PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile

CONFERENZA DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE AUTONOME

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

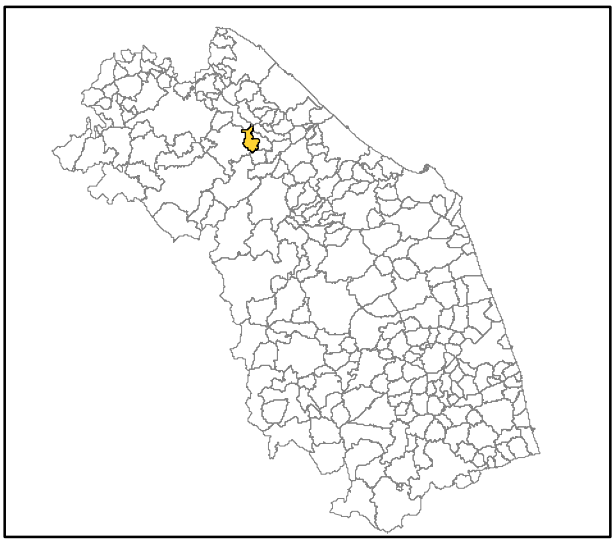
PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA E CLE, ANNUALITA' 2014

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione descrittiva

Regione Marche

Comune di Sant'Ippolito



Regione	Soggetto realizzatore	Data
 Marche	Dott. Geol. Alberto Antinori Via Mombaroccese 22 – 61036 Colli al Metauro (PU) Tel./Fax 0721 898273 Cell. 368-7492585 Collaboratore: Dott. Geol. Saul Mascellini Via dell'ospedale 8 – 61043 Cagli (PU) Cell. 339-7525746	Aprile 2017

Sommario

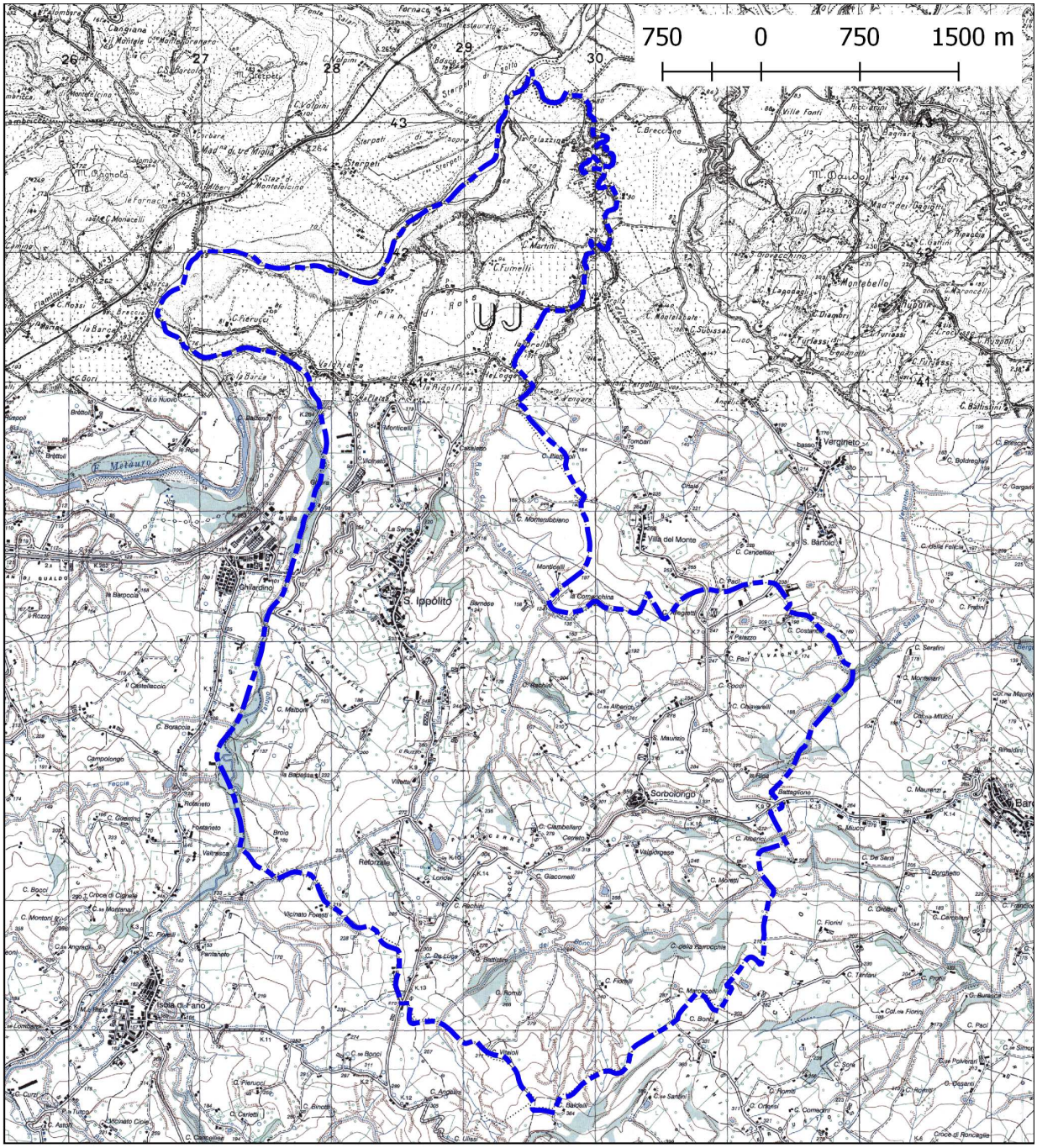
1. INTRODUZIONE 2
2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO 4
2. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO 6
3. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI 8
4. MODELLO DI SOTTOSUOLO 9
5. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE 10
6. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI 12
7. ELABORATI CARTOGRAFICI 16
7.1 Carta delle indagini 16
7.2 Carta Geologico Tecnica per la microzonazione sismica 16
7.3 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica 17
7.4 Commenti finali e criticità 22
8. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI 22
9. BIBLIOGRAFIA 22

Analisi Sistemi Integrati Terra Acqua Ambiente
Via Mombaroccese 22 - 61036 Colli al Metauro (PU)
tel/fax 0721 898273 mail analisisistemi@gmail.com

Dott.Geol. Saul Mascellini
Via dell'Ospedale n°4 - Gagli (PU)
tel.3397525746 – saul.mascellini@live.it

1. INTRODUZIONE

La presente relazione illustrativa espone i risultati conseguiti nello studio di *Microzonazione sismica di 1° livello del Comune di Sant'Ippolito*, eseguito, ai sensi dell'O.C.D.P.C. 171/2014 del 19.06.2014, su incarico del responsabile dell'Area Tecnica dell'ente attuatore, Comune di Sant'Ippolito, Dott.Ing. Francesco Passetti.



Legenda

Comune di Sant'Ippolito

Lo studio è consistito nell'acquisizione dei dati, di natura geologica, geofisica e geotecnica, presenti nell'archivio comunale, integrati poi con indagini geofisiche eseguite specificatamente per le finalità della microzonazione, al fine ottenere una più accurata suddivisione dal punto di vista del comportamento sismico (*carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica "MOPS"*).

Il territorio comunale è prevalentemente collinare a uso agricolo; della superficie complessiva di 19,87 km^2, solo 4,1 km^2 (≈ 20%) insistono sul fondovalle, la parte rimanente, pari a circa 15,77 km^2, è collinare.

Le aree urbanizzate o di espansione previste nel Piano Regolatore Generale comunale, insistono in massima parte sul fondovalle (frazione di Pian di Rose), mentre, nella zona collinare, si concentrano nell'abitato di Sant'Ippolito, comprese le aree di recente urbanizzazione che fiancheggiano il nucleo storico; sono invece del tutto marginali le frazioni di Sorbolongo e Reforzate.

