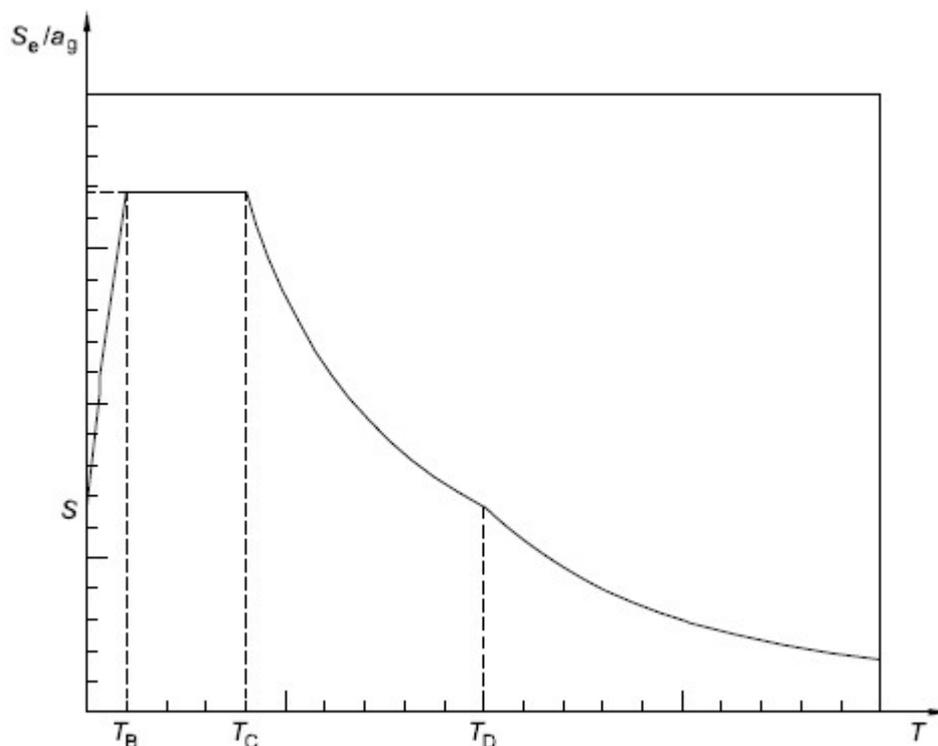


Figura 14. Spettro di progetto in accelerazione.

Un generico spettro di progetto in accelerazione è riportato in Figura 14. Gli spettri di progetto di ciascuna opera sono riportati e discussi, caso per caso, nelle relazioni di calcolo (rif. da [P5] a [P23]).

#### Componente verticale

Anche la componente verticale dello spettro di progetto è definita da quattro equazioni, che descrivono una curva su quattro intervalli del periodo di vibrazione  $T$ . Le espressioni che definiscono lo spettro elastico verticale sono:

$$0 \leq T < T_B \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Il fattore di amplificazione,  $F_v$ , si calcola tramite l'equazione:

$$F_v = 1,35 F_0 (a_g/g)^{0,5}$$

I valori di  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $S$ ,  $\eta$  sono quelli già definiti per le componenti orizzontali; i valori di  $S_s$ ,  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$ , sono invece quelli riportati nella tabella seguente.

Tabella 9

$S_s$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

## 7.6 Sommario dei parametri di progetto

Per le opere principali sono stati selezionati i seguenti parametri:

- Vita nominale della costruzione  $V_N = 50$  anni
- Classe d'uso: IV, quindi coefficiente  $C_u = 2.0$  e vita di riferimento  $V_R = 100$  anni
- Categoria sottosuolo A o B, a seconda del sito
- Categoria topografica T1
- Smorzamento viscoso  $\zeta = 5\%$ , quindi parametro  $\eta = 1,0$
- Accelerazione orizzontale massima  $a_g$ , fattore di amplificazione orizzontale  $F_o$  e periodo di riferimento  $T_C^*$  selezionati per ciascuna opera in base al reticolo di riferimento

Gli spettri di progetto sono univocamente definiti, tramite le relazioni discusse nella sezione 7.5, dalle scelte elencate. I parametri che dipendono dalla localizzazione di ciascuna opera (categoria A o B di sottosuolo e terna di valori  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  dal reticolo) sono discussi, caso per caso, nelle relazioni di calcolo (rif. da [P5] a [P23]).

