



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

OCDPC n.344/2016

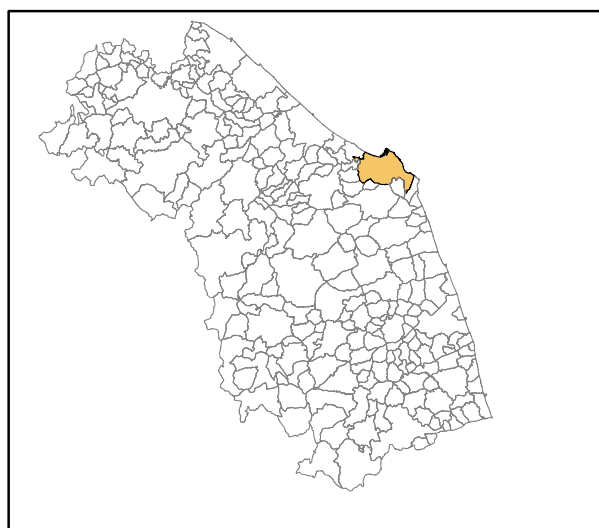
PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITA' 2015

MICROZONAZIONE SISMICA

relazione illustrativa

Regione Marche

Comune di Ancona



Regione



Marche

Soggetto realizzatore

Dott. Geol. Giuseppe Gambelli
 Piazza Roma, 13
 60121 Ancona (AN)

Collaboratore:

Dott. Geol. Francesco Tassi
 Via Raffaello Sanzio 48
 61043 Cagli (PU)

Data

"aggiornamento a seguito
 di integrazioni, Novembre 2019"

Sommario

1. INTRODUZIONE	2
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	3
2.1 Pericolosità sismica di base.....	3
2.2 Eventi Sismici di riferimento.....	5
2.3 Storia sismica dell' Appennino centrale e del territorio di Ancona	6
2.4 Elementi di tettonica attiva	7
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA	8
3.1 Inquadramento geologico.....	8
3.2 Domini dell'Appennino Umbro-Marchigiano	9
3.3 La Successione litostratigrafica.....	9
3.4 Inquadramento tettonico generale	13
3.5 I Bacini dell'Anconetano, Idrografia principale, Bilancio pluviometrico dell'area	14
3.5 Il territorio comunale di Ancona.....	15
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI GENERALI.....	18
5. MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO.....	19
5.1 Dati e informazioni di base	19
5.2 Definizione del modello geologico.....	20
6. INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE DEL MODELLO GEOLOGICO	20
7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE DEI RISULTATI	21
7.1 Sviluppo delle zone stabili suscettibili di amplificazione sismica (Carta delle MOPS)	21
7.2 Analisi per lo studio delle morfologie superficiali e sepolte	21
8. ELABORATI CARTOGRAFICI MICROZONAZIONE SISMICA LIVELLO II°.....	22
8.1 Carta delle indagini.....	22
8.2 Carta geologico-tecnica – sezioni geologici-tecniche.....	23
8.3 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica – II° Livello -	28
8.4 Carta della distribuzione delle frequenza naturali.....	36
8.5 Abachi Regionali – Zone stabili suscettibili di amplificazione locale	36
8.6 Zone suscettibili di instabilità	41
8.7 PROCEDURA SEMPLIFICATA PER LA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI MORFOLOGICI.....	43
9. Commenti e criticità finali.....	48
ALLEGATI FUORI TESTO	
1. Carta delle Indagini, scala 1:10.000	
2. Carta Geologico-Tecnica, scala 1:10.000	
3. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, scala 1:10.000	
4. Carta delle Frequenze Naturali dei Terreni, scala 1:10.000	
5. Carta di Microzonazione Sismica-livello 2 intervallo di periodo 0.1-0.5s, scala 1:10.000	
6. Carta di Microzonazione Sismica-livello 2 intervallo di periodo 0.4-0.8s, scala 1:10.000	
7. Carta di Microzonazione Sismica-livello 2 intervallo di periodo 0.7-1.1s, scala 1:10.000	

1. INTRODUZIONE

La Microzonazione sismica di Livello II° attraverso una quantificazione numerica degli effetti di amplificazione alle zone, o a parti di esse, permette di ottenere dopo vari livelli di analisi la Carta di microzonazione sismica dalla Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica delineata al primo livello di analisi. (i fenomeni di instabilità non vengono analizzati a questo livello di indagine).