La distribuzione spaziale delle indagini geognostiche, riflette abbastanza fedelmente l'assetto urbano; la quasi totalità dei dati reperiti si concentra a Sant'Ippolito capoluogo, nella frazione di Pian di Rose e nelle aree produttive del fondovalle.

In accordo con l'amministrazione comunale, si è quindi deciso di microzonare solo le parti con un'adeguata copertura di dati o che, in prospettiva, possono costituire possibili zone di espansione urbana.

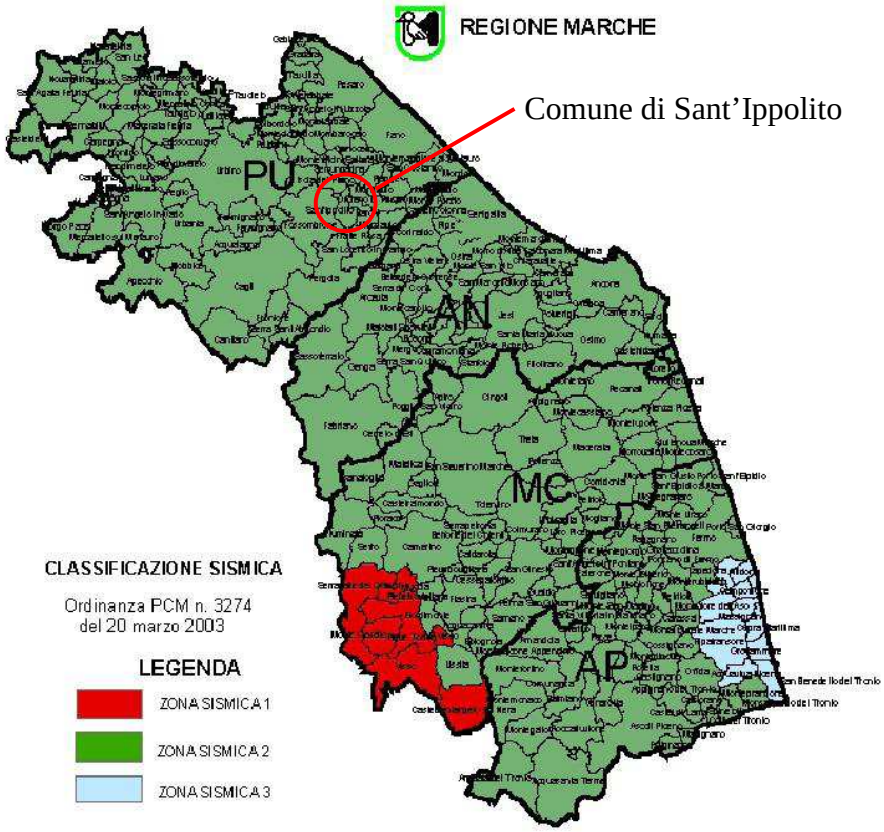
Complessivamente è stata oggetto di microzonazione una superficie di 8,4 km^2, pari a poco più del 42% del territorio comunale.

La tabella seguente riporta la ripartizione delle aree sottoposte a microzonazione sismica.

Zona	Area interessata	Superficie coinvolta in km^2	% (sul totale MS)
A	Sant'Ippolito Pian di Rose Reforzate	8,06	96
B	Sorbolongo	0,34	4

2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

La Regione Marche con la Delibera della Giunta Regionale n.1046 del 29.07.2003 inserisce il territorio comunale nella Zona 2 dei comuni italiani classificati sismici, cui corrisponde valori di picco dell'accelerazione A/g = 0,25.



Allegato alla DGR n° 1046 del 29.07.2003

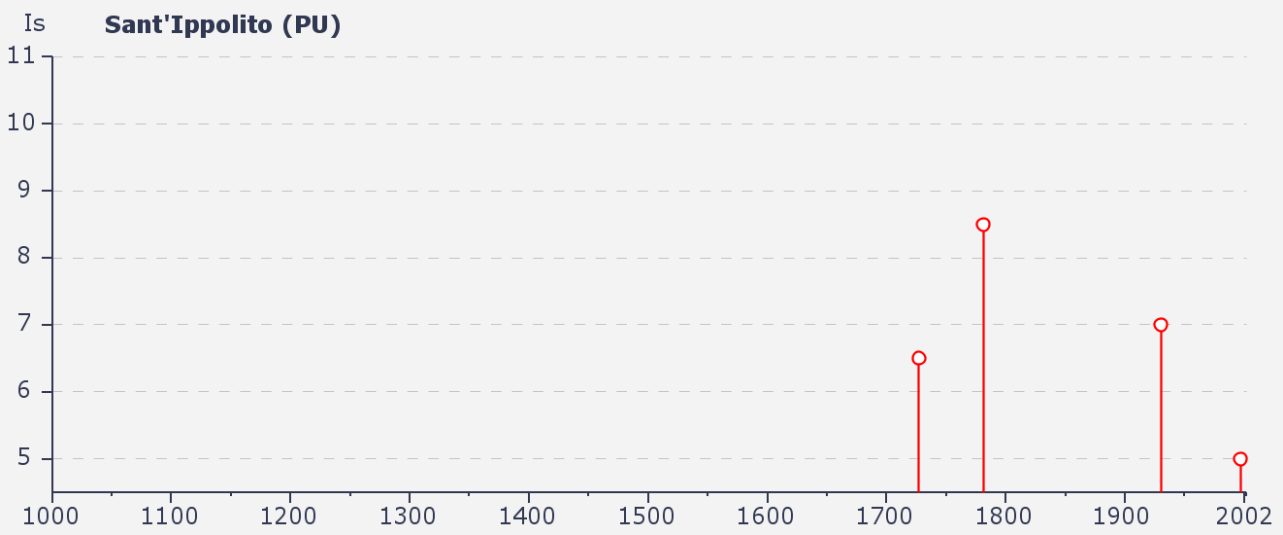
In base alla zonazione sismogenetica ZS9, il territorio comunale ricade nella zona 917, contraddistinta da un regime tettonico debolmente compressivo, le cui strutture sismogenetiche sono allineate lungo la costa o verso mare a una profondità efficace compresa tra 5 e 8 Km.

Con l'Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b, la quale ha definito la pericolosità sismica del territorio nazionale, di cui alla sottostante mappa che rappresenta la pericolosità sismica, espressa in termini di accelerazione massima del suolo, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita ai suoli rigidi (Vs > 800 m/s), al territorio comunale è attribuita un'accelerazione (a_g) orizzontale massima convenzionale sul suolo di tipo A, compresa tra 0,175 e 0,200 g.

Nel Database Macrosismico Italiano messo a disposizione dall'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), in cui sono archiviati i dati macrosismici del territorio nazionale, è possibile consultare la storia sismica del comune di Sant'Ippolito.
Gli eventi registrati, a partire dal 1741, sono 6, con indicazione delle relative Magnitudo di Momento (Mw) e dell'epicentro.

Effetti	In occasione del terremoto del:							
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	Np	Ix	Mw
6-7	1727	12	14	19	45	S.LORENZO IN CAMPO	32	7	5.18
8-9	1781	06	03			CAGLIESE	157	10	6.23
7	1930	10	30	07	13	SENIGALLIA	263	8-9	5.94
3-4	1984	04	29	05	02	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7	5.68
3	1993	06	05	19	16	GUALDO TADINO	326	6	4.92
5	1997	09	26	09	40	Appennino umbro-march.	869	9	6.05

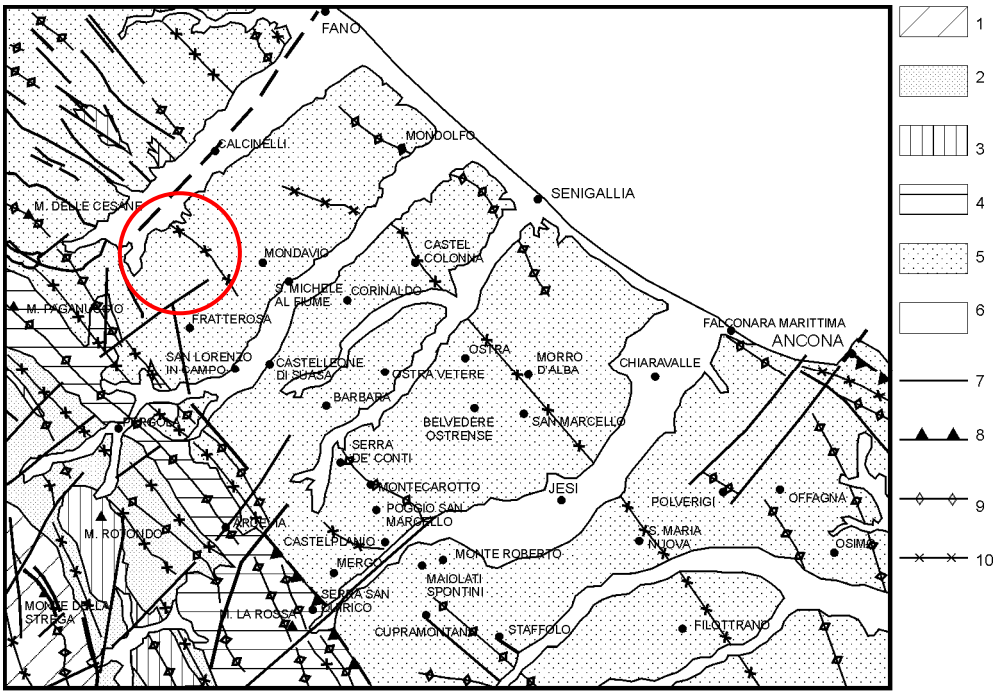
Quadro sinottico degli eventi sismici che hanno interessato il territorio comunale dall'anno 1727



Intensità dei principali eventi sismici (scala MCS)

2. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Come buona parte della provincia di Pesaro e Urbino, il territorio comunale appartiene al dominio Umbro-Marchigiano che chiude a sud l'Appennino settentrionale. L'unità fondamentale che riguarda direttamente l'area di studio è il Bacino Marchigiano Esterno o Avanfossa Marchigiana, confinata tra la catena appenninica a ovest e il Mare Adriatico a est, bacino questo caratterizzato essenzialmente da sedimenti plio-pleistocenici e, subordinatamente, da quelli miocenici che vanno a costituire l'ossatura dei rilievi collinari.



1) *dorsale umbro marchigiana;* **2)** *bacino marchigiano interno;* **3)** *dorsali minori;* **4)** *dorsale marchigiana;* **5)** *bacino marchigiano esterno;* **6)** *pianure alluvionali;* **7)** *principali faglie;* **8)** *principali sovrascorrimenti;* **9)** *principali assi di anticlinali;* **10)** *principali assi di sinclinali.*

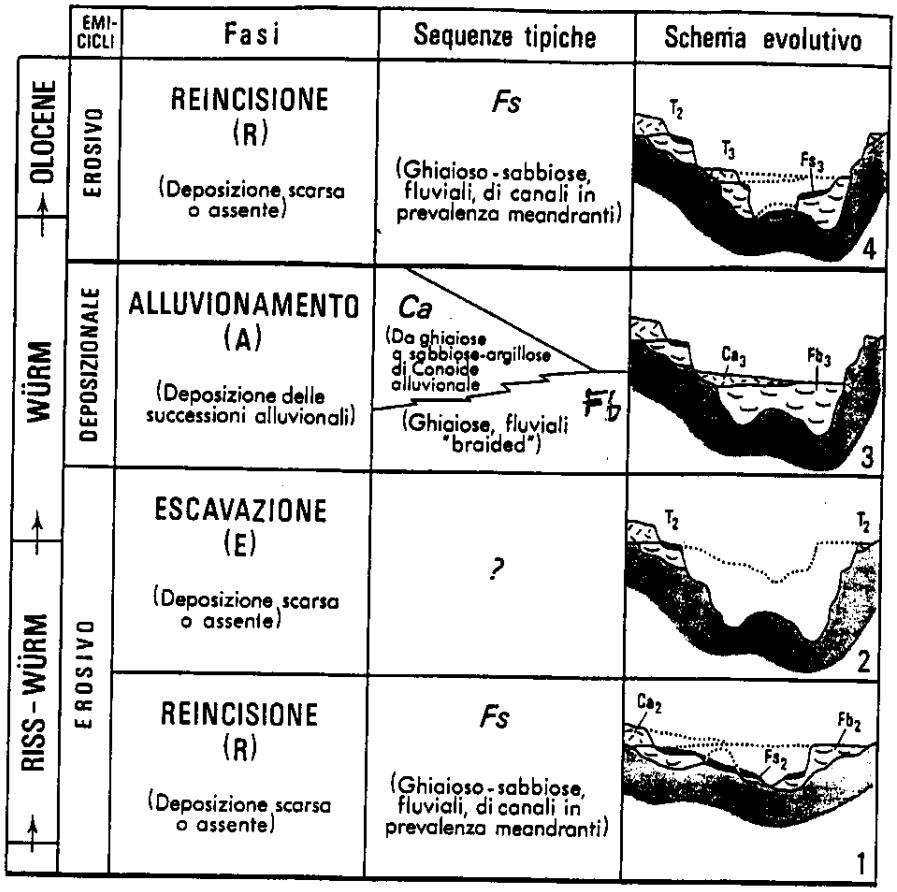
Schema geologico-strutturale della porzione di regione d'interesse.

Il Miocene è qui rappresentato dalla formazione delle Argille a Colombacci (sia in facies prevalentemente argillosa che arenacea). Si tratta di argille marnose azzurre, siltose, talora lievemente sabbiose, ben stratificate che, verso l'alto, fanno transizione a litotipi via via sempre più marcatamente sabbioso-arenacei, di colorazione giallo-ocracea che, per la loro relativa minore erodibilità, costituiscono gli alti morfologici. Il Pliocene è rappresentato da facies essenzialmente argillose e argilloso-marnose.

Nel Pleistocene-Olocene l'area è stata interessata da un sollevamento generalizzato che ha portato alla completa emersione di questa porzione di regione.

In ambiente prettamente continentale, i corsi d'acqua che scorrevano dai retrostanti rilievi della dorsale appenninica, si sono fatti strada lungo le terre che emergendo tendevano a corrugarsi, aprendosi valli e tagliando ortogonalmente le principali strutture plicative. Successivamente i solchi vallivi si sono andati colmando durante il Pleistocene medio-superiore e l'Olocene per fenomeni ciclici di fasi deposizionali ed

erosive, legate sia a cause tettoniche, eustatiche e climatiche e alla loro reciproca interazione. Ciò ha dato origine a depositi alluvionali terrazzati organizzati generalmente in 4 ordini di terrazzi (T1, T2, T3 e T4), tutti riconoscibili nel territorio comunale.
Le successioni alluvionali terrazzate presentano caratteristiche legate ai principali cicli sedimentari continentali del Pleistocene medio-superiore – Olocene. Ognuno di questi cicli è possibile suddividerlo in due emicicli: uno erosivo e l'altro deposizionale.



Schema evolutivo interpretativo delle principali fasi erosive e deposizionali delle alluvioni del Pleistocene sup.-Olocene. Da Nesci O., Savelli D.: Successioni alluvionali terrazzate nell'Appennino nord-marchigiano. Geogr. Fis. Dinam. Quaternario, 14 (1991)

Lo spessore del materasso alluvionale decresce da T1 al T4, ed è massimo in corrispondenza delle sinclinali e minimo nelle anticlinali, pieghe queste che interessano solamente il substrato in quanto antecedenti alla deposizione delle alluvioni.
Il territorio di Sant'Ippolito, geologicamente molto giovane, è quindi costituito di rocce sedimentarie di ambiente marino (area collinare) e depositi continentali (fondovalle e area pedecollinare). Il termine più antico è rappresentato dalle arenarie variamente cementate, interstratificate con delle argille, argille marnose e livelli di calcari evaporatici, di età messiniana, che compone tutta la zona collinare centro-occidentale del comune.