## 8. APPOGGI E GIUNTI

### 8.1 Appoggi

Gli impalcati poggiano su combinazione di appoggi unidirezionali (longitudinali, UL) e trasversali (UT), appoggi multidirezionali (indicati con M) e appoggi fissi (F).

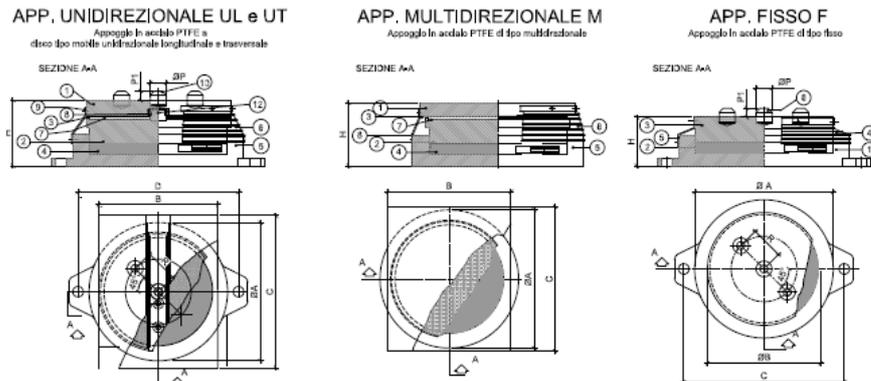


Figura 15. Tipologie di appoggi per impalcati in CAP.

Un esempio di disposizione degli appoggi è visibile in Figura 16 e Figura 17.

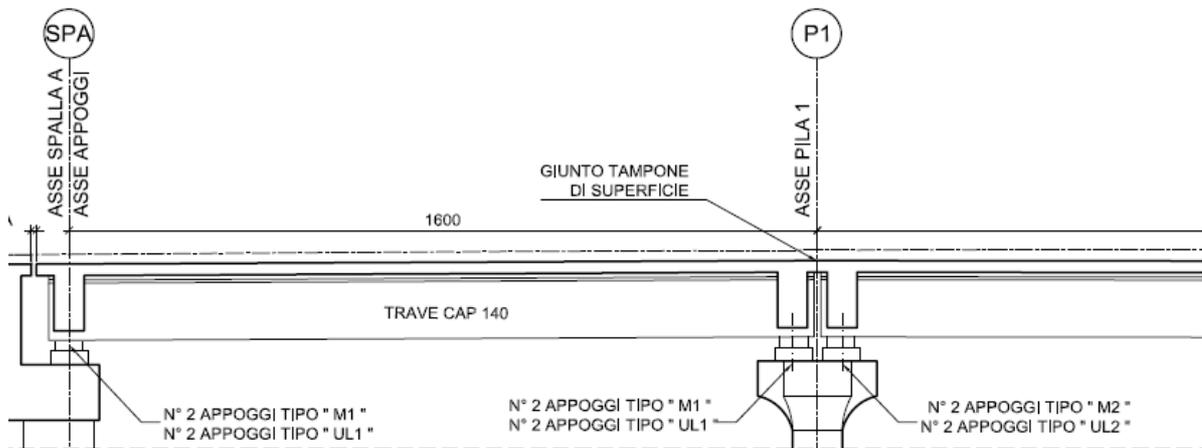


Figura 16. Disposizione appoggi – a.

