

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|-------------|-------------|-------|---|--|------------|---|--------------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | DICEMBRE 2011 | EMISSIONE | | | | P. LO CASCIO | L. BELLONI | F.BUSOLA | | | | | | | | | | | | | |
| REV. | DATA | DESCRIZIONE | | | | ELABORATO | VERIFICATO | APPROVATO | | | | | | | | | | | | | |
| SOSTITUISCE L'ELABORATO N~ | | | | | | SOSTITUITO DALL'ELABORATO N~ | | | | | | | | | | | | | | | |
| CONSORZIO PER LE AUTOSTRADE SICILIANE AUTOSTRADA SIRACUSA – GELA 2° TRONCO: ROSOLINI – RAGUSA LOTTO 10/11 PROGETTO ESECUTIVO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| IDENTIFICAZIONE ELABORATO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | A | 1 | 8 | 1 | 1 | T | 0 | 0 | G | G | 0 | 0 | G | E | O | R | E | 0 | 0 | 3 | A |
| PROG. | STRADA | LOTTO | MACRO OPERA | OPERA | | PARTE DI OPERA | | TIPOLOGIA ELABORATO | N. ELABORATO | REV. | | | | | | | | | | | |
| LOTTO 11 "IRMINIO" RELAZIONE SISMICA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DATA | DICEMBRE 2011 | | | | | PROGETTAZIONE | |   | | | | | | | | | | | | | |
| CODICE CAD-FILE | EA1811T00GG00GEORE003A.doc | | | | | IL RESPONSABILE : DOTT. ING. F. BUSOLA | | | | | | | | | | | | | | | |
| <small>OPERA PROTETTA AI SENSI DELLA LEGGE 22 APRILE 1941 N. 633 TUTTI I DIRITTI RISERVATI QUALSIASI RIPRODUZIONE ED UTILIZZAZIONE NON AUTORIZZATE SARANNO PERSEGUITE A RIGORE DI LEGGE</small> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----|--------|---|-------|---|-------------|---|-------|---|----------------|---|-----------|---|----------|---|-----|---|---|---|---|---|---|-----------|
|  GENERALI | E | A | 1 | 8 | 1 | 1 | T | 0 | 0 | G | G | 0 | 0 | G | E | O | R | E | 0 | 0 | 1 | A | Pag. n. 1 |
| | Pr | Strada | | Lotto | | Macro opera | | Opera | | Parte di opera | | Tipo elab | | N. Elab. | | Rev | | | | | | | |

AUTOSTRADA SIRACUSA-GELA

2° TRONCO ROSOLINI - RAGUSA

PROGETTO ESECUTIVO

LOTTO 11 "RAGUSA"

RELAZIONE SISMICA

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----|--------|---|-------|---|-------------|---|-------|---|---|----------------|---|-----------|----------|---|-----|---|---|---|---|---|---|-----------|
|  PROGETTA | E | A | 1 | 8 | 1 | 1 | T | 0 | 0 | G | G | 0 | 0 | G | E | O | R | E | 0 | 0 | 1 | A | Pag. n. 2 |
| | Pr | Strada | | Lotto | | Macro opera | | Opera | | | Parte di opera | | Tipo elab | N. Elab. | | Rev | | | | | | | |

INDICE

| | | |
|------|--|----|
| 1. | INTRODUZIONE | 3 |
| 2. | DOCUMENTI DI RIFERIMENTO | 5 |
| 3. | INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE | 6 |
| 4. | SISMICITA' DELL'AREA | 7 |
| 5. | APPLICAZIONE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI | 14 |
| 5.1. | Vita nominale | 15 |
| 5.2. | Classi d'uso e coefficiente d'uso C_u | 15 |
| 5.3. | Periodo di riferimento per l'azione sismica | 17 |
| 6. | AZIONE SISMICA | 18 |
| 6.1. | Stati limiti e relative probabilità di superamento | 20 |
| 6.2. | Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche | 21 |
| 6.3. | Caratterizzazione sismica dei suoli | 23 |
| 6.4. | Condizioni topografiche | 25 |
| 6.5. | Valutazione dell'azione sismica | 26 |
| | ALLEGATI | 30 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----|--------|---|-------|---|-------------|---|-------|---|----------------|---|-----------|---|----------|---|-----|---|---|---|---|---|---|-----------|
|  INGEGNERIA | E | A | 1 | 8 | 1 | 1 | T | 0 | 0 | G | G | 0 | 0 | G | E | O | R | E | 0 | 0 | 1 | A | Pag. n. 3 |
| | Pr | Strada | | Lotto | | Macro opera | | Opera | | Parte di opera | | Tipo elab | | N. Elab. | | Rev | | | | | | | |

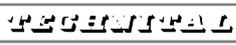
INDICE DELLE FIGURE

| | |
|--|----|
| Fig. 1 - Curva di Benioff e intervalli di tempo fra i maggiori eventi..... | 10 |
| Fig. 2 - Principali elementi strutturali area iblea | 11 |
| Fig. 3 - Zona sismogenetica in prossimità dell'abitato di Scicli | 12 |
| Fig. 4 - Mappa macrosismica del terremoto del 23.01.1980 | 12 |

INDICE DELLE TABELLE

| | |
|--|----|
| Tab. 1 - Eventi sismici avampese ibleo | 8 |
| Tab. 2 - Eventi sismici Sicilia sud-orientale..... | 9 |
| Tab. 3 - Caratteristiche sismogenetiche della sorgente Scicli-Giarratana | 13 |
| Tab. 4 - Zonazione sismica dei comuni interessati..... | 14 |
| Tab. 5 - Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno T_r | 19 |
| Tab. 6 - Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno T_r | 19 |
| Tab. 7 - Stati limiti e probabilità di superamento | 20 |
| Tab. 8 - Stati limiti e tempo di ritorno | 20 |
| Tab. 9 - Categorie dei suoli di fondazione..... | 21 |
| Tab. 10 - Ubicazione m_{sw} e caratteristiche litostratigrafiche dei siti | 24 |
| Tab. 11 - Classificazione sismica dei suoli sulla base del V_{s30} | 25 |
| Tab. 12 - Classificazione in funzione delle condizioni topografiche | 25 |
| Tab. 13 - Classificazione sismica dei suoli sulla base del V_{s30} e calcolo A_{max} | 27 |

1. INTRODUZIONE

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|--------|---|-------|---|-------------|---|-------|---|---|----------------|---|-----------|----------|---|-----|---|---|---|---|---|---|-----------|
|   | E | A | 1 | 8 | 1 | 1 | T | 0 | 0 | G | G | 0 | 0 | G | E | O | R | E | 0 | 0 | 1 | A | Pag. n. 4 |
| | Pr | Strada | | Lotto | | Macro opera | | Opera | | | Parte di opera | | Tipo elab | N. Elab. | | Rev | | | | | | | |

La presente relazione descrive le caratteristiche sismiche del tratto di territorio lungo il quale si snoda il Lotto autostradale 11 “Ragusa” dell’Autostrada Siracusa-Gela.

Il lotto in argomento è in prosecuzione dell’attiguo Lotto 10 “Irminio” che prevede, nella sua parte terminale, la realizzazione del Viadotto Irminio per scavalcare l'alveo dell'omonimo fiume.

Il tracciato del lotto interessa il territorio comunale di Ragusa, e più precisamente si snoda lungo le contrade Maggio, Lirici, Ficazza, Pulce e Camemi del suddetto territorio. Il lotto inizia nel settore posto a nord-est del centro abitato di Marina di Ragusa e termina proprio in prossimità della Strada Provinciale n. 25 che collega Ragusa con Marina di Ragusa.

Percorrendo il tracciato in direzione Gela esso inizia a ridosso della sponda destra del Fiume Irminio, ad una quota prossima ai 120m s.l.m.; prosegue in direzione ovest verso le contrade Lirici-Ficazza, curva poi in direzione sud-ovest verso Contrada Pulce e poi in direzione nord-ovest sino a giungere in Contrada Camemi. Quest’ultima è ubicata tra il km 15 e il km 16 della S.P. n. 25, ed è ubicata ad una quota di circa 200m s.l.m. In tale area è prevista la realizzazione della Stazione di Ragusa.

Nella prima parte del lotto autostradale, che va dall’inizio lotto sino alla Contrada Lirici, verrà realizzata la galleria naturale Caddame, la cui lunghezza sarà pari a circa 2.140m. Seguirà, poi, un breve tratto in scavo e quindi un tratto in rilevato della lunghezza pari a circa 390m. Proseguendo sempre in direzione Gela si realizzerà un breve tratto in trincea, sino ad avvicinare la galleria naturale Occhipinti il cui sviluppo medio sarà pari a circa 1.983m. La galleria sboccherà in Contrada Pulce e da lì il tracciato proseguirà quasi tutto in scavo sino a raggiungere la Contrada Camemi.

Lo sviluppo complessivo sarà pari a circa 7.429m, oltre ai tratti stradali di modifica e rifacimento della viabilità locale.

L’area in cui ricade il tracciato autostradale è interessata da importanti fenomeni sismici ed è soggetta, pertanto, alla specifica normativa per la progettazione delle opere pubbliche in zona sismica.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----|--------|---|-------|---|-------------|---|-------|---|----------------|---|-----------|---|----------|---|-----|---|---|---|---|---|---|-----------|
|  PROGETTA | E | A | 1 | 8 | 1 | 1 | T | 0 | 0 | G | G | 0 | 0 | G | E | O | R | E | 0 | 0 | 1 | A | Pag. n. 5 |
| | Pr | Strada | | Lotto | | Macro opera | | Opera | | Parte di opera | | Tipo elab | | N. Elab. | | Rev | | | | | | | |

Nel presente documento si illustra, quindi, la sismicità della zona in questione e si forniscono gli elementi di base per la progettazione sismica nel rispetto della normativa vigente.