Le arenarie e le argille sopra descritte, comunemente indicate come Formazione a "Colombacci", sono in contatto con le argille azzurre del Pliocene le quali affiorano a Est (area collinare circostante Sorbolongo). La parte restante del territorio è invece costituita di depositi continentali colluviali e alluvionali del Metauro e, in misura minore, del torrente Tarugo, i quali dominano tutto il fondovalle, da Ovest a Est, con spessori massimi di circa 20 m.
Mentre le spianate di terzo e quarto ordine sono separate da modeste scarpate dotate di una limitata pendenza, a volte appena superiore a quella dei terrazzi, quelle di primo e secondo, sono separate da ripide scarpate erosive, con altezza generalmente superiore a 15 m e pendenze comprese mediamente tra 25% e 50%.

3. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

I dati relativi alle indagini geotecniche e geofisiche sono stati reperiti presso l'archivio storico dell'Ufficio Tecnico Comunale e presso l'archivio dello scrivente. A questi sono stati aggiunti nuovi elementi litostratigrafici ottenuti nel corso di diversi sopralluoghi presso le aree di affioramento delle formazioni geologiche e delle strutture deposizionali (centri storici di Sant'Ippolito, Sorbolongo e Reforzate e scarpate di separazione dei terrazzi alluvionali); sono state inoltre eseguite 9 prove sismiche a stazione singola H/V, distribuite sull'intero territorio, per incrementare le poche reperite. Nel complesso le indagini impiegate sono state170 puntuali e 4 lineari, così ripartite:

cod.	indagine	n°	substrato
S-SC	Sondaggi	98	62
CPT	Prove penetrometriche statiche	45	26
DS	Prove penetrometriche dinamiche	12	9
HVSR	Sismica passiva HVSR	15	-
MASW	Prove sismiche MASW	2	-
R	Prove sismiche a rifrazione	2	-

Alla fase di acquisizione, nella quale sono stati estrapolati e catalogati i dati in base alla tipologia d'indagine, è seguita una sistematica valutazione della loro affidabilità, in funzione del contesto geologico-stratigrafico in cui si stava operando e della loro correlabilità rispetto ai dati disponibili nelle aree immediatamente circostanti.
Tutte le stratigrafie e i rapporti di prova, inclusi quelli relativi ai test di laboratorio, sono stati inseriti nel geodatabase per la consultazione.

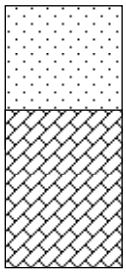
4. MODELLO DI SOTTOSUOLO

Come già indicato nell'inquadramento geologico, il territorio comunale è costituito principalmente di sedimenti plio-pleistocenici e, subordinatamente, da quelli miocenici. Sono inoltre rappresentati diffusamente i depositi olocenici e, in misura minore, i riporti antropici (primariamente nei centri storici). La distribuzione geografica di questi terreni segue abbastanza fedelmente l'assetto morfologico; dall'area collinare procedendo verso il Fiume Metauro, si incontrano terreni via via più recenti, dalle Argille a Colombacci in facies arenacea del Messiniano, affioranti nei nuclei storici di Sant'Ippolito e Reforzate e dalle argille azzurre plioceniche di Sorbolongo, si passa alle alluvioni terrazzate di secondo ordine nelle località di Monticelli e Ridolfina, per poi incontrare le ampie spianate del terrazzo di terzo ordine, separate, dai depositi terrazzati del quarto ordine e da quelli recenti e attuali del Metauro, da alte scarpate erosive su cui affiorano ghiaie e sabbie.

Nelle depressioni dell'area collinare e sub collinare il substrato è ricoperto di una coltre colluviale, dotata sovente di spessori anche superiori a 10 metri, generalmente a composizione argillosa, argilloso-sabbiosa. Chiudono la sequenza i terreni di deposizione antropica, i quali si rinvengono essenzialmente nei centri storici, in particolare all'interno delle mura urbiche, con spessori di 2 – 5 m.

Sulla base di queste considerazioni, al territorio comunale si possono applicare i seguenti modelli sintetici di sottosuolo:

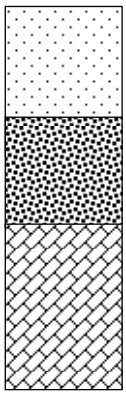
I. Area collinare:



Depositi colluviali a prevalente composizione limo-sabbiosa o limoso-argillosa, generalmente addensati/compatti, aventi sovente rilevanti spessori

Substrato miocenico a composizione arenacea, pliocenico a composizione argilloso-marnosa nell'area Ovest, area circostante Sorbolongo

II. Fondovalle

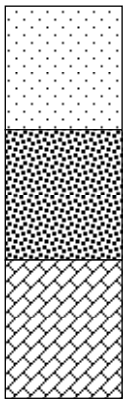


Depositi colluviali a prevalente composizione limo-sabbiosa o limoso-argillosa, poco addensati/compatti, aventi modesto spessore, talora assenti

Depositi alluvionali a composizione ghiaioso-sabbiosa, mediamente-poco addensati.

Substrato miocenico a composizione arenacea e argilloso-marnosa

III. Zona intermedia



Depositi colluviali a prevalente composizione limo-sabbiosa o limoso-argillosa, poco addensati/compatti, aventi spessore da rilevante a modesto procedendo da monte verso il fondovalle.

Depositi alluvionali a composizione ghiaioso-sabbiosa, addensati o molto addensati (talora cementati).

Substrato miocenico a composizione arenacea-argilloso-marnosa

5. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

Nel complesso vi è una sostanziale coerenza nei dati litologici e stratigrafici utilizzati per ricostruire il modello di sottosuolo; sondaggi e prove in sito (penetrometriche CPT e DPSH) sono ben correlabili, rappresentando in modo univoco natura, consistenza e caratteristiche geomeccaniche delle coltri/depositi di copertura del substrato.

Le incertezze sono limitate alla definizione degli effettivi spessi dei depositi continentali nel terrazzo alluvionale di II ordine della località Ridolfina (stimati sulla base degli affioramenti, in quanto nessuna indagine ha qui raggiunto il substrato) e di III ordine della sottostante area produttiva di Pian di Rose; per quest'ultima zona, data la scarsità di indagini spinte sino al substrato, è stato utilizzato, a integrazione dei dati reperiti, un sondaggio realizzato subito fuori dal confine comunale (codice SDS170), in quanto ritenuto rappresentativo del modello lito-stratigrafico anche della zona di studio. Dove i dati bibliografici erano carenti o totalmente assenti, si è in parte sopperito con il rilievo degli affioramenti, particolarmente sviluppati lungo le scarpate di separazione dei terrazzi di ordine superiore.

I dati di tipo geofisico (HVSR) mostrano invece di essere in parte "viziati" da condizioni al contorno non ottimali (traffico) o da imprecisioni nelle modalità di registrazione (strumento non in bolla), determinando risultati non sempre coerenti con quelli geologico-geotecnici, soprattutto in termini di spessori delle coperture.

Poiché le indagini sismiche non hanno mostrato la presenza del substrato sismico di tipo rigido (Vs≥ 800 m/s), quelli identificati con la sigla "***COS***" (coesivo sovraconsolidato stratificato) e "***ALS***" (alternanza di litotipi, stratificato) nella Carta Geologico-Tecnica, sono da intendere in senso geologico. Si precisa inoltre che la presenza di faglie attive e capaci non è stata accertata.

Per ciò che concerne le aree instabili, il Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) ne individua 126, la maggior parte dei quali ubicati in zona agricola non ricomprese nella microzonazione sismica. Quelle che interessano le zone sottoposte a microzonazione sono complessivamente 25, i dati identificativi e i livelli di pericolosità (P) e rischio (R) di queste, sono sintetizzati nella tabella seguente:

Codice identificativo	*R*	*P*	*Interferenze*
F-05-0394	2	3	
F-05-0438	2	2	
F-05-0533	1	3	
F-05-0534	2	2	
F-05-0535	2	3	
F-05-0542	1	3	
F-05-0543	1	2	
F-05-0547	1	3	
F-05-0548	1	3	
F-05-0549	1	2	
F-05-0550	1	3	
F-05-0552	2	3	
F-05-0555	1	2	
F-05-0557	2	3	Lambisce il campo sportivo di Sant'Ippolito
F-05-0564	2	3	Interessa la parte Nord di Sant'Ippolito, località La Serra
F-05-0566	1	2	
F-05-0568	1	1	
F-05-0569	2	2	Lambisce la cinta muraria di Sant'Ippolito
F-05-0579	4	4	Interessa una scarpata alluvionale e lambisce la zona artigianale di Pian di Rose
F-05-0581	2	2	Coinvolge parzialmente l'abitato di Reforzate
F-05-4062	1	1	
F-07-0703	1	2	
F-05-0470	2	2	Lambisce la cinta muraria di Sorbolongo
F-05-4085	2	2	Coinvolge la SP 5 subito a valle di Sant'Ippolito
F-05-4086	3	3	Coinvolge la SP 5 subito a valle di Sant'Ippolito

Lo stato generale di attività della maggior parte di queste non è noto.
Il dissesto F-05-4086, presente da molti anni e soggetto a riattivazioni periodiche, tanto da rendere alcuni tratti della strada provinciale n°5, che collega Sant'Ippolito a Fossombrone, particolarmente dissestati, è attualmente quello che desta maggiore attenzione da parte della pubblica amministrazione.



Frana F-05-0579, *determinata dall'erosione al piede del Metauro (unica P4 presente nel territorio comunale), ha messo a giorno il deposito ghiaioso-sabbioso che compone il terrazzo alluvionale su cui sorge la zona artigianale di Pian di Rose.*

Tutte le frane di nuova formazione e le riattivazioni di antichi dissesti, sono da imputare alle piogge, mentre non sono documentate nuove frane o riattivazioni causate da eventi sismici.

6. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

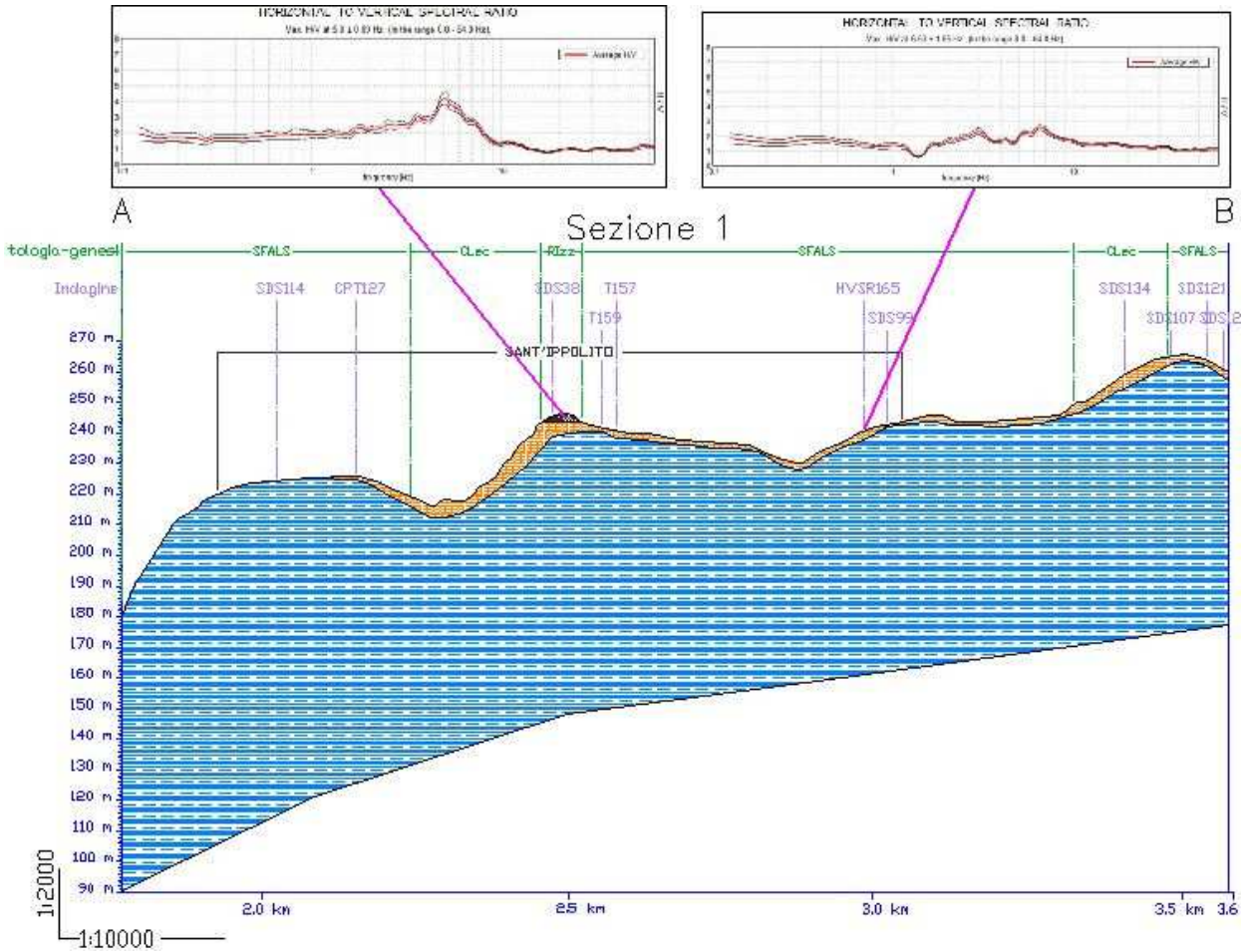
Per definire il modello di sottosuolo e, conseguentemente, le microzone omogenee, in modo coerente ai dati raccolti, soprattutto in relazione alla composizione e agli spessori dei terreni di copertura del substrato, si è proceduto nel modo seguente:

- Acquisizione di dati stratigrafici completi (sino al substrato), definiti con modalità diretta (sondaggi o pozzi) e selezionati in modo da coprire omogeneamente le aree urbane o di nuova espansione.
- I sondaggi incompleti (no substrato) sono stati utilizzati per il controllo delle stratigrafie ottenute dalle prove indirette (CPT con punta meccanica o elettrica) eseguite nelle immediate vicinanze, oltre che alla stima della consistenza/addensamento dei terreni di copertura.
- Le ricostruzioni litostratigrafiche delle prove penetrometriche dinamiche sono state ritenute attendibili solo se confermate da indagini dirette disponibili nelle immediate vicinanze.
- Le prove dinamiche il cui grafico mostrava una marcata deriva dovuta all'attrito laterale, non sono state considerate ai fini della valutazione dell'addensamento del deposito.
- Su tutte le registrazioni sismiche è stata condotta una valutazione preliminare circa la corretta attuazione delle modalità esecutive (strumento in bolla nelle registrazioni HVSR e sufficiente ampiezza H/V>2) e l'assenza di anomalie/disturbi ambientali (rumori ambientali quali traffico e presenza di sorgenti sonore esterne nelle prove down-hole, MASW) che possano aver inficiato l'attendibilità dei dati acquisiti.
- Le prove sismiche sono state valutate in relazione alla loro coerenza rispetto al contesto geologico e ai dati stratigrafici completi disponibili per la zona di esecuzione.

Il "*modus operandi*" elencato ha consentito di selezionare un sufficiente numero di indagini geologiche-geotecniche e registrazioni sismiche "affidabili" su cui impostare lo studio di microzonazione sismica.

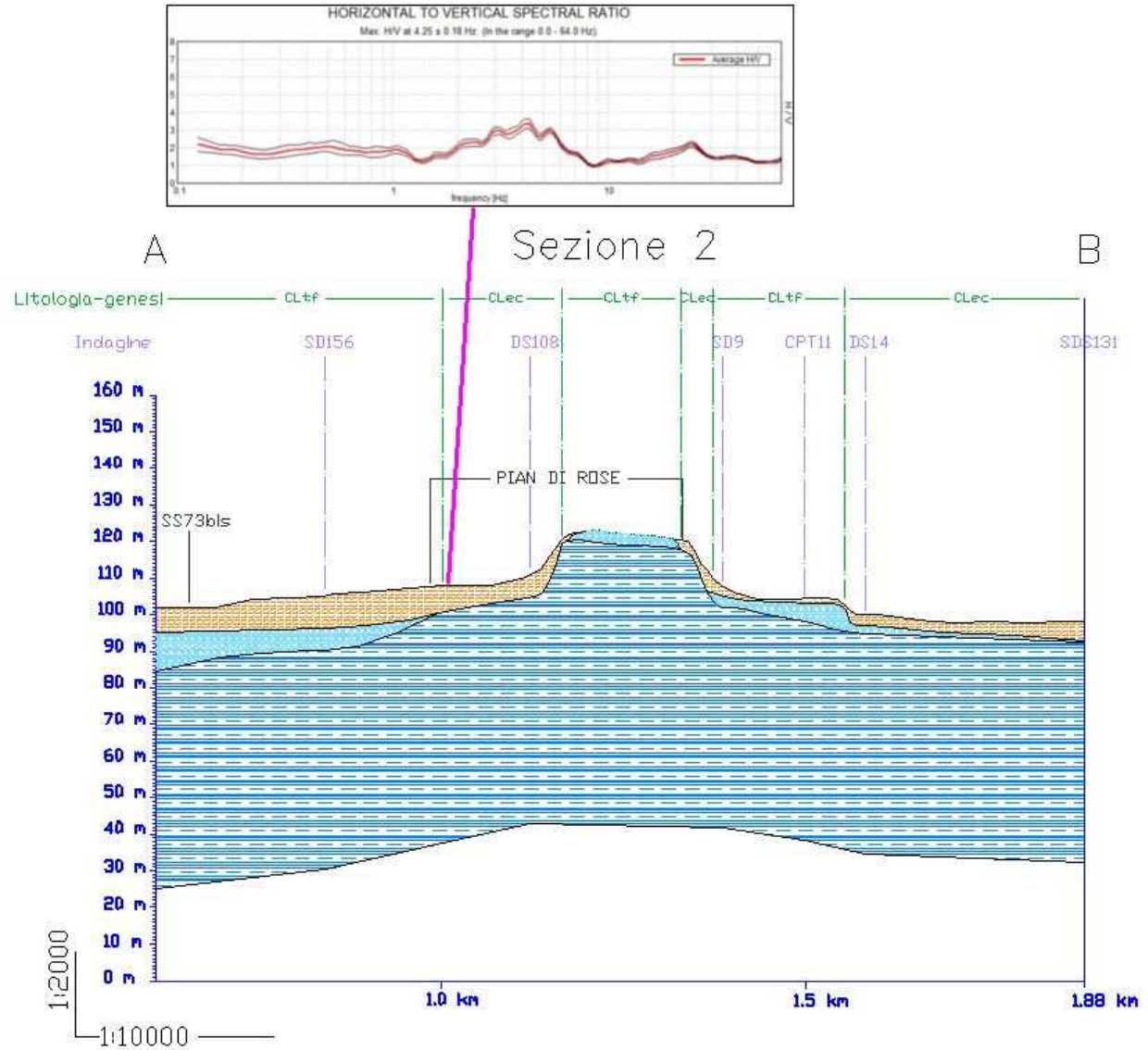
L'analisi delle tracce di registrazione del rumore sismico a stazione singola, ha consentito di identificare le frequenze di risonanza del sottosuolo e fornito indicazioni ai fini della ricostruzione del modello geologico del sottosuolo per la stesura delle MOPS, con particolare riferimento allo spessore delle coperture e alle frequenze fondamentali, sulla base della relazione v_0 = Vs/4H, espressione del rapporto che intercorre tra frequenza di risonanza del sedimento (v_0), spessore (H) e velocità media delle Vs dello stesso (Albarello et. al. 2010).

A titolo esemplificativo, di seguito si analizzano alcuni spettri ricavati in tre aree peculiari del territorio comunale, associando la frequenza di risonanza di sito "tipo" in rapporto alle caratteristiche stratigrafiche e/o sismiche (cfr.sezioni geologiche allegate) in un'ottica bidimensionale.