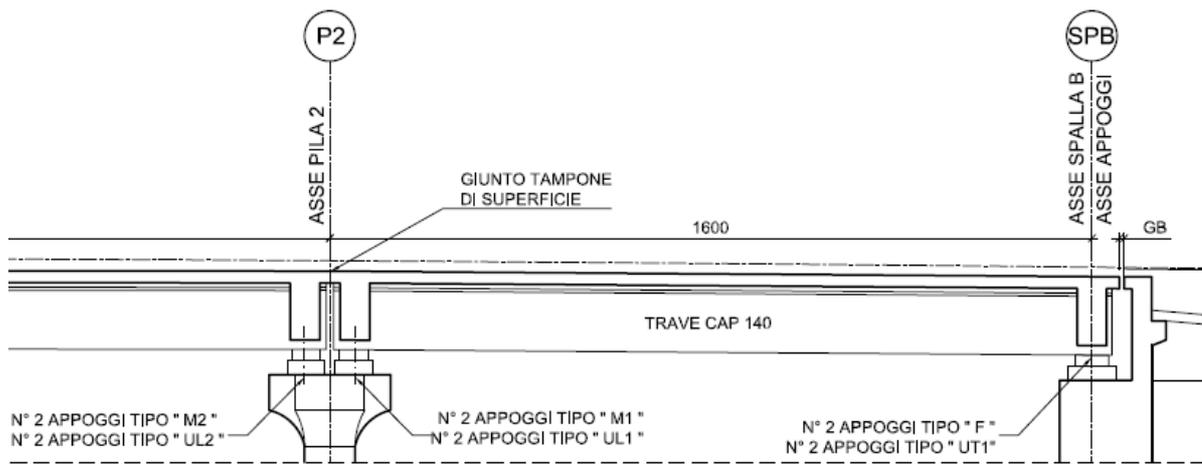


Figura 17. Disposizione appoggi – b.

## 8.2 Giunti

Oltre ai giunti tampone di superficie la struttura si connette alle spalle con un giunto di spalla standard (o tipo "A") e, all'estremità opposta, da un giunto di sotto-pavimentazione (tipo "B"). La geometria dei giunti di spalla è visibile in Figura 18.

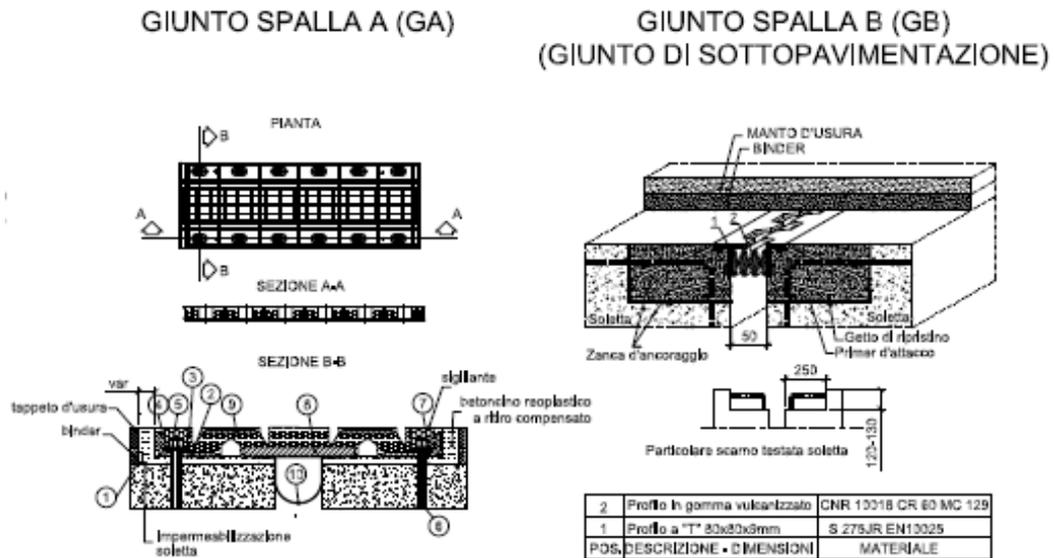


Figura 18. Giunti di spalla

## 9. CONCLUSIONI

La presente relazione tecnica riassume gli aspetti legati alla sismicità per il progetto definitivo degli interventi di ammodernamento e adeguamento ricadenti nella competenza di ANAS S.p.A. per la S.S. 275 di S. Maria di Leuca, I Lotto, dal km 0+000 di progetto al km 23+300 di progetto.

L'intero tracciato è collocato in un'area classificata come Zona IV, cioè a "sismicità bassa" [N2]. I siti delle opere principali sorgono su terreni di Categoria A o B [N1].

I dettagli dei calcoli di progettazione antisismica sono riportati, per ciascuna struttura, nella relazione di calcolo strutturale (documenti di riferimento da [P4] a [P23]).