Tali elementi sono:

- Definizione della Vita Nominale e Classe d'Uso delle opere, cui consegue la determinazione dei periodi di riferimento per l'azione sismica;
- Individuazione delle zone sismiche di riferimento e dei parametri a_g , F_0 e T^*C , sulla base dei quali viene definita la pericolosità sismica;
- Individuazione delle condizioni topografiche e delle categorie di suolo di fondazione sulla base della campagna geognostica condotta in sito.

Per quanto attiene lo studio della sismicità dell'area in studio, inquadrata nel più ampio dominio della sismicità dell'Altopiano Ibleo, sono stati consultati il «*Catalogo dei Terremoti Italiani dall'anno 1000 al 1980*» e il lavoro di CARBONE S., COSENTINO M., GRASSO M., LENTINI F., LOMBARDO G. & PATANE' G. (1982) ed altri.

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Per la redazione del presente elaborato si è fatto riferimento alle seguenti norme:

- “Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni” D.M. del 14/01/2008;

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|--------|---|---|-------|---|-------------|---|-------|---|---|----------------|---|-----------|----------|---|-----|---|---|---|---|---|-----------|
|  REGIONE SICILIANA | E | A | 1 | 8 | 1 | 1 | T | 0 | 0 | G | G | 0 | 0 | G | E | O | R | E | 0 | 0 | 1 | A | Pag. n. 6 |
| | Pr | Strada | | | Lotto | | Macro opera | | Opera | | | Parte di opera | | Tipo elab | N. Elab. | | Rev | | | | | | |

➤ Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica (Ordinanza n. 3274 - Allegati 1, 2 e 3);

➤ Eurocodice 8 - Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, Strutture di contenimento e Aspetti geotecnici (1998).

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

La successione stratigrafica tipica dell’altipiano Ibleo è costituita da sequenze prevalentemente carbonatiche di età compresa fra il Cretaceo e il Quaternario, con numerose intercalazioni di vulcaniti basiche; tale tema è ricorrente soprattutto a nord della congiungente Augusta-Sortino-Buccheri-Grammichele.

Nel settore sud-orientale ibleo, nel quale ricade il tratto di territorio in esame, domina invece una potente successione terziaria che può brevemente schematizzarsi nella sovrapposizione di due unità geologiche: la *Formazione Ragusa* (RIGO & BARBIERI, 1959), inferiormente, e la *Formazione Tellaro* (RIGO & BARBIERI, 1959), superiormente. Localmente si riscontrano anche tipi litologici più recenti poggianti sulla *Formazione Tellaro* o sulla *Ragusa* rappresentati dai *Trubi* e dalle *Calcareni* recenti. In dettaglio la successione dei terreni nel tratto in studio può schematizzarsi, dal basso verso l’alto, come segue:

- *Formazione Ragusa*, databile come Oligo-Miocene;
- *Formazione Tellaro*, databile come Miocene medio-superiore;
- *Trubi*, databili come Pliocene inferiore;
- *Calcareni*, databili come Pleistocene inferiore-medio;
- *Alluvioni recenti e terrazzate*, databili come Pleistocene medio-Olocene;
- *Coperture detritiche*, databili come Olocene.

Nel tratto di territorio studiato prevale in affioramento la *Formazione Ragusa*.

Solo nel tratto intermedio un sistema di faglie, orientato all’incirca in direzione nord/est-sud/ovest, ribassa la successione carbonatica con conseguente presenza, in af-

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----|--------|---|-------|---|-------------|---|-------|---|----------------|---|-----------|---|----------|---|-----|---|---|---|---|---|---|-----------|
|  MINISTERO DEI TRASPORTI E DELLE INFRASTRUTTURE | E | A | 1 | 8 | 1 | 1 | T | 0 | 0 | G | G | 0 | 0 | G | E | O | R | E | 0 | 0 | 1 | A | Pag. n. 7 |
| | Pr | Strada | | Lotto | | Macro opera | | Opera | | Parte di opera | | Tipo elab | | N. Elab. | | Rev | | | | | | | |

fioramento, delle calcareniti e conglomerati e la deposizione di una coltre detritica a composizione prevalentemente coesiva.

La Formazione di Ragusa nell'ambito del presente lotto oltre ad essere attraversata da diversi sistemi di faglie è caratterizzata anche da una immersione degli strati variabile sia come orientamento e sia per quanto concerne la pendenza. Inoltre, a tratti, risulta leggermente piegata con assi orientati grosso modo in direzione nord/est-sud/ovest.

4. SISMICITA' DELL'AREA

Le ricerche sulla sismicità della Sicilia orientale (BARBANO et Al. 1978, 1980, 1981, 1984) ed altri studi sui maggiori terremoti degli ultimi mille anni (BARBANO & COSENTINO 1981, LOMBARDO 1984) hanno dimostrato come più del 48% del territorio siciliano abbia subito, almeno una volta, una scossa sismica di intensità superiore al 9° grado della scala M.S.K. 1964. La distribuzione degli epicentri e l'attività sismica (RIZNICHENKO 1964) individuano, oltre alla Calabria, la *fascia orientale della Sicilia tra le aree ad elevata pericolosità sismica*, con rischio sismico molto più alto nelle zone densamente popolate.

Il «rischio sismico» del territorio in studio oltre ad essere legato ad importanti eventi sismici a carattere regionale come quelli del 1169, 1542, 1693 e 1908, va valutato anche in termini di sismicità locale.

BARBANO, CARROZZO, COSENTINO et Al. (1984) in accordo con RIZNICHENKO (1964) sottolineano come le aree di Messina-Reggio e del Monte Etna siano ad alto rischio sismico, con attività sismica:

$$A^{\circ} > 1.$$

Per fornire un quadro generale della sismicità dell'area in esame sono stati raccolti in Tabella 1 i dati disponibili relativi ad eventi sismici avvenuti nell'Avampese Ibleo ed elencati nel *Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980* (C.N.R. – Progetto Finalizzato di Geodinamica 1985).

| Anno | $I_{(M.S.K.)} - 1964$ |
|------|-----------------------|
| 1624 | 5,6 |

| | |
|------|-----|
| 1693 | 7,1 |
| 1892 | 3 |
| 1893 | 3 |
| 1894 | 4 |
| 1897 | 3 |
| 1904 | 3 |
| 1905 | 5 |
| 1907 | 3 |
| 1908 | 6 |
| 1909 | 3 |
| 1934 | 5 |
| 1949 | 3 |
| 1957 | 5 |
| 1978 | 5 |
| 1990 | 5 |

TAB. 1 - EVENTI SISMICI AVAMPAESE IBLEO

Più nello specifico impostando una ricerca per mezzo della banca dati dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia si sono ottenute, con particolare riferimento alla Sicilia sud-orientale e al catalogo parametrico dei terremoti italiani versione 2004 (CPTI04), le osservazioni sismiche di Tabella 2:

| Data e tempo origine | | | | | Denominazione dell'area ed intensità del sisma | | | |
|----------------------|------|--------|-----|------|--|-----|-----|-----|
| Anno | Mese | Giorno | Ora | Min. | Area epicentrale | Imx | Io | Ma |
| 1125 | 6 | 7 | 11 | | SIRACUSA | 85 | 85 | 580 |
| 1169 | 2 | 4 | 7 | | SICILIA ORIENTALE | 100 | 100 | 660 |
| 1542 | 12 | 10 | 15 | 15 | SIRACUSANO | 100 | 100 | 662 |
| 1693 | 1 | 11 | 13 | 30 | SICILIA ORIENTALE | 110 | 110 | 741 |
| 1717 | 4 | 4 | | | VITTORIA | 65 | 65 | 460 |
| 1717 | 6 | 15 | | | SIRACUSA | 65 | 65 | 413 |
| 1727 | 1 | 7 | | | NOTO | 75 | 75 | 510 |
| 1818 | 3 | 1 | 02 | 45 | MONTI IBLEI | 75 | 75 | 548 |
| 1903 | 2 | 10 | 08 | 04 | NOTO | 60 | 60 | 430 |
| 1937 | 3 | 6 | 01 | 56 | VITTORIA | -- | 55 | 400 |

| Data e tempo origine | | | | | Denominazione dell'area ed intensità del sisma | | | |
|----------------------|------|--------|-----|------|--|-----|----|-----|
| Anno | Mese | Giorno | Ora | Min. | Area epicentrale | Imx | Io | Ma |
| 1941 | 11 | 1 | | | PACHINO | -- | 60 | 430 |
| 1949 | 10 | 8 | 3 | 08 | NOTO | 70 | 65 | 482 |
| 1964 | 5 | 2 | 11 | 32 | SIRACUSA | | 60 | 430 |
| 1980 | 1 | 23 | 21 | | MODICA | 55 | 55 | 400 |
| 1990 | 12 | 13 | 00 | 24 | SICILIA SUD-ORIENTALE | 75 | 75 | 529 |

TAB. 2 - EVENTI SISMICI SICILIA SUD-ORIENTALE

Sulla scorta dei dati disponibili CARBONE S., COSENTINO M., GRASSO M., LENTINI F., LOMBARDO G. & PATANE' G. (1982) riportano la *curva di Benioff*, che lega il rilascio di energia (E) con i tempi di accumulo della stessa (Fig. 1); essa consente di ottenere un'indicazione sugli intervalli di tempo fra i maggiori eventi di carattere regionale.

Il calcolo dell'energia viene effettuato mediante la relazione elaborata da RAUTIAN in CAROZZO et Alii (1975):

$$\log E = 11 + 1,8M$$

in cui M rappresenta la magnitudo.

Per «*magnitudo*» si intende la misura quantitativa della dimensione di un terremoto; COSENTINO & LOMBARDO (1980) legano la magnitudo macroscopica (M) alla intensità di un terremoto mediante la relazione:

$$M = 0,52 I_{(M.S.K.)} + 1,35$$

in cui l'intensità sismica I (M.S.K.) è legata all'intensità della scala Mercalli Modificata (Imm) dalla relazione:

$$I_{(M.S.K.)} = 0,94 Imm + 0,08.$$

A titolo di esempio si riporta la correlazione tra le varie scale per il terremoto di Messina del 1908 e quello di Modica del 1980:

| Località | Scala Mercalli Modificata | $I_{(M.S.K.)}$ | Magnitudo |
|----------|---------------------------|----------------|-----------|
| MESSINA | 12 | 11 | 7,1 |
| MODICA | 6 | 5,5 | 4,2 |

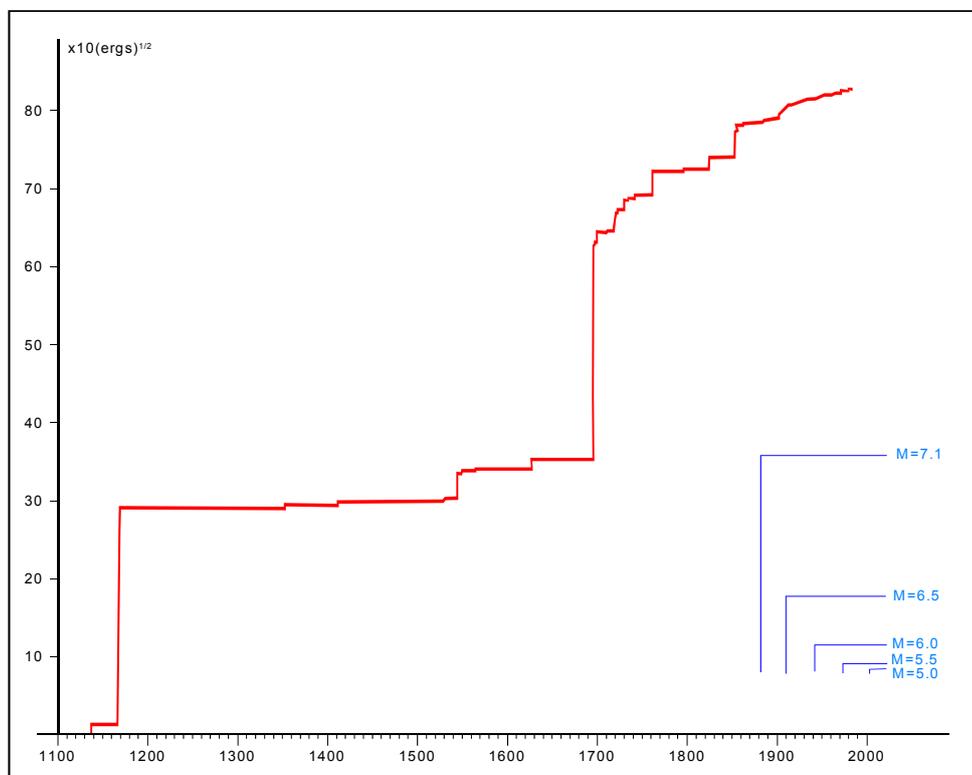


FIG. 1 - CURVA DI BENIOFF E INTERVALLI DI TEMPO FRA I MAGGIORI EVENTI

L'andamento della curva della Figura 1 è caratterizzato da due importanti rilasci di energia relativi ai terremoti del 1169 e del 1693; dopo quest'ultimo terremoto l'andamento della curva assume maggiore dettaglio (per la presenza di una maggior mole di informazioni) mettendo in luce un discreto numero di eventi a minore energia. Si può quindi considerare l'Altipiano Ibleo, nel suo insieme, come una zona interessata da importanti eventi sismici, con significativi rilasci di energia, intervallati da periodi caratterizzati da una attività sismica di medio-bassa intensità.

CARBONE S., COSENTINO M., GRASSO M., LENTINI F., LOMBARDO G. & PATANE' G. (1982) sulla scorta di tutti i dati disponibili e considerando gli eventi sismici con magnitudo $M \geq 3$ hanno elaborato la carta riportata in Figura 2.

La carta, denominata *Carta dei principali elementi strutturali dell'area iblea con ubicazione degli epicentri*, evidenzia in base alla distribuzione degli epicentri che lungo il margine nord-occidentale del Plateau Ibleo si verificano numerosi terremoti di bassa magnitudo, mentre nella parte nord-orientale dello stesso plateau (scarpata Ibleo-maltese) si registra un ridotto numero di eventi però con elevata magnitudo quali: 1169 e 1542 con $M_{max} = 6,6$ e 1693 con $M_{max} = 7,4$.

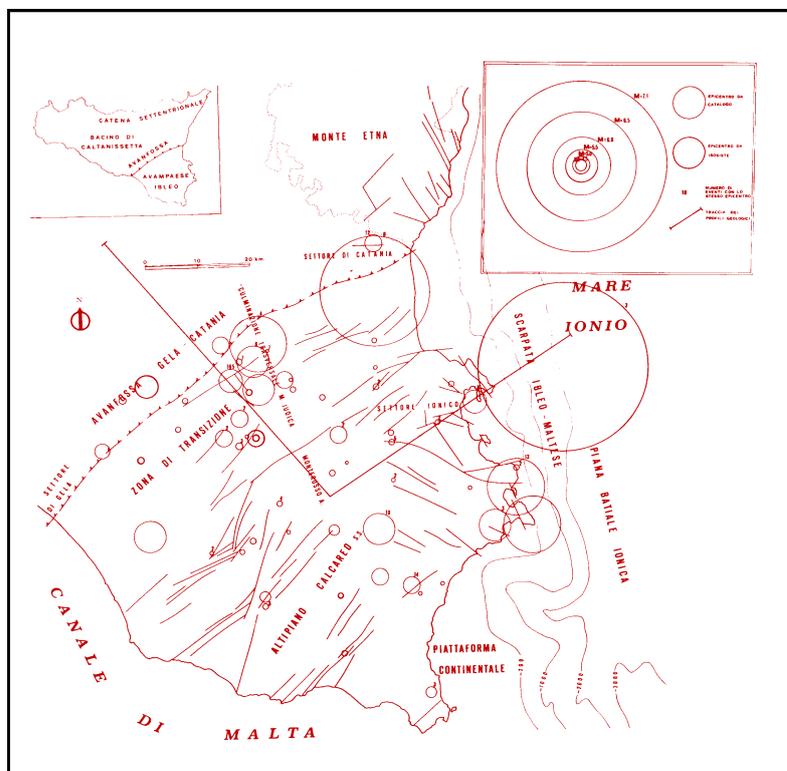


FIG. 2 - PRINCIPALI ELEMENTI STRUTTURALI AREA IBLEA

Questi ultimi eventi principali permettono di inserire l'area in studio fra quelle a più alto rischio sismico in ambito nazionale, anche in considerazione dell'elevato grado di urbanizzazione, della particolare ubicazione dei principali centri abitati e delle relative caratteristiche costruttive degli edifici.

Tali condizioni generali sono state chiaramente evidenziate anche in sede di Studio d'Impatto Ambientale e costituiscono elemento di attenzione in sede di progettazione.

Nell'ambito dell'area in studio particolare importanza assumono le principali linee-azioni che attraversano il tracciato con direzione generalmente nord/est-sud/ovest. Fra queste vale la pena rammentare l'importante allineamento, avente direzione nord-nord/est-sud-sud/ovest, *Scicli-Ragusa-Giarratana-Monte Lauro* (Figura 3), posto immediatamente ad est del tracciato autostradale e riconoscibile più da elementi morfologici e sismologici che da elementi strutturali.

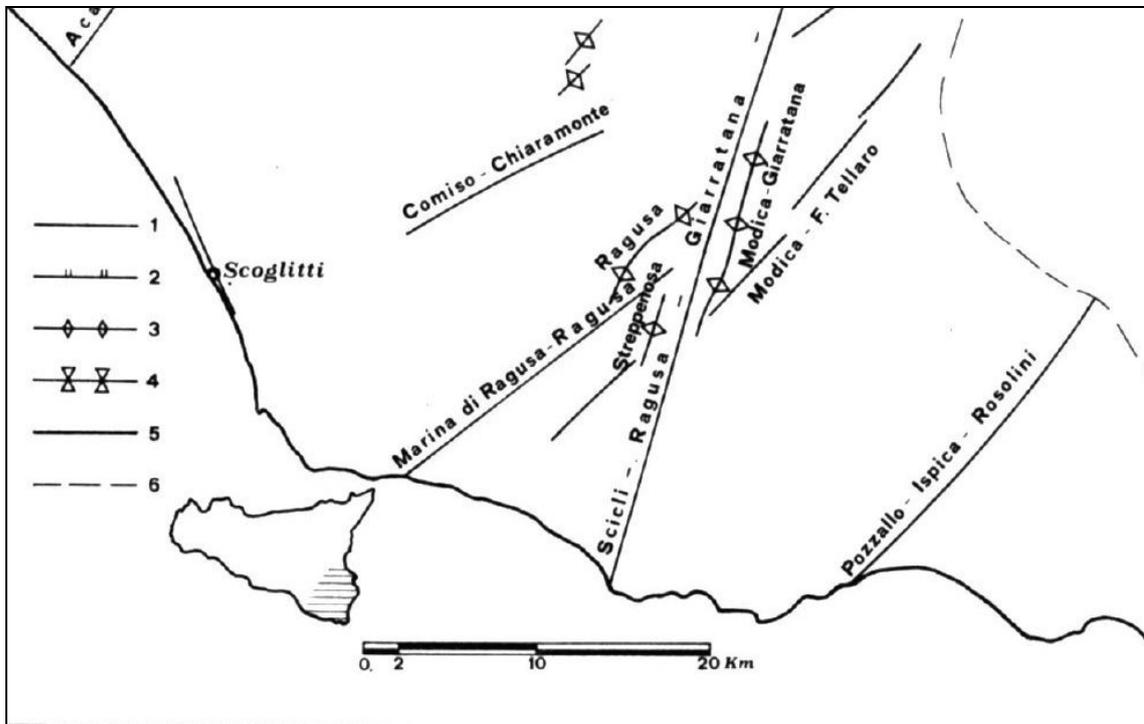


FIG. 3 - ZONA SIMOGENETICA IN PROSSIMITÀ DELL'ABITATO DI SCICLI

Tale sistema sembra essere responsabile di alcuni eventi sismici recenti a modesta magnitudo fra cui l'evento del 23 gennaio 1980 (Fig. 4).

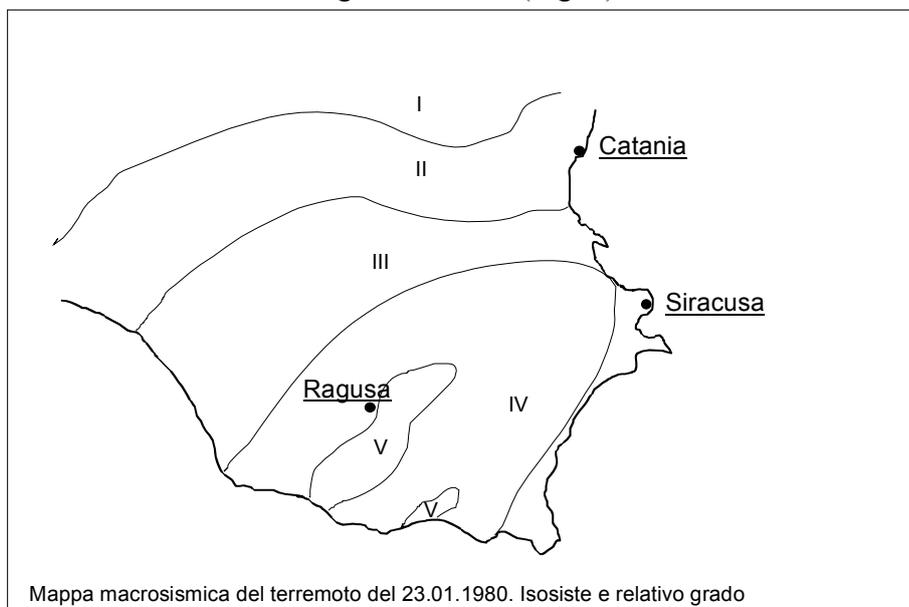


FIG. 4 - MAPPA MACROSISMICA DEL TERREMOTO DEL 23.01.1980

Tale contesto sembra confermare come il sistema di faglie citato possa a tutto diritto essere considerato *sismicamente attivo* anche in periodi recenti (PATANE' E IMPOSTA 1987). Va però evidenziato come l'energia lungo tale sistema si liberi attraverso singoli eventi a modesta magnitudo ($M < 4,5$), un valore quindi generalmente inferiore rispetto a quelli registrati storicamente in altre zone dell'area Iblea.

Tale sorgente sismica è inserita nel database DISS (Database of Individual Seismogenic Sources) 3.1.1 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (2010) ed ha le caratteristiche sismogenetiche riportate nella sottostante Tabella 3:

| DISS 3.1.1: Seismogenic Source ITCS017 - Scicli-Giarratana | | |
|--|--|---|
| Source Info Summary | | Commentary |
| | | References |
| | | Pictures |
| General information | | |
| Code | ITCS017 | |
| Name | Scicli-Giarratana | |
| Compiled By | Burrato, P., and P. Vannoli | |
| Latest Update | 13/09/2007 | |
| Parametric information | | |
| | Parameter | Qual. Evidence |
| Min Depth (km) | 1 | OD Based on regional geological and seismological data. |
| Max Depth (km) | 23 | OD Based on regional geological and seismological data. |
| Strike (deg) | 10 - 30 | OD Based on regional geological data. |
| Dip (deg) | 70 - 90 | OD Based on regional geological data. |
| Rake (deg) | 350 - 10 | EJ Assumed from geodynamic considerations. |
| Slip Rate (mm/y) | 1 - 1.4 | OD Based on geological data by Catalano et al. (2007). |
| Max Magnitude (Mw) | 5.5 | EJ Assumed from regional seismological data. |
| Q-keys: | LD = Literature Data; OD = Original Data; ER = Empirical Relationship; AR = Analytical Relationship; EJ = Expert Judgement | |

TAB. 3 - CARATTERISTICHE SIMOGENETICHE DELLA SORGENTE SCICLI-GIARRATANA

In conclusione si può considerare tutto il territorio della Sicilia sud-orientale come una zona ad alto rischio sismico, ed infatti la Legge n. 64 del 1974 ha classificato la maggior parte del territorio in questione come zone sismiche di 1^a o 2^a categoria.

In particolare il territorio comunale di Ragusa è stato classificato, secondo la Legge n. 64/1974, come aree di 2^a categoria, con coefficiente sismico $C = 0,07$ e grado di sismicità $S = 9$.

Nel 1998 il Gruppo Nazionale Difesa Terremoti ha proposto una nuova classificazione inserendo il territorio comunale in questione tra quelli di 3^a categoria.

La più recente Ordinanza N° 3274 del 20 Marzo 2003, emessa dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri, ha nuovamente incluso gli stessi territori nella Zona 2, a cui si associa un valore di accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g/g) pari a 0,25.

La Delibera della Giunta Regionale della Sicilia n. 408 del 19 dicembre 2003 recependo l'Ordinanza 3274 sopra citata ha confermato l'assegnazione della Zona 2 al territorio comunale di Ragusa.

Nella sottostante Tabella 4 si riporta lo schema riassuntivo della zonazione sismica del comune interessato dal tracciato autostradale del Lotto 11 "Ragusa":

| Comune | Categoria secondo la classificazione precedente Decreti fino al 1984 | Categoria secondo la proposta del GNDT del 1998 | Zona ai sensi dell'OPCM del 20/03/2003 |
|--------|--|---|--|
| RAGUSA | II | III | 2 |

TAB. 4 - ZONAZIONE SISMICA DEI COMUNI INTERESSATI

5. APPLICAZIONE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

Il nuovo testo delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC), di cui al D.M. 14 gennaio 2008, è stato pubblicato il 4 febbraio 2008 (nel Suppl. Ordinario n. 30 alla G.U. n. 29) ed è entrato in vigore 30 giorni dopo.

La valutazione dell'azione sismica effettuata secondo la nuova normativa risulta per alcuni aspetti diversa da quella proposta dalle altre normative (Eurocodice 8, D.M. 14/09/2005 e D.M. 16/01/1996), avendo introdotto un nuovo parametro, ossia il coefficiente d'uso (C_u) dimensionante ai fini del calcolo del tempo di ritorno, insieme al valore della Vita nominale V_N , già presente nelle precedenti normative (es. norme tecniche del 2005).

Nei capitoli seguenti vengono fornite le definizioni per la Vita Nominale (V_N), la Classe d'uso ed il coefficiente d'uso (C_u) e le rispettive categorie e valori considerati per la progettazione delle opere del lotto autostradale in questione.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----|--------|---|-------|---|-------------|---|-------|---|----------------|---|-----------|---|----------|---|-----|---|---|---|---|---|---|------------|
|  MINISTERO DEI TRASPORTI E INFRASTRUTTURE | E | A | 1 | 8 | 1 | 1 | T | 0 | 0 | G | G | 0 | 0 | G | E | O | R | E | 0 | 0 | 1 | A | Pag. n. 15 |
| | Pr | Strada | | Lotto | | Macro opera | | Opera | | Parte di opera | | Tipo elab | | N. Elab. | | Rev | | | | | | | |

5.1. Vita nominale

La vita nominale V_N di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni in cui la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La Vita nominale dei diversi tipi di opere è così definita:

$V_N \leq 10$ anni, per opere provvisorie - Opere provvisionali;

$V_N \geq 50$ anni, per opere ordinarie - Ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale;

Si adotta tale valore per le opere che appartengono alla viabilità secondaria.

$V_N \geq 100$ anni, per grandi opere - Ponti, opere infrastrutturali e dighe di importanza strategica.

Si adotta tale valore per le opere che appartengono all'asse principale e per quelle la cui proiezione cade sull'asse principale.

5.2. Classi d'uso e coefficiente d'uso C_u

Come sopra riportato la vita nominale V_N di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni in cui la struttura deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata.

Con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso, in presenza di azioni sismiche, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso.

Nel nostro caso la classe d'uso viene stabilita sulla base del tipo di viabilità.

Le classi d'uso in questione sono le seguenti:

Classe I - Costruzioni con presenza solo occasionale di persone - Edifici agricoli.

Alla classe d'uso I corrisponde un valore del coefficiente d'uso $C_u = 0.7$

Classe 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 d'uso III o Classe d'uso IV, salvo casi particolari per i quali sia necessaria

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----|--------|---|---|-------|---|-------------|---|-------|---|---|----------------|---|-----------|----------|---|-----|---|---|---|---|---|------------|
|  MINISTERO DEI TRASPORTI E INFRASTRUTTURE | E | A | 1 | 8 | 1 | 1 | T | 0 | 0 | G | G | 0 | 0 | G | E | O | R | E | 0 | 0 | 1 | A | Pag. n. 16 |
| | Pr | Strada | | | Lotto | | Macro opera | | Opera | | | Parte di opera | | Tipo elab | N. Elab. | | Rev | | | | | | |

la classe d'uso III o IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Alla classe d'uso II corrisponde un valore del coefficiente d'uso $C_u = 1.0$

In classe d'uso II ricadono le opere che appartengono alla viabilità secondaria - comunale - alla quale si applica il valore $C_u = 1.0$.

Classe III - Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi - Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV, salvo casi particolari per i quali sia necessaria la classe d'uso IV, e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Alla classe d'uso III corrisponde un valore del coefficiente d'uso $C_u = 1.5$

In classe d'uso III ricadono le opere che appartengono alla viabilità secondaria - provinciale e statale - alla quale si applica il valore $C_u = 1.5$.

Classe IV - Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità - Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. del 5/11/2001 n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti ed a impianti di produzione di energia elettrica.

Alla classe d'uso IV corrisponde un valore del coefficiente d'uso $C_u = 2.0$

Le opere che appartengono all'asse principale e quelle la cui proiezione ricade sull'asse principale sono individuate da classe d'uso IV, pertanto si adotta il valore $C_u = 2.0$.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----|--------|---|-------|---|-------------|---|-------|---|----------------|---|-----------|---|----------|---|-----|---|---|---|---|---|---|------------|
|  PROGETTA | E | A | 1 | 8 | 1 | 1 | T | 0 | 0 | G | G | 0 | 0 | G | E | O | R | E | 0 | 0 | 1 | A | Pag. n. 17 |
| | Pr | Strada | | Lotto | | Macro opera | | Opera | | Parte di opera | | Tipo elab | | N. Elab. | | Rev | | | | | | | |

5.3. Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche sulle opere vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di opera, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_u :

$$V_R = V_N \times C_u$$

Sulla base dei valori di V_N e di C_u sopra definiti ne consegue che:

- per le opere che appartengono all'asse principale e per quelle la cui proiezione cade sull'asse principale il Periodo di Riferimento sarà pari a:

$$V_R = V_N \times C_u = 100 \times 2 = \mathbf{200 \text{ anni}}$$

ed il Tempo di Ritorno, considerando ad esempio una probabilità di superamento del 10%, sarà pari a:

$$T_R = \frac{V_R}{\ln(1 - P_{Vr.})} = \mathbf{1900 \text{ anni}}$$

- per le opere che appartengono alla viabilità secondaria, provinciale o statale, il Periodo di Riferimento sarà pari a:

$$V_R = V_N \times C_u = 50 \times 1.5 = \mathbf{75 \text{ anni}}$$

ed il Tempo di Ritorno, considerando ad esempio una probabilità di superamento del 10%, sarà pari a:

$$T_R = \frac{V_R}{\ln(1 - P_{Vr.})} = \mathbf{700 \text{ anni}}$$

- per le opere che appartengono alla viabilità secondaria, comunale, il Periodo di Riferimento sarà pari a:

$$V_R = V_N \times C_u = 50 \times 1 = \mathbf{50 \text{ anni}}$$

ed il Tempo di Ritorno, considerando ad esempio una probabilità di superamento del 10%, sarà pari a:

$$T_R = \frac{V_R}{\ln(1 - P_{Vr.})} = \mathbf{475 \text{ anni}}$$

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|--------|---|-------|---|-------------|---|-------|---|----------------|---|-----------|---|----------|---|-----|---|---|---|---|---|---|------------|
|  REGIONE SICILIANA | E | A | 1 | 8 | 1 | 1 | T | 0 | 0 | G | G | 0 | 0 | G | E | O | R | E | 0 | 0 | 1 | A | Pag. n. 18 |
| | Pr | Strada | | Lotto | | Macro opera | | Opera | | Parte di opera | | Tipo elab | | N. Elab. | | Rev | | | | | | | |

6. AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche vengono definite a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito ove ricadono le opere. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica viene definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido e superficie topografica orizzontale (categoria di sottosuolo A, ammassi rocciosi o terreni molto rigidi con $V_{S30} \geq 800\text{m/s}$), 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} , nel periodo di riferimento V_R .

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

- ❖ a_g - accelerazione orizzontale massima attesa;
- ❖ 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.

Tali valori sono stati ottenuti interpolando, per quattro punti della maglia al cui interno ricade il territorio interessato, i dati dei parametri a_g , F_0 e T^*C forniti nell’allegato B alle Norme Tecniche per le costruzioni.

Nelle seguenti Tabelle 5 e 6 sono riportati i punti dei reticoli di riferimento all'interno dei quali ricadono le opere del Lotto 11 dell'Autostrada Siracusa-Gela e i valori dei parametri a_g , F_0 e T^*C per 9 valori del periodo di ritorno.

L’accelerazione a_g è espressa in (g/10), F_0 è adimensionale e T^*C è espresso in secondi.

| RAGUSA | | | |
|---|-------|-------|-------|
| NUMERI IDENTIFICATIVI MAGLIA DI INTERPOLAZIONE VALORI | | | |
| 50967 | 50968 | 51190 | 51189 |
| Valori dei parametri a_g, F_o, T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento | | | |

| T_R [anni] | a_g [g] | F_o [-] | T_C^* [s] |
|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| 30 | 0,027 | 2,453 | 0,211 |
| 50 | 0,037 | 2,537 | 0,253 |
| 72 | 0,045 | 2,565 | 0,271 |
| 101 | 0,055 | 2,527 | 0,289 |
| 140 | 0,066 | 2,526 | 0,320 |
| 201 | 0,083 | 2,471 | 0,347 |
| 475 | 0,138 | 2,373 | 0,431 |
| 975 | 0,204 | 2,381 | 0,475 |
| 2475 | 0,303 | 2,500 | 0,533 |

TAB. 5 - VALORI DEI PARAMETRI a_g , F_o , T_C^* PER I PERIODI DI RITORNO T_R

| RAGUSA | | | |
|---|-------|-------|-------|
| NUMERI IDENTIFICATIVI MAGLIA DI INTERPOLAZIONE VALORI | | | |
| 50966 | 50967 | 51189 | 51188 |
| Valori dei parametri a_g, F_o, T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento | | | |

| T_R [anni] | a_g [g] | F_o [-] | T_C^* [s] |
|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| 30 | 0,026 | 2,431 | 0,207 |
| 50 | 0,035 | 2,541 | 0,249 |
| 72 | 0,042 | 2,587 | 0,271 |
| 101 | 0,051 | 2,523 | 0,290 |
| 140 | 0,061 | 2,525 | 0,320 |
| 201 | 0,075 | 2,516 | 0,347 |
| 475 | 0,126 | 2,382 | 0,434 |
| 975 | 0,187 | 2,370 | 0,494 |
| 2475 | 0,275 | 2,512 | 0,539 |

TAB. 6 - VALORI DEI PARAMETRI a_g , F_o , T_C^* PER I PERIODI DI RITORNO T_R

6.1. Stati limiti e relative probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite di esercizio e ultimi sono individuati con riferimento alle prestazioni dell'opera nel suo complesso.

Rimandando per il dettaglio alla Normativa, si definiscono:

Stati Limite di Esercizio:

- SLO - Stato Limite di Operatività;
- SLD - Stato Limite di Danno;

Stati Limite Ultimi:

- SLV - Stato Limite di salvaguardia della Vita;
- SLC - Stato Limite di prevenzione del Collasso.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente per ciascuno degli stati limite considerati sono riportate nella sottostante Tabella 7 (cfr Tab 3.2.I del DM 14/01/2008);

| Stati Limite | P_{VR} : Probabilità di superamento in V_R | |
|--------------|--|------|
| Esercizio | SLO | 81 % |
| | SLD | 63 % |
| Ultimi | SLV | 10 % |
| | SLC | 5 % |

TAB. 7 - STATI LIMITI E PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO

Considerando i periodi di riferimento $V_R = 50$ anni, $V_R = 75$ anni e $V_R = 200$ anni, relativi rispettivamente alle opere della viabilità secondaria comunale, secondaria provinciale e statale, e della viabilità principale, ne consegue la valutazione del Tempo di ritorno T_R in anni - Tabella 8.

| Stati Limite | P_{VR} | $T_{R[VR 50 \text{ anni}]}$ | $T_{R[VR 75 \text{ anni}]}$ | $T_{R[VR 200 \text{ anni}]}$ |
|--------------|----------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| SLO | 81 % | 30 | 45 | 120 |
| SLD | 63 % | 50 | 75 | 200 |
| SLV | 10 % | 475 | 712 | 1900 |
| SLC | 5 % | 975 | 1462 | 3900 |

TAB. 8 - STATI LIMITI E TEMPO DI RITORNO

6.2. Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche

Per la definizione dell'azione sismica si può far riferimento all'approccio che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento contenute nella sottostante Tabella 9 (cfr tab 3.2.II D.M. 14/01/2008)

| Categoria | Descrizione |
|-----------|--|
| A | Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m. |
| B | Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT > 50 o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa). |
| C | Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s ($15 < NSPT < 50$, 70 kPa $< c_u < 250$ kPa) |
| D | Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di VS30 minori di 180m/s ($NSPT < 15$, $c_u < 70$ kPa). |
| E | Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di VS30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con VS30 superiore ad 800 m/s. |
| S1 | Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($PI > 40$) e contenuto d'acqua, caratterizzati da valori di VS30 minori di 100 m/s e 10 kPa $< c_u < 20$ kPa. |
| S2 | Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti. |

TAB. 9 - CATEGORIE DEI SUOLI DI FONDAZIONE

La classificazione si effettua sulla base dei valori della velocità equivalente V_{s30} di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità o sulla base della resistenza penetrometrica dinamica equivalente $NSPT_{30}$.

Per le fondazioni superficiali tale profondità è riferita al piano d'imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----|--------|---|-------|---|-------------|---|-------|---|----------------|---|-----------|---|----------|---|-----|---|---|---|---|---|---|------------|
|  PROGETTA | E | A | 1 | 8 | 1 | 1 | T | 0 | 0 | G | G | 0 | 0 | G | E | O | R | E | 0 | 0 | 1 | A | Pag. n. 22 |
| | Pr | Strada | | Lotto | | Macro opera | | Opera | | Parte di opera | | Tipo elab | | N. Elab. | | Rev | | | | | | | |

Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali la profondità è riferita alla testa dell'opera.

Per muri di sostegno di terrapieni la profondità è riferita al piano d'imposta della fondazione.

Per sottosuoli appartenenti alle categorie S1 e S2 è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o argille d'elevata sensibilità possa portare fenomeni di collasso del terreno.

La velocità equivalente delle onde di taglio V_{S30} è definita dall'espressione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} [m/s]$$

La resistenza penetrometrica dinamica equivalente N_{SPT30} è definita dall'espressione:

$$N_{SPT30} = \frac{\sum_{i=1,M} h_i}{\sum_{i=1,M} \frac{h_i}{N_{SPT,i}}}$$

dove:

h_i = spessore (in metri) dell'i-esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;

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

N = numero di strati compresi nei primi 30 m di profondità;

M = numero di strati di terreni a grana grossa nei primi 30 m di profondità;

$N_{SPT,i}$ = numero di colpi NSPT nell'i-esimo strato.

Gli esiti delle indagini MASW hanno portato alla definizione delle categorie di sottosuolo lungo lo sviluppo dell'intero lotto autostradale.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----|--------|---|-------|---|----------------|---|-------|---|-------------------|---|--------------|---|----------|---|-----|---|---|---|---|---|---|------------|
|  MINISTERO DEI TRASPORTI E INFRASTRUTTURE | E | A | 1 | 8 | 1 | 1 | T | 0 | 0 | G | G | 0 | 0 | G | E | O | R | E | 0 | 0 | 1 | A | Pag. n. 23 |
| | Pr | Strada | | Lotto | | Macro opera | | Opera | | Parte di opera | | Tipo elab | | N. Elab. | | Rev | | | | | | | |

6.3. Caratterizzazione sismica dei suoli

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) adottano un approccio prestazionale alla progettazione delle nuove strutture e alla verifica di quelle esistenti. Nei riguardi dell'azione sismica l'obiettivo è il controllo del livello di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che possono verificarsi nel sito di costruzione.

L'azione sismica sulle costruzioni viene valutata a partire da una "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido di categoria "A" con superficie topografica orizzontale. Tale pericolosità è espressa in termini di accelerazione massima attesa al bedrock sismico e costituisce l'elemento primario di conoscenza per poter determinare le azioni sismiche sulle strutture.

L'azione sismica così individuata viene poi variata per tenere conto delle modifiche prodotte dalle locali condizioni litostratigrafiche e dalla morfologia di superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

I fattori che influenzano tale risposta sono in pratica quelli che modificano la composizione spettrale del terremoto. La stima di tali fattori spettrali (\mathbf{a}_g , \mathbf{F}_0 e \mathbf{T}_c)¹ necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto - secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 14 gennaio 2008 - è effettuata per ogni singolo sito tramite le informazioni contenute nel reticolo di riferimento riportato nella Tab. 1 dell'allegato B dello stesso Decreto Ministeriale.

Come detto precedentemente i valori dei suddetti parametri si riferiscono a un sito ideale di riferimento, costituito da un basamento rigido ($V_{S30} > 800\text{m/s}$) affiorante o sub-affiorante e con superficie topografica orizzontale.

Qualora il sito di progetto non presenti le suddette condizioni è necessario, come indicato nel Cap. 3.2 del D.M., compiere specifiche analisi di valutazione di risposta sismica locale o, in alternativa, individuare la categoria del suolo di fondazione mediante la stima del parametro V_{S30} (Tab. 3.2.II del cap. 3.2).

¹ \mathbf{a}_g accelerazione orizzontale massima al sito;

\mathbf{F}_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

\mathbf{T}_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Successivamente, si determinerà il coefficiente di amplificazione topografica (tabelle 3.2.IV e 3.2.VI del cap. 3.2) in modo da poter disporre di tutti gli elementi per calcolare la risposta sismica del sito che sarà espressa in termini di accelerazione massima (A_{max}) attesa in superficie.

Per individuare la categoria dei suoli lungo il tracciato autostradale è stata eseguita una prospezione geofisica (MASW) che correlata con i dati stratigrafici dei sondaggi geognostici ha permesso di ottenere la velocità delle onde "S" nei primi 30m di terreno.

Sulla scorta dei profili verticali di velocità è stato possibile, infatti, calcolare la velocità equivalente delle onde di taglio V_{s30} , mediante l'espressione riportata nel precedente paragrafo. L'ubicazione degli stendimenti è stata concepita in modo da poter caratterizzare le diverse situazioni litostratigrafiche che si riscontrano lungo il lotto.

Nelle sottostanti Tabelle 10 e 11 si riporta l'ubicazione dei masw e la caratterizzazione sismica dei suoli lungo il tracciato autostradale basata esclusivamente sul valore del V_{s30} misurato.

LOTTO 11 "Ragusa"

| | |
|------|---|
| M. 5 | Tratto antistante agli imbocchi della galleria Occhipinti caratterizzato dalle calcareniti della Formazione Ragusa coperte dalle marne argillose della Formazione Tellaro con spessore di circa 4,0m e dalla coltre detritica a componente coesiva con spessore di circa 4,0m |
| M. 6 | Tratto finale del lotto caratterizzato dalla presenza della calcareniti della Formazione Ragusa praticamente affioranti |

TAB. 10 - UBICAZIONE MASW E CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE DEI SITI

| LOTTO 11 "RAGUSA" | | | | | | |
|--|---------|----------------------|--|-----------------|---|-----------------|
| CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI SULLA BASE DEL V_{s30} | | | | | | |
| Sezioni | | Formazione geologica | Litotipi | V_{s30} m/sec | Descrizione tratto | Categoria suolo |
| da | a | | | | | |
| 1 | 18+90m | Ragusa | Calcareniti e copertura detritica | 360÷800 | Calcareniti coperti, a luoghi, da una coltre detritica con spessore variabile | B |
| 18+90m | 32 | Ragusa | Calcareniti e copertura detritica | > 800 | Calcareniti affioranti o coperti da una coltre detritica con spessore inferiore ai 3,0m | A |
| 32 | 66+500m | Ragusa e Tellaro | Calcareniti e marne argillose con scarsa copertura detritica | 360÷800 | Calc. ti sormontate da esigui livelli di marne argillose e con scarsa copertura detritica | B |
| 66+500m | 210 | Ragusa | Calcareniti e copertura detritica | > 800 | Calcareniti affioranti o coperti da una coltre detritica con spessore inferiore ai 3,0m | A |

TAB. 11 - CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI SULLA BASE DEL VS30

Dalle tabelle prima riportate si deduce che in corrispondenza del tratto iniziale del lotto e in quello centrale le velocità sono elevate, ma inferiori agli 800m/sec in virtù della situazione litostratigrafica che vede la Formazione Ragusa coperta da coltri detritiche e/o marne; pertanto tali tratti possono classificarsi come suoli di tipo "B".

Si osserva, comunque, che il masw M. 5 fa registrare una velocità V_{S30} pari a circa 722m/sec tipica di suoli di tipo "B"; ma indica anche un contrasto d'impedenza entro i primi 30m di terreno.

Nel tratto finale e in quello compreso tra Contrada Maggio e Contrada Lirici l'affiorare delle calcareniti della Formazione Ragusa determina un aumento delle velocità che raggiungono valori superiori ai 1.000m/sec (M. 6 $V_{S30}=1.025$ m/sec) tipica dei suoli di tipo "A". Lungo la verticale di questo ultimo masw si nota una leggera inversione di velocità fra le profondità di -10,8m e -16,8m dal p.c.

6.4. Condizioni topografiche

Per le condizioni topografiche si fa riferimento alla classificazione contenuta nella Tabella 12 (cfr. tab 3.2.IV DM 18/01/2008):

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|-----------|--|
| T1 | Superficie pianeggiante e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ |
| T2 | Rilievi con inclinazione media $i > 15^\circ$ |
| T3 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ |
| T4 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $i > 30^\circ$ |

TAB. 12 - CLASSIFICAZIONE IN FUNZIONE DELLE CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Le sopra esposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

La morfologia del territorio in cui ricadono le opere è tale da permettere di ascrivere gran parte del tracciato alla categoria topografica T1, fatta eccezione per il

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----|--------|---|---|-------|---|----------------|---|-------|---|---|-------------------|---|--------------|----------|---|-----|---|---|---|---|---|------------|
|  MINISTERO DEI TRASPORTI E INFRASTRUTTURE | E | A | 1 | 8 | 1 | 1 | T | 0 | 0 | G | G | 0 | 0 | G | E | O | R | E | 0 | 0 | 1 | A | Pag. n. 26 |
| | Pr | Strada | | | Lotto | | Macro opera | | Opera | | | Parte di opera | | Tipo elab | N. Elab. | | Rev | | | | | | |

tratto compreso tra Contrada Ficazza e Case Pulce in corrispondenza del quale è sembrato opportuno impiegare la categoria topografica T2.

6.5. Valutazione dell'azione sismica

L'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali X e Y e una verticale Z, da considerare tra loro indipendenti.

Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima attesa in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie;
- accelerogramma.

Sulla base di apposite analisi di risposta sismica locale si può passare ai valori sui piani di riferimento definiti per le varie tipologie di opere indicati al paragrafo precedente.

In assenza di tali analisi l'azione in superficie può essere assunta agente su tali piani.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta o dalle due componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico.

La componente che descrive il moto verticale è caratterizzata dal suo spettro di risposta o dalla componente accelerometrica verticale.

In via semplificata l'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie possono essere determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali.

La componente accelerometrica verticale può essere correlata alle componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico.

In funzione di quanto sopra riportato è stato svolto il calcolo delle accelerazioni sismiche massime attese al suolo i cui risultati sono sintetizzati nella sottostante Tabella 13.

| LOTTO 11 "RAGUSA" | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------|-----------|----------|------------------------------|-----------------|--------|------------------|------------------------|--------------|--------------|-------------------------|
| Classifica sismica dei suoli sulla base del V_{S30} e calcolo accelerazione massima attesa al sito - D.M. 14 gennaio 2008 | | | | | | | | | | | |
| Sito n. | Località C.da - Strada - ecc... | Comune di | Prov. di | Coordinate geografiche ED 50 | | ag (g) | Catego-ria suolo | Categoria topografi-ca | Parametro St | Parametro Ss | Amax m/sec ² |
| | | | | Latitudine (°) | Longitudine (°) | | | | | | |
| 1 | C.da Maggio | Ragusa | Ragusa | 36,820803 | 14,647994 | 0,278 | B | T1 | 1,00 | 1,13 | 3,082 |
| 2 | Masseria Serram. | Ragusa | Ragusa | 36,823551 | 14,639497 | 0,276 | A | T1 | 1,00 | 1,00 | 2,708 |
| 3 | Case Ficicchia | Ragusa | Ragusa | 36,824925 | 14,635892 | 0,276 | A | T1 | 1,00 | 1,00 | 2,708 |
| 4 | C.da Lirici | Ragusa | Ragusa | 36,825337 | 14,627739 | 0,275 | A | T1 | 1,00 | 1,00 | 2,698 |
| 5 | C.da Lirici | Ragusa | Ragusa | 36,820528 | 14,620100 | 0,273 | B | T1 | 1,00 | 1,13 | 3,030 |
| 6 | Villa Ficazza | Ragusa | Ragusa | 36,820940 | 14,613320 | 0,274 | B | T1 | 1,00 | 1,13 | 3,037 |
| 7 | C.da Ficazza | Ragusa | Ragusa | 36,819154 | 14,608256 | 0,263 | A | T2 | 1,20 | 1,00 | 3,096 |
| 8 | C.da Pulce | Ragusa | Ragusa | 36,811733 | 14,600359 | 0,255 | A | T2 | 1,20 | 1,00 | 3,003 |
| 9 | Case Pulce | Ragusa | Ragusa | 36,809396 | 14,594351 | 0,253 | A | T2 | 1,20 | 1,00 | 2,978 |
| 10 | Case Occhip. | Ragusa | Ragusa | 36,807816 | 14,588944 | 0,251 | A | T1 | 1,00 | 1,00 | 2,462 |
| 11 | Villaggio 2000 | Ragusa | Ragusa | 36,812557 | 14,582935 | 0,251 | A | T1 | 1,00 | 1,00 | 2,463 |
| 12 | C.da Camemi | Ragusa | Ragusa | 36,814138 | 14,578817 | 0,251 | A | T1 | 1,00 | 1,00 | 2,462 |
| 13 | S.P. 25 M. Rag. | Ragusa | Ragusa | 36,817779 | 14,577443 | 0,252 | A | T1 | 1,00 | 1,00 | 2,472 |

TAB. 13 - CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI SULLA BASE DEL V_{S30} E CALCOLO AMAX

Per quanto riguarda i valori delle V_{S30} e i parametri sismici contenuti nell'ultima tabella si precisa quanto segue:

1. la classifica dei suoli si basa esclusivamente sul parametro V_{S30} il cui valore misurato si riferisce sempre al piano campagna;
2. il calcolo dell'accelerazione massima attesa al suolo è stato svolto assumendo come vita nominale $V_n \geq 100$ anni, classe d'uso IV e di conseguenza la vita di riferimento è risultata pari a $V_r = 200$ anni;
3. il coefficiente "S" di amplificazione sismica è stato calcolato mediante la relazione: $S = S_s * S_t$; essendo S_s il coefficiente di amplificazione stratigrafica che si ricava dalla tabella 3.2.V ed S_t il coefficiente di amplificazione topografico che si ricava dalla tabella 3.2.IV;

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----|--------|---|---|-------|---|-------------|---|-------|---|---|----------------|---|-----------|----------|---|-----|---|---|---|---|---|------------|
|  | E | A | 1 | 8 | 1 | 1 | T | 0 | 0 | G | G | 0 | 0 | G | E | O | R | E | 0 | 0 | 1 | A | Pag. n. 28 |
| | Pr | Strada | | | Lotto | | Macro opera | | Opera | | | Parte di opera | | Tipo elab | N. Elab. | | Rev | | | | | | |

4. per il calcolo di A_{max} ($A_{max}=S \times ag = S_s \times S_t \times ag$) si è utilizzata come categoria topografica la T1 fatta eccezione per la tratta compresa tra Contrada Ficazza e Case Pulce in corrispondenza della quale è sembrato opportuno impiegare la T2;
5. i valori di accelerazione massima attesa al suolo si riferiscono allo stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV);
6. per l'acquisizione automatica dei parametri sismici si è fatto uso del programma on-line della GEOSTRU "parametri sismici in un click", nel quale inserendo per ogni sito di interesse la Vita nominale della struttura, la Classe d'uso, la categoria del terreno e quella topografica si ricavano i parametri necessari per definire gli spettri di progetto per ognuno degli stati limiti.

Determinata l'accelerazione massima attesa in superficie è possibile calcolare le componenti della forza sismica che possono esprimersi come $F_h=k_h*W$ ed $F_v=k_v*W$; dove W è il peso della massa presa in considerazione mentre k_h e k_v sono il coefficiente sismico orizzontale e verticale. Tali coefficienti si determinano in base alle relazioni:

$$k_h=\beta_s*A_{max}/g \quad e \quad k_v=\pm 0,5*k_h;$$

dove:

- β_s è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al suolo;
- A_{max} è l'accelerazione orizzontale massima attesa al suolo.

Conoscendo i parametri prima citati e il valore del fattore di struttura "q" è possibile ricavare per ogni struttura lo spettro elastico di riferimento.

La sintesi dei dati sopra indicati è rappresentata nelle Tavole 1 e 2 della Carta con classificazione sismica del territorio.

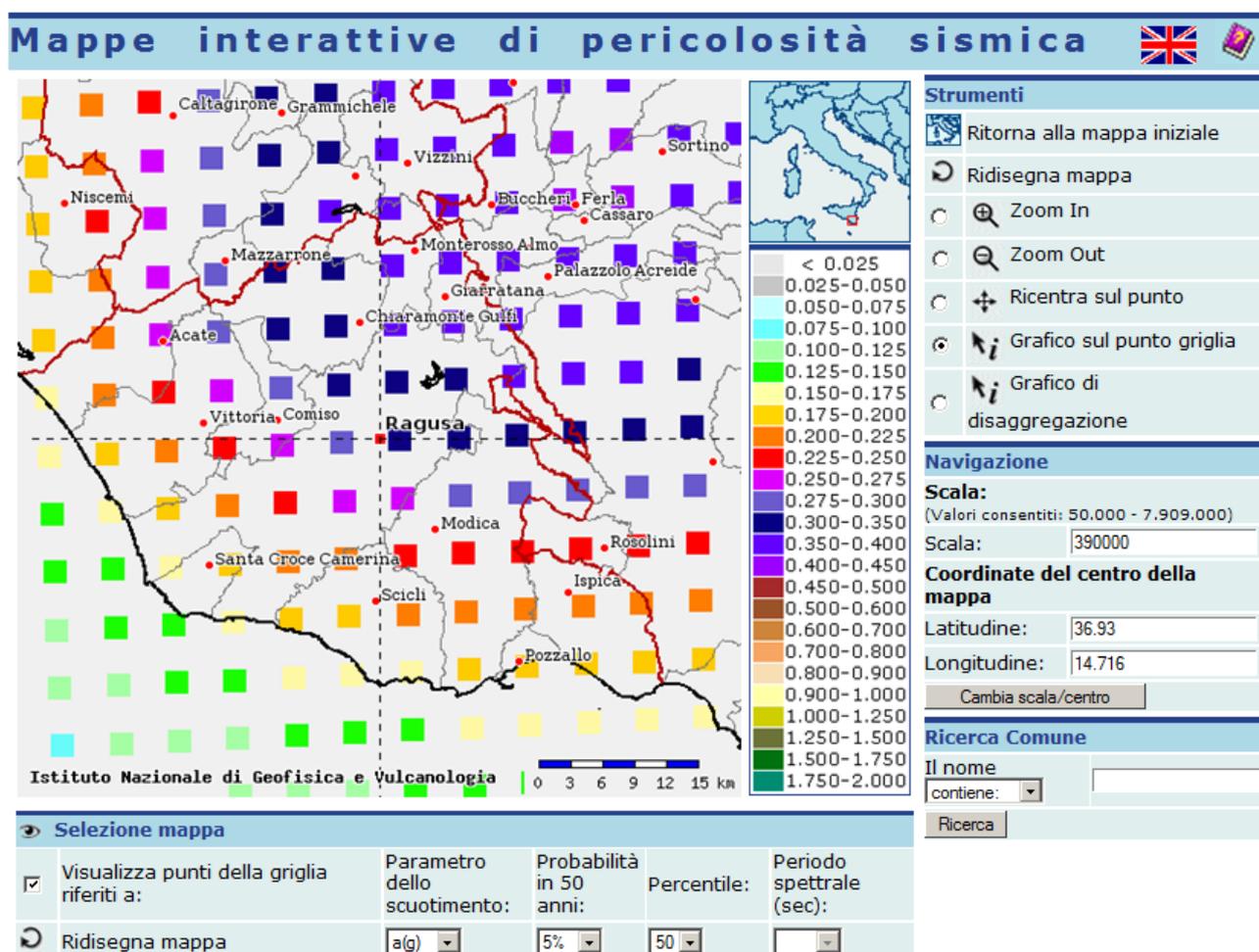
IL GEOLOGO

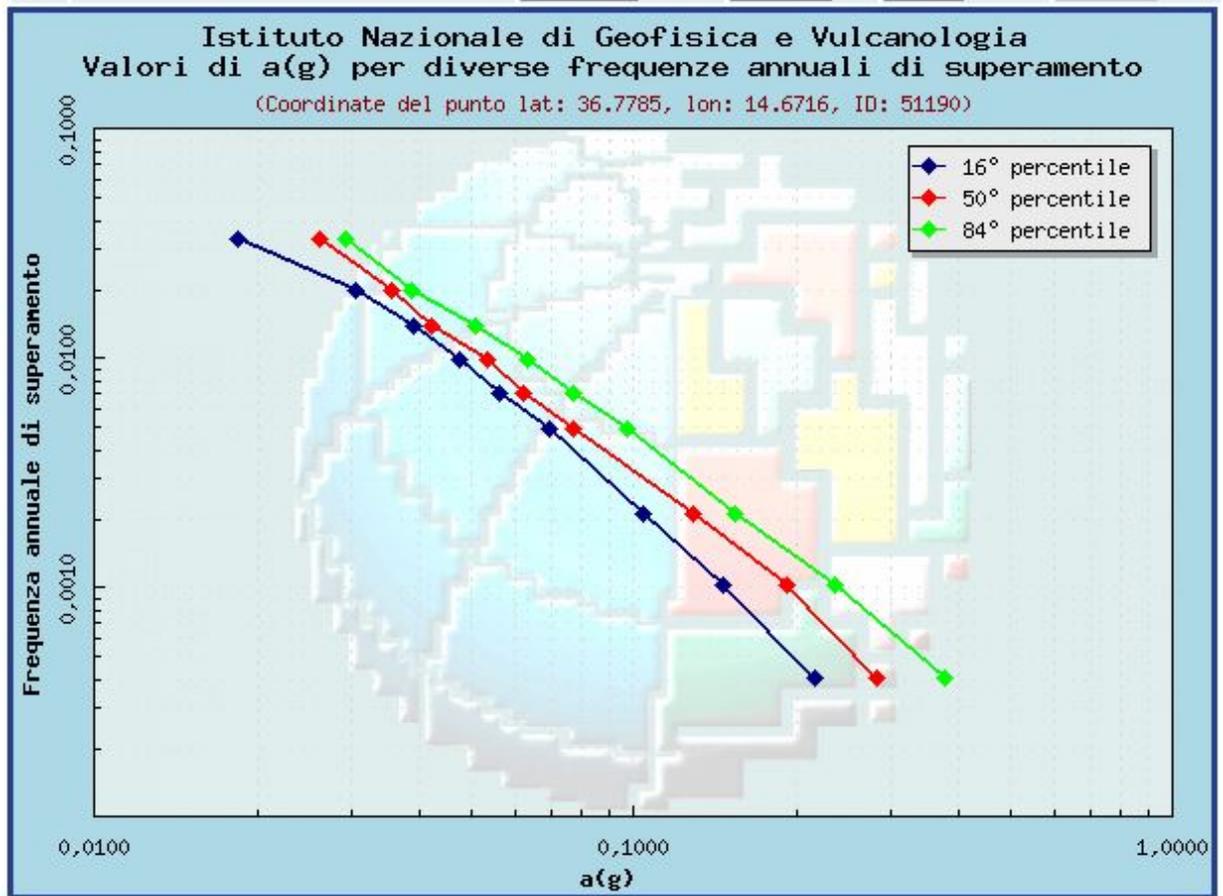
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----|--------|---|-------|---|-------------|---|-------|---|----------------|---|-----------|---|----------|---|-----|---|---|---|---|---|---|------------|
|  SPERINSA | E | A | 1 | 8 | 1 | 1 | T | 0 | 0 | G | G | 0 | 0 | G | E | O | R | E | 0 | 0 | 1 | A | Pag. n. 29 |
| | Pr | Strada | | Lotto | | Macro opera | | Opera | | Parte di opera | | Tipo elab | | N. Elab. | | Rev | | | | | | | |

(Dott. Paolo Lo Cascio)

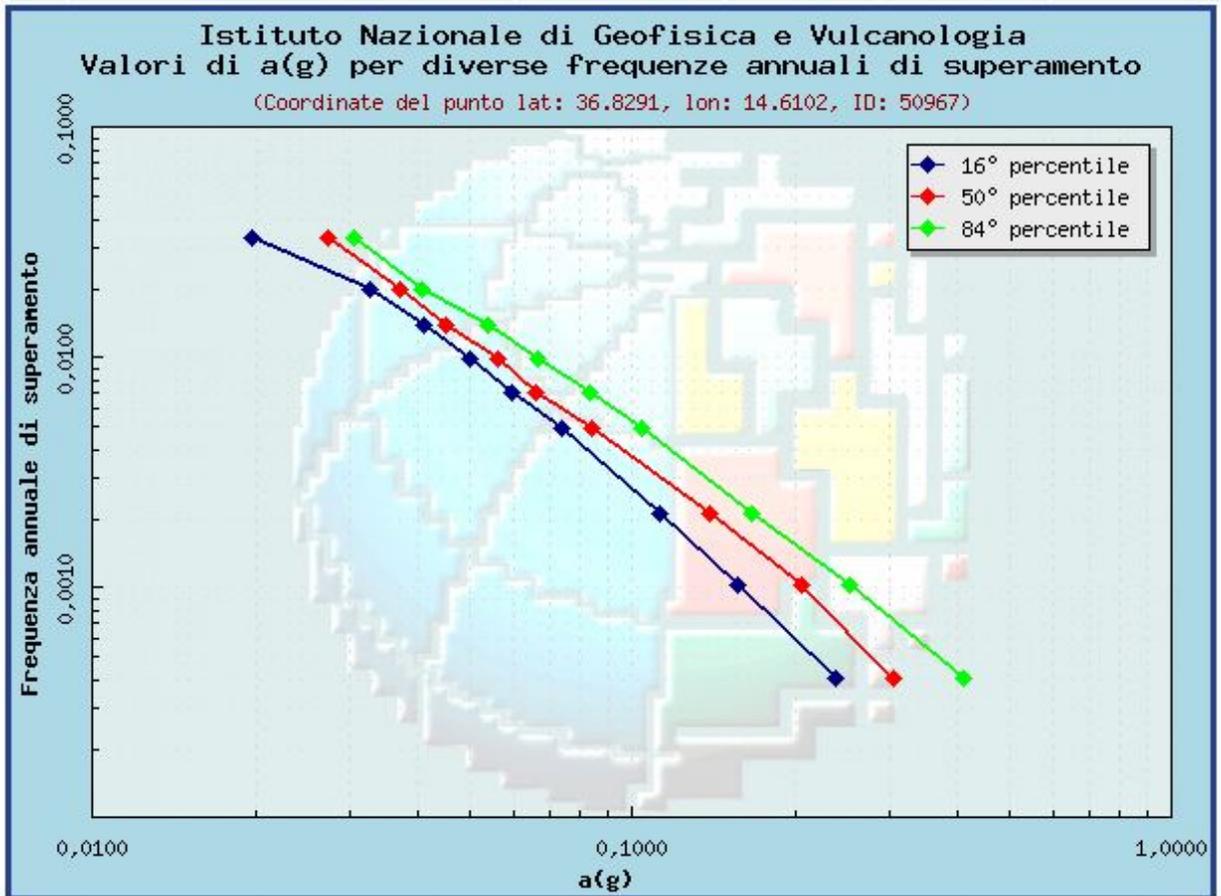
ALLEGATI

Stralcio della mappa di pericolosità sismica e grafici rappresentativi dell'accelerazione di picco al suolo (PGA) in funzione della frequenza annuale di superamento (AFOE).





| Frequenza annuale di superamento | a(g) (Coordinate del punto lat: 36.7785, lon: 14.6716, ID: 51190) | | |
|----------------------------------|--|----------------|----------------|
| | 16° percentile | 50° percentile | 84° percentile |
| 0.0004 | 0.2162 | 0.2814 | 0.3780 |
| 0.0010 | 0.1460 | 0.1915 | 0.2347 |
| 0.0021 | 0.1041 | 0.1291 | 0.1538 |
| 0.0050 | 0.0695 | 0.0769 | 0.0973 |
| 0.0071 | 0.0561 | 0.0623 | 0.0773 |
| 0.0099 | 0.0473 | 0.0534 | 0.0631 |
| 0.0139 | 0.0391 | 0.0422 | 0.0507 |
| 0.0200 | 0.0305 | 0.0354 | 0.0386 |
| 0.0333 | 0.0184 | 0.0260 | 0.0292 |



| Frequenza annuale di superamento | a(g) (Coordinate del punto lat: 36.8291, lon: 14.6102, ID: 50967) | | |
|----------------------------------|--|----------------|----------------|
| | 16° percentile | 50° percentile | 84° percentile |
| 0.0004 | 0.2374 | 0.3050 | 0.4089 |
| 0.0010 | 0.1570 | 0.2057 | 0.2532 |
| 0.0021 | 0.1119 | 0.1388 | 0.1656 |
| 0.0050 | 0.0737 | 0.0836 | 0.1037 |
| 0.0071 | 0.0599 | 0.0662 | 0.0829 |
| 0.0099 | 0.0501 | 0.0561 | 0.0668 |
| 0.0139 | 0.0411 | 0.0449 | 0.0537 |
| 0.0200 | 0.0325 | 0.0369 | 0.0406 |
| 0.0333 | 0.0196 | 0.0272 | 0.0304 |