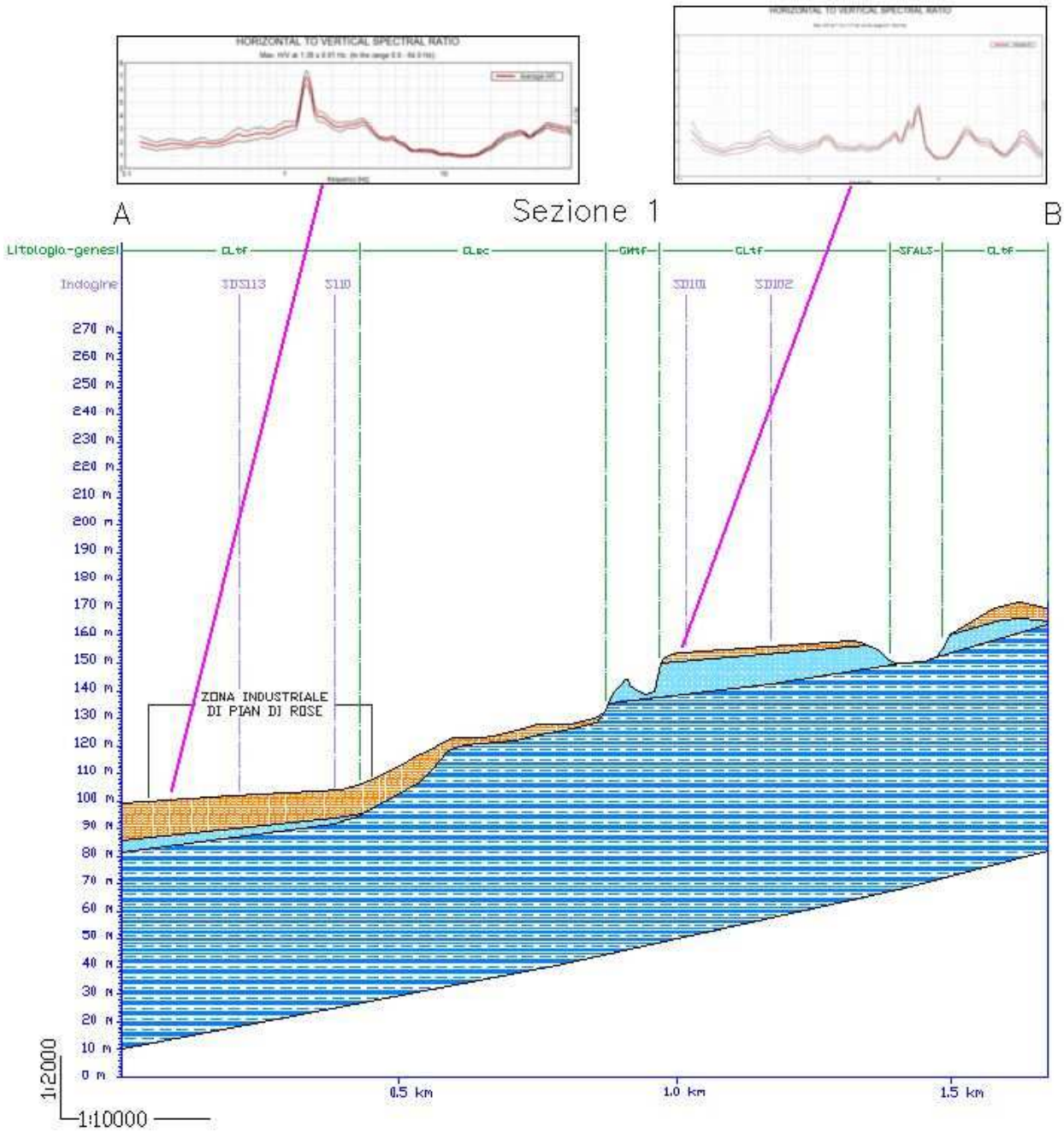
Sant'Ippolito

Il settore esaminato abbraccia l'area del centro storico di Sant'Ippolito e le zone di nuova urbanizzazione, caratterizzate da una copertura detritica colluviale e residuale, dotata di spessori mediamente variabili da 1 a 9 metri, sovrapposti alla Formazione a "Colombacci"; si differenzia in parte il nucleo storico di Sant'Ippolito (fabbricati compresi nella cinta muraria e nella zona Est a essa contigua) per la presenza di depositi antropici a composizione eterogenea.
Gli spettri di frequenza registrati non evidenziano contrasti di impedenza di rilievo (modesto contrasto a 5Hz nel nucleo storico) a testimonianza di un aumento graduale delle onde sismiche tra copertura e substrato.



Pian di Rose

La seconda porzione analizzata riguarda la frazione di Pian di Rose, ricadente nell'ambito dei terrazzi fluviali del fiume Metauro, dove è stata individuata una situazione stratigrafica caratterizzate da alternanze di litotipi a granulometria fine, sopra ghiaie basali, il tutto su substrato stratificato miocenico.
Lo spettro delle frequenza registrato evidenzia un debole picco di contrasto di 4,25 Hz con ampiezza di circa 3,5, probabilmente collegabile al passaggio fra i depositi alluvionali e il substrato basale, localizzato in questa zona intorno a 10-15 metri di profondità.



Zona industriale di Pian di Rose

Il terzo settore ricade nell'ambito dei terrazzi di II e III ordine, dove sono state individuate due situazioni stratigrafiche simili ma che riscontrano spessori e litologie diverse:

1) alluvioni fini con spessori di 2-3 metri, sopra ghiaie basali su substrato stratificato (terrazzo di II ordine) in località Ridolfina;
2) alternanza di argille, argille ghiaiose e sabbiose, con spessori introno a 13-15 metri, sopra ghiaie basali su substrato stratificato (terrazzo di III ordine) nella zona industriale di Pian di Rose.

Nel primo caso lo spettro delle frequenza registrato è di 7,1 Hz con ampiezza di circa 4, probabilmente riferibile al passaggio fra i depositi fini e le ghiaie basali.
Nel secondo caso lo spettro delle frequenza evidenzia un picco a 1,38 Hz, valore che fa ritenere di poter escludere un contrasto di impedenza riferibile all'interno della sequenza alluvionale o al contatto con il substrato, ma piuttosto un cambiamento di facies e relative caratteristiche geomeccaniche, all'interno del substrato geologico stesso costituito dalla Formazione a "Colombacci".
Come premesso, i casi portati ad esempio sono rappresentativi delle situazioni più frequenti e più conosciute dal punto di vista stratigrafico e geomeccanico, ma non sono esaustivi delle possibili combinazioni legate sia alla natura sia all'ambiente genetico dei depositi stessi.

7. ELABORATI CARTOGRAFICI

Così come richiesto dallo "*Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Versione 4.0*", le carte sono state realizzate in scala 1:10.000, riportando i dati e la simbologia indicata.

7.1 Carta delle indagini

Vi è riportata l'ubicazione di tutte le indagini inserite nel geodatabase; la carta è stata redatta secondo le specifiche contenute nel volume "*Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica*" versione 4.0.

7.2 Carta Geologico Tecnica per la microzonazione sismica

E' derivata dal progetto CARG della Regione Marche, sezioni 280070 Montefelcino e 280110 Sant'Ippolito, integrate e corrette sulla base di ulteriori rilevazioni in campo, eseguite specificatamente per lo studio di M.S. I terreni di copertura sono stati raggruppati in funzione della genesi e della litologia prevalente. Le litologie rappresentate sono:

- ***Substrato geologico per alternanza di litotipi, stratificato (ALS)*** *= comprende la successione arenaceo-pelitica dei Colombacci, sismicamente classificabile come "non rigido" in quanto non si raggiunge mai il valore Vs ≥ 800 m/s.*
- ***Substrato geologico coesivo, sovraconsolidato, stratificato (COS)*** *= argille e argille marnose, consistenti, grigio scuro appartenenti alla Formazione delle Argille Azzurre (successione Plio-Pleistocenica) anche questo classificabile come "non rigido" in quanto non si raggiunge mai il valore Vs ≥ 800 m/s.*
- ***Depositi di versante (CL)*** *= argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre*
- ***Depositi di ambiente continentale (ML)*** *= Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità*
- ***Depositi fluviali (GM)*** *= Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo*
- ***Depositi di origine antropica (RI)*** *= terreni di riporto a composizione prevalentemente limoso-argillosa con inclusi lateritici in pezzatura variabile, coesivi e poco consistenti*

La Carta riporta le tracce di quattro sezioni geologiche (Sezione 1 A-A', Sezione 2 B-B', Sezione 3 C-C' e Sezione 4 D-D') realizzate in corrispondenza dei tratti più significativi e rappresentativi del modello di sottosuolo.

7.3 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica

La Carta delle MOPS, derivata dal modello di sottosuolo, suddivide il territorio comunale nelle seguenti 8 zone suscettibili di amplificazioni locali:

- **ZONA 2001** = ***alluvioni ghiaioso-sabbiose su alternanza di litotipi stratificati***
  Si sviluppa prevalentemente lungo il Fiume Metauro e lungo il tratto terminale del torrente Tarugo, sino al depuratore comunale. E' composta pressoché totalmente di ghiaie sabbioso-limose e ghiaie grossolane pulite, con un grado medio-basso di addensamento, poggianti su substrato miocenico (formazione a "Colombacci").



- **ZONA 2002** = ***alluvioni ghiaioso sabbiose con lenti di argille su alternanza di litotipi stratificati***
  - Comprende l'estremo lembo occidentale del terrazzo alluvionale di III ordine, all'interno dell'ampia ansa del Metauro e il lembo più settentrionale del territorio comunale. E' composta prevalentemente di depositi grossolani ghiaioso-sabbiosi inglobanti lenti di argille e argille sabbiose, il tutto su substrato miocenico (formazione a "Colombacci").



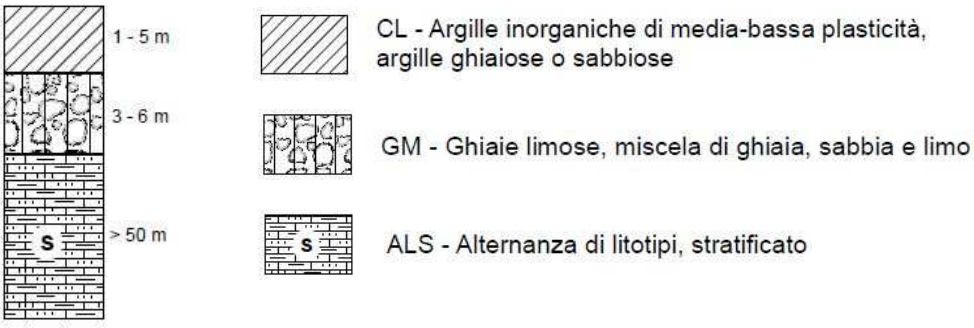
- **ZONA 2003 = *alluvioni terrazzate del III ordine su alternanza di litotipi stratificati***
  Occupa buona parte del fondovalle; su essa insiste l'abitato di Pian di Rose e la vicina zona industriale. E' costituito di sedimenti fini limo-sabbiosi, limo-argillosi e argilloso-sabbiosi, con occasionali lenti di ghiaie e sabbie, seguiti da un banco a spessore variabile di ghiaie e sabbie; il tutto poggia su alternanza di litotipi stratificati (formazione a "Colombacci").

Zona 2003



- **ZONA 2004 = *depositi colluviali su depositi alluvionali del III ordine e substrato geologico costituito da un'alternanza di litotipi stratificati***
  Borda la base della scarpata erosiva che separa il terrazzo alluvionale di II ordine da quello sottostante di III. Presenta superficialmente materiale detritico colluviale a granulometria eterogenea: argille e argille ghiaioso-sabbiose, seguito da alternanza di litotipi stratificati (formazione a "Colombacci").

Zona 2004



- **ZONA 2005 = *depositi alluvionali del II ordine su substrato geologico costituito da un'alternanza di litotipi stratificati***

Tale situazione si ritrova localizzata nella spianata alluvionale su cui insistono le località Ridolfina e Monticelli. La composizione è in superficie argilloso-sabbiosa, seguita da uno strato di ghiaie sabbioso-limose; il tutto su substrato rappresentato da alternanza di litotipi stratificati (formazione a "Colombacci").





Ghiaie basali del terrazzo di II ordine

- **ZONA 2006 = *riporto di antropico su depositi colluviali argillosi e argilloso-sabbiosi, il tutto su substrato miocenico***

  Interessa i nuclei storici di Sant'Ippolito, Reforzate e Sorbolongo, in particolare le aree interne alle mura urbiche. Il riporto di antropico ha spessori molto variabili e una distribuzione ubiquitaria.

  In tutti e tre i centri storici, è stata accertata la presenza di grotte è cavità sotterranee, molte delle quali sono state colmate o rese inaccessibili.

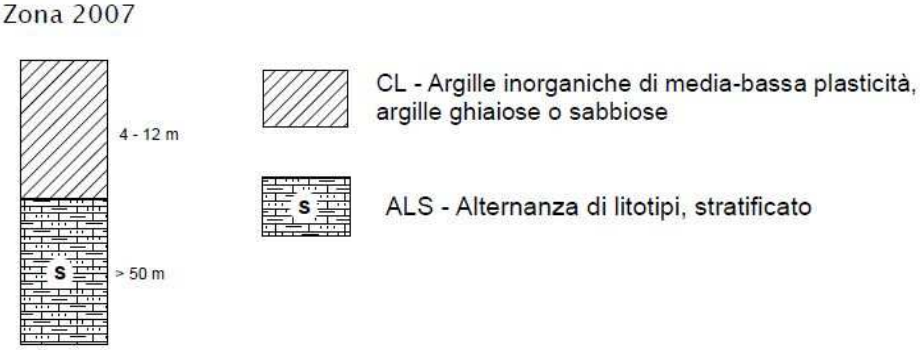




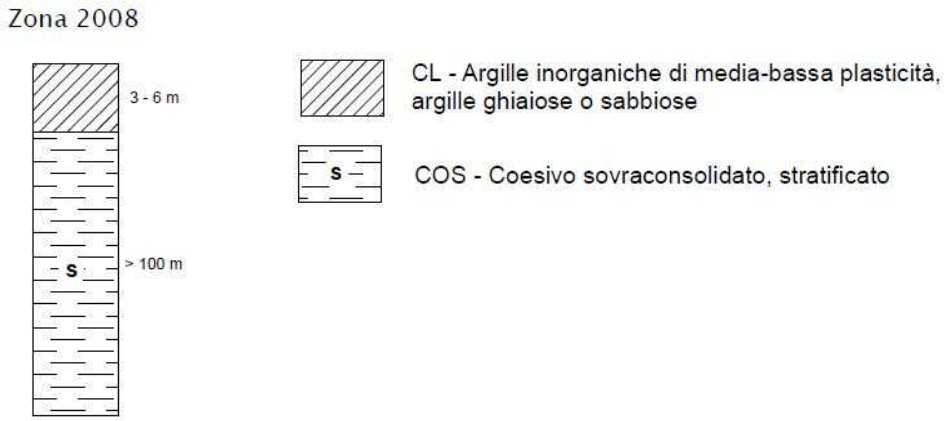
Grotta, ancora visitabile all'interno delle mura castellane di Sorbolongo, in cui è ben visibile la stratificazione del substrato pliocenico.

- **ZONA 2007 = *depositi colluviali su substrato miocenico***

  Occupa i versanti che circondano l'asse del crinale che si estende dalla frazione di Reforzate sino a tutto l'abitato di Sant'Ippolito.



- **ZONA 2008 = *depositi colluviali su substrato pliocenico***
  Occupa i versanti che circondano il crinale che da Sorbolongo degrada verso nord.



- **ZONA 2099 = *depositi colluviali-residuali e/o riporto di antropico su substrato geologico miocenico o pliocenico***
  Costituisce i crinali collinari su cui si sviluppano gli abitati di Sant'Ippolito, Reforzate e Sorbolongo.





Affioramento di arenarie mioceniche poco sopra la spianata alluvionale di II ordine in località Ridolfina.

7.4 Commenti finali e criticità

Grazie alla discreta quantità di dati disponibili rispetto all'esigua estensione della porzione di territorio comunale interessato alla microzonazione, è stato possibile definire il modello di sottosuolo e la carta derivata delle MOPS in modo soddisfacente. Alcune incertezze riguardano l'esatto spessore dei depositi continentali in alcune zone della frazione di Pian di Rose, più precisamente dell'area industriale (limite settentrionale del territorio comunale) e della piana alluvionale di II ordine, nelle località Ridolfina e Monticelli.

8. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

Non sono stati rintracciati documenti in cui si dichiarano o si descrivono danni subiti a seguito di terremoti avvenuti in epoca storica; anche gli eventi sismici più recenti, del 4 febbraio 1972 nel Medio Adriatico e del 26 settembre 1997 nell'Appennino umbro-marchigiano, non hanno prodotto danni documentati.

9. BIBLIOGRAFIA

- Cantalamessa G., Centamore E., Chiocchini U., Colalongo M.L., Micarelli A., Nanni T., Pasini G., Potetti M. & Ricci Lucchi F.(1986). Il Plio-Plesitocene delle Marche. In: Centamore E. & Deiana G.-La Geologia delle Marche. Studi Geologici Camerti
- Nesci O. & Savelli D. (1986). Cicli continentali tardo-quaternari lungo i tratti vallivi mediani delle Marche settentrionali. Geografia Fisico-Dinamica del Quaternario
- AA.VV. (1990) Ambiente fisico delle Marche. Geologia, Geomorfologia, Idrogeologia. Regione Marche
- Passeri L. (a cura di) (1994) Guide Geologiche Regionali: Appennino Umbro-Marchigiano. Società Geologica Italiana & BE-MA editrice
- Bigi S., Calamita F., Cello G., Centamore E., Deiana G., Paltrinieri W. & Ridolfi M. (1995). Evoluzione Messiniano-Pliocenica del sistema Catena-Avanfossa nell'area marchigiano-abruzzese esterna. Studi Geologici Camerti
- Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tirabusi G., Valensise G.. Catalogue of stronger earthquakes in Italy 461 B.C.-1997 and Mediterranea Area 760 B.C.-1500 (http://storing.ingv.it/cfti4med/#)
- Mucciarelli M. e Tiberi P. (a cura di) (2004). Microzonazione sismica, Cagli-Offida-Serra de'Conti-Treia. Regione Marche, GNDT, INGV
- Ordine dei Geologi delle Marche (2009). Linee Guida per gli studi di microzonazione sismica MS della Regione Marche
- W. Romeo e Tiberi P. (a cura di) (2013). Scenari di pericolosità e rischio da frana con particolare riguardo all'innesco da terremoti. Regione Marche, Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo", Dipartimento di Scienze della Terra, della Vita e dell'Ambiente
- Progetto CARG, Carta Geologica Regionale Edizione CTR.
- Piano Assetto Idrogeologico, Carta del Rischio Idrogeologico. Tavole RI_12c, RI_18a, RI_19d.