Il Livello II° di approfondimento si pone due obiettivi:

- compensare alcune incertezze del livello I° con approfondimenti conoscitivi.
- fornire quantificazioni numeriche, con metodi semplificati (abachi), dei fenomeni di amplificazione del moto sismico atteso indotti dalla configurazione sismostratigrafica locale 1D (ovvero legate alla presenza di variazioni verticali del valore di impedenza sismica dei materiali presenti nel sottosuolo) o ad effetti legati alla morfologia superficiale. Questo permette di differenziare le Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) delineate al primo livello di approfondimento, tenendo conto del livello relativo di pericolosità sismica determinato dalle specifiche condizioni sismostratigrafiche locali ed identificare la zone sismiche di maggiore criticità dove orientare studi più approfonditi.

Indagini geofisiche per la Microzonazione sismica di Livello II°

Si tratterà comunque di una valutazione approssimativa che non terrà conto della possibile presenza di effetti dovuti a complessità locali (variazioni laterali delle proprietà sismiche del sottosuolo, effetti di instabilità, ecc.). La parametrizzazione quantitativa del livello di amplificazione del moto del suolo ha la forma di opportuni fattori numerici detti Fattori di Amplificazione (FA) che verranno attribuiti alle diverse zone soggette alle analisi di MS di livello II° utilizzando opportuni Abachi.

Gli abachi sono tabelle che consentono la determinazione dei valore di FA corrispondente ad una data posizione o ad una data MOPS in funzione di alcuni parametri da determinare sperimentalmente mediante tecniche geofisiche leggere (prospezione sismica di superficie in configurazione attiva e/o passiva)

Il fattori di amplificazioni (FA) rappresentano un indice integrale del livello di amplificazione indotto dalle condizioni litostratigrafiche e/o morfologiche locali

$$FA_{T_1 T_2} = \frac{\int_{T_1}^{T_2} Sa_{out}(T) dT}{\int_{T_1}^{T_2} Sa_{in}(T) dT}$$

Il fattore di amplificazione è un indice di pericolosità sismica relativa valido all'interno di un dato territorio

Vengono in sintesi riportate le caratteristiche della MZS di livello I° che è base per l'elaborazione della MS livello II°

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona del territorio (condizioni locali) possono determinare, in occasione di terremoti, sostanziali modificazioni della pericolosità sismica di base, attraverso la manifestazione di effetti locali diversi (amplificazione del segnale sismico, fenomeni di instabilità di versante, liquefazione, cedimenti, rotture del terreno, ecc.), che devono essere tenuti in debita considerazione nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area.

In funzione delle caratteristiche del terreno presente nella zona gli effetti locali si distinguono:

1. Effetti di sito (o di amplificazione sismica locale). Interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e possono essere distinti in due gruppi

- *effetti di amplificazione litologica* che si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte e/o da particolari profili stratigrafici, costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche.

- *effetti di amplificazione topografica* che si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale

2. Effetti di instabilità. Interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile, nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese; tali instabilità sono rappresentate da fenomeni diversi a seconda delle condizioni presenti in sito:

- *versanti in equilibrio precario* (in materiale sciolto o in roccia), dove si possono verificare fenomeni di riattivazione o neoformazione di movimenti franosi (crolli, scivolamenti rotazionali e/o traslazioni e colamenti);
- *aree interessate da particolari strutture geologiche sepolte e/o affioranti in superficie tipo contatti stratigrafici o tettonici* quali faglie sismogenetiche, dove si possono verificare movimenti relativi verticali ed orizzontali tra diversi settori areali che conducono a scorrimenti e cedimenti differenziali interessanti le sovrastrutture;
- *terreni particolarmente scadenti dal punto di vista delle proprietà fisico-meccaniche*, dove si possono verificare fenomeni di scivolamento e rottura connessi a deformazioni permanenti del suolo; per terreni granulari sopra falda sono possibili cedimenti a causa di fenomeni di addensamento del materiale, mentre per terreni granulari fini (sabbiosi) saturi di acqua sono possibili colamenti parziali o generalizzati a causa dei fenomeni di liquefazione;
- *siti interessati da particolari strutture presenti nel terreno* dove si possono verificare fenomeni di subsidenza positiva o negativa più o meno accentuati .

Il presente lavoro è stato realizzato in ottemperanza a quanto previsto dall' O.P.C.M. 29 febbraio 2012 n. 4007 dalla D.G.R. Marche 23.10.2012 n. 1470 . *Effettuazione delle indagini di microzonazione sismica e di condizioni limite per l'emergenza-Criteri per l'individuazione delle priorità di esecuzione delle indagini*", e dall' O.C.D.P.C. n.344 del 09.05.2016 *"Attuazione dell'art.11 del decreto-legge 28 aprile 2009 n.39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n.77, in materia di contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico"* e sviluppato secondo le specifiche contenute negli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" (ICMS 2008 – AA.VV.,2008) *Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Versione 4.0b*.

Questa indagine ha come obiettivo principale la definizione dei differenti scenari di pericolosità sismica locale e l'individuazione delle parti di territorio suscettibili di specifici effetti locali (amplificazione del moto sismico, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, cedimenti, rotture dei terreni, ecc.). I risultati e le analisi ottenute serviranno ad orientare la scelta del successivo livello di approfondimento (livello 2 o livello 3), fornendo, già in questa fase, le prime indicazioni utili alle scelte localizzative in fase di pianificazione.

Il presente lavoro di Microzonazione sismica di primo livello del territorio comunale di Ancona inoltre ha permesso di :

- fornire mappe che individuino le aree con comportamento sismico differente in relazione alla geologia s.l. del territorio in un formato che possa essere direttamente utilizzabile in sede applicativa (suscettibilità alla amplificazione del segnale sismico, suscettibilità alla liquefazione ed alla instabilità dei pendii naturali);
- raccogliere i dati geologici, geomorfologici, idrogeologici, geotecnici e sismici necessari per individuare i criteri che permettano di estrapolare i risultati a situazioni analoghe. Le indagini e le elaborazioni si sono basate sui dati geologici s.l. disponibili o reperiti ex-novo, sullo studio della pericolosità sismica già disponibile a scala regionale e sui dati di indagini geofisiche effettuate in sito per la determinazione della velocità delle onde sismiche e delle caratteristiche di risonanza dei terreni.

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

2.1 Pericolosità sismica di base

La Pericolosità Sismica (P) è definita come "la Probabilità che un fissato valore di scuotimento del terreno, espresso con parametri fisici (picco di accelerazione orizzontale, picco di velocità orizzontale, picco di spostamento orizzontale, accelerazione e ordinate spettrali) o macrosismici (intensità macrosismica) possa essere superato in un certo intervallo di tempo a seguito di un terremoto".

La Vulnerabilità Sismica (V) consiste nella valutazione probabilistica della propensione di persone, beni, o attività, a subire danni al verificarsi dell'evento sismico.

Il Valore Esposto (E) è la quantità economica dell'elemento o sistema complesso sottoposto all'azione sismica.

Il Rischio Sismico (R) rappresenta la probabilità che un fissato valore di danno possa essere superato in un certo intervallo di tempo a seguito di un terremoto

(Rischio Sismico= $P \cdot V \cdot E$).

La Pericolosità Sismica è la base per la definizione della Zonazione Sismica del territorio: infatti considerata in senso probabilistico, rappresenta la stima dello scuotimento del terreno atteso in un territorio, secondo una ben definita probabilità di eccedenza ed in un determinato intervallo di tempo.

Lo studio della pericolosità Sismica di un territorio consente di ottenere una classificazione sismica utilizzabile per la programmazione delle attività di prevenzione, per la pianificazione dell'emergenza e come base per la Microzonazione Sismica.

Con l'Ordinanza PCM 3274/2003 (GU n.108 dell'8 maggio 2003) si è avviato in Italia un processo per la stima della pericolosità sismica secondo dati, metodi, approcci aggiornati e condivisi e utilizzati a livello internazionale. Per la prima volta si è delineato un percorso per il quale venivano definite le procedