



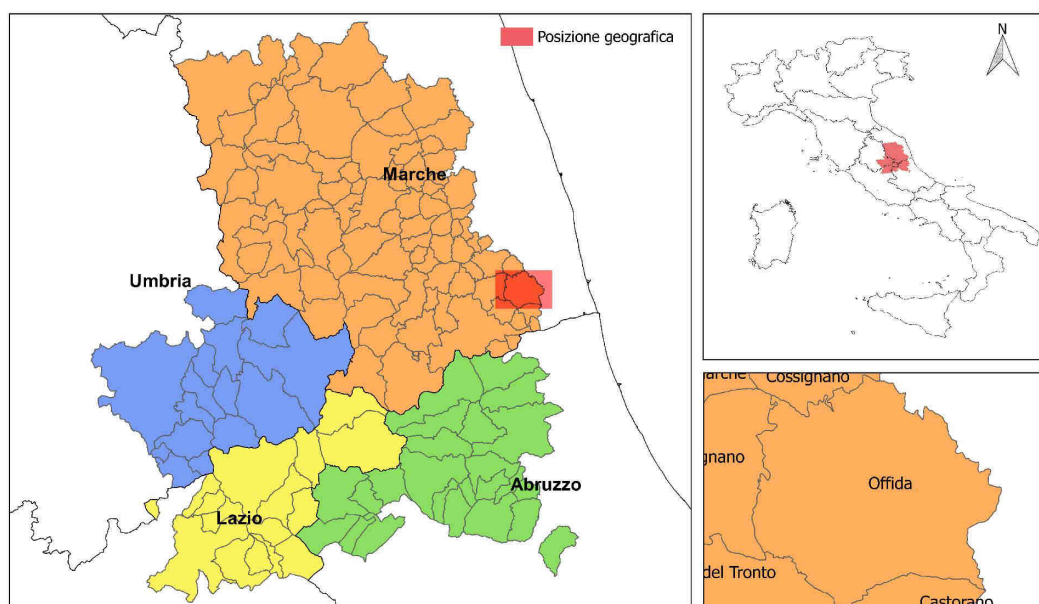
COMMISSARIO STRAORDINARIO RICOSTRUZIONE SISMA - 2016

Microzonazione Sismica di Livello 3 del Comune di Offida ai sensi
dell'Ordinanza del Commissario Straordinario n. 24 registrata
il 15 maggio 2017 al n. 1065

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

Regione Marche Comune di Offida



Soggetto realizzatore:
Geol. Tonino Colletta

Collaboratrice:
Geol. Monica Schiavi

Data
gennaio 2018

CENTROMS
CENTRO PER LA
MICROZONAZIONE SISMICA
E LE SUE APPLICAZIONI

INDICE

1. INTRODUZIONE	4
1.1. Finalità degli studi.....	4
1.2. Descrizione generale dell'area comunale	5
1.3. Definizione dei documenti di base utilizzati nello studio	5
1.4. Aree da sottoporre agli studi di MS	6
2. PERICOLOSITÀ DI BASE ED EVENTI DI RIFERIMENTO.....	7
2.1. Sismicità storica dell'area di studio	7
2.2. Sismicità recente dell'area di studio	11
2.3. Pericolosità sismica di base	14
3. ASSETTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO	19
3.1. Inquadramento Geologico	19
3.2. Assetto geomorfologico	21
3.3. Assetto stratigrafico	22
3.4. Elementi tettonici	28
3.5. Considerazioni finali sull'architettura stratigrafica e sull'assetto morfologico e strutturale	31
4 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	32
4.1. Dati pregressi	32
4.2. Dati acquisiti ex-novo	32
4.2.1. Indagine Masw.....	33
4.2.2. Indagine Hvsr.....	33
4.2.3. Sondaggi a carotaggio continuo	34
4.2.4. Indagine DH	34
4.2.5. Campioni	35
5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO FINALIZZATO ALLA MS	37
5.1. Unità geologico-tecniche: definizione e parametrizzazione	37
5.2. Sezioni geologico-tecniche.....	39
6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE	42
7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	43
7.1. Zone stabili suscettibili di amplificazione.....	43
7.1.1. Simulazioni numeriche monodimensionali (1D).....	46
7.1.2. Sequenze litostratigrafiche, peso dell'unità di volume	47

7.1.3. Curve di decadimento del modulo di taglio e di incremento del damping	48
7.1.4. Scelta dell'input sismico (fornito dal CentroMS)	48
7.1.5. Risultati Analisi Monodimensionali 1D	55
7.2. Zone instabili	58
7.2.1. Instabilità di versante sismoindotte (FR).....	59
7.2.2. Analisi e Risultati dei dati	59
8. ELABORATI CARTOGRAFICI	60
8.1. Carta delle indagini (CI).....	60
8.2. Carta delle frequenze naturali dei terreni	61
8.3. Carta Geologico Tecnica per la MS (CGT_MS).....	62
8.4. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)	63
8.5. Carte di Microzonazione Sismica (MS) di livello 3	66
9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI	67
10. BIBLIOGRAFIA	70

Allegati

1. Carta delle indagini in scala 1:5.000
2. Carta delle frequenze naturali dei terreni in scala 1:5.000
3. Carta Geologico-Tecnica per la MS (CGT_MS) in scala 1:5.000
4. Sezioni geologico-tecniche in scala 1:1.000
5. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) in scala 1:5.000
6. Carte di Microzonazione Sismica di livello 3 (MS) "FA0101s" in scala 1:5.000
7. Carte di Microzonazione Sismica di livello 3 (MS) "FA0408s" in scala 1:5.000
8. Carte di Microzonazione Sismica di livello 3(MS) "FA0711s" in scala 1:5.000
9. Archivio informatizzato in ambiente QGIS

1. INTRODUZIONE

1.1. Finalità degli studi

Il Commissario straordinario del Governo per la ricostruzione nei territori dei Comuni delle Regioni di Abruzzo, Lazio, Marche e Umbria interessati dall'evento sismico del 24 agosto 2016, ha disposto con Ordinanza n. 24 del 12 maggio 2017, l'assegnazione dei finanziamenti per gli studi di microzonazione sismica di III livello ai Comuni interessati dagli eventi sismici verificatisi a far data dal 24 agosto 2016.

Tale disposizione, effettuata in attuazione dell'articolo 2, comma 1, lettera I-bis), del decreto legge 17 ottobre 2016, n. 189, convertito con modificazioni dalla legge 15 dicembre 2016, n. 229, come modificato dall'articolo 1 del decreto legge 9 febbraio 2017, n. 8, convertito con modificazioni dalla legge 7 aprile 2017, n. 45, è finalizzata a dotare i Comuni di cui all'articolo 1 del citato decreto legge n. 189 del 2016 di studi di microzonazione sismica di 3° livello come definiti dagli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome.

Nell'ambito di tale scenario l'Amministrazione comunale di Offida (AP), il cui territorio appartiene al gruppo b) dell'Allegato 3, della sopracitata Ordinanza, ha affidato, mediante Determinazione dell'Ufficio Tecnico n.30 del 14/06/2017, l'incarico per la redazione dello studio di Microzonazione Sismica (MS) di livello 3° nelle aree del proprio territorio allo scrivente Dott. Geol. Tonino Colletta quale esperto, iscritto nell'elenco speciale ed avente i requisiti di cui all'art. 5 della medesima Ordinanza.

Lo studio di microzonazione sismica di livello 3°, livello più approfondito di microzonazione, consente una valutazione della risposta sismica locale nelle diverse aree del territorio basata su metodologie dettagliate di analisi di tipo quantitativo.

In funzione delle alterazioni che lo scuotimento sismico può subire in superficie, all'Amministrazione Comunale, verranno fornite informazioni utili per il governo del territorio, per la progettazione, per la pianificazione per l'emergenza e per la ricostruzione post sisma,

La presente relazione illustrativa ne sintetizza tutte le fasi di lavoro fin qui svolte, descrivendone sia le fasi operative effettuate in campagna, sia quelle elaborative di studio, in aderenza agli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (ICMS, 2008 e successivi aggiornamenti) nonché seguendo gli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica degli studi di MS (Standard Versione 4.0b).

Tale attività si è resa possibile grazie alla collaborazione tra il sottoscritto e il geologo Monica Schiavi, coinvolta a vario titolo e in relazione alle proprie specifiche competenze.

1.2. Descrizione generale dell'area comunale

Offida è un comune italiano ubicato nella porzione centro orientale della provincia di Ascoli Piceno, nelle Marche, il cui territorio ha un'estensione pari a 49,6 kmq circoscritto in un perimetro di 39,89 Km. Amministrativamente confina a sud con i Comuni di Castorano e Castel di Lama, a Est con i Comuni di Ripatransone, Acquaviva Picena e Monsampolo del Tronto, a Ovest con i Comuni di Appignano del Tronto e Castignano e a Nord con il Comune di Cossignano.

Presenta un'altimetria variabile da una quota massima di 453,5 m. s.l.m. (Colle Rovecciano) ad una minima di circa 70 m. s.l.m. (Podere Frascarelli).

L'abitato storico, sede del capoluogo con il municipio ubicato a circa 295,00 m s.l.m., è posto in posizione collinare come per la maggior parte delle sue frazioni, la più popolosa delle quali è rappresentata dalla località Borgo Miriam, ubicata a nord ovest.

Attualmente la popolazione complessiva è di circa 5.058 abitanti con una densità abitativa pari a 617 ab/kmq (dati ISTAT, 1/1/2016).

1.3. Definizione dei documenti di base utilizzati nello studio

Le indagini utilizzate per il presente studio appartengono in gran parte al database del Comune di Offida relativamente alla microzonazione sismica di livello 1 e 2 (N. 126), altre sono state reperite nel periodo intercorso tra la realizzazione dei due studi (N.3) e in parte sono state realizzate ex novo dal sottoscritto appositamente per questo studio (N.21). Le diverse tipologie di prove analizzate sono descritte nel dettaglio nel Capitolo 4.

La cartografia di base utilizzata è la seguente:

- Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000 fogli n. 32604, 326080, 327010, 327020, 327050 e 327060.
- APAT- Servizio Geologico Italiano – Fogli 133 – 134 Ascoli Piceno e Giulianova Note Illustrative
- Carte P.A.I. - Autorità di Bacino Interregionale del Fiume Tronto in scala 1:10.000.
- Ambiente Fisico delle Marche - Geologica – Geomorfologica – Idrogeologia - scala 1:100.000 (Centamore & Pambianchi ed altri).
- Carta geologica dei depositi Plio – Pleistocenici tra il fiume Tenna ed il fiume Tronto – scala 1:50.000 (Centamore).
- Carta geologica regionale sezioni n. 32604, 326080, 327010, 327020, 327050 e 327060 in scala 1:10.000.

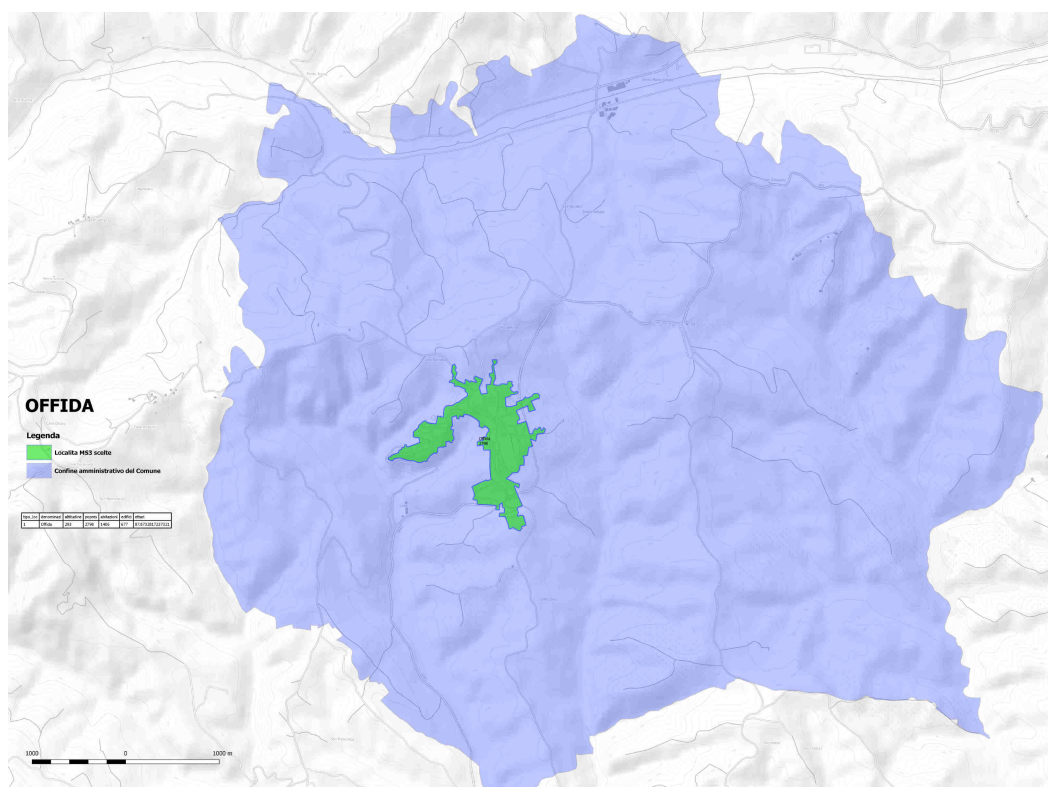
1.4. Aree da sottoporre agli studi di MS

Il livello 3 di microzonazione cerca di compensare e/o risolvere le incertezze del Livello 1 e 2 con approfondimenti conoscitivi di tipo numerico finalizzati alla quantificazione corretta della risposta sismica di sito.

Tale procedura tuttavia, allo stato attuale, risulta molto impegnativa e dispendiosa, pertanto l'Amministrazione Comunale ha deciso di concentrare i benefici derivanti dall'Ordinanza 24/2017 nella sola zona del capoluogo, ad oggi la porzione più popolosa del suo territorio.

Quest'ultima è caratterizzata da una morfologia prevalentemente collinare rappresentata da una dorsale a orientamento Nord-Sud, località Borgo Cappuccini, la cui zona di cresta si presenta stretta e moderatamente pendente e da una dorsale ad orientamento Est-Ovest, centro storico, la cui zona di cresta si presenta stretta e debolmente pendente.

Le dorsali tracciano la linea di dislivello tra il bacino idrografico del Torrente Lama a Ovest e quello del F.so del Lago ad est; i versanti che la circoscrivono risultano asimmetrici: con pendenze elevate e fenomeni di erosione ad occidente; mentre, ad oriente, i pendii risultano meno acclivi con pendenze marcatamente più dolci.



2. PERICOLOSITÀ DI BASE ED EVENTI DI RIFERIMENTO

La Pericolosità sismica di base è una componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti).

Essa calcola, in maniera probabilistica, per una certa regione e in un determinato periodo, i valori di parametri corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza. Tali parametri (velocità, accelerazione, intensità, ordinate spettrali) descrivono lo scuotimento prodotto dal terremoto in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche (terremoto di riferimento).

A tal fine si utilizzano conoscenze di geologia strutturale e dati sulla sismicità storica, con metodologie che si basano su tre elementi fondamentali:

- il catalogo degli eventi sismici;
- la zonazione sismogenetica;
- le leggi di attenuazione.

2.1. Sismicità storica dell'area di studio

Per quanto riguarda la sismicità storica si è fatto riferimento al database delle osservazioni macrosismiche reso disponibile dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Le informazioni su cui concentrare l'attenzione sono:

- i dati dei singoli eventi che hanno colpito la località oggetto di studio (Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani);
- le informazioni derivanti dallo studio della disaggregazione della Peak Ground Acceleration;
- analisi e inquadramento dell'area nella zonazione sismogenetica ZS9;
- analisi e descrizione delle sorgenti sismogenetiche presenti nei dintorni dell'area in esame (Database of Italian Seismic Sources).

La sismicità storica del Comune di Offida è stata ricavata dal database DBMI15 associato al catalogo CPTI15 release 1.5, realizzato da Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016 CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes Istituto Nazionale Di Geofisica E Vulcanologia doi: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>.

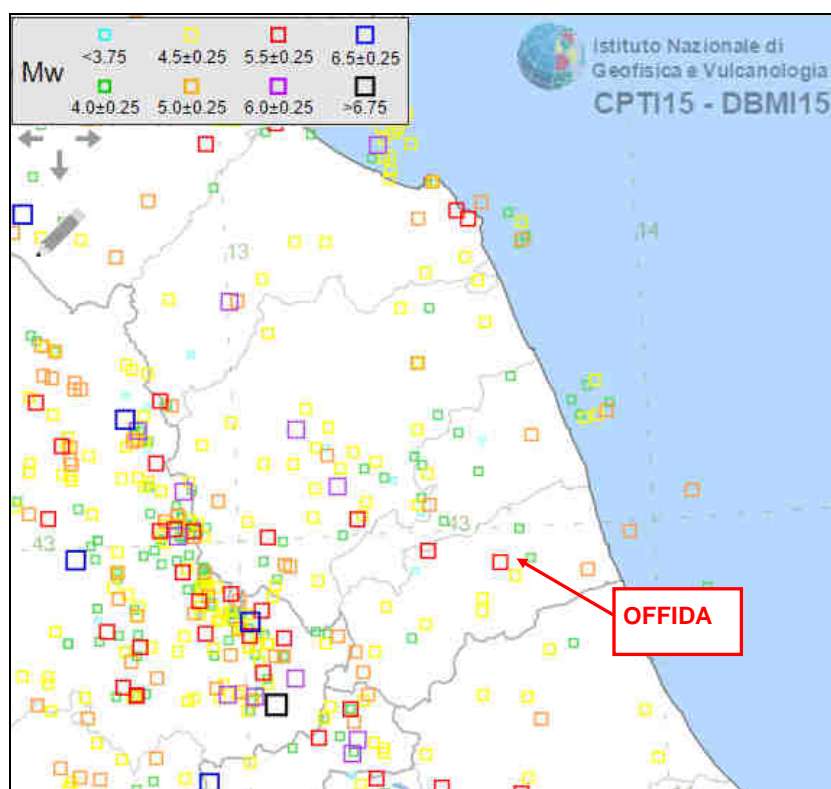
Tale studio si è reso possibile nell'ambito della linea di attività INGV T3 "Pericolosità sismica e contributi alla definizione del rischio" e quale contributo alle attività dell'Allegato "A" dell'accordo quadro INGV-DPC 2012-2021.

Esso fornisce un set omogeneo d'intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relative ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014.

In particolare nell'ultimo secolo, tra i terremoti che hanno prodotto danni, si segnalano quello di Senigallia (AN) nel 1930, di Offida (AP) nel 1943 e quello di Ascoli del 1972.

Oltre ai terremoti che si sono generati nel territorio marchigiano è necessario ricordare quelli con epicentro nelle regioni limitrofe che hanno prodotto danni anche nelle Marche (Norcia, 14 gennaio 1703 colpita da uno dei terremoti più forti della storia sismica italiana). Dal database attraverso l'opzione "ricerca per località" è stato possibile ottenere lo schema sinottico delle osservazioni macrosismiche di terremoti avvertiti nel comune di Offida al di sopra della soglia del danno, sia in forma grafica sia tabellare.

L'intensità massima al sito, in scala Mercalli, è indicata con "Intensity", la località epicentrale con "Epicentral area", l'intensità massima dell'area epicentrale in scala Mercalli, con la sigla "Io", la magnitudo momento dell'evento con la sigla "Mw" mentre con "NMDP" è indicato il numero di osservazioni macrosismiche del terremoto.

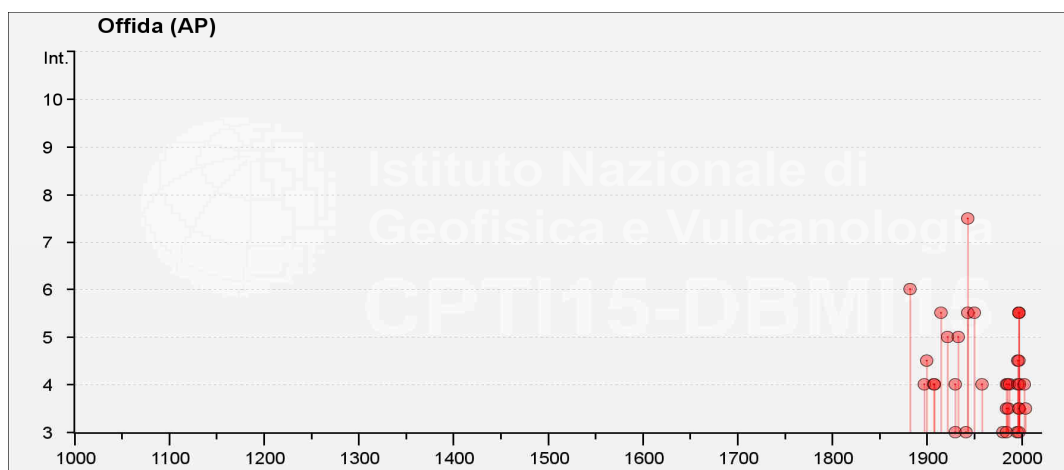


Catalogo parametrico CPTI15. - Finestra temporale dei terremoti dall'anno 1000 all'anno 2014 - <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBM15/>

File downloaded from CPTI15 - DBMI15					
Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macrosismico Italiano 2015					
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia					
Seismic history of	Offida				
PlaceID	IT_52669				
Coordinates (lat, lon)	42.935, 13.691				
Municipality (ISTAT 2015)	Offida				
Province	Ascoli Piceno				
Region	Marche				
No. of reported earthquakes	37				
Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
6	1882 08 16	Costa ascolana	13	7	5,15
4	1897 09 21	Marche settentrionali	44	7	5,4
4-5	1900 08 10 04 28 13.00	Teramano	15	5	4,28
4	1907 01 23 00 25	Adriatico centrale	93	5	4,75
4	1908 03 17 03 59	Marche meridionali	54	5-6	4,61
5-6	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7,08
5	1922 06 08 07 47	Valle del Chienti	47	6	4,73
4	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6,67
3	1930 08 04 15 02 23.00	Marche meridionali	24	5-6	4,44
5	1933 09 26 03 33 29.00	Maiella	325	9	5,9
3	1941 12 19	Monti Sibillini	30	7	5,02
5-6	1943 03 25	Marche meridionali	15	6	4,85
7-8	1943 10 03 08 28 29.00	Ascolano	170	8	5,67
5-6	1950 09 05 04 08	Gran Sasso	386	8	5,69
4	1958 06 24 06 07	Aquilano	222	7	5,04
3	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6,81
4	1984 04 29 05 02 59.00	Umbria settentrionale	709	7	5,62
3-4	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	912	8	5,86
3	1984 05 11 10 41 49.27	Monti della Meta	342	7	5,47
4	1985 05 01 16 57 35.00	Ascolano	51	5	4,09
3-4	1986 10 13 05 10 00.31	Monti Sibillini	322	5-6	4,46
4	1987 09 04 16 42 49.60	Costa Marchigiana	75	6	4,66
3	1995 12 30 15 22 08.73	Fermano	106	5	4,19
4	1996 01 01 12 21 41.54	Maceratese	91	5-6	4,2
4-5	1996 07 09 10 23 07.21	Costa abruzzese-marchigiana	45		4,2
3	1997 09 03 22 07 29.70	Appennino umbro-marchigiano	62	6	4,54
5-6	1997 09 26 00 33 12.88	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5,66
5-6	1997 09 26 09 40 26.60	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5,97
3-4	1997 10 03 08 55 22.07	Appennino umbro-marchigiano	490		5,22
4-5	1997 10 06 23 24 53.29	Appennino umbro-marchigiano	437		5,47
5-6	1997 10 14 15 23 10.64	Valnerina	786		5,62
3-4	1997 11 09 19 07 33.27	Valnerina	180		4,87
4	1998 04 05 15 52 21.01	Appennino umbro-marchigiano	395		4,78

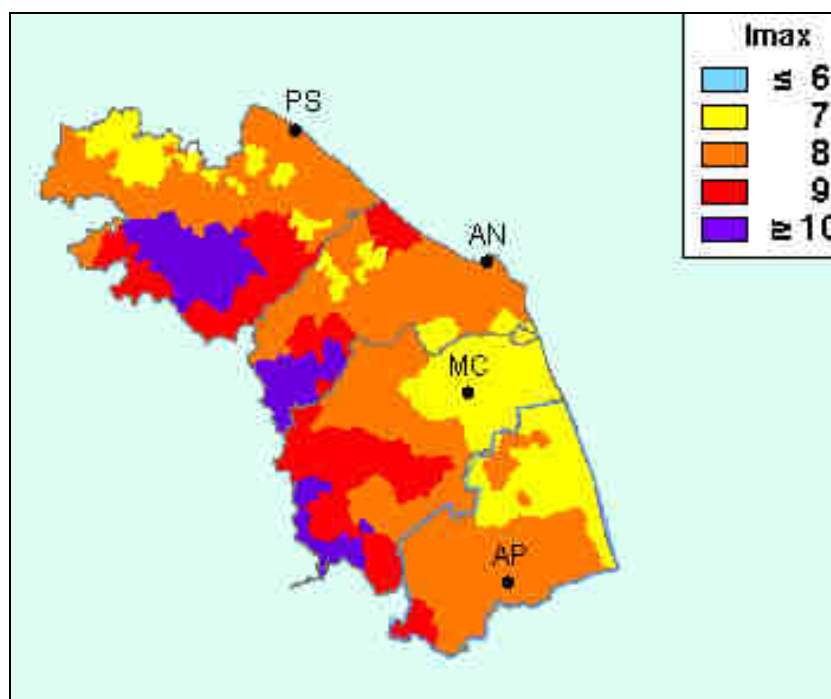
4	2003 05 25 17 15 13.95	Ascolano	88	4-5	3,81
3-4	2004 12 09 02 44 25.29	Teramano	213	5	4,09
2	2005 04 12 00 31 51.61	Maceratese	131	4	3,74
2	2005 12 15 13 28 39.59	Val Nerina	350	5	4,14

http://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBMI15/query_place/



http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/query_place/

Da quanto sopra emerge che il territorio comunale di Offida ha fatto registrare un'intensità al sito media circa pari a 3,6 con un picco di 7-8 (Imax) nell'anno 1943, in occasione della sequenza sismica che ha interessato il territorio ascolano con magnitudo momento pari 5,67 Mw confermata anche dalla mappa delle "Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani".



2.2. Sismicità recente dell'area di studio

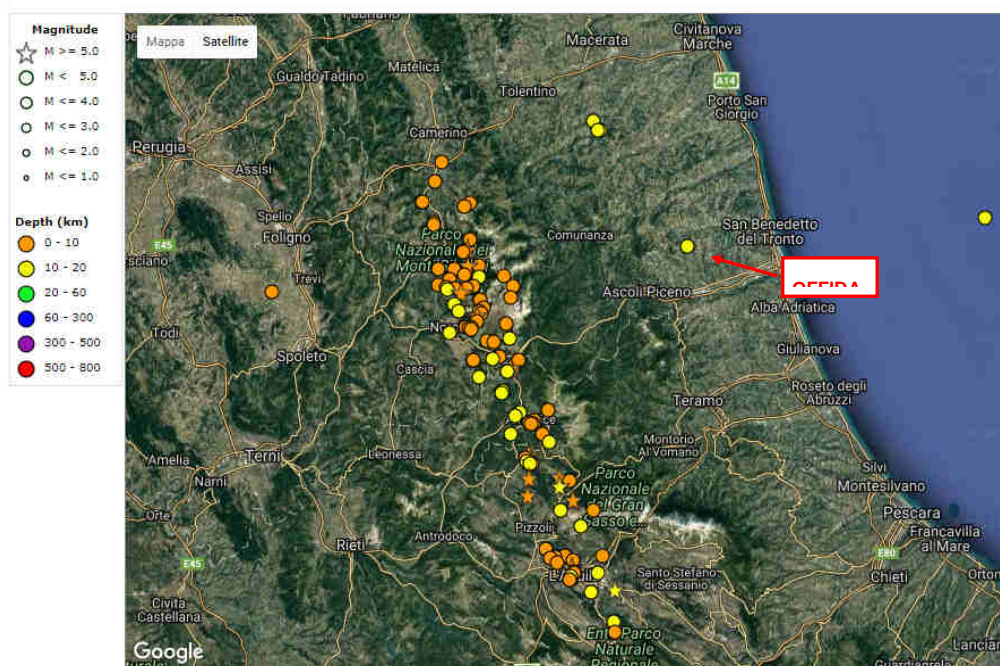
Le informazioni sulla sismicità recente, periodo successivo al sisma del 15-12-2005, sono state ricavate dal catalogo di sismicità strumentale ISIDe impostando come parametri di ricerca, oltre al comune stesso, un sisma di magnitudo minima 4,0 Mw fino con una distanza massima epicentrale pari a 100 km.

Data Da: 2005/12/15 A: 2018/01/03					
Area Comune: Offida Distanza (km): 100.0					
Magnitudo Min: 4.0 Max: 10.0 Tipo: Mag					
Profondità (km) Min: ND Max: ND					
Terremoti totali: 107					
Tempo Origine (UTC)	Latitudine	Longitudine	Profondità	Magnitudo	Fonte
21/10/2006 07:04:10	43.628	12.98	36.3	4.2--ML	BULLETIN
30/03/2009 13:38:39	42.321	13.376	9.8	4.0--Mw	BULLETIN
06/04/2009 01:32:40	42.342	13.38	8.3	6.1--Mw	BULLETIN
06/04/2009 01:36:29	42.352	13.346	9.7	4.7--ML	BULLETIN
06/04/2009 01:40:51	42.417	13.402	11	4.1--ML	BULLETIN
06/04/2009 01:41:33	42.377	13.319	8.5	4.0--ML	BULLETIN
06/04/2009 01:41:38	42.364	13.456	8.7	4.3--ML	BULLETIN
06/04/2009 01:42:50	42.3	13.429	10.5	4.2--ML	BULLETIN
06/04/2009 02:37:04	42.36	13.328	8.7	4.9--Mw	BULLETIN
06/04/2009 03:56:46	42.335	13.386	9.3	4.3--Mw	BULLETIN
06/04/2009 07:17:10	42.356	13.383	9	4.1--Mw	BULLETIN
06/04/2009 16:38:10	42.363	13.339	10	4.3--Mw	BULLETIN
06/04/2009 23:15:37	42.463	13.385	9.7	5.0--Mw	BULLETIN
07/04/2009 09:26:29	42.336	13.387	9.6	4.9--Mw	BULLETIN
07/04/2009 17:47:37	42.303	13.486	17.1	5.4--Mw	BULLETIN
07/04/2009 21:34:30	42.364	13.365	9.6	4.3--Mw	BULLETIN
09/04/2009 00:53:00	42.489	13.351	11	5.2--Mw	BULLETIN
09/04/2009 03:14:52	42.335	13.444	17.1	4.2--Mw	BULLETIN
09/04/2009 04:32:45	42.445	13.434	9.8	4.1--Mw	BULLETIN
09/04/2009 19:38:17	42.504	13.35	9.3	5.0--Mw	BULLETIN
13/04/2009 21:14:24	42.498	13.377	9	4.8--Mw	BULLETIN
23/04/2009 15:14:08	42.247	13.484	10.3	4.0--ML	BULLETIN
23/04/2009 21:49:01	42.228	13.486	9.7	4.2--Mw	BULLETIN
22/06/2009 20:58:40	42.445	13.354	13.8	4.4--Mw	BULLETIN
12/07/2009 08:38:51	42.328	13.379	10.1	4.2--Mw	BULLETIN
20/09/2009 03:50:17	43.399	13.418	37.8	4.5--Mw	BULLETIN
10/01/2010 08:33:36	43.119	13.445	16.9	4.0--ML	BULLETIN
12/01/2010 08:25:11	43.119	13.451	17.1	4.1--Mw	BULLETIN
12/01/2010 13:35:45	43.135	13.433	18.1	4.1--Mw	BULLETIN
28/08/2010 07:08:03	42.834	12.654	6.7	4.1--Mw	BULLETIN
05/12/2012 01:18:20	42.915	13.662	17.5	4.0--ML	BULLETIN

21/07/2013 01:32:24	43.509	13.723	7.9	4.9--Mw	BULLETIN
21/07/2013 03:07:24	43.503	13.715	8.6	4.0--ML	BULLETIN
22/08/2013 06:44:52	43.539	13.724	8.9	4.2--Mw	BULLETIN
29/05/2015 13:07:56	42.965	14.384	14.6	4.2--Mw	BULLETIN
24/08/2016 01:36:32	42.698	13.234	8.1	6.0--Mw	BULLETIN
24/08/2016 01:37:27	42.712	13.253	9	4.5--ML	BULLETIN
24/08/2016 01:56:01	42.601	13.276	7.7	4.3--Mw	BULLETIN
24/08/2016 02:33:29	42.792	13.151	8	5.3--Mw	BULLETIN
24/08/2016 03:40:11	42.614	13.244	10.7	4.1--Mw	BULLETIN
24/08/2016 04:06:51	42.771	13.124	6.2	4.4--Mw	BULLETIN
24/08/2016 11:50:31	42.82	13.16	9.8	4.5--Mw	BULLETIN
24/08/2016 17:46:09	42.659	13.215	10.3	4.2--Mw	BULLETIN
24/08/2016 23:22:06	42.654	13.21	11.8	4.0--Mw	BULLETIN
25/08/2016 03:17:17	42.745	13.193	9	4.3--Mw	BULLETIN
25/08/2016 12:36:05	42.6	13.282	7.5	4.4--Mw	BULLETIN
26/08/2016 04:28:26	42.605	13.292	8.7	4.8--Mw	BULLETIN
27/08/2016 02:50:59	42.843	13.238	7.8	4.0--Mw	BULLETIN
28/08/2016 15:55:35	42.823	13.232	8.7	4.2--Mw	BULLETIN
03/09/2016 01:34:12	42.77	13.132	8.9	4.2--Mw	BULLETIN
03/09/2016 10:18:51	42.861	13.217	8.3	4.3--Mw	BULLETIN
16/10/2016 09:32:35	42.748	13.176	9.2	4.0--Mw	BULLETIN
26/10/2016 17:10:36	42.88	13.128	8.7	5.4--Mw	BULLETIN
26/10/2016 19:16:57	42.879	13.157	8.4	4.3--ML	SURVEY
26/10/2016 19:18:06	42.909	13.129	7.5	5.9--Mw	BULLETIN
26/10/2016 21:42:02	42.863	13.121	9.9	4.5--Mw	BULLETIN
27/10/2016 03:19:27	42.843	13.143	9.2	4.0--Mw	BULLETIN
27/10/2016 03:50:24	42.984	13.12	8.7	4.1--Mw	BULLETIN
27/10/2016 08:21:46	42.873	13.097	9.4	4.3--Mw	BULLETIN
27/10/2016 17:22:23	42.839	13.099	9	4.2--Mw	BULLETIN
29/10/2016 16:24:33	42.811	13.095	10.9	4.1--Mw	BULLETIN
30/10/2016 06:40:17	42.832	13.111	9.2	6.5--Mw	BULLETIN
30/10/2016 06:41:17	42.772	13.136	9.3	4.3--ML	BULLETIN
30/10/2016 06:43:09	42.767	13.138	9.7	4.0--ML	BULLETIN
30/10/2016 06:44:31	42.855	13.085	8.3	4.4--ML	BULLETIN
30/10/2016 06:55:54	42.751	13.231	10.9	4.1--ML	BULLETIN
30/10/2016 06:56:06	42.799	13.108	10.5	4.2--ML	BULLETIN
30/10/2016 07:01:33	42.777	13.223	9.4	4.0--ML	BULLETIN
30/10/2016 07:05:56	42.796	13.161	9.1	4.1--ML	BULLETIN
30/10/2016 07:06:45	42.874	13.057	9.9	4.1--ML	BULLETIN
30/10/2016 07:07:54	42.715	13.188	10.2	4.1--ML	BULLETIN
30/10/2016 07:08:35	42.713	13.142	9.9	4.2--ML	BULLETIN
30/10/2016 07:13:05	42.693	13.226	10.6	4.2--ML	BULLETIN
30/10/2016 07:34:48	42.927	13.133	9.5	4.0--ML	BULLETIN
30/10/2016 07:38:59	42.682	13.157	10.7	4.0--ML	BULLETIN
30/10/2016 08:35:59	42.837	13.079	10.3	4.3--Mw	BULLETIN

30/10/2016 11:21:09	43.062	13.066	7.7	4.0--Mw	BULLETIN
30/10/2016 11:58:17	42.845	13.057	9.8	4.0--Mw	BULLETIN
30/10/2016 12:07:00	42.842	13.076	9.7	4.5--Mw	BULLETIN
30/10/2016 13:34:54	42.806	13.166	9.6	4.1--Mw	BULLETIN
30/10/2016 18:21:09	42.782	13.15	8.5	4.0--Mw	BULLETIN
31/10/2016 03:27:40	42.761	13.086	10.6	4.0--Mw	BULLETIN
31/10/2016 07:05:45	42.839	13.126	9.5	4.0--Mw	BULLETIN
01/11/2016 07:56:40	42.99	13.135	8.3	4.8--Mw	BULLETIN
01/11/2016 18:03:08	42.8	13.157	9.4	4.0--ML	BULLETIN
03/11/2016 00:35:01	43.028	13.049	8.1	4.7--Mw	BULLETIN
12/11/2016 14:43:34	42.719	13.206	9.8	4.1--Mw	BULLETIN
14/11/2016 01:33:44	42.859	13.156	10.9	4.1--ML	BULLETIN
29/11/2016 16:14:03	42.529	13.28	11.1	4.4--Mw	BULLETIN
11/12/2016 12:54:53	42.905	13.118	8.5	4.3--ML	BULLETIN
18/01/2017 09:25:40	42.545	13.277	10	5.1--Mw	BULLETIN
18/01/2017 10:14:10	42.531	13.284	9.6	5.5--Mw	BULLETIN
18/01/2017 10:15:33	42.528	13.285	8.8	4.7--ML	BULLETIN
18/01/2017 10:16:40	42.538	13.268	8.2	4.6--ML	BULLETIN
18/01/2017 10:24:14	42.581	13.311	8.7	4.0--ML	BULLETIN
18/01/2017 10:25:24	42.503	13.277	9.4	5.4--Mw	BULLETIN
18/01/2017 10:39:25	42.533	13.271	10.3	4.1--ML	BULLETIN
18/01/2017 11:07:37	42.62	13.256	10.7	4.1--Mw	BULLETIN
18/01/2017 13:33:37	42.473	13.275	9.5	5.0--Mw	BULLETIN
18/01/2017 15:16:10	42.6	13.288	9	4.3--Mw	BULLETIN
18/01/2017 19:32:32	42.581	13.233	10.9	4.2--Mw	BULLETIN
03/02/2017 03:47:56	42.993	13.02	7.1	4.0--Mw	BULLETIN
03/02/2017 04:10:05	42.992	13.017	7.1	4.2--Mw	BULLETIN
27/04/2017 21:16:59	42.957	13.046	7.9	4.0--Mw	BULLETIN
27/04/2017 21:19:43	42.952	13.047	7.9	4.0--Mw	BULLETIN
22/07/2017 02:13:08	42.567	13.326	13.3	4.0--Mw	BULLETIN
03/12/2017 23:34:11	42.624	13.325	7.6	4.0--Mw	BULLETIN

<http://iside.rm.ingv.it/iside/standard/result.jsp?page=EVENTS#result>



<http://iside.rm.ingv.it/iside/standard/gmaps.jsp?gmaps=1&page=EVENTS#result>

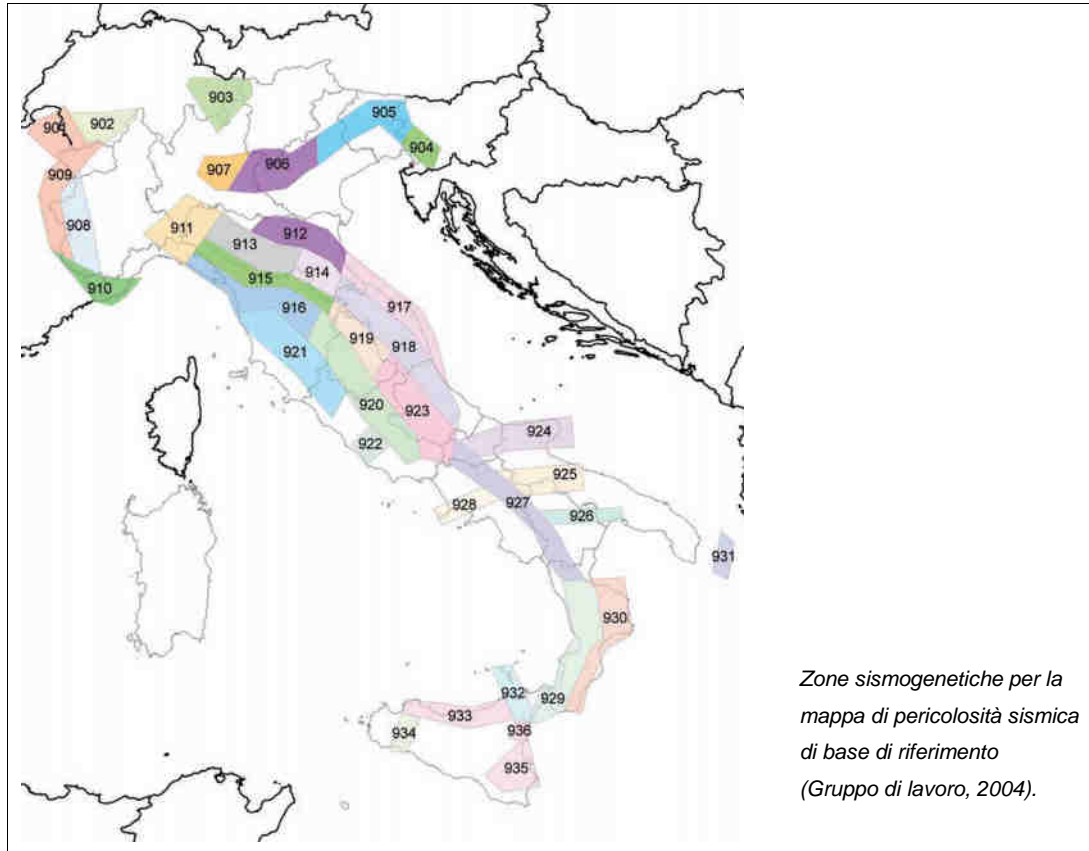
2.3. Pericolosità sismica di base

La “pericolosità sismica di base” costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. In tale contesto, viene descritta in modo da renderla compatibile con le NTC2008 e da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali, utilizzabile per la microzonazione sismica.

I risultati sono forniti in termini di valori di accelerazione orizzontale massima attesa ag (PGA), in condizioni di campo libero su suolo rigido orizzontale in corrispondenza dei nodi di un reticolo distanti meno di 10 km, che permettono di definire gli spettri di risposta elastici in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento ad una prefissata probabilità di superamento in 50 anni e/o periodo di ritorno T_R di riferimento paria a 475 anni.

A tal proposito il territorio del Comune di Offida si trova all’interno della zona 918 (Medio-Marchigiana/Abruzzese) della zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti e Valensise 2004), come rappresentato nella figura sottostante.

Essa rappresenta una delle tre zone in cui è scomposta la fascia che da Parma si estende fino all’Abruzzo. In tale zona si verificano, prevalentemente terremoti distensivi, talora meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità delle strutture longitudinali.



Caratterizzata da terremoti storici che raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo oltrech  da alcune sorgenti “silenti” (Monti della Laga) legate a fagliazione normale.

Per quanto riguarda la profondit  efficace, ovvero lo strato sismogenetico inteso come intervallo di profondit  nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti, le analisi individuano un valore pari a 13 Km a cui   associato una classe di profondit  compreso tra 12 e 20 Km.

I dati pubblicati dal Gruppo di Lavoro dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (marzo 2004) evidenziano una massima magnitudo attesa nella zona   $M = 6,37$ (“Indirizzi e criteri per microzonazione sismica”, I.C.M.S. 2009).

La lista dei principali eventi sismici occorsi nell'area in esame riportati nelle tabelle tuttavia mostra che tutti i terremoti elencati sono caratterizzati da Magnitudo inferiore, tranne quello della sequenza sismica di ottobre 2016 che ha interessato i Comuni della provincia Ascolana avente Magnitudo pari a 6,5.

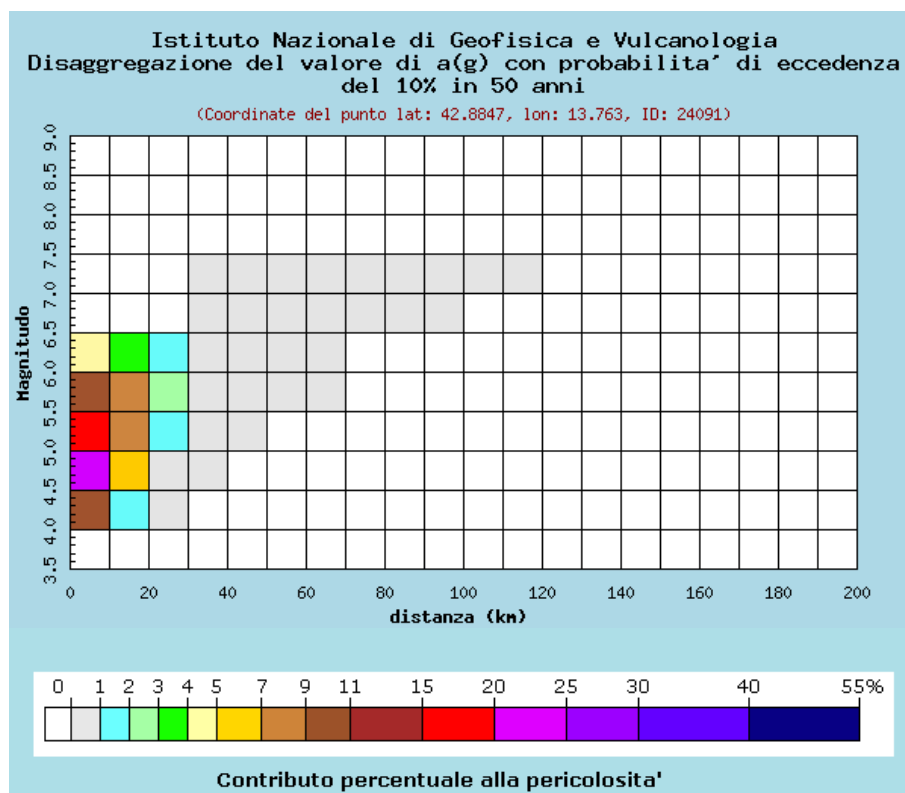
A quanto sopra si devono sovrapporre gli effetti di disaggregazione della pericolosit  (McGuire, 1995 et alii) la quale permette di valutare i contributi delle diverse sorgenti sismiche (nodi) alla pericolosit  di un sito.

Essa definisce statisticamente il terremoto che domina lo scenario di pericolosit  inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce

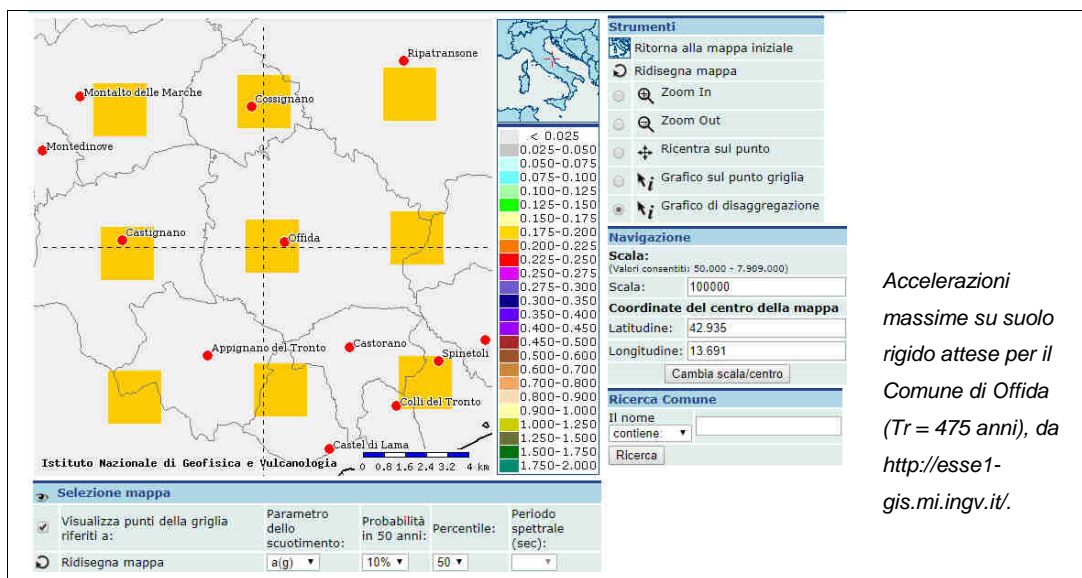
maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso, che per il comune di Offida è rappresentato dal terremoto avente una magnitudo $M_w = 5,260$, originato da sorgenti sismiche distanti circa 10,700 Km con deviazione standard $\varepsilon=0,865$.

Più in generale dalla carta si evince che i terremoti più probabili attesi (probabilità compresa tra il 15% e il 20%) hanno una Magnitudo compresa tra 5.0 e 5.5 e distanze epicentrali inferiori a 10 km; tuttavia sono possibili, sempre alla stessa distanza, terremoti di Magnitudo anche maggiore di 5,5 fino a 6,5 con una probabilità inferiore al 5%.

Queste indicazioni sono in buon accordo con quanto avvenuto durante la sequenza sismica dell'ottobre 2016.

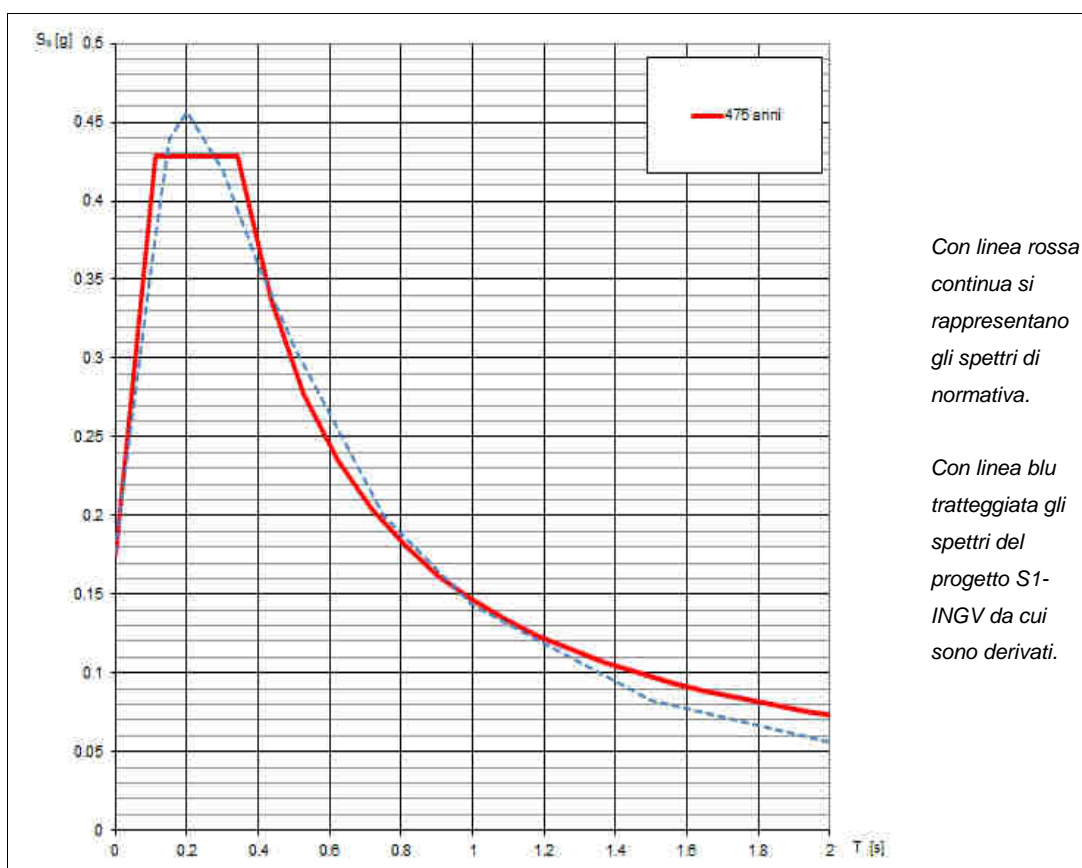


Per quanto riguarda le accelerazioni di progetto per il territorio del Comune di Offida (AP), nella figura sotto sono rappresentate le accelerazioni massime attese su suolo rigido (PGA0) di riferimento secondo le Norme Tecniche Italiane, NTC 2008, relative ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni, ovvero tempo di ritorno pari a $T_r = 475$ anni: si notino accelerazioni attese variabili tra 0,175g e 0,200g.



Accelerazioni massime su suolo rigido attese per il Comune di Offida ($T_r = 475$ anni), da <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>.

Lo spettro di risposta in accelerazione rappresentativo del moto sismico atteso per il Comune di Offida, per un periodo di ritorno di 475 anni e su suolo di riferimento rigido, secondo gli "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica" nella Regione Marche per la pianificazione territoriale ed urbanistica è ancorato a 0,1760g.



Si ricorda inoltre che i valori di scuotimento attesi al sito costituiscono la base della classificazione sismica del territorio italiano diviso in quattro zone contraddistinte da differenti valori di PGA.

La Regione Marche con DGR n.1046/CMF del 29/07/2003 ha recepito la nuova classificazione sismica del territorio nazionale ai sensi del OPCM n. 3274/2003, dalla quale risulta che il territorio di Offida, avendo un'accelerazione orizzontale compresa tra 0,175 e 0,200 è stato riclassificato come appartenente alla **Zona Sismica 2** (*Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti*) con accelerazione di picco pari a **PGA fra 0,15 e 0,25g**.

Zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g/g]
1	> 0,25
2	0,15 - 0,25
3	0,05 – 0,15
4	< 0,05

Valori di PGA per le varie zone

3. ASSETTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO

3.1. Inquadramento Geologico

L'inquadramento geologico-strutturale su area vasta prevede una collocazione nella zona esterna dell'Appennino umbro-marchigiano, all'interno del settore meridionale del bacino periadriatico marchigiano-abruzzese (Fig.1), costituente un segmento della catena neogenica a pieghe e sovrascorrimenti, sviluppatisi a est del fronte del Cervarola.

All'inizio del Miocene il dominio umbro-marchigiano cominciava a essere interessato dagli effetti degli sforzi compressivi attivi nelle aree più occidentali assumendo via via i caratteri di un'avanfossa torbida, mentre la morfologia del fondo veniva continuamente modificata e articolata in depressioni e dorsali spesso bordate da faglie sin sedimentarie.

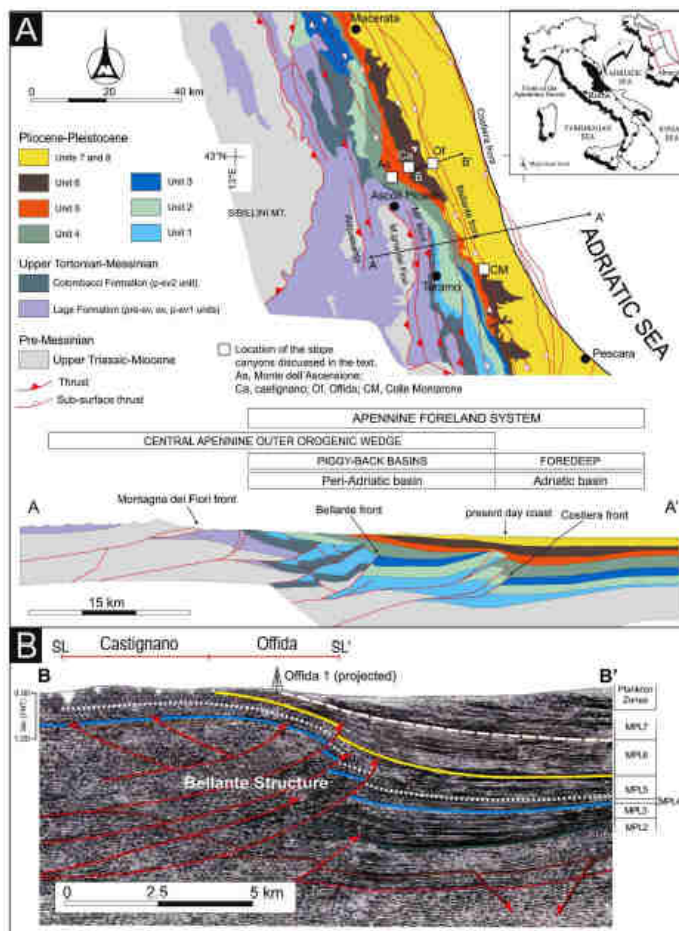


Fig1 A

Mappa tettonica generale del settore italiano centro orientale mostrante l'area in studio

Fig1 B

Linea sismica 2-D sudovest-nordest (FTR-19-81) che mostra a larga scala la struttura clinorforme progradante verso est nel bacino peri-adriatico durante il Pleistocene

Alla fine del Pliocene Inferiore, la strutturazione della catena a thrust dell'Appennino era quasi completa (Centamore e Nisio, 2003). Successivamente, dal Pliocene medio al Pleistocene inferiore, la porzione assiale interna della catena emerse come un dominio continentale, mentre ad est nel Bacino periadriatico persisteva ancora un ambiente marino (Centamore e Nisio, 2003).

Tale bacino era collocato sulla crosta continentale della placca adriatica in subduzione ed è esterno alla catena a pieghe e sovrascorrimenti dell'Appennino.

La subduzione passiva verso ovest della placca adriatica sotto la catena era accompagnata da sovrascorrimenti attivi verso est e verso nord che persistevano dal tardo Messiniano al Pliocene finale e, a luoghi, al Pleistocene inferiore (Coward et al., 1999).

La fisiografia del bacino era eredità del complesso sistema di "imbricate fan thrust" del Pliocene inferiore (Ori et al., 1991) e la sua evoluzione era controllata da alcuni elementi strutturali presenti in questo sistema. Tali elementi strutturali sono rappresentati da due dorsali che da ovest verso est sono: la dorsale interna o dorsale Agugliano-Ortezzano-Bellante e la dorsale costiera. Queste due dorsali, che hanno un andamento approssimativo nord-sud, sono situate alla testa di due thrust principali e rappresentano due rampe anticlinali scollate al livello delle evaporiti del Messiniano che dividono l'avanfossa (senso lato) in due distinti ambienti deposizionali: i bacini interni di piggy back limitati sui entrambi i lati, e passivamente trasportati, da sovrascorrimenti attivi, e da una più esterna e poco deformata avanfossa (s.s.) (Ori e Friend, 1984).

Lo sviluppo progressivo delle due dorsali controllava l'evoluzione paleogeografica, la geometria dei sistemi deposizionali e la dispersione detritica all'interno del Bacino periadriatico (Ori et al., 1991; Bigi et al., 1997a, b, 1999a, b). Inoltre, associati a queste dorsali, sono presenti alcuni sistemi di faglie trasversali e oblique, spesso sovrimposte su elementi strutturali pre-esistenti che suddividono il bacino periadriatico in cinque diversi settori, ciascuno avente una propria evoluzione tettonica e sedimentaria (Bigi et al., 1996, 1997a, b, 1999b). La successione Plio-pleistocenica marina del bacino Periadriatico presenta numerose facies e spessori variabili, sia verticali che orizzontali, da un settore all'altro. Queste variazioni sono strettamente legate agli effetti della tettonica sin-sedimentaria, del progressivo tilting verso est, e all'interazione di questi due processi con il sollevamento della catena.

Il bacino registra i riempimenti con struttura piggy-back orientato N-S localizzato a est dell'accrezione a pieghe e sovrascorrimenti della catena Appenninica durante il Gelasiano (2.588-1.806 Ma). In questo periodo, grandi volumi di ghiaie, sabbie e argille derivanti dall'erosione dell'emergente catena appenninica sono distribuiti lungo il bacino attraverso un gran numero di canali erosivi. Questi sedimenti granulari canalizzati, sono preservati in una serie di affioramenti che registrano le successioni dei vari processi torbiditici che li hanno prodotti, mostrando un'ottima prospettiva di studio dei vari sistemi deposizionali.

Le facies analizzate suggeriscono una grande varietà di flussi di densità guidati in maggior parte da processi gravitativi che in molti casi si sviluppano con trasporto e sedimentazione dentro il canyon sottomarino con processi di slumps, debris-flow coesivi, e correnti torbiditiche caratterizzate da trasporto solido di alta e bassa densità. Nel

presente paragrafo vengono illustrate, per ognuna delle aree rilevate, le principali caratteristiche geologiche, litostratigrafiche, tettoniche e geomorfologiche desunte dai rilievi di campagna eseguiti dei terreni presenti.

3.2. Assetto geomorfologico

Dal punto di vista geomorfologico il territorio evidenzia tutte le caratteristiche tipiche delle valli fluviali marchigiane, dove i corsi d'acqua, superata la dorsale esterna, si distendono in vaste pianure alluvionali. Il fiume Tronto, proveniente da ovest, oltrepassata la formazione della Laga, ha potuto tracciare il proprio corso su terreni costituiti da materiali più erodibili, che hanno permesso la modellazione dell'estesa valle fluviale che ora si presenta con una morfologia fortemente arrotondata tipica dei paesaggi della fascia collinare marchigiana.

Tale fascia, che si estende fino al Mare Adriatico, mostra oltre alla successione marina plio-pleistocenica anche forme del rilievo derivanti dal suo assetto tettonico di blanda monoclinale con debole inclinazione verso Nord-Est.

L'azione della gravità e quella delle acque correnti superficiali, incanalate e non, sono le maggiori responsabili della produzione di forme e depositi. Facilitata e accelerata dalle diverse caratteristiche meccaniche di resistenza di gran parte del materiale costituente l'area in esame, si possono avere differenti tipi di evoluzione del rilievo generalmente in funzione del fattore strutturale.

Sui versanti a reggipoggio, più resistenti alla degradazione per effetto di movimenti di massa, specie dove l'esistenza di livelli meno erodibili alla sommità del versante argilloso, costituendo un vincolo al progressivo abbassamento dell'angolo di pendio, garantisce il mantenimento di un'elevata acclività, assumono prevalente importanza i processi morfogenetici legati all'azione delle acque correnti superficiali incanalate che favoriscono fenomeni di erosione lineare e lo sviluppo di morfotipi calanchivi.

Nelle zone dove si combinano negativamente le scadenti caratteristiche meccaniche dei terreni affioranti, l'azione di agenti di degradazione, le cause antropiche e la disposizione degli strati a franapoggio o trasverso poggio, si vengono a creare le condizioni per cui la gravità costituisce uno degli agenti morfogenetici più importanti nel modellamento del rilievo.

In ragione della natura prevalentemente coesiva delle coperture, sono stati rilevati movimenti gravitativi a evoluzione lenta e durevole nel tempo, interessanti talora interi versanti e coinvolgenti volumi di terreno a diverse profondità.

Nello specifico sono stati rilevati movimenti superficiali fino a una profondità di 3-4 m inquadrabili in frane per colamento con corona/nicchia incerta e superfici di scivolamento comprese tra 10-20 m.

3.3. Assetto stratigrafico

La definizione dell'assetto stratigrafico dell'unità affioranti e relative caratteristiche litotecniche è avvenuta sulla base delle informazioni provenienti dal rilevamento geologico correlato con i dati geotecnici reperiti e quelli di nuova esecuzione.

La classificazione delle unità lito-tecniche è avvenuta sulla base delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni, distinti in due insiemi: uno relativo ai terreni che costituiscono il substrato e l'altro relativo ai terreni della copertura.

- UNITÀ DEL SUBSTRATO

Unità litotecnica “ALS”:

Per unità litotecnica ALS intendiamo substrato geologico costituito da un'alternanza di litotipi stratificati, appartengono a tali unità la litofacies pelitico arenacea (FAA5e) e quella arenaceo pelitica (FAA5d).

Questa unità litotecnica è la più cospicua e volumetricamente importante dentro la successione di riempimento del canyon di Offida e affiora con successioni spesse sino a 40 m. Questa unità può essere tuttavia differenziata in due parti, una superiore ed una inferiore, distinte dalla differenza di spessori degli strati e dalla relativa abbondanza di sabbia.

Il pacco inferiore (FAA5d) è costituito principalmente da strati medi di arenarie con spessori tra 5 e 30 cm, i quali sono intercalati da strati millimetrici argilloso-siltosi. I contatti basali di alcuni di essi possono mostrare superfici planari non erosive. Negli affioramenti osservabili, essi mostrano una continuità laterale e una persistenza nel senso della lunghezza mentre in senso verticale lo spessore può variare mostrando una forma di tipo lenticolare a scala dell'affioramento. In alcune località, questi sedimenti si mostrano associati a piccoli intervalli di pacchi di strati dello spessore dai 2 agli 8 cm composti di arenarie molto fini e siltiti grigio azzurre laminate. Le lamine sono di spessore a scala millimetrica e sono differenziate sia nel colore sia nella grandezza dei granuli. Gli strati arenacei, con spessori che variano da 2 a 10 cm mostrano internamente delle strutture trattive quali laminazioni parallele, incrociate e ripples.

Questo pacco di strati sfuma gradando verso l'alto con conformazioni di strati da sottili a molto sottili di arenarie molto fini alternate in vari gradi da strati di argille con strutture a wavy bedding pattern.

La predominanza di laminazioni parallele e ripples sommitali costituiti da sedimenti molto fini indicano che questa litofacies è il prodotto di una corrente torbida di bassa densità. La gradazione da fine a molto fine con un trend dal basso verso l'alto suggerisce una sempre maggiore diluizione della corrente di torbida. I lati dei

ripples i quali raggiungono solo basse pendenze poco percettibili indicano che l'energia di sedimentazione non era alquanto elevata.

I lembi più argillosi alternati a strati sottili più arenacei possono essere correlati alla coda di sedimentazione della corrente di torbida mentre la parte superiore, più fine e laminata può corrispondere alla sequenza "Td" di Bouma interpretabile come una corrente di torbida con trasporto di carico solido di una miscela di sabbie e silt.



Unità litotecnica “GRS”:

Per unità litotecnica GRS intendiamo substrato geologico granulare, cementato e stratificato, costituita dalla litofacies arenacea (FAA5c) e dalla litofacies conglomeratica (FAA5b).

La litofacies arenacea è costituita da lenti arenacee con spessori di circa 10 m con sottili intercalazioni di strati fini argillosi. I contatti basali mostrano una morfologia aspra con superfici piatte o lievemente ondulate. Gli strati centimetrici di argille intercalate nella formazione presentano una continuità laterale limitata a causa dell'erosione che ha formato zone in cui le due litologie risultano amalgamate. In affioramento mostrano una geometria tabulare e una buona continuità laterale direttamente riscontrabile nelle mappe geologico-morfologiche.

I sedimenti di questa litofacies, i quali includono strati sottili di arenarie molto fini, parzialmente amalgamati possono essere considerati frutto di una sedimentazione che riflette un rapido collasso di correnti di torbida ricche in sabbie.

I depositi mostrano strutture trattive quali laminazioni parallele, corrispondenti a una sedimentazione successiva di tipo decantativo a bassa energia (Lowe).

Gli strati fini argillosi intercalati in questa litofacies corrispondono a correnti di torbida diluite ricche in componente argillosa.



La litofacies conglomeratica, forma dei corpi complessi con spessori intorno ai 22 m ed è composta da conglomerati clastosostenuti con minori intercalazioni decimetriche di strati argillosi e sabbiosi.

L'unità conglomeratica è generalmente spessa o molto spessa e i clasti sono poveramente assortiti e presentano una forma arrotondata. La matrice è composta da sedimenti molto fini sabbiosi-argilloso siltosi. I clasti hanno una composizione litologica con un range fortemente differenziato (selci, marne, calcareniti, arenarie e argilliti) provenienti dall'erosione della successione dal tardo giurassico fino al Miocene esposta negli adiacenti appennini. L'assortimento è generalmente povero e la forma dei clasti varia da sferica a sferoidale allungata.

La geometria degli strati è molto variabile da tabulare a lenticolare, con frequenti interruzioni laterali e verticali e troncature dovute a frequenti episodi di amalgamazione. La struttura è prevalentemente massiva, anche se a luoghi, è presente una gradazione da normale ad inversa. In alcuni casi i clasti presentano un'evidente imbriciatura in cui è possibile determinare la direzione del paleoflusso. Alcune parti di questa formazione includono lenti di arenarie con spessori intorno ai 50 cm e con una lunghezza inferiore ai 10 m. Questi strati normalmente presentano una superficie erosiva di contatto basale mentre a luoghi il passaggio è gradato e difficilmente definibile.

Il diverso grado delle strutture sedimentarie e la gradazione suggeriscono che la maggior parte dei clasti erano supportati dagli effetti combinati di flussi turbolenti e pressioni idrostatiche dispersive. La deposizione è avvenuta rapidamente dentro canali scavati da correnti di torbida molto energetiche e con un carico di trasporto elevato. I set a larga scala di strati conglomeratici rappresentano le parti in accrezione dei margini del canale.





Unità litotecnica “COS”:

Per unità litotecnica COS intendiamo substrato geologico coesivo, sovraconsolidato e stratificato costituito da litofacies pelitica laminate (FAA5f) e litofacies pelitica (FAA5).

La litofacies peliti laminate è costituita in gran parte da argille con struttura interna disorganizzata. Generalmente è composta da due depositi distinti che rapidamente sfumano uno sull'altro sia in senso verticale che orizzontale e la differenziazione tra i due non è sempre chiara: pacchi multipli di argille laminate talora ciottolose con rare concentrazioni di clasti ben arrotondati e assortiti, immersi in una matrice fangosostenuta e pacchi composti da successioni di strati sottili di sabbie e argille a luoghi fortemente caotici e deformati. Lo spessore della singola unità varia da 5 a 35 m. Tipicamente, il suo contatto basale è aspro e forma piccoli rilievi, mentre il contatto superiore a luoghi mostra la superficie di contatto erosionale. In affioramento, questa litofacies è poco esposta a causa della vegetazione che su di essa si forma e che recede con il contatto con i conglomerati e/o le sabbie.

Prendendo in considerazione il suo carattere disorganizzato e la sua composizione prevalentemente fanghiva questa litofacies è interpretabile come composizione tra slumping intraformazionali e depositi coesivi di debris flow prodotti dal disfacimento e da disaggregazione di sedimenti semiconsolidati di tipo argilloso. La deformazione e la spinta idrostatica hanno supportato i clasti immersi nella matrice argillosa durante un flusso di tipo laminare con un basso valore di mescolamento.



La litofacies pelitica (FAA) è composta da una successione monotona di argille grigio azzurre massive o debolmente stratificate con rare intercalazioni di sottili strati di sabbie fine spesse meno di 10 cm. Questi sedimenti sono spesso dissestati da forti erosioni che formano estensive forme calanchive.

Questi sedimenti documentano una deposizione in un ambiente di bassa energia dove la sospensione delle particelle emipelagiche costituiscono la parte dominante dei depositi. Le intercalazioni sabbiose sono interpretate come il prodotto d'inusuali eventi torbiditici costituiti da correnti confinate molto piccole e diluite. Questa litofacies rappresenta l'ammasso alla base del bacino di sedimentazione del canyon.



- UNITÀ DELLA COPERTURA

Unità litotecnica “ML”

Depositi Eluvio-Colluviali caratterizzati da sedimenti a granulometria mista e indistinta con prevalenza di limi argillosi e limi sabbiosi, in assenza di stratificazione aventi una consistenza da bassa a medio bassa.

Coprono a mantello indistintamente i substrati dell'area e si concentrano in spessori maggiori nell'intestazione degli impluvi o dei fossi che si collegano alla dorsale.

Gli affioramenti sono molto sporadici e mal conservati; la natura del deposito è prevalentemente limosa e subordinatamente argilloso-sabbioso, m. nella maggior parte dei casi lo spessore non è direttamente determinabile.

Unità litotecnica “GM”

Depositi Alluvionali messi in posto dai Fossi collettori in Epoca olocenica. Sono sedimenti a granulometria mista e indistinta con prevalenza di ghiaie e sabbie in matrice limosa, con stratificazione piano parallela.

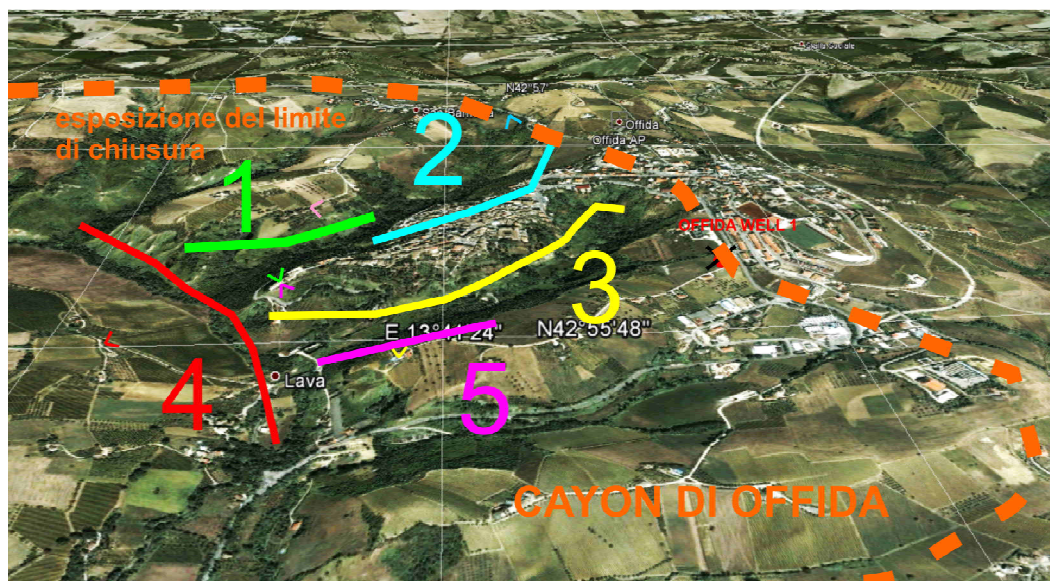
Prevalentemente sciolti e mediamente addensati con spessori variabili inferiori a 9,0 m, sono la sede della falda acquifera di subalveo.

3.4. Elementi tettonici

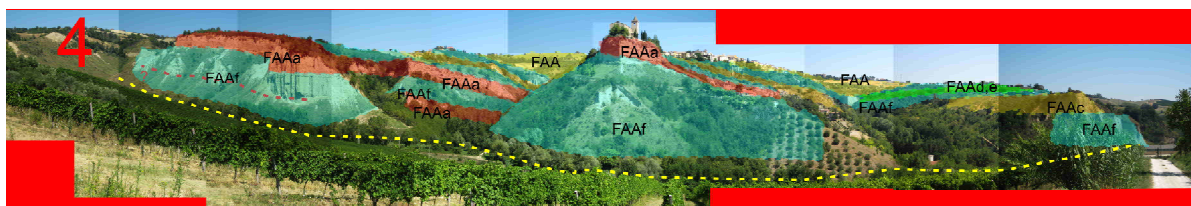
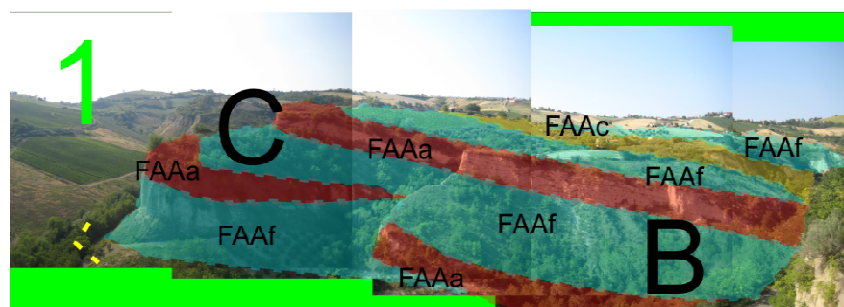
Nello specifico, l'area di Offida può essere divisa in due zone separate da un importante elemento tettonico a direzione WNW-ESE, il quale mette a contatto i terreni pelitico-arenaceo-conglomeratici della successione torbiditica (ovest) con quelli essenzialmente pelitico-argillosi della formazione delle Argille Azzurre (est).

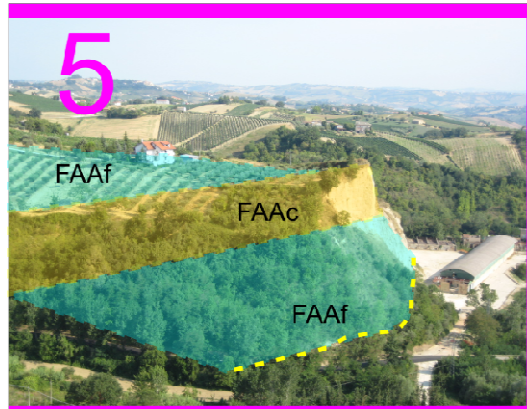
Tale elemento tettonico, mostrato in figura A1 con una linea gialla tratteggiata, mostra un pattern particolare, che può essere associato alla deformazione superficiale dovuta al fronte del Thrust Jesi-Nereto-Zaccheo.

Tale fronte, si evolve verso la superficie enucleandosi a ventaglio a ogni passaggio litologico e si mostra, quindi, come una serie di lineamenti che presentano un pattern “ordinato”.



GOOGLE EARTH IMAGE, VIENE INDICATA LA ZONA DEL CUNEO TORBIDITICO, L'UBICAZIONE DELLE FOTO E DEL POZZO OFFIDA WELL1





Nell'immagine Dem e nel diagramma a rosa (Fig.A1) vengono messi in evidenza i pattern dei lineamenti tettonici i quali presentano direzioni principali N 100°-130°, N 050°-080° e N 160°-170°.

I due trend principali, il primo con direzione WNW-ESE (linee gialle tratteggiate) e il secondo con direzione NW-SE (linee verdi tratteggiate) possono essere interpretati come strutture relazionate al processo endogeno di thrusting protrattosi dal Miocene fino al tardo Calabriano.

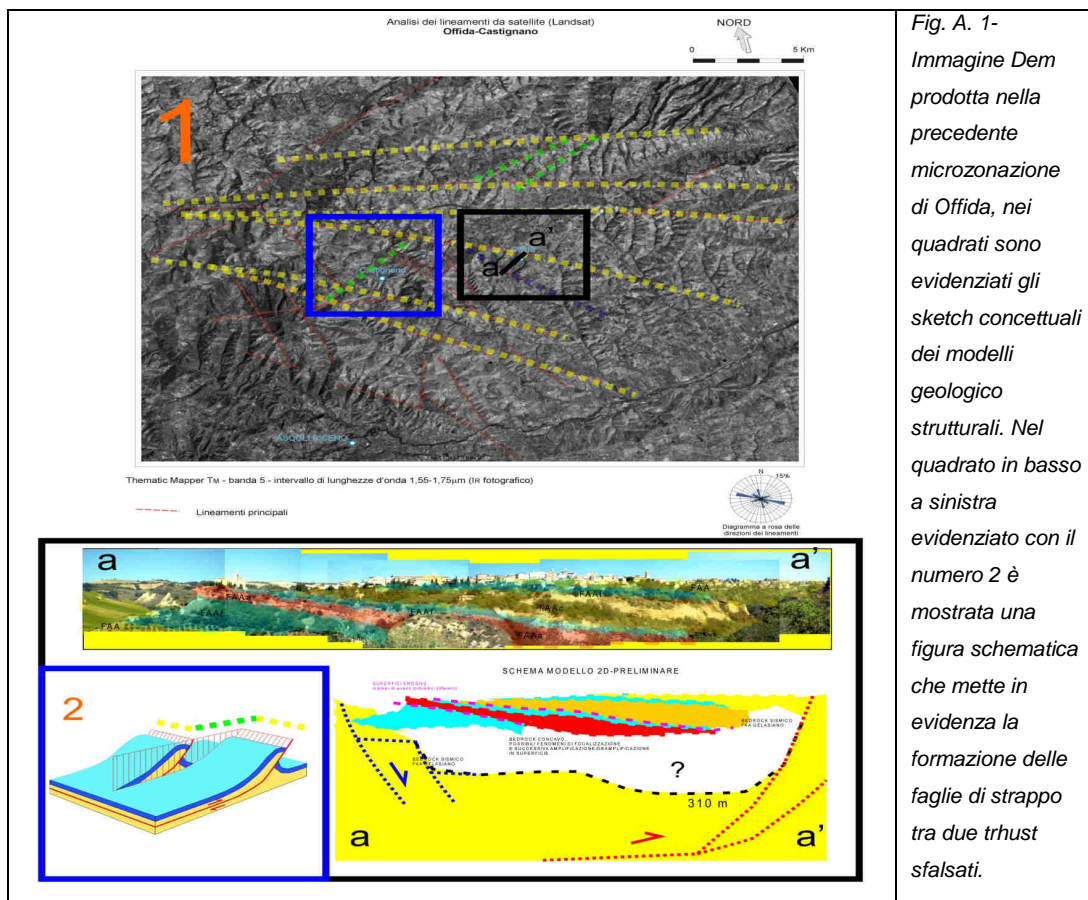


Fig. A. 1- Immagine Dem prodotta nella precedente microzonazione di Offida, nei quadrati sono evidenziati gli sketch concettuali dei modelli geologico strutturali. Nel quadrato in basso a sinistra evidenziato con il numero 2 è mostrata una figura schematica che mette in evidenza la formazione delle faglie di strappo tra due thrust sfalsati.

Gli elementi tettonici sopra descritti e le considerazioni del timing geologico, mettono in luce come i processi tettonici hanno regolato la direzione dei flussi torbiditici, fornendo una via preferenziale di scorrimento sulle zone di incipiente fratturazione e fagliazione.

Nell'area di Offida, la sequenza torbiditica si è sviluppata su di un canyon impostatosi sul fianco di un segmento di thrust emergente.

Tale segmento, successivamente alla cessazione del thrust, si è sviluppato come una faglia normale o normal transtensiva immergente a W-SW.

Dalle considerazioni che possono essere tratte, attraverso un'interpretazione di recenti lavori svolti dall'Università di Camerino e da studi effettuati dall'Eni, allo scopo di indagare eventuali sacche metanifere in Reservoir di tipo torbiditico (in particolare il pozzo Offida Well 1. -310 m), si evince che tale pozzo, spinto fino alla profondità di 310 m, ha messo in luce la forte eterogeneità degli spessori delle unità stratigrafiche torbiditiche (da 70 a 310 m) in senso NW-SE.

Tali difformità possono essere spiegate attraverso un approfondimento del Canyon impostatosi su un bacino segmentato dalle faglie (Fig A. sketch concettuale).

Nel complesso, si può affermare che, l'area di Offida è interessata da strutture associate a thrust sviluppatasi dal Miocene fino al Pleistocene medio-inferiore e che a oggi non mostrano segni di attività e sono ricoperte dai depositi più recenti.

3.5. Considerazioni finali sull'architettura stratigrafica e sull'assetto morfologico e strutturale

Ai fini della valutazione delle criticità geologiche che insistono nelle aree investigate, funzionali alla definizione della risposta sismica locale, il rilevamento finalizzato sugli effetti dei terremoti recenti non ha individuato effetti cosismici primari.

Non sono state rilevate fratturazioni dovute faglie sul terreno e/o sulle infrastrutture univocamente riconducibili al sisma recente, né fratturazione evidenti a livello superficiale.

Di contro, riconducibili a effetti cosismici secondari, sono con molta probabilità la riattivazione e/o accelerazione dei movimenti franosi presenti nella porzione est del territorio.

Frane tra l'altro già studiate e censite nel Piano Assetto Idrogeologico del Fiume Tronto.

4 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Le diverse tipologie di indagini geotecniche e geofisiche utilizzate nel presente studio, ed il relativo numero, sono elencate nel seguito. Sono stati complessivamente analizzati i risultati di 151 indagini. Di queste, 21 sono state appositamente realizzate per lo studio di microzonazione sismica di livello 3 mentre, 4 sono state reperite e le restanti 126 provengono dalla banca dati relativa allo studio di microzonazione sismica di livello 1.

4.1. Dati pregressi

La banca dati relativa allo studio di microzonazione sismica di livello 1 ha fornito.

- n.69 sondaggi stratigrafici a distruzione del nucleo con intercettazione del substrato (SDS);
- n.4 sondaggi a carotaggio continuo con intercettazione del substrato, downhole e prelievo di campione (SS-DH-C)
- n.6 sondaggi a carotaggio continuo con intercettazione del substrato e prelievo di campione
- n.30 prove penetrometriche dinamiche pesanti (DP);
- n.12 registrazioni sismiche passive di microtremore a stazione singola (HVSr).
- n.5 stazioni accelerometrica/sismometrica (ACC)

Inoltre sono state reperite le seguenti indagini:

- n.1 sondaggio a carotaggio continuo con intercettazione del substrato (SS);
- n.3 sondaggi stratigrafici a distruzione del nucleo con intercettazione del substrato (SDS);

4.2. Dati acquisiti ex-novo

Il piano d'indagini, approvato in data 10 agosto 2017 dal Centro di Microzonazione Sismica Nazionale e dall'UOT Marche3, ha previsto indagini dirette (sondaggi geognostici) e indirette (prospezioni geofisiche di superficie e in foro)

Tale pianificazione è scaturita dalla conoscenza geolitologica e geomorfologica dell'area di studio, dalla consultazione della Carta delle Indagini della Microzonazione sismica di livello 1, nonché dalla volontà dell'Amministrazione Comunale di localizzare parte degli edifici di interesse strategico. Il piano indagini ha previsto:

- n.2 Masw
- n.17 Hvsr
- n.2 Sondaggi a carotaggio continuo con intercettazione del substrato, downhole e prelievo di campione

4.2.1. Indagine Masw

L'indagine MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), procedura sismica attiva volta alla determinazione della curva di dispersione delle Onde di Rayleigh mediante analisi di correlazione di misure effettuate su antenne sismiche del segnale prodotto da una sorgente artificiale, è stata eseguita dalla Ditta Geos s.n.c. di Jesi (AN).

La finalità ultima è stata la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio Vs ottenuta usando attrezzature e procedure di analisi di seguito elencate:

<i>strumento</i>	<i>acquisitore Seismic Source DAQLink III a 24 canali</i>
<i>acquisizione</i>	<i>24 bit</i>
<i>geofoni</i>	<i>24</i>
<i>sorgente</i>	<i>Mazza 8 Kg</i>
<i>frequenza geofoni</i>	<i>4,5 Hz</i>
<i>frequenza campionamento</i>	<i>500 c/sec</i>
<i>formato dati</i>	<i>Seg2</i>
<i>spaziatura geofoni</i>	<i>2 m</i>
<i>lunghezza registrazione</i>	<i>1sec</i>
<i>schema geometria</i>	<i>Energizzazioni: 01-----02-----03-----04----05*03-----06-----07-----08-----09</i> <i>Ricevitori: 01.....06... ..12.....18.....24(X)</i>
<i>codice di calcolo</i>	<i>SurfSeis ® versione 2.0, Kansas University USA</i>
<i>processing</i>	<i>analisi spettrale in dominio f-k (frequenza numero d'onda).</i>
<i>inversione curva</i>	<i>processo iterativo ai minimi quadrati</i>

4.2.2. Indagine Hvsr

L'indagine HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) prospezione sismica passiva a Stazione Singola volta alla costruzione delle carte delle frequenze di picco nei tre diversi domini, mediante la registrazione del Rumore Sismico Ambientale (Seismic Noise), è stata eseguita dallo scrivente.

<i>strumento</i>	<i>Geobox 3ch 24 bit + ss45 pack</i>
<i>sismometro tipo</i>	<i>Velocimetro</i>
<i>frequenza sismometro</i>	<i>da 4,5 a 0,1 Hz (banda estesa)</i>
<i>sensibilità:</i>	<i>< 1 nanometro/secondo per count</i>
<i>frequenza campionamento</i>	<i>300 Hz simultaneo sui tre canali</i>
<i>interfaccia dati:</i>	<i>RS232 con cavo da 8 metri</i>
<i>fondo scala</i>	<i>150 Hz</i>
<i>durata registrazione</i>	<i>>1800 secondi</i>
<i>windows</i>	<i>30 secondi</i>

<i>smoothing</i>	<i>Konno-Ohmachi con $b=40$</i>
<i>tapering</i>	<i>disabilitato</i>
<i>correzione strumentale</i>	<i>disabilitata</i>
<i>formato file</i>	<i>SAF</i>

4.2.3. Sondaggi a carotaggio continuo

I sondaggi a carotaggio continuo, realizzati secondo le "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche" A.G.I., 1977, sono stati effettuati oltre che per fornire una campionatura completa dei litotipi attraversati, anche per la predisposizione delle prospezioni sismiche Down Hole e per campionare il terreno da sottoporre ad analisi geotecniche di laboratorio.

La ditta Opere Speciali S.r.l., sotto la mia supervisione, in data 28 agosto 2017 ha iniziato la perforazione dei n.2 sondaggi terminata il 30 agosto 2017, seguendo il protocollo di acquisizione dati ed elaborazione relativi alle attività di Microzonazione di Livello III redatto dal Centro per la Microzonazione Sismica.

In particolare si schematizzano le attrezzature e procedure adottate in cantiere.

<i>mezzo d'opera</i>	<i>Perforatrice cingolata Mori M40</i>
<i>tipo di perforazione</i>	<i>Carotaggio continuo</i>
<i>carotiere</i>	<i>Ø 101 mm</i>
<i>profondità</i>	<i>40,00 m</i>
<i>campionatore</i>	<i>a pressione (shelby)</i>
<i>percentuali di recupero</i>	<i>95%</i>
<i>cassette</i>	<i>5 scomparti di 1 m ciascuno con coperchio</i>
<i>fluidi di circolazione</i>	<i>assenti</i>
<i>livello idrico</i>	<i>assente</i>
<i>rivestimento</i>	<i>non necessario</i>
<i>tubo per prospezione</i>	<i>PVC atossico $s=5$ mm e $d_{interno}=79$ mm, con cannetta laterale.</i>
<i>miscela cementizia</i>	<i>100 litri acqua, 30 kg cemento e 5 kg bentonite</i>
<i>verifica foro e tubazione</i>	<i>calata sul fondo e ritiro attrezzo</i>

4.2.4. Indagine DH

L'indagine DH (Down Hole) prospezione sismica attiva volta alla determinazione delle velocità di propagazione delle onde sismiche di volume, di compressione e di taglio a diverse profondità, è stata realizzata dal Dipartimento di Ingegneria Strutturale Edile e Geotecnica (DISEG) di Torino in data 17/10/2017.

Alla data odierna, lo scrivente seppur presente in cantiere, non è a conoscenza delle attrezzature e procedure adottate, poiché non riportato nel report fornitogli.

4.2.5. Campioni

La fase di campionamento, durante i sondaggi, è avvenuta con prelievo indisturbato utilizzando il campionatore a infissione di tipo Shelby; costituito da un tubo tagliente, collegato per mezzo di tre viti a brugola di arresto con una testa, munita di valvola a sfera.

Di seguito si schematizzano le caratteristiche tecniche e le procedure adottate:

<i>diametro esterno</i>	<i>101,6 mm</i>
<i>spessore</i>	<i>2 mm</i>
<i>lunghezza tubo</i>	<i>630 mm</i>
<i>lunghezza campione</i>	<i>580 mm</i>
<i>peso campionatore</i>	<i>10,8 (kg)</i>
<i>mantenimento campione</i>	<i>fustella metallica nuova</i>
<i>sigillatura</i>	<i>tappi a tenuta, bloccati da nastri adesivi previo colaggio di paraffina fusa nelle estremità del campione</i>

La successiva trasmissione del campione è avvenuta per posta secondo le indicazioni del Centro di Microzonazione Sismica presso il Laboratorio di Sperimentazione e Prove di Geotecnica Dipartimento di Ingegneria Civile – Università degli studi di Messina – Contrada di Dio, S. Agata, 98166 Messina.

Unitamente ai n.2 campioni, è stata consegnata una scheda tecnica riassuntiva contenente i dati riassuntivi.

Per il sondaggio S1 Campione C1:

<i>comune</i>	<i>Offida (AP)</i>
<i>località</i>	<i>Viale Repubblica</i>
<i>cantiere</i>	<i>Piazzale Scuola Elementare</i>
<i>affidatario</i>	<i>Geol. Colletta Tonino</i>
<i>ditta esecutrice</i>	<i>Opere Speciali S.r.l.</i>
<i>mezzo di perforazione</i>	<i>Perforatrice Mori M40</i>
<i>modalità di carotaggio</i>	<i>Continuo</i>
<i>numero del sondaggio</i>	<i>S1</i>
<i>profondità del sondaggio</i>	<i>40,00 m</i>
<i>profondità della falda</i>	<i>assente</i>
<i>numero del campione</i>	<i>C1</i>
<i>tipo di campione</i>	<i>indisturbato</i>
<i>profondità di prelievo</i>	<i>-4,00 m ÷ -4,50 m</i>
<i>tipo di terreno campionato</i>	<i>argilla limo-sabbiosa</i>
<i>data del prelievo</i>	<i>28-08-2017</i>
<i>ora del prelievo</i>	<i>11.20 am</i>

Per il sondaggio S2 Campione C1:

<i>comune</i>	<i>Offida (AP)</i>
<i>località</i>	<i>Via De Gasperi</i>
<i>cantiere</i>	<i>Parcheggio esterno Energie Offida</i>
<i>affidatario</i>	<i>Geol. Colletta Tonino</i>
<i>ditta esecutrice</i>	<i>Opere Speciali S.r.l.</i>
<i>mezzo di perforazione</i>	<i>Perforatrice Mori M40</i>
<i>modalità di carotaggio</i>	<i>Continuo</i>
<i>numero del sondaggio</i>	<i>S2</i>
<i>profondità del sondaggio</i>	<i>30,00 m</i>
<i>profondità della falda</i>	<i>assente</i>
<i>numero del campione</i>	<i>C1</i>
<i>tipo di campione</i>	<i>indisturbato</i>
<i>profondità di prelievo</i>	<i>Limo argilloso-sabbioso</i>
<i>tipo di terreno campionato</i>	<i>-4,00 m ÷ -4,50 m</i>
<i>data del prelievo</i>	<i>30-08-2017</i>
<i>ora del prelievo</i>	<i>10.40 am</i>

Nella tabella si riportano le tipologie di prove effettuate dall'Università, come si può osservare sono state realizzate prove di classificazione, granulometriche e meccaniche, mentre non sono state realizzate prove dinamiche di colonna risonante.

	<i>S1C1</i>	<i>S2C1</i>
<i>Peso volume</i>	<i>X</i>	<i>X</i>
<i>Contenuto d'acqua</i>	<i>X</i>	<i>X</i>
<i>Peso specifico</i>	<i>X</i>	<i>X</i>
<i>Limiti di atterberg</i>	<i>X</i>	<i>X</i>
<i>Contenuto di Carbonati</i>		
<i>Analisi granulometrica</i>	<i>X</i>	<i>X</i>
<i>Prova edometrica</i>		
<i>Prova Colonna risonante</i>	<i>X</i>	<i>X</i>
<i>Prova Taglio Torsionale</i>	<i>X</i>	<i>X</i>

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO FINALIZZATO ALLA MS

Il modello di sottosuolo presenta una serie di sedimenti di ambiente vario legato essenzialmente alla fase terminale dell'evoluzione tettonica del bacino sedimentario.

Le formazioni di base, sono costituite dalla presenza di più litofacies evidenziate in affioramento sulle pareti subverticali dei versanti sud-occidentali, ampiamente descritte nel capitolo 3.

Il substrato geologico ALS è costituito da un'alternanza di litotipi stratificati caratterizzati da litofacies pelitico arenacea e arenaceo pelitica affiora con successioni spesse sino a 40 m, come descritto sopra. Il substrato geologico GRS granulare, cementato e stratificato è costituito dalla litofacies arenacea con spessori di circa 10 m e dalla litofacies caratterizzata da conglomerati clastosostenuti con minori intercalazioni decimetriche di strati sabbiosi generalmente spessa o molto spessa.

Il substrato geologico COS coesivo, sovraconsolidato e stratificato è costituito da litofacies pelitica laminata con spessore della singola unità da 5 a 35 m e dalla litofacies pelitica monotona con argille grigio azzurre massive o debolmente stratificate con rare intercalazioni di sottili strati di sabbie fine spesse meno di 10 cm.

Il substrato viene spesso sepolto da estese coperture eluvio-colluviali con prevalenza di limi argillosi e limi sabbiosi, in assenza di stratificazione e spesse da pochi metri, fino a decine di metri in corrispondenza delle zone collinari (ML).

5.1. Unità geologico-tecniche: definizione e parametrizzazione

Il modello del sottosuolo, in tale contesto è considerato, come il prodotto finale di un insieme di elaborazioni dei risultati di specifiche indagini geofisiche, geognostiche e geotecniche tese a definire spazialmente i terreni raggruppandoli in singole unità geologico-tecniche, di seguito descritte, a partire dal piano campagna:

TERRENI DELLA COPERTURA:

unità "ML": limi inorganici, sabbie fine limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità. (sedimenti a granulometria mista ed indistinta con prevalenza di Limi argillosi e limi sabbiosi in assenza di stratificazione. Consistenza da bassa a medio bassa)			
Number standard penetration test	N_{SPT}		9 ÷ 10
Peso Specifico	Y	t/m ³	1,80 ÷ 1,90
Coesione non drenata	Cu	Kg/cm ²	0,00
Angolo di attrito	Ø	°	24 ÷ 28
Modulo elastico	E	Kg/cm ²	50 ÷ 150
Modulo edometrico	Ed	Kg/cm ²	-----
Velocità onde di taglio	Vs	m/sec	120 ÷ 360

unità "GM": ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo			
<i>sedimenti a granulometria mista e indistinta con prevalenza di ghiaie e sabbie in matrice limosa, con stratificazione piano parallela. Prevalentemente sciolti e mediamente addensati</i>			
Number standard penetration test	N_{SPT}		15 ÷ 35
Peso Specifico	Y	t/m ³	1,85 ÷ 2,00
Coesione non drenata	Cu	Kg/cm ²	0,00
Angolo di attrito	Ø	°	30 ÷ 33
Modulo elastico	E	Kg/cm ²	290 ÷ 400
Modulo edometrico	Ed	Kg/cm ²	-----
Velocità onde di taglio	Vs	m/sec	250 ÷ 390

TERRENI DEL SUBSTRATO GEOLOGICO:

unità "ALS": alternanza di litotipi stratificati			
<i>litofacies pelitico arenacea (FAA5e); litofacies arenaceo pelitica (FAA5d).</i>			
Number standard penetration test	N_{SPT}		>45
Peso Specifico	Y	t/m ³	2,00 ÷ 2,09
Coesione non drenata	Cu	Kg/cm ²	0,0
Angolo di attrito	Ø	°	32 ÷ 37
Modulo elastico	E	Kg/cm ²	300 ÷ 650
Modulo edometrico	Ed	Kg/cm ²	-----
Velocità onde di taglio	Vs	m/sec	340 ÷ 410

unità "GRS": substrato geologico granulare, cementato e stratificato			
<i>litofacies arenacea (FAA5c); litofacies conglomeratica (FAA5b).</i>			
Number standard penetration test	N_{SPT}		>45
Peso Specifico	Y	t/m ³	2,04 ÷ 2,10
Coesione non drenata	Cu	Kg/cm ²	0,0
Angolo di attrito	Ø	°	>37
Modulo elastico	E	Kg/cm ²	300 ÷ 700
Modulo edometrico	Ed	Kg/cm ²	-----
Velocità onde di taglio	Vs	m/sec	200 ÷ 680

unità "COS": substrato coesivo sovraconsolidato stratificato			
<i>litofacies pelitica laminate (FAA5f); litofacies pelitica (FAA5)</i>			
Number standard penetration test	N_{SPT}		>45
Peso Specifico	Y	t/m ³	2,10 ÷ 2,20
Coesione non drenata	Cu	Kg/cm ²	>2,50
Angolo di attrito	Ø	°	0
Modulo elastico	E	Kg/cm ²	-----
Modulo edometrico	Ed	Kg/cm ²	350 ÷ 450
Velocità onde di taglio	Vs	m/sec	300 ÷ 700*

5.2. Sezioni geologico-tecniche

Le prove geotecniche disponibili (sondaggi e prove penetrometriche) sono state utilizzate per realizzare le sezioni litotecniche, rappresentative della complessità del sottosuolo, da confrontare con il modello geologico e geomorfologico dell'area investigata.

Nella carta geologica-tecnica allegata sono riportate le tracce planimetriche utilizzate per ricostruire le sezioni litotecniche, tre delle quali vengono di seguito descritte poiché considerate come rappresentative dell'area esaminata.

E' opportuno specificare che mentre nella carta geologica tecnica le coperture, vengono cartografate solo quando il loro spessore supera i 3,0 m; nella realizzazione delle sezioni, in ragione della scala più dettagliata oltre che per una migliore valutazione delle parametri di amplificazione del moto sismico in fase di modellazione 1D, gli spessori delle coperture sono riportati così come rilevati durante i sondaggi presi a riferimento.

Sezione KK'

La sezione, impostata a mezza costa della dorsale con direzione appenninica, può essere divisa in due tratti il primo dei quali, orientato N-S, intercetta l'abitato di recente costruzione mentre il secondo tratto, orientato circa NW-SE intercetta la zona artigianale. L'andamento topografico è circa uniforme senza brusche rotture di pendenza dovute a scarpate e valli particolarmente incise. Procedendo da nord verso sud si ha un graduale abbassamento di quota fino alla progressiva 479 m, zona di impluvio per poi raccordarsi alla progressiva 1010 m con la zona artigianale dopo aver superato, un'area subpianeggiante.

Sempre da nord a partire dal piano campagna emerge un'unità litologica, contraddistinta da estensione e spessore piuttosto variabile, l'unità "ML". Interessante la sezione per tutta la sua lunghezza, presenta uno spessore compreso tra 3,5 e 20 metri, direttamente poggiante sul substrato geologico, dapprima coesivo sovraconsolidato e stratificato (COS) fino alla progressiva 449 m e poi da un'alternanza di litotipi stratificati (ALS). Tale unità "ML" è caratterizzata da sedimenti a granulometria mista ed indistinta con prevalenza di limi argillosi e limi sabbiosi, in assenza di stratificazione ed aventi una consistenza da bassa a medio bassa.

L'andamento dell'interfaccia substrato geologico-coperture riflette quindi lo spessore variabile di tale unità: da un massimo di 20 m nella porzione centrale fino ad un minimo di 3-5 m nelle zone di raccordo e di impluvio.

La sopracitata interfaccia, coperture substrato geologico, tuttavia non si riflette in modo netto nelle velocità di propagazione delle onde trasversali "S", poiché all'aumentare della profondità d'indagine si assiste ad un aumento graduale delle velocità in modo quasi proporzionale. Le velocità registrate alla base delle coperture è difatti poco inferiore a quelle misurate al tetto del substrato geologico.

In tale sezione infine non si evidenziano morfologie sepolte; né zone interessate da instabilità (faglie attive e capaci, liquefazione, cedimenti), mentre si denota la testata di una zona in frana tipo colamento, intercettata nella porzione finale, il cui spessore dei materiali coinvolti è inferiore ai 2 m. Sono inoltre assenti elementi tettonici-strutturali e circolazione idrica sotterranea permanente.

Sezione RR'

La sezione orientata circa WSW-ENE-, intercetta in modo longitudinale l'abitato storico. Partendo dalla quota 208,5 m s.l.m. della zona ovest, la sezione arriva rapidamente ad una quota di 290 m s.l.m., la stessa prosegue secondo un andamento topografico circa uniforme, senza brusche rotture di pendenza, nella parte centrale dalla progressiva 144,5 m alla progressiva 844 m per poi incontrare una zona di impluvio moderatamente incisa. Da ovest, affiorano in alternanza due unità di substrato ossia il substrato granulare, cementato e stratificato GRS, costituito dalla litofacies conglomeratica e il substrato coesivo, sovraconsolidato e stratificato COS, costituito litofacies pelitica. Dalla progressiva 662 m, emerge l'unità litologica "ML", che presenta uno spessore compreso tra 3 e 12 metri, direttamente poggiante sul substrato geologico dapprima coesivo sovraconsolidato e stratificato (COS) Essa è caratterizzata da sedimenti a granulometria mista ed indistinta con prevalenza di limi argillosi e limi sabbiosi, in assenza di stratificazione ed aventi una consistenza da bassa a medio bassa. Segue, a partire dalla progressiva 892 m fino a fine sezione, una zona interessata da instabilità da frana, frana traslativa, coinvolgente materiali di natura limo-argillosa e limo-sabbiosa. Anche qui come nella sezione K'K, la discontinuità litologica, coperture-substrato geologico, non si riflette in modo netto nelle velocità di propagazione delle onde trasversali "S". Le velocità registrate alla base delle coperture è difatti poco inferiore a quelle misurate al tetto del substrato geologico. In tale sezione infine non si evidenziano morfologie sepolte; né zone interessate da instabilità quali faglie attive e capaci, liquefazione, cedimenti. Così come sono assenti elementi tettonici-strutturali e circolazione idrica sotterranea permanente.

Sezione TT'

La sezione orientata circa WSW-ENE-, è la prosecuzione della sezione RR'. L'andamento topografico è circa uniforme senza brusche rotture di pendenza dovute a scarpate e valli particolarmente incise. Procedendo da ovest verso est si ha dapprima un graduale innalzamento di quota fino alla progressiva 162,5 m, segue poi un progressivo abbassamento di quota verso una zona di raccordo con il fosso del Lago. Da ovest, emerge l'unità litologica "ML", che presenta uno spessore compreso tra 8 e 22 metri, direttamente poggiante sul substrato geologico dapprima coesivo sovraconsolidato e stratificato (COS) costituito litofacies pelitica. Essa è caratterizzata da sedimenti a

granulometria mista e indistinta con prevalenza di limi argillosi e limi sabbiosi, in assenza di stratificazione ed aventi una consistenza da bassa a medio bassa. Segue a partire dalla progressiva 452 m fino a fine sezione una zona interessata da instabilità da frana, frana di colamento, coinvolgente materiali di natura limo-argillosa e limo-sabbiosa.

Anche qui come nella sezione K'K, la discontinuità litologica, coperture substrato geologico, non si riflette in modo netto nelle velocità di propagazione delle onde trasversali "S". Le velocità registrate alla base delle coperture è difatti poco inferiore a quelle misurate al tetto del substrato geologico.

In tale sezione infine non si evidenziano morfologie sepolte; né zone interessate da instabilità quali faglie attive e capaci, liquefazione, cedimenti. Così come sono assenti elementi tettonici-strutturali e circolazione idrica sotterranea permanente.

6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

Per quanto riguarda le interpretazioni dei dati acquisiti si può affermare che, dal punto di vista geotecnico, i dati a disposizione possono essere soddisfacenti per ottenere una buona caratterizzazione stratigrafica e geotecnica del territorio, anche se un'integrazione con una nuova campagna d'indagine specifica volta a descrivere lo spessore delle coltri e i parametri geotecnici del substrato potrebbe contribuire ad una modellizzazione più accurata.

Dal punto di vista geofisico, il sottosuolo indagato non presenta forti contrasti di velocità delle onde di taglio e, pertanto, si è portati a ritenere modesti gli effetti di amplificazione del moto sismico per effetti stratigrafici, come confermato dalle registrazioni di sismica passiva a stazione singola.

La profondità del bedrock sismico è stata inferita arbitrariamente basandosi sempre sulle misure di sismica passiva, mentre sarebbe auspicabile l'individuazione esatta in profondità del substrato $V_s > 800$ m/s.

A tal proposito sarebbe necessaria l'esecuzione di indagini di tipo down hole che raggiungano maggiori profondità al fine di ottenere l'esatta profondità del substrato sismico $V_s \geq 800$ m/s.

7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

7.1. Zone stabili suscettibili di amplificazione

Il documento di sintesi finale della MZS di livello 1 è rappresentato da una carta del territorio nella quale sono indicate microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) rappresentate sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e in relazione all'acquisizione, valutazione ed analisi dei dati geognostici e geofisici.

In tale contesto, le suddette microzone hanno subito una revisione a seguito di una miglior definizione del modello geologico di partenza che ha comportato di conseguenza differenze rispetto alle cartografie delle MOPS del livello 1 e 2.

Tale situazione è naturale e direttamente consequenziale con la logica di maggiore approfondimento del livello 3 rispetto al precedente livello 1 e 2, proprio in relazione alla realizzazione di indagini di sottosuolo che hanno permesso d'individuare un assetto stratigrafico e geofisico che spesso è risultato diverso rispetto a quello di partenza.

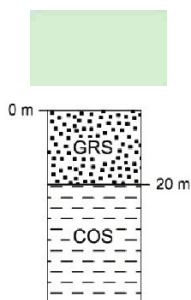
Di seguito si schematizzano le zone della carta MOPS livello 3 e quelle del livello 1, in cui evincono differenze di classificazione.

<i>Carta MOPS mzs livello 1 codice zona</i>	<i>Carta MOPS mzs livello 3 codice zona</i>
2001	2001
2002	
2002	2002
2003	2003
2003	2004
2004	
2005	2005
2007	
2005	2006
2007	
2007	2007
2008	
2005	2008
2006	2009 *

**mops non riportata in carta poiché al di fuori dell'area di studio*

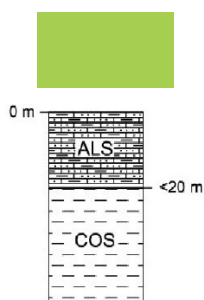
Di seguito si riportano le zone stabili suscettibili di amplificazione previste nella Carta MOPS livello 3 e la loro descrizione:

ZONA 2001



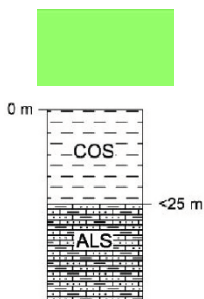
Depositi conglomeratici e arenaceo conglomeratici cementati, stratificati con spessori di 20 m poggianti sui depositi argillosi marnosi coesivi, sovraconsolidati e stratificati, posti su un versante acclive e tale da non escludere fenomeni di amplificazione di tipo topografico

ZONA 2002



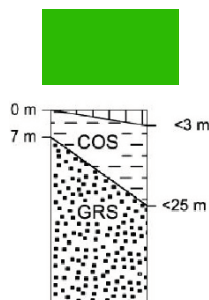
Alternanza di depositi stratificati sabbiosi e sabbioso argillosi con spessori inferiori e/o uguali a 20 m, sovrastanti i depositi argillosi marnosi coesivi, sovraconsolidati e stratificati.

ZONA 2003



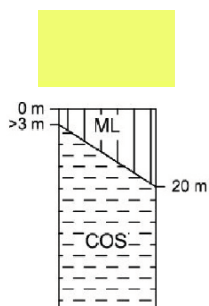
Depositi argillosi marnosi coesivi, sovraconsolidati e stratificati con spessori minori o uguali a 25 m sovrastanti un'alternanza di depositi stratificati sabbiosi e sabbioso argillosi.

ZONA 2004



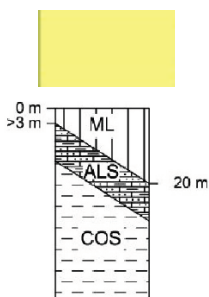
Riporto antropico con spessori inferiori a 3 m sovrastanti i depositi argillosi marnosi coesivi, sovraconsolidati e stratificati aventi spessori variabili da 7 a 25 m poggianti su depositi conglomeratici e arenaceo conglomeratici cementati e stratificati.

ZONA 2005



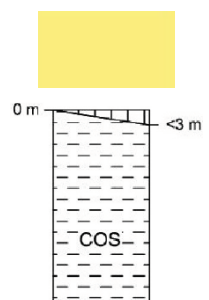
Depositi eluvio colluviali e/o riporto antropico con spessori compresi tra 3 e 20 m sovrastanti i depositi argillosi marnosi coesivi, sovraconsolidati e stratificati

ZONA 2006



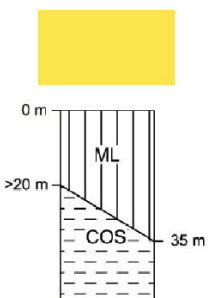
Depositi eluvio colluviali e/o riporto antropico con spessori compresi tra 3 e 20 m sovrastanti un'alternanza di depositi stratificati sabbiosi e sabbioso argillosi aventi spessori inferiori a 10 m e poggianti sui depositi argillosi marnosi coesivi, sovraconsolidati e stratificati.

ZONA 2007



Depositi eluvio colluviali con spessori inferiori a 3 m, talora assenti, sovrastanti i depositi argillosi marnosi coesivi, sovraconsolidati e stratificati.

ZONA 2008



Depositi eluvio colluviali con spessori compresi tra 20 e 35 m sovrastanti i depositi argillosi marnosi coesivi, sovraconsolidati e stratificati.

Non sono inserite zone stabili in quanto i substrati geologici affioranti, seppur nella scarsità di dati, non hanno le caratteristiche di velocità delle onde di taglio ($V_s > 800 \text{ m/sec}$) tali da poter essere definiti come substrato sismico.

7.1.1. Simulazioni numeriche monodimensionali (1D)

Le attività metodologiche effettuate durante il complesso lavoro di ricostruzione del modello fisico-tecnico di sottosuolo e della sua trasposizione in modello numerico, sono finalizzate alle analisi di risposta sismica locale all'interno del perimetro stabilito.

Lo studio è stato condotto utilizzando il codice di calcolo STRATA (Kottke & Rathje, 2008), che ha consentito di eseguire simulazioni di propagazione monodimensionale con il metodo lineare equivalente nel dominio del tempo, con informazioni su fase e frequenze del moto sismico d'input mediante il convenzionale uso di sismogrammi d'input.

Il software STRATA ha consentito di operare un ampio trattamento statistico del problema risultato molto utile nella fase preliminare di scelta delle condizioni al contorno per il modello di sito da sottoporre al calcolo finale. La descrizione del comportamento non lineare dei terreni, ha utilizzato un modello lineare equivalente studiando il comportamento tensione (totale) – deformazione, basandosi sul modello reologico di Kelvin – Voight, assumendo un sistema stratigrafico monodimensionale a strati paralleli, indefiniti lateralmente, in cui le tensioni totali e gli spostamenti, provocati dal passaggio di un'onda sismica di taglio, sono funzioni armoniche del tempo. Aggiornando, in maniera iterativa, i parametri del moto e le costanti elastiche in gioco al procedere della deformazione nel tempo, risolvendo per integrazione le equazioni differenziali, il moto sismico applicato a un substrato rigido di riferimento, viene “trasmesso” agli strati superiori attraverso la definizione di una funzione di trasferimento che “contiene” le variazioni spettrali del moto sismico di input verso la superficie. Lo spettro di Fourier, del segnale sismico trasmesso alla superficie, viene “riportato” nel dominio dei tempi (trasformata inversa di Fourier) con produzione di una storia temporale (in accelerazione, velocità, spostamento, stress e deformazione) calcolata in punti della colonna stratigrafica scelti dall'operatore.

I parametri d'input intervenuti in tale procedura vengono di seguito riportati:

- moto sismico di riferimento (accelerogramma)
- modello geometrico del sottosuolo
- caratteristiche geotecniche dei terreni costituenti i vari strati
- i dati geofisici e sismologici.

L'input sismico, che in funzione del sito e del periodo di ritorno considerato (475 anni) , restituisce una combinazione di sette accelerogrammi è stato definito e fornito dal Centro di Microzonazione Sismica.

La definizione del modello di sottosuolo ha tenuto conto:

- sequenza stratigrafica e spessori delle unità litotecniche
- velocità di propagazione delle onde di taglio VS di ogni unità

- profondità del substrato sismico (frequenza fondamentale da HVSR) assimilato ad un'interfaccia caratterizzata da velocità di propagazione delle onde di taglio dell'ordine di 800 m/s.

la successiva fase di calibrazione del modello, avvenuta in campo visco-elastico lineare, è consistita nella valutazione della quota ottimale di imposizione dell'input (bedrock sismico), attraverso le seguenti fasi:

- confronto tra f_0 sperimentale e la f_0 numerica,
- definizione, sia per i terreni di copertura sia per il bedrock sismico, del peso di volume e rapporto di smorzamento (damping) senza considerare l'eventuale falda (analisi effettuata in termini di tensioni totali).

L'ipotesi che ha prevalso è stata quella di porre l'input sismico all'interno del substrato coesivo stratificato con $V_s \geq 800$ m/s, per tutte le aree omogenee indagate.

L'analisi numerica 1D preliminare ha consentito un'analisi tra le differenti sezioni coerentemente all'assetto stratigrafico dell'area di Offida, nel quale si registra un approfondimento del bedrock sismico procedendo da ovest verso est.

Successivamente, si è eseguita per ogni MOPS l'analisi di risposta nel campo lineare equivalente nel dominio della frequenza utilizzando i moti di input del dominio del tempo.

Tale comportamento, non lineare e dissipativo del terreno, ha tenuto in conto della riduzione della rigidezza a taglio, G e dell'incremento dello smorzamento, D all'aumentare delle deformazioni di taglio, γ indotte dal sisma.

Sono state quindi applicate per ogni singolo strato, le curve di decadimento del modulo di taglio, $G(\gamma)$ e le curve di incremento del damping, $D(\gamma)$ fornite dai referenti della macroarea Marche 3.

7.1.2. Sequenze litostratigrafiche, peso dell'unità di volume

Le sequenze litostratigrafiche utilizzate per le simulazioni numeriche sono state dedotte dall'analisi critica delle indagini geologiche geotecniche e geofisiche e ricondotte alle microzone, nelle quali i terreni sono stati raggruppati in singole unità geologico-tecniche, come descritte nel capitolo 5 e di seguito schematizzate:

- "ML": Limi inorganici, sabbie fine limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità ($\gamma = 20,40 \text{ kN/m}^3$)
- "GRS": substrato granulare cementato stratificato ($\gamma = 20,00 \div 20,50 \text{ kN/m}^3$)
- "ALS": alternanza di litotipi stratificato ($\gamma = 20,50 \text{ kN/m}^3$)
- "COS": substrato coesivo sovraconsolidato stratificato ($\gamma = 21,08 \text{ kN/m}^3$)

Il peso dell'unità di volume delle coperture e del substrato geologico non rigido mostra quindi valori variabili tra $20,00 \div 21,08 \text{ kN/m}^3$, mentre il bedrock sismico è stato posto pari a 22 kN/m^3 .

Quest'ultimo è stato identificato con il primo strato in corrispondenza del quale la V_s calcolata è stata posta pari a 800 m/s.

7.1.3. Curve di decadimento del modulo di taglio e di incremento del damping

Le curve di decadimento del modulo $G(\gamma)$ e di incremento del damping $D(\gamma)$ utilizzate per le analisi di risposta sismica locale, sono state definite a partire dai risultati di prove di colonna risonante e taglio torsionale ciclico realizzate su campioni indisturbati di terreno prelevati in sito durante la campagna geognostica. Le restanti curve dinamiche sono state fornite dai referenti della macroarea Marche 3 e riguardano misure su litotipi simili provenienti nei comuni limitrofi e solo in un caso ci si è riferito a curva di letteratura, come riassunto nel seguente schema riassuntivo

Unità litotecnica	G/Gmax model	Damping model
ML	campione Offida S1C1	campione Offida S1C1
GRS	MODONI & GAZZELLONE (2010)	MODONI & GAZZELLONE (2010)
ALS	SEED & IDRIS media	SEED & IDRIS media
COS	campione Castel di Lama S1C2	campione Castel di Lama S1C2

7.1.4. Scelta dell'input sismico (fornito dal CentroMS)

Sono stati utilizzati come moti d'input (applicati su affioramento rigido e deconvoluti al basamento sismico attraverso il codice Strata) i sette accelerogrammi naturali, forniti dal Centro MS opportunamente estratti per il comune di Offida.

Gli spetti di risposta in pseudoaccelerazione nonché le storie temporali dell'accelerazione e le principali caratteristiche di tali segnali sono riportati.

FILE NAME	3A.MZ11..HNE.D.20161030.064018.C.ACC
EVENT_NAME	CENTRAL_ITALY
EVENT_ID	EMSC-20161030_0000029
EVENT_DATE_YYYYMMDD	20161030
EVENT_TIME_HHMMSS	064018
EVENT_LATITUDE_DEGREE	42.8322
EVENT_LONGITUDE_DEGREE	13.1107
EVENT_DEPTH_KM	9.2
HYPOCENTER_REFERENCE	INGV-CNT_Seismic_Bulletin
MAGNITUDE_W	6.5
MAGNITUDE_W_REFERENCE	INGV-webservice
MAGNITUDE_L	6.1
MAGNITUDE_L_REFERENCE	INGV-CNT_Seismic_Bulletin
FOCAL_MECHANISM	NF
NETWORK	3A
STATION_CODE	MZ11
STATION_NAME	bedrock nord Sant'Angelo - INGV
STATION_LATITUDE_DEGREE	42.662910
STATION_LONGITUDE_DEGREE	13.307648
STATION_ELEVATION_M	1231
LOCATION	

Dott. TONINO COLLETTA geologo specialista
Piazza del Popolo, 24 – 63073 OFFIDA (AP)

SENSOR_DEPTH_M	0.0
VS30_M/S	
SITE_CLASSIFICATION_EC8	A*
MORPHOLOGIC_CLASSIFICATION	
EPICENTRAL_DISTANCE_KM	24.8
EARTHQUAKE_BACKAZIMUTH_DEGREE	319.5
DATE_TIME_FIRST_SAMPLE_YYYYMMDD_HHMMSS	20161030_064009.690
DATE_TIME_FIRST_SAMPLE_PRECISION	milliseconds
SAMPLING_INTERVAL_S	0.005000
NDATA	10834
DURATION_S	54.170
STREAM	HNE
UNITS	cm/s^2
INSTRUMENT	sensor = Unknown [Unknown] digitizer = Unknown [Unknown]
INSTRUMENT_ANALOG/DIGITAL	D
INSTRUMENTAL_FREQUENCY_HZ	
INSTRUMENTAL_DAMPING	
FULL_SCALE_G	
N_BIT_DIGITAL_CONVERTER	
PGA_CM/S^2	-165.739296
TIME_PGA_S	21.575000
BASELINE_CORRECTION	BASELINE REMOVED
FILTER_TYPE	BUTTERWORTH
FILTER_ORDER	2
LOW_CUT_FREQUENCY_HZ	0.040
HIGH_CUT_FREQUENCY_HZ	30.000
LATE/NORMAL_TRIGGERED	NT
DATABASE_VERSION	DYNA 1.0
HEADER_FORMAT	DYNA 1.2
DATA_TYPE	ACCELERATION
PROCESSING	manual (Paolucci et al., 2011)
DATA_TIMESTAMP_YYYYMMDD_HHMMSS	20170711_155201.345
DATA_LICENSE	U (unknown license)
DATA_CITATION	Luzi L, Puglia R, Russo E & ORFEUS WG5 (2016). Engineering Strong Motion Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Observatories & Research Facilities for European Seismology. doi10.13127/ESM
DATA_CREATOR	ESM working group
ORIGINAL_DATA_MEDIATOR_CITATION	(C) INGV - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
ORIGINAL_DATA_MEDIATOR	FDSN INGV Web Service (http://webservices.rm.ingv.it/fdsnws/dataselect/1/)
ORIGINAL_DATA_CREATOR_CITATION	Centro di microzonazione sismica Network
ORIGINAL_DATA_CREATOR	network3A (Centro di microzonazione sismica Network, 2016 Central Italy seismic sequence); owner Centro di Microzonazione Sismica
FILE NAME	3A.MZ19_HNN.D.20161030.064018.C.ACC
EVENT_NAME	CENTRAL_ITALY
EVENT_ID	EMSC-20161030_0000029
EVENT_DATE_YYYYMMDD	20161030
EVENT_TIME_HHMMSS	064018
EVENT_LATITUDE_DEGREE	42.8322
EVENT_LONGITUDE_DEGREE	13.1107
EVENT_DEPTH_KM	9.2
HYPOCENTER_REFERENCE	INGV-CNT_Seismic_Bulletin
MAGNITUDE_W	6.5
MAGNITUDE_W_REFERENCE	INGV-webservice
MAGNITUDE_L	6.1
MAGNITUDE_L_REFERENCE	INGV-CNT_Seismic_Bulletin
FOCAL_MECHANISM	NF
NETWORK	3A
STATION_CODE	MZ19
STATION_NAME	Pasciano cimitero - INGV
STATION_LATITUDE_DEGREE	42.641090
STATION_LONGITUDE_DEGREE	13.206917
STATION_ELEVATION_M	1107
LOCATION	
SENSOR_DEPTH_M	0.0
VS30_M/S	
SITE_CLASSIFICATION_EC8	A*
MORPHOLOGIC_CLASSIFICATION	
EPICENTRAL_DISTANCE_KM	22.6
EARTHQUAKE_BACKAZIMUTH_DEGREE	339.7
DATE_TIME_FIRST_SAMPLE_YYYYMMDD_HHMMSS	20161030_064008.039
DATE_TIME_FIRST_SAMPLE_PRECISION	milliseconds
SAMPLING_INTERVAL_S	0.005000
NDATA	10151
DURATION_S	50.755
STREAM	HNN
UNITS	cm/s^2
INSTRUMENT	sensor = Unknown [Unknown] digitizer = Unknown [Unknown]
INSTRUMENT_ANALOG/DIGITAL	D
INSTRUMENTAL_FREQUENCY_HZ	
INSTRUMENTAL_DAMPING	
FULL_SCALE_G	
N_BIT_DIGITAL_CONVERTER	

Dott. TONINO COLLETTA geologo specialista
Piazza del Popolo, 24 – 63073 OFFIDA (AP)

PGA_CM/S^2	-395.562607
TIME_PGA_S	20.720000
BASELINE_CORRECTION	BASELINE REMOVED
FILTER_TYPE	BUTTERWORTH
FILTER_ORDER	2
LOW_CUT_FREQUENCY_HZ	0.040
HIGH_CUT_FREQUENCY_HZ	70.000
LATE/NORMAL_TRIGGERED	NT
DATABASE_VERSION	DYNA 1.0
HEADER_FORMAT	DYNA 1.2
DATA_TYPE	ACCELERATION
PROCESSING	manual (Paolucci et al., 2011)
DATA_TIMESTAMP_YYYYMMDD_HHMMSS	20170711_155526.147
DATA_LICENSE	U (unknown license)
DATA_CITATION	Luzi L, Puglia R, Russo E & ORFEUS WG5 (2016). Engineering Strong Motion Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Observatories & Research Facilities for European Seismology. doi10.13127/ESM
DATA_CREATOR	ESM working group
ORIGINAL_DATA_MEDIATOR_CITATION	(C) INGV - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
ORIGINAL_DATA_MEDIATOR	FDSN INGV Web Service (http://webservices.rm.ingv.it/fdsnws/dataselect/1/)
ORIGINAL_DATA_CREATOR_CITATION	Centro di microzonazione sismica Network
ORIGINAL_DATA_CREATOR	network3A (Centro di microzonazione sismica Network, 2016 Central Italy seismic sequence); owner Centro di Microzonazione Sismica
FILE_NAME	IT.CLO..HGE.D.20161026.191806.C.ACC
EVENT_NAME	CENTRAL_ITALY
EVENT_ID	EMSC-20161026_0000095
EVENT_DATE_YYYYMMDD	20161026
EVENT_TIME_HHMMSS	191806
EVENT_LATITUDE_DEGREE	42.9087
EVENT_LONGITUDE_DEGREE	13.1288
EVENT_DEPTH_KM	7.5
HYPOCENTER_REFERENCE	INGV-CNT_Seismic_Bulletin
MAGNITUDE_W	5.9
MAGNITUDE_W_REFERENCE	INGV-webservice
MAGNITUDE_L	5.9
MAGNITUDE_L_REFERENCE	INGV-CNT_Seismic_Bulletin
FOCAL_MECHANISM	NF
NETWORK	IT
STATION_CODE	CLO
STATION_NAME	Castelluccio di Norcia
STATION_LATITUDE_DEGREE	42.829399
STATION_LONGITUDE_DEGREE	13.206000
STATION_ELEVATION_M	1456
LOCATION	
SENSOR_DEPTH_M	0.0
VS30_M/S	
SITE_CLASSIFICATION_EC8	A*
MORPHOLOGIC_CLASSIFICATION	
EPICENTRAL_DISTANCE_KM	10.8
EARTHQUAKE_BACKAZIMUTH_DEGREE	324.4
DATE_TIME_FIRST_SAMPLE_YYYYMMDD_HHMMSS	20161026_191802.740
DATE_TIME_FIRST_SAMPLE_PRECISION	milliseconds
SAMPLING_INTERVAL_S	0.005000
NDATA	7852
DURATION_S	39.260
STREAM	HGE
UNITS	cm/s^2
INSTRUMENT	sensor = Unknown [Unknown] digitizer = Unknown [Unknown]
INSTRUMENT_ANALOG/DIGITAL	D
INSTRUMENTAL_FREQUENCY_HZ	
INSTRUMENTAL_DAMPING	
FULL_SCALE_G	
N_BIT_DIGITAL_CONVERTER	
PGA_CM/S^2	-179.955087
TIME_PGA_S	10.930000
BASELINE_CORRECTION	BASELINE REMOVED
FILTER_TYPE	BUTTERWORTH
FILTER_ORDER	2
LOW_CUT_FREQUENCY_HZ	0.070
HIGH_CUT_FREQUENCY_HZ	40.000
LATE/NORMAL_TRIGGERED	NT
DATABASE_VERSION	DYNA 1.0
HEADER_FORMAT	DYNA 1.2
DATA_TYPE	ACCELERATION
PROCESSING	manual (Paolucci et al., 2011)
DATA_TIMESTAMP_YYYYMMDD_HHMMSS	20170711_162639.004
DATA_LICENSE	CC-BY3_0-IT (http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.en)
DATA_CITATION	Luzi L, Puglia R, Russo E & ORFEUS WG5 (2016). Engineering Strong Motion Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Observatories & Research Facilities for European Seismology. doi 10.13127/ESM
DATA_CREATOR	ESM working group

Dott. TONINO COLLETTA geologo specialista
Piazza del Popolo, 24 – 63073 OFFIDA (AP)

ORIGINAL_DATA_MEDIATOR_CITATION	Ufficio Rischio Sismico e Vulcanico del Dipartimento della Protezione Civile (http://www.protezionecivile.gov.it/)
ORIGINAL_DATA_MEDIATOR	Rete Accelerometrica Nazionale - RAN Download (http://www.mot1.it/ran/download/)
ORIGINAL_DATA_CREATOR_CITATION	Italian Strong Motion Network, Italian Civil Protection Department http://www.protezionecivile.gov.it
ORIGINAL_DATA_CREATOR	network IT (Italian Strong Motion Network); owner Dipartimento Della Protezione Civile
FILE NAME	IT.CLO..HGN.D.20161026.191806.C.ACC
EVENT_NAME	CENTRAL_ITALY
EVENT_ID	EMSC-20161026_0000095
EVENT_DATE_YYYYMMDD	20161026
EVENT_TIME_HHMMSS	191806
EVENT_LATITUDE_DEGREE	42.9087
EVENT_LONGITUDE_DEGREE	13.1288
EVENT_DEPTH_KM	7.5
HYPOCENTER_REFERENCE	INGV-CNT_Seismic_Bulletin
MAGNITUDE_W	5.9
MAGNITUDE_W_REFERENCE	INGV-webservice
MAGNITUDE_L	5.9
MAGNITUDE_L_REFERENCE	INGV-CNT_Seismic_Bulletin
FOCAL_MECHANISM	NF
NETWORK	IT
STATION_CODE	CLO
STATION_NAME	Castelluccio di Norcia
STATION_LATITUDE_DEGREE	42.829399
STATION_LONGITUDE_DEGREE	13.206000
STATION_ELEVATION_M	1456
LOCATION	
SENSOR_DEPTH_M	0.0
VS30_M/S	
SITE_CLASSIFICATION_EC8	A*
MORPHOLOGIC_CLASSIFICATION	
EPICENTRAL_DISTANCE_KM	10.8
EARTHQUAKE_BACKAZIMUTH_DEGREE	324.4
DATE_TIME_FIRST_SAMPLE_YYYYMMDD_HHMMSS	20161026_191802.740
DATE_TIME_FIRST_SAMPLE_PRECISION	milliseconds
SAMPLING_INTERVAL_S	0.005000
NDATA	7852
DURATION_S	39.260
STREAM	HGN
UNITS	cm/s^2
INSTRUMENT	sensor = Unknown [Unknown] digitizer = Unknown [Unknown]
INSTRUMENT_ANALOG/DIGITAL	D
INSTRUMENTAL_FREQUENCY_HZ	
INSTRUMENTAL_DAMPING	
FULL_SCALE_G	
N_BIT_DIGITAL_CONVERTER	
PGA_CM/S^2	-189.388350
TIME_PGA_S	10.690000
BASELINE_CORRECTION	BASELINE REMOVED
FILTER_TYPE	BUTTERWORTH
FILTER_ORDER	2
LOW_CUT_FREQUENCY_HZ	0.070
HIGH_CUT_FREQUENCY_HZ	40.000
LATE/NORMAL_TRIGGERED	NT
DATABASE_VERSION	DYNA 1.0
HEADER_FORMAT	DYNA 1.2
DATA_TYPE	ACCELERATION
PROCESSING	manual (Paolucci et al., 2011)
DATA_TIMESTAMP_YYYYMMDD_HHMMSS	20170711_162639.004
DATA_LICENSE	CC-BY3_0-IT (http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.en)
DATA_CITATION	Luzi L, Puglia R, Russo E & ORFEUS WG5 (2016). Engineering Strong Motion Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Observatories & Research Facilities for European Seismology. doi 10.13127/ESM
DATA_CREATOR	ESM working group
ORIGINAL_DATA_MEDIATOR_CITATION	Ufficio Rischio Sismico e Vulcanico del Dipartimento della Protezione Civile (http://www.protezionecivile.gov.it/)
ORIGINAL_DATA_MEDIATOR	Rete Accelerometrica Nazionale - RAN Download (http://www.mot1.it/ran/download/)
ORIGINAL_DATA_CREATOR_CITATION	Italian Strong Motion Network, Italian Civil Protection Department http://www.protezionecivile.gov.it
ORIGINAL_DATA_CREATOR	network IT (Italian Strong Motion Network); owner Dipartimento Della Protezione Civile
FILE NAME	IT.MMO..HGE.D.20161030.064018.C.ACC
EVENT_NAME	CENTRAL_ITALY
EVENT_ID	EMSC-20161030_0000029
EVENT_DATE_YYYYMMDD	20161030
EVENT_TIME_HHMMSS	064018
EVENT_LATITUDE_DEGREE	42.8322
EVENT_LONGITUDE_DEGREE	13.1107
EVENT_DEPTH_KM	9.2
HYPOCENTER_REFERENCE	INGV-CNT_Seismic_Bulletin

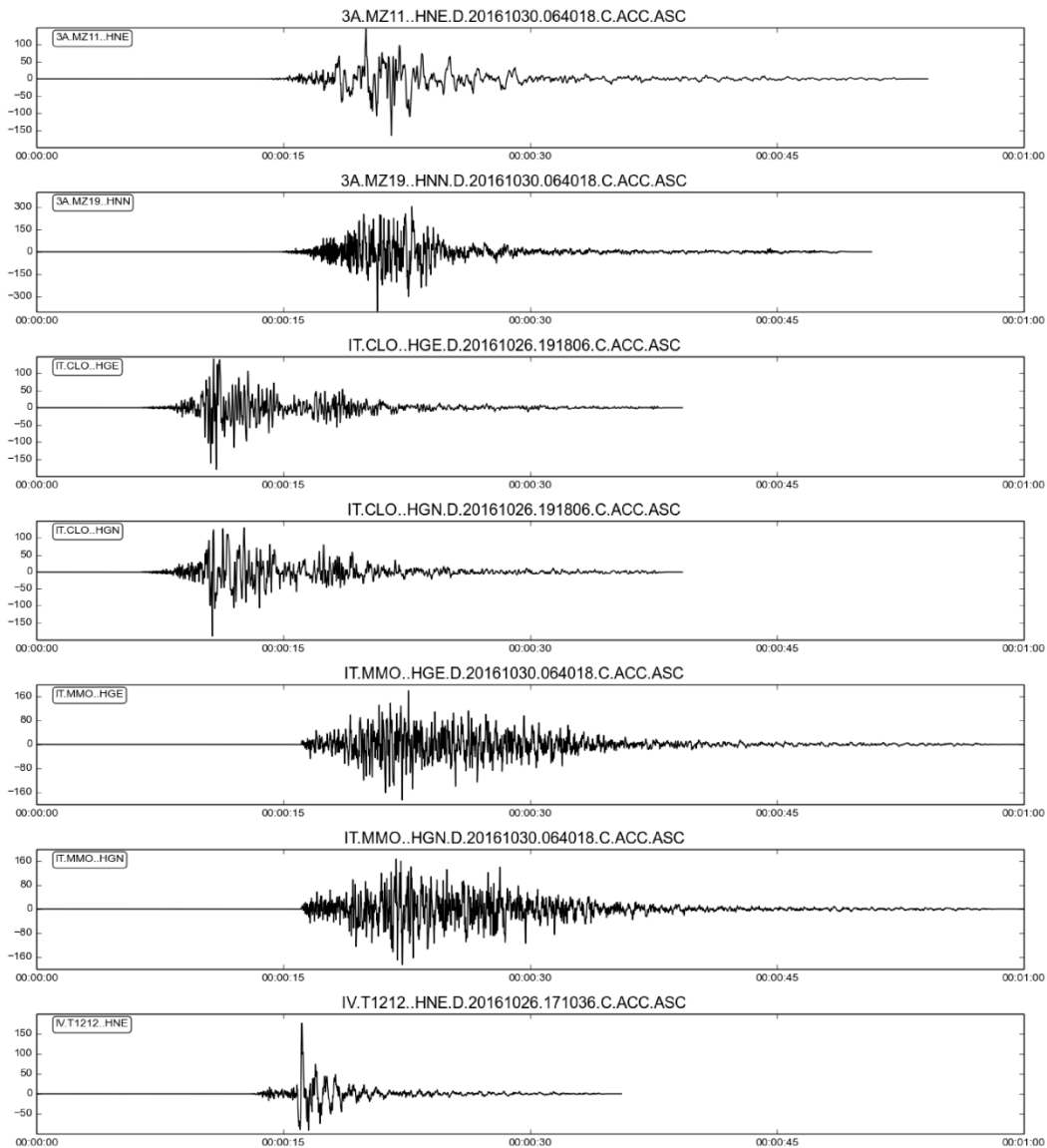
Dott. TONINO COLLETTA geologo specialista
Piazza del Popolo, 24 – 63073 OFFIDA (AP)

MAGNITUDE_W	6.5
MAGNITUDE_W_REFERENCE	INGV-webservice
MAGNITUDE_L	6.1
MAGNITUDE_L_REFERENCE	INGV-CNT_Seismic_Bulletin
FOCAL_MECHANISM	NF
NETWORK	IT
STATION_CODE	MMO
STATION_NAME	Montemonaco
STATION_LATITUDE_DEGREE	42.899300
STATION_LONGITUDE_DEGREE	13.326800
STATION_ELEVATION_M	1030
LOCATION	
SENSOR_DEPTH_M	0.0
VS30_M/S	
SITE_CLASSIFICATION_EC8	A*
MORPHOLOGIC_CLASSIFICATION	
EPICENTRAL_DISTANCE_KM	19.2
EARTHQUAKE_BACKAZIMUTH_DEGREE	247.2
DATE_TIME_FIRST_SAMPLE_YYYYMMDD_HHMMSS	20161030_064005.480
DATE_TIME_FIRST_SAMPLE_PRECISION	milliseconds
SAMPLING_INTERVAL_S	0.005000
NDATA	12000
DURATION_S	60.000
STREAM	HGE
UNITS	cm/s^2
INSTRUMENT	sensor = Unknown [Unknown] digitizer = Unknown [Unknown]
INSTRUMENT_ANALOG/DIGITAL	D
INSTRUMENTAL_FREQUENCY_HZ	
INSTRUMENTAL_DAMPING	
FULL_SCALE_G	
N_BIT_DIGITAL_CONVERTER	
PGA_CM/S^2	-185.324383
TIME_PGA_S	22.225000
BASELINE_CORRECTION	BASELINE REMOVED
FILTER_TYPE	BUTTERWORTH
FILTER_ORDER	2
LOW_CUT_FREQUENCY_HZ	0.050
HIGH_CUT_FREQUENCY_HZ	30.000
LATE/NORMAL_TRIGGERED	NT
DATABASE_VERSION	DYNA 1.0
HEADER_FORMAT	DYNA 1.2
DATA_TYPE	ACCELERATION
PROCESSING	manual (Paolucci et al., 2011)
DATA_TIMESTAMP_YYYYMMDD_HHMMSS	20170711_162914.567
DATA_LICENSE	CC-BY3_0-IT (http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.en)
DATA_CITATION	Luzi L, Puglia R, Russo E & ORFEUS WG5 (2016). Engineering Strong Motion Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Observatories & Research Facilities for European Seismology. doi 10.13127/ESM
DATA_CREATOR	ESM working group
ORIGINAL_DATA_MEDIATOR_CITATION	Ufficio Rischio Sismico e Vulcanico del Dipartimento della Protezione Civile (http://www.protezionecivile.gov.it/)
ORIGINAL_DATA_MEDIATOR	Rete Accelerometrica Nazionale - RAN Download (http://www.mot1.it/randownload/)
ORIGINAL_DATA_CREATOR_CITATION	Italian Strong Motion Network, Italian Civil Protection Department http://www.protezionecivile.gov.it
ORIGINAL_DATA_CREATOR	network IT (Italian Strong Motion Network); owner Dipartimento Della Protezione Civile
FILE_NAME	IT.MMO..HGN.D.20161030.064018.C.ACC
EVENT_NAME	CENTRAL_ITALY
EVENT_ID	EMSC-20161030_0000029
EVENT_DATE_YYYYMMDD	20161030
EVENT_TIME_HHMMSS	064018
EVENT_LATITUDE_DEGREE	42.8322
EVENT_LONGITUDE_DEGREE	13.1107
EVENT_DEPTH_KM	9.2
HYPOCENTER_REFERENCE	INGV-CNT_Seismic_Bulletin
MAGNITUDE_W	6.5
MAGNITUDE_W_REFERENCE	INGV-webservice
MAGNITUDE_L	6.1
MAGNITUDE_L_REFERENCE	INGV-CNT_Seismic_Bulletin
FOCAL_MECHANISM	NF
NETWORK	IT
STATION_CODE	MMO
STATION_NAME	Montemonaco
STATION_LATITUDE_DEGREE	42.899300
STATION_LONGITUDE_DEGREE	13.326800
STATION_ELEVATION_M	1030
LOCATION	
SENSOR_DEPTH_M	0.0
VS30_M/S	
SITE_CLASSIFICATION_EC8	A*
MORPHOLOGIC_CLASSIFICATION	
EPICENTRAL_DISTANCE_KM	19.2

Dott. TONINO COLLETTA geologo specialista
Piazza del Popolo, 24 – 63073 OFFIDA (AP)

EARTHQUAKE_BACKAZIMUTH_DEGREE	247.2
DATE_TIME_FIRST_SAMPLE_YYYYMMDD_HHMMSS	20161030_064005.480
DATE_TIME_FIRST_SAMPLE_PRECISION	milliseconds
SAMPLING_INTERVAL_S	0.005000
NDATA	12000
DURATION_S	60.000
STREAM	HGN
UNITS	cm/s^2
INSTRUMENT	sensor = Unknown [Unknown] digitizer = Unknown [Unknown]
INSTRUMENT_ANALOG/DIGITAL	D
INSTRUMENTAL_FREQUENCY_HZ	
INSTRUMENTAL_DAMPING	
FULL_SCALE_G	
N_BIT_DIGITAL_CONVERTER	
PGA_CM/S^2	-185.085632
TIME_PGA_S	22.245000
BASELINE_CORRECTION	BASELINE REMOVED
FILTER_TYPE	BUTTERWORTH
FILTER_ORDER	2
LOW_CUT_FREQUENCY_HZ	0.050
HIGH_CUT_FREQUENCY_HZ	30.000
LATE/NORMAL_TRIGGERED	NT
DATABASE_VERSION	DYNA 1.0
HEADER_FORMAT	DYNA 1.2
DATA_TYPE	ACCELERATION
PROCESSING	manual (Paolucci et al., 2011)
DATA_TIMESTAMP_YYYYMMDD_HHMMSS	20170711_162914.567
DATA_LICENSE	CC-BY3_0-IT (http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.en)
DATA_CITATION	Luza L, Puglia R, Russo E & ORFEUS WG5 (2016). Engineering Strong Motion Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Observatories & Research Facilities for European Seismology. doi 10.13127/ESM
DATA_CREATOR	ESM working group
ORIGINAL_DATA_MEDIATOR_CITATION	Ufficio Rischio Sismico e Vulcanico del Dipartimento della Protezione Civile (http://www.protezionecivile.gov.it/)
ORIGINAL_DATA_MEDIATOR	Rete Accelerometrica Nazionale - RAN Download (http://www.mot1.it/ran/download/)
ORIGINAL_DATA_CREATOR_CITATION	Italian Strong Motion Network, Italian Civil Protection Department http://www.protezionecivile.gov.it
ORIGINAL_DATA_CREATOR	network IT (Italian Strong Motion Network); owner Dipartimento Della Protezione Civile
FILE_NAME	IV.T1212..HNE.D.20161026.171036.C.ACC
EVENT_NAME	CENTRAL_ITALY
EVENT_ID	EMSC-20161026_0000077
EVENT_DATE_YYYYMMDD	20161026
EVENT_TIME_HHMMSS	171036
EVENT_LATITUDE_DEGREE	42.8802
EVENT_LONGITUDE_DEGREE	13.1275
EVENT_DEPTH_KM	8.7
HYPOCENTER_REFERENCE	INGV-CNT_Seismic_Bulletin
MAGNITUDE_W	5.4
MAGNITUDE_W_REFERENCE	INGV-webservice
MAGNITUDE_L	5.4
MAGNITUDE_L_REFERENCE	INGV-CNT_Seismic_Bulletin
FOCAL_MECHANISM	NF
NETWORK	IV
STATION_CODE	T1212
STATION_NAME	Avendita PG
STATION_LATITUDE_DEGREE	42.751556
STATION_LONGITUDE_DEGREE	13.044636
STATION_ELEVATION_M	869
LOCATION	
SENSOR_DEPTH_M	1.0
VS30_M/S	
SITE_CLASSIFICATION_EC8	A*
MORPHOLOGIC_CLASSIFICATION	
EPICENTRAL_DISTANCE_KM	15.8
EARTHQUAKE_BACKAZIMUTH_DEGREE	25.3
DATE_TIME_FIRST_SAMPLE_YYYYMMDD_HHMMSS	20161026_171027.496
DATE_TIME_FIRST_SAMPLE_PRECISION	milliseconds
SAMPLING_INTERVAL_S	0.005000
NDATA	7111
DURATION_S	35.555
STREAM	HNE
UNITS	cm/s^2
INSTRUMENT	sensor = Unknown [Unknown] digitizer = Unknown [Unknown]
INSTRUMENT_ANALOG/DIGITAL	D
INSTRUMENTAL_FREQUENCY_HZ	
INSTRUMENTAL_DAMPING	
FULL_SCALE_G	
N_BIT_DIGITAL_CONVERTER	
PGA_CM/S^2	176.708485
TIME_PGA_S	16.135000
BASELINE_CORRECTION	BASELINE REMOVED

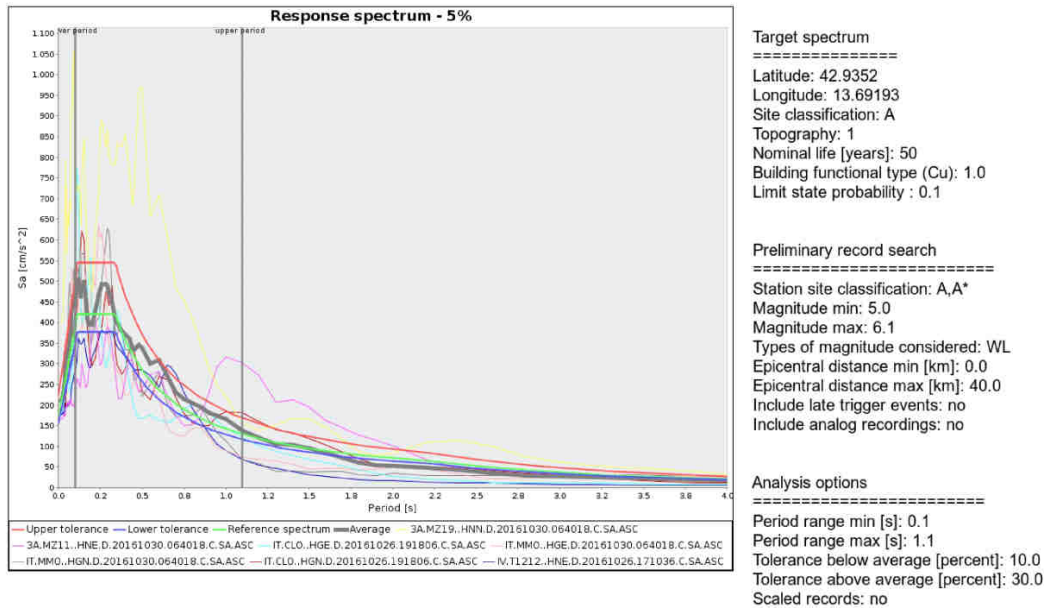
FILTER_TYPE	BUTTERWORTH
FILTER_ORDER	2
LOW_CUT_FREQUENCY_HZ	0.040
HIGH_CUT_FREQUENCY_HZ	70.000
LATE/NORMAL_TRIGGERED	NT
DATABASE_VERSION	DYNA 1.0
HEADER_FORMAT	DYNA 1.2
DATA_TYPE	ACCELERATION
PROCESSING	manual (Paolucci et al., 2011)
DATA_TIMESTAMP_YYYYMMDD_HHMMSS	20170711_163424.002
DATA_LICENSE	CC-BY4_0 (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)
DATA_CITATION	Luzi L, Puglia R, Russo E & ORFEUS WG5 (2016). Engineering Strong Motion Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Observatories & Research Facilities for European Seismology. doi10.13127/ESM
DATA_CREATOR	ESM working group
ORIGINAL_DATA_MEDIATOR_CITATION	(C) INGV - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
ORIGINAL_DATA_MEDIATOR	FDSN INGV Web Service (http://webservices.rm.ingv.it/fdsnws/datasetselect/1/)
ORIGINAL_DATA_CREATOR_CITATION	Data for this study comes from the Italian national seismic network operated by Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia and archived at the European Integrated Data Archive http://eida.rm.ingv.it/
ORIGINAL_DATA_CREATOR	network IV (Italian National Seismic Network); owner Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia



Accelerogrammi di Input di Offida

MARCHE3 - OFFIDA (475yrs)

Mon Jul 10 14:53:39 CEST 2017



Spettro Compatibilità Offida

7.1.5. Risultati Analisi Monodimensionali 1D

I risultati delle analisi di risposta sismica locale sono rappresentati nel seguito in termini di parametri caratteristici dei moti sismici calcolati in superficie, spettri di risposta di pseudo-accelerazione PSA dei moti sismici calcolati in superficie e fattori di amplificazione del moto sismico. I risultati delle simulazioni numeriche sono stati espressi quindi in termini di fattore di amplificazione FA definito come intensità di Housner (Housner, 1952), i cui valori sono stati calcolati come rapporto tra l'integrale dello spettro di pseudo-accelerazione di output per tre differenti intervalli di integrazione (0.1-0.5 s, 0.4-0.8 s e 0.7-1.1) e i corrispondenti parametri di input:

$$FA = \frac{\int_{0.1}^{0.5} PSA_{out}(T) dT}{\int_{0.1}^{0.5} PSA_{in}(T) dT}$$

$$FA = \frac{\int_{0.4}^{0.8} PSA_{out}(T) dT}{\int_{0.4}^{0.8} PSA_{in}(T) dT}$$

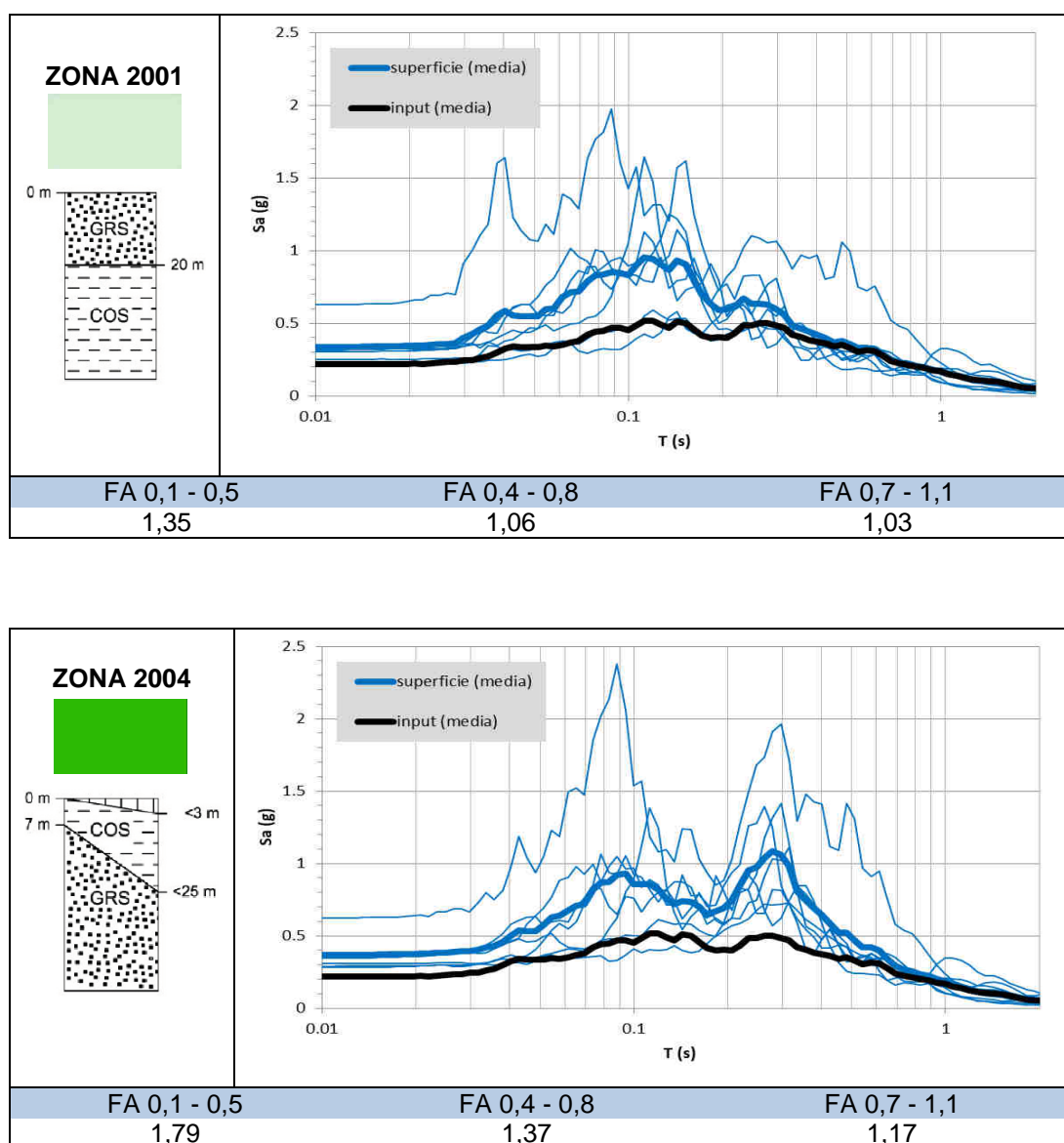
$$FA = \frac{\int_{0.7}^{1.1} PSA_{out}(T) dT}{\int_{0.7}^{1.1} PSA_{in}(T) dT}$$

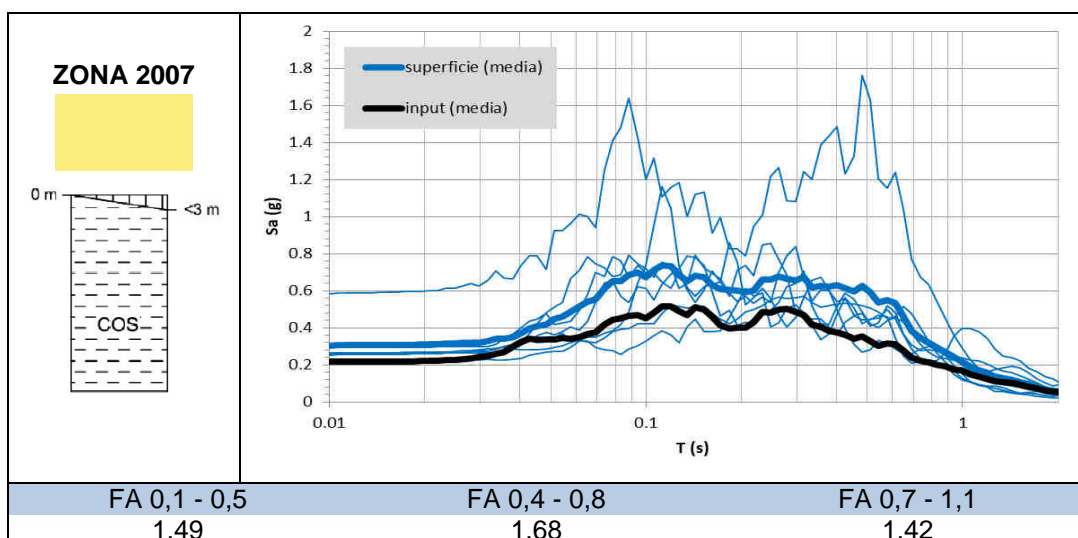
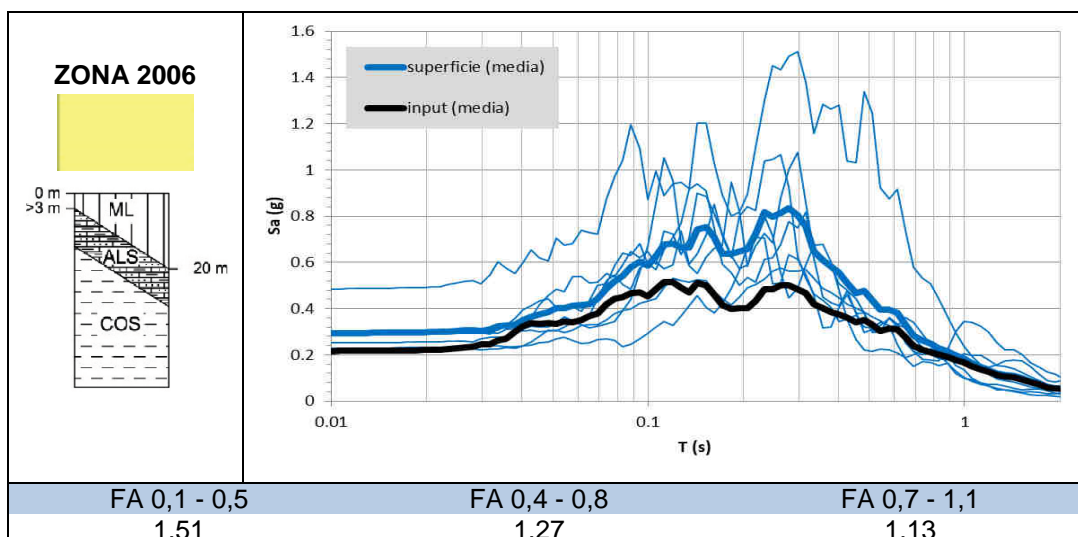
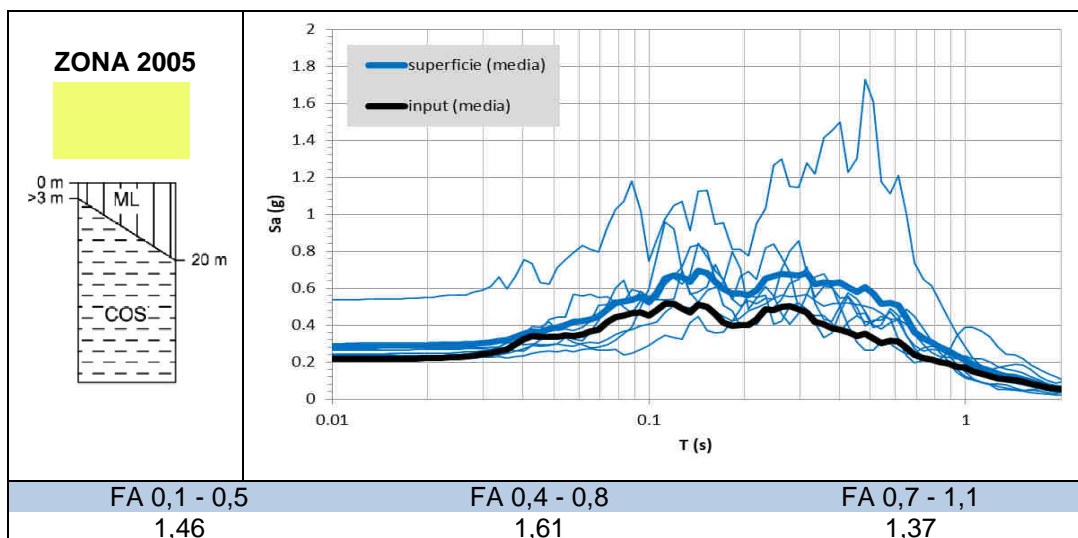
dove PSA_{output} è lo spettro di risposta di pseudo-accelerazione del moto sismico, calcolato in superficie, mentre PSA_{input} è lo spettro di risposta di pseudo-accelerazione del moto sismico calcolato al bedrock. Con le formule indicate per tutti i punti di output e per ogni intervallo, è stata calcolata la media logaritmica dei valori del fattore di amplificazione relativi ai sette accelerogrammi di input, come riportato nell'equazione seguente:

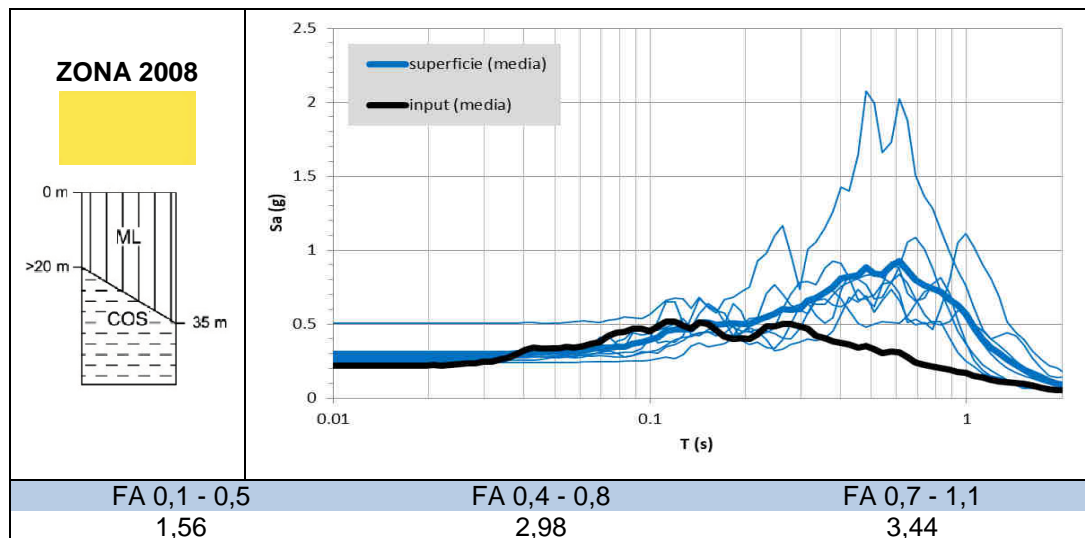
$$m_{ln} = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^7 \ln(FA_i)$$

$$FA_{rif} = e^{m_{ln}}$$

I risultati sono organizzati secondo lo schema che segue:







7.2. Zone instabili

L'attenta rilettura critica dell'assetto stratigrafico, idrogeologico e dei parametri geotecnici ha predisposto, come nelle zone stabili suscettibili di amplificazione, una miglior definizione del modello di partenza che ha comportato di conseguenza una differente perimetrazione di tali zone.

L'approfondimento del livello 3 rispetto al precedente livello 1, ha generato quindi un risultato diverso rispetto a quello del livello 1, le cui differenze sono di seguito schematizzate, tenendo presente che non sono state evidenziate per l'area indagata faglie attive e capaci, in entrambi i livelli:

Carta MOPS mzs livello 1 codice zona	Carta MOPS mzs livello 3 codice zona
Zone suscettibili di instabilità di versante – frana da colamento attiva	30122001
	30122002
	30122004
	30122005
	30122007
Zone suscettibili di instabilità di versante – frana da scorrimento attiva	30132003
	30132005
	30132006
	30132007
	30132008

7.2.1. Instabilità di versante sismoindotte (FR)

I fenomeni d'instabilità di versante sismoindotti, sono intesi come frane che devono il loro movimento, oltre a caratteri predisponenti, alla forzante sismica.

Le sollecitazioni sismiche per natura, essendo azioni di tipo dinamico e ciclico, producono rispetto al caso statico un incremento delle forze destabilizzanti e una riduzione delle azioni resistenti.

Il primo, legato alla natura dinamica dell'azione sismica, genera all'interno del pendio delle forze inerziali variabili nel tempo e nello spazio (eterogeneità del terreno, effetti di amplificazione litostratigrafica ed effetti di amplificazione topografica), mentre il secondo effetto, legato alla natura ciclica dell'azione sismica, induce nei terreni fenomeni di fatica con degradazione dei parametri di resistenza e accumulo delle pressioni interstiziali (Prof. Ing. Claudia Madiati - Università Degli Studi Di Firenze).

7.2.2. Analisi e Risultati dei dati

Tutti i movimenti franosi censiti, a seguito della consultazione della documentazione pregressa e nei database (PAI, IFFI, ...), unitamente a fenomeni attivi riscontrati durante la ricognizione di campo effettuata, hanno conoscenze esclusivamente parziali circa le geometrie, stratigrafie, parametri geotecnici nonché delle condizioni idrauliche dei terreni coinvolti.

L'attenta osservazione dei fenomeni franosi in fase post sismica ha rilevato un'accelerazione del movimento gravitativo, che in assenza d'informazioni dettagliate e complete, è possibile attribuire a fenomeni sismici anche se non in via esclusiva.

8. ELABORATI CARTOGRAFICI

8.1. Carta delle indagini (CI)

Delle 151 indagini geotecniche e geofisiche complessive, solo 91 sono state utilizzate per la redazione della carta delle indagini poiché ricadenti all'interno del porzione di territorio comunale studiato. Di queste 70 sono pregresse e le restanti 21 sono state appositamente realizzate per questo studio.

La distribuzione delle indagini pregresse, proprio per loro derivazione è casuale, mentre le indagini nuove sono state ubicate all'interno del perimetro di microzonazione sismica di terzo livello, in particolare dove, oltre ad essere strategiche per una pianificazione futura "coprivano" zone scarsamente indagate.

Di seguito si riporta la tabella schematica riassuntiva per tipologia e quantità:

INDAGINE		NUMERO		
sigla	tipologia	totale	pregresse	nuove
SD	sondaggio a distruzione di nucleo	1	1	
SDS	sondaggio a distruzione del nucleo con intercettazione del substrato	29	29	
SS-DH-C	sondaggio a carotaggio continuo con intercettazione del substrato, downhole e prelievo di campione	6	4	2
SS-C	sondaggio a carotaggio continuo con intercettazione del substrato e prelievo di campione	6	6	
DP	prova penetrometrica dinamica pesante	18	18	
ACC	registrazioni sismiche da stazioni accelerometrica	5	5	
HVSR	registrazioni sismiche passive di microtremore a stazione singola	24	7	17
MASW	multichannel analysis of surface waves	2		2

Tutte le prove utilizzate sono rappresentate nella Carta delle Indagini, riportata in allegato e archiviate nel database associato. La carta e il database sono stati realizzati secondo gli standard di rappresentazione e archiviazione informatica per la Microzonazione Sismica versione 4.0b.

8.2. Carta delle frequenze naturali dei terreni

La carta delle frequenze fondamentali, ovvero i valori ricavati dai grafici di picco H/V delle indagini HVRS nuove (n.4) e pregresse (n.23) è stata redatta indicando le collocazioni puntuali delle indagini con una simbologia idonea e gradata, nella quale viene riportato il grado dell'intensità della frequenza e dell'ampiezza. Sono elencate di seguito le frequenze fondamentali individuate nell'intervallo d'interesse (0.1 - 20 Hz) e le rispettive ampiezze:

<i>Id</i>	<i>Note</i>	<i>frequenza fondamentale F_0 (Hz)</i>	<i>Ampiezza A_0</i>	<i>profondità bedrock sismico (m)</i>
P16	MZSI	3.380	1.850	20-30
P17	MZSI	1.310	2.610	50-100
P18	MZSI	2.030	3.010	30-50
P19	MZSI	2.380	4.100	30-50
P20	MZSI	8.000	3.000	10-20
P21	MZSI	1.190	3.390	50-100
P22	MZSI	8.280	1.670	5-10
P23	MZSI	4.880	3.160	20-30
P24	MZSI	4.940	2.260	20-30
P25	MZSI	19.380	3.620	5-10
P26	MZSI	2.190	2.200	30-50
P27	MZSI	2.190	2.170	30-50
P132	MZSIII	11.746	2.258	5-10
P133	MZSIII	3.779	2.784	20-30
P134	MZSIII	2.220	2.939	30-50
P135	MZSIII	2.220	2.425	30-50
P136	MZSIII	1.643	2.125	50-100
P137	MZSIII	1.109	2.494	50-100
P138	MZSIII	1.844	2.524	50-100
P139	MZSIII	1.977	2.403	50-100
P140	MZSIII	1.721	2.853	50-100
P141	MZSIII	2.119	3.078	30-50
P142	MZSIII	4.548	2.263	20-30
P143	MZSIII	1.932	3.718	50-100
P144	MZSIII	5.348	3.464	10-20
P145	MZSIII	3.526	2.491	20-30
P146	MZSIII	4.875	2.541	20-30
P147	MZSIII	4.875	2.420	20-30
P151	MZSIII	10.615	2.746	5-10

La cartografia così strutturata, permette di avere un quadro di lettura immediato della profondità dell'interfaccia risonante, attraverso il valore di frequenza (colore del simbolo),

nonché dell'intensità del contrasto d'impedenza, mediante il valore dell'ampiezza (diametro del simbolo).

Utilizzando un metodo semplificato speditivo, è possibile convertire tali frequenze in spessori di profondità, permettendo un'identificazione preliminare dell'interfaccia risonante bedrock sismico-coperture.

Questa valutazione non sostituisce un'analisi di dettaglio ma ha il solo scopo (sotto stretto controllo geologico) di fornire indicazioni preliminari sulla struttura del sottosuolo.

Analizzando i dati in termini frequenziali si può evidenziare una sostanziale eterogeneità del valore della frequenza fondamentale f_0 . Si alternano misure con picchi HVSr aventi valori a 10 Hz, che denotano la presenza di un contrasto superficiale e frequenze dell'ordine di pochi Hz, che denotano la presenza di un pacco risonante di alcune decine di metri

8.3. Carta Geologico Tecnica per la MS (CGT_MS)

Per la realizzazione della Carta Geologico-Tecnica per la Microzonazione Sismica (CGT_MS) e delle relative sezioni in scala 1: 2.000 che schematizzano i principali rapporti geologico - stratigrafici, è stato effettuato un rilevamento geologico di dettaglio unitamente alla consultazione delle cartografie disponibili (Carta Geologica Regionale in scala 1:10.000, Carta Geologica d'Italia in scala 1: 100.000, PRG, PAI, IFFI, etc.) e delle indagini geognostiche reperite.

In tale elaborato, necessario per la definizione del modello del sottosuolo e funzionale alla realizzazione della Carta delle MOPS di livello 1, vengono riportati:

- in verde i sondaggi che hanno raggiunto il substrato e relativa profondità del substrato in metri dal p.c.;
- in rosso i sondaggi che non hanno raggiunto il substrato e relativa profondità in metri dal p.c.

Sono state inoltre evidenziate e distinte le unità della copertura da quelle del substrato e le principali forme e processi morfologici (aree in frana e relativo stato di attività, scarpate morfologiche, etc.), al fine di identificare le zone suscettibili di amplificazioni locali.

Le coperture, come indicato nello "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica", vengono cartografate solo quando il loro spessore supera i 3,0 m.

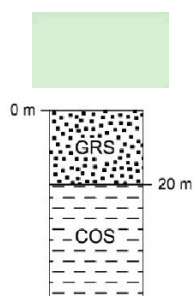
8.4. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)

La carta MOPS di livello 3, come già ampiamente descritte nel capitolo 7, nasce come revisione e aggiornamento della carta MOPS del livello 1.

Si ribadisce che non sono inserite zone stabili in quanto i substrati geologici affioranti, non hanno velocità delle onde di taglio ($V_s > 800 \text{ m/sec}$) tali da poter essere definiti come substrato sismico.

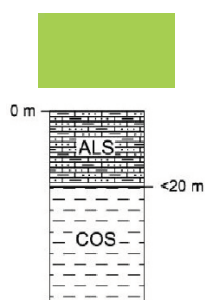
- **Zone Stabili suscettibili di amplificazione**

ZONA 2001



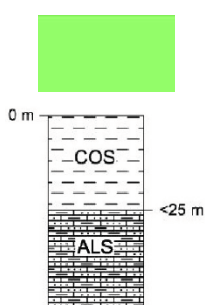
Depositi conglomeratici e arenaceo conglomeratici cementati, stratificati con spessori di 20 m poggianti sui depositi argillosi marnosi coesivi, sovraconsolidati e stratificati, posti su un versante acclive e tale da non escludere fenomeni di amplificazione di tipo topografico

ZONA 2002



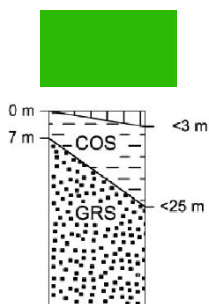
Alternanza di depositi stratificati sabbiosi e sabbioso argillosi con spessori inferiori e/o uguali a 20 m, sovrastanti i depositi argillosi marnosi coesivi, sovraconsolidati e stratificati.

ZONA 2003



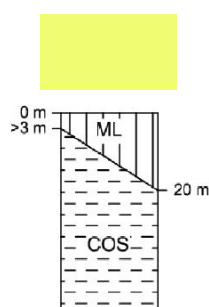
Depositi argillosi marnosi coesivi, sovraconsolidati e stratificati con spessori minori o uguali a 25 m sovrastanti un'alternanza di depositi stratificati sabbiosi e sabbioso argillosi .

ZONA 2004



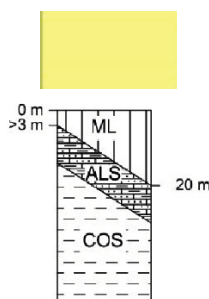
Riporto antropico con spessori inferiori a 3 m sovrastanti i depositi argillosi marnosi coesivi, sovraconsolidati e stratificati aventi spessori variabili da 7 a 25 m poggianti su depositi conglomeratici e arenaceo conglomeratici cementati e stratificati.

ZONA 2005



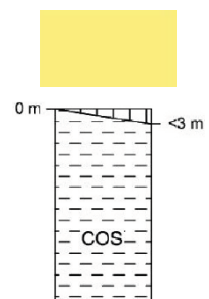
Depositi eluvio colluviali e/o riporto antropico con spessori compresi tra 3 e 20 m sovrastanti i depositi argillosi marnosi coesivi, sovraconsolidati e stratificati

ZONA 2006



Depositi eluvio colluviali e/o riporto antropico con spessori compresi tra 3 e 20 m sovrastanti un'alternanza di depositi stratificati sabbiosi e sabbioso argillosi aventi spessori inferiori a 10 m e poggianti sui depositi argillosi marnosi coesivi, sovraconsolidati e stratificati.

ZONA 2007

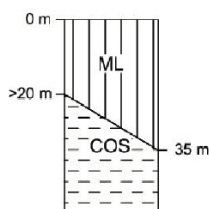


Depositi eluvio colluviali con spessori inferiori a 3 m, talora assenti, sovrastanti i depositi argillosi marnosi coesivi, sovraconsolidati e stratificati.

ZONA 2008



Depositi eluvio colluviali con spessori compresi tra 20 e 35 m sovrastanti i depositi argillosi marnosi coesivi, sovraconsolidati e stratificati.



• Zone di attenzione per instabilità



ZA_{FR} - ZONA ATTENZIONE PER INSTABILITÀ DI VERSANTE

Coperture eluvio colluviali interessate da dinamica attiva di versante censiti nel Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino del Fiume Tronto i cui perimetri sono riportati in maniera fedele e confermati dalla ricognizione di campo effettuata, inquadrabili come

- colata (codice 3013)
- non definito (soliflusso 3012)

• Punti di misura del rumore ambientale



Dalle misure del rumore ambientale e relative curve H/V, elaborate con i software grilla e geoexplorer si sono ottenuti i valori di frequenza fondamentale di sito (F_0) e talora di frequenze secondarie, nell'ambito del range d'interesse ingegneristico)

• Forme di superficie e sepolte



Orlo di scarpata morfologica naturale o artificiale (10-20 m)



Orlo di scarpata morfologica naturale o artificiale (> 20 m)

8.5. Carte di Microzonazione Sismica (MS) di livello 3

Dall'analisi numerica monodimensionale (1D) si sono ricavati gli spettri di risposta ed i fattori di amplificazione stratigrafica (FA) nei n°3 intervalli di tempo previsti; questi hanno consentito l'elaborazione delle n°3 carte di microzonazione di livello 3.

È bene precisare che l'analisi ha riguardato solo le aree comprese all'interno del perimetro di livello tre che comprende n°6 delle n°8 zone MOPS nelle quali è stato suddiviso il territorio comunale secondo il perimetro definito in sede di studio di livello 1.

Gli accelerogrammi calcolati in superficie, gli spettri di risposta e i fattori di amplificazione per le n°3 zone MOPS sono stati ampiamente descritti nel capitolo 7.

Di seguito viene proposta una tabella riassuntiva della categoria di sottosuolo secondo le NTC 2008 con indicazione della velocità delle onde "S" nei primi 30,0 m di profondità per ognuna delle n°3 zone MOPS presenti all'interno del perimetro di III° livello.

Per il calcolo della $V_{s,30}$ si fa riferimento alle condizioni stratigrafiche definite in sede di calcolo degli spettri di risposta con il codice "STRATA", utilizzando la relazione prevista dalle NTC2008:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

dove h_i è lo spessore e $V_{s,i}$ è la velocità delle onde "S" dello strato i -esimo.

zona MOPS	$V_{s,30}$	categoria sottosuolo
2001	750 m/s	B
2004	347 m/s	B
2005	384 m/s	B
2006	434 m/s	B
2007	334 m/s	C
2008	193 m/s	C

Per le categorie di sottosuolo previste, è opportuno puntualizzare che tali valori sono espressione di una procedura che in taluni casi, in mancanza di dati sperimentali misurati in situ, ha previsto approssimazioni e/o estrapolazioni; pertanto è da considerare solo come indicativa e non sostitutiva d'indagini sito-specifiche che i progettisti dovranno pianificare in caso d'interventi.

9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

Tale capitolo attinge direttamente dalle fonti della dottoressa Viviana Castelli, ricercatrice presso l'INGV e da quelle del Dott. Mario Vannicola, presso gli archivi comunali.

- *terremoto del 7 ottobre 1639 di Amatrice*

Le testimonianze storiche narrano che la scossa fu distintamente avvertita in Offida, tuttavia non vi sono testimonianze dirette di danni agli edifici (anche se si deve considerare la perdita dei registri contabili dell'epoca) eccettuata una più tarda raffigurazione, risalente al 1641, con il campanile di S. Maria della Rocca mozzato in punta.

- *terremoto del 2 febbraio 1703 de L'Aquila*

Catastrofico terremoto che distrusse gran parte di L'Aquila e che ad Offida procurò oltre ad un decesso di una donna e la caduta della "Palombara delle monache", danni al vecchio monastero, ai tetti e alla torre campanaria di Santa Maria della Rocca mentre il Palazzo Comunale fu interessato da lesioni diffuse.

- *terremoto del 16 agosto 1882 di costa S. Benedetto del T. e Grottammare*

Dal 1703, in mancanza di ricerche più approfondite bisogna saltare al 16 agosto 1882, quando a Offida fu avvertito il sisma con epicentro sulla costa adriatica, senza tuttavia arrecare danni.

- *terremoto del 3 gennaio 1915 di Avezzano*

Causò invece danni il terribile terremoto di Avezzano, con crolli di parti del campanile e lesioni sui muri della chiesa di S. Maria della Rocca.

- *terremoto del 23 luglio 1930 dell'Irpinia*

Il terremoto venne avvertito abbastanza distintamente ad Offida ma non fece danni.

- *terremoto del 6 settembre 1933 della Maiella*

Il terremoto venne avvertito abbastanza distintamente ad Offida ma non fece danni.

- *terremoto del 3 ottobre 1943 di Offida-Castignano*

L'anno 1943 fu interessato da prolungate sequenze sismiche, specie nell'area dei Monti Sibillini, in particolare nel 3 ottobre 1943, alle 9.28 circa ora locale si verificò il "terremoto di Offida" che procurò oltre ad alcuni decessi, danni ingenti e diffusi al patrimonio monumentale e residenziale del paese, la cui vulnerabilità era, in molti casi, accentuata da scarsa manutenzione ed eventi bellici precedenti.

- *terremoto del 26 novembre 1972 di Ascoli*
Il terremoto fortunatamente non causò vittime, tuttavia si ebbero danni e crolli.
- *terremoto del 1979 Norcia*
Non si registrano danni e/o crolli dagli archivi comunali.
- *terremoto del 23 luglio 1980 dell'Irpinia*
Non si registrano danni e/o crolli dagli archivi comunali.
- *terremoto del 1997-1998 di Colfiorito*
Il terremoto venne avvertito abbastanza distintamente ad Offida e provocò un danneggiamento diffuso su tutto il costruito in modo più o meno grave.
- *terremoto del 6 aprile 2009 di L'Aquila*
Il terremoto venne avvertito abbastanza distintamente ad Offida ma non fece danni.
- *terremoto del 2012 dell'Emilia Romagna*
Il terremoto venne avvertito avvertiti in modo distinto da tutta la popolazione ma non si registrano danni particolari.
- *terremoto del 24 agosto 2016 di Amatrice e 30 ottobre 2016 di Norcia*
La sequenza sismica Amatrice-Norcia-Visso inizia con la prima forte scossa registrata il 24 agosto 2016, con epicentro situato lungo la Valle del Tronto, e sprigiona la sua massima potenza il 30 ottobre 2016, con epicentro Norcia (PG). Ad Offida, le conseguenze sono gravi e la situazione viene riassunta nell'elenco analitico pubblicato sul sito del comune:
 - cittadini evacuati, 55 (autonoma sistemazione 47 e alberghi 8)
 - perimetrazioni zone rosse con divieto assoluto di accesso per pericoli di crolli di alcuni edifici del centro storico.
 - provvedimenti di messa in sicurezza su edifici quali la chiesa di Sant'Agostino, il Municipio, il Civico Cimitero, il Palazzo Museale, la Chiesa Di Santa Maria della Rocca, l'Enoteca Regionale. Inoltre sono state chiuse le scuole, così com'è stata chiusa al traffico la strada comunale Vecchia Mezzina (ponte ad archi in muratura) e chiusa provvisoriamente la Strada Provinciale Collecchio a causa di pericoli di crolli di immobili privati.

Alla fine della sequenza sismica, l'ufficio Tecnico (urbanistica e LLPP) del comune di Offida redige un elenco con tutte le richieste di sopralluogo post-sisma inviato ai centri operativi della Protezione Civile.

Lo schema sinottico delle 805 richieste complessive viene di seguito schematizzato con i relativi esiti, distribuiti per ciascun quartiere del comune così come individuati dalla delibera di consiglio comunale n.15/2005 e ss.mm.ii.

<i>quartiere</i>	<i>E</i>	<i>A-F</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>tot</i>
<i>Centro Storico</i>	4	2	7	16	186	215
<i>Cappuccini</i>	3	1	6	17	105	132
<i>Fuori Porta</i>	1	0	1	5	50	57
<i>La Madonnetta</i>	0	0	0	2	30	32
<i>San Barnaba</i>	2	2	2	9	22	37
<i>valore medio</i>	2	1	3	10	79	473
<i>Borgo Miriam</i>	13	1	8	15	96	133
<i>Grifoli</i>	6	0	3	4	48	37
<i>San Lazzaro</i>	4	0	0	8	50	39
<i>Lava</i>	1	3	1	7	27	61
<i>Santa Maria Goretti</i>	1	1	0	1	34	62
<i>valore medio</i>	5	1	2	7	51	332

Tot richieste di sopralluogo

A edificio agibile

A-F edificio inagibile per rischio esterno

B edificio temporaneamente inagibile

C edificio parzialmente agibile

E edificio inagibile

La lettura aggregata dei dati, evidenzia che i quartieri Centro Storico, Cappuccini, Fuori Porta, La Madonnetta e parzialmente San Barnaba, interessati dal presente Studio, ha registrato complessivamente una richiesta di sopralluogo superiore (473) rispetto alla totalità delle zone poste al di fuori del perimetro (332).

Confrontando i valori medi degli esiti si nota che sono circa identici, con la sola eccezione della tipologia di danno “E”, dove nelle zone fuori perimetro MZS3, è circa il doppio con punte di “13” nel quartiere Borgo Miriam.

Tale criticità è legata presumibilmente non a fattori geologico-sismici ma più verosimilmente alla tipologia delle costruzioni presenti nel quartiere, ove si concentrano molte costruzioni rurali sparse realizzate prima della classificazione sismica di Offida e soprattutto non adeguate successivamente negli anni con tecnologie antisismiche.

Di contro nel quartiere La Madonnetta, di recente costruzione, a fronte delle richieste pervenute, è stato catalogando un danno è quasi assente.

10. BIBLIOGRAFIA

- Carta Geologica Regionale in scala 1: 10.000 (CARG);
- Carta Geologica d'Italia in scala 1: 100.000 (Fg. N. 132 - Norcia)
- Indagine geologica per il P.R.G. in adeguamento al P.P.A.R. (Geol. Giovanni Mancini)
- AA. VV. Autorità di Bacino Interregionale del Fiume Tronto (PAI) Approvato con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 3 del 07/06/2006
- AA.VV. - Progetto IFFI - Inventario dei fenomeni franosi in Italia. Realizzato dall'ISPRA e dalle Regioni e Province Autonome
- AA.VV. – L'ambiente fisico delle Marche – Edizioni SELCA e Regione Marche, 177206, Firenze
- AA.VV. – “La Geologia delle Marche” - Studi Geologici Camerti, volume speciale (1986) –a cura di Centamore E. e Deiana G.
- BARCHI M., GALADINI F., LAVECCHIA G., MESSINA P., MICHETTI A.M., PERUZZA L., PIZZI A., TONDI E., VITTORI E. (2000) - Sintesi delle conoscenze sulle faglie attive in Italia Centrale: parametrizzazione ai fini della caratterizzazione della pericolosità sismica. CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma, 62 pp.
- CANTALAMESSA G. (2003) - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia – Foglio 304 CIVITANOVA MARCHE
- CANTALAMESSA G., CENTAMORE E., CHIOCCHINI U., COLALONGO M. L., MICARELLI A., NANNI T., PASINI G., POTETTI M., RICCI LUCCHI F., con la collaborazione di CRISTALLINI C. & DI LORITO L. (1986) - Il Plio-Pleistocene delle Marche. Studi Geologici Camerti, volume speciale "La Geologia delle Marche", 61-81.
- CANTALAMESSA G., CENTAMORE E., DIDASKALOU P., MICARELLI A., & POTETTI M. – Elementi di correlazione nella successione marina plio-pleistocenica del bacino periadriatico marchigiano. Studi Geol. Camerti. (in stampa).
- CANTALAMESSA G., MICARELLI A., PICCINI M., POTETTI M. & RICCI LUCCHI F. (1993) -Physical stratigraphy of Pleistocene nearshore and continental deposits in southern Marche (between Aso and menocchia valleys). International Symposium on dynamics of fluvial-coastal system and environmental changes. Abstracts.
- CASNEDI R., CRESCENTI U. & TONNA M. (1984) – Evoluzione della avanfossa adriatica meridionale nel Plio-Pleistocene sulla base di dati del sottosuolo. Mem. Soc. Geol. It., 24.

- CENTAMORE E., CANTALAMESSA G., MICARELLI A., POTETTI M., BERTI D., BIGI S., MORELLI C. & RIDOLFI M. (1991) - Stratigrafia e analisi di facies dei depositi del miocene e del pliocene inferiore dell'avanfossa marchigiano-abruzzese e delle zone limitrofe – Studi geologici Camerti volume speciale.
- CENTAMORE E., PAM, BIANCHI G., DEIANA G. CALAMITA F., CELLO G., DRAMIS F., GENTILI B., NANNI T. (1991) - Ambiente fisico delle Marche Geologia – Geomorfologia – Idrogeologia: Scala 1:100.000 - Regione Marche assessorato Urbanistica Ambiente Ecologia Programmazione.
- Database of Individual Seismogenic Sources, versione 3, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>.
- DI CELMA, CANTALAMESSA, TELONI, CORRADETTI, MARINI (2011) Evolution and History of Filling of Early Pleistocene, Coarse-Grained Slope Canyons (Peri-Adriatic Basin, Central Italy) *
- DI CELMA, CANTALAMESSA, DIDASKALOU (2011) Stratigraphic organization and predictability of mixed coarse-grained and fine-grained successions in an upper slope Pleistocene turbidite system of the Peri-Adriatic basin
- E. CENTAMORE, P. FARABOLLINI & S. ANGELINI. Guida all'escursione: "Geologia e geomorfologia del settore fermano nel bacino periadriatico marchigiano-abruzzese"
- CICCONI. Tesi laurea triennale Rilevamento Geologico Sedimentologico dell'Area di Offida.
- Studio di microzonazione di dettaglio nell'ambito del progetto coordinato dal GNDT con la partecipazione del SSN per conto del Dipartimento Protezione Civile Regionale (2004). Comuni di Offida, Cagli, Treia e Serra dei Conti.
- Database macrosismico italiano. DBMI15 associato al catalogo CPTI15 release 1.5, realizzato da Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016 CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes Istituto Nazionale Di Geofisica E Vulcanologia doi: <http://doi.org/10.6092/INGV.ITCPTI15>. Linea di attività INGV T3 "Pericolosità sismica e contributi alla definizione del rischio" e quale contributo alle attività dell'Allegato "A" dell'accordo quadro INGV-DPC 2012-2021.
- Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica - ICMS (Dipartimento di Protezione Civile Nazionale).
- Standard di rappresentazione e archiviazione informatica - Versione 4.0.b (Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica).
- COLLETTA T. (2012), Indagini di Microzonazione Sismica di Livello 1 del comune di Offida (1a annualità).

Tali studi hanno fornito utili indicazioni per inquadrare il territorio comunale in un contesto più ampio, relativamente soprattutto alle condizioni geologiche e geomorfologiche.

Sono state infine consultate e utilizzate svariate indagini geologico-tecniche, di committenza pubblica e privata, reperite presso l'Ufficio Tecnico del Comune di Offida (AP).

Offida, 17-01- 2018

G E O L O G O
Dr. Tonino Colletta
Ordine dei Geologi della Regione Marche
– n.575 sezione "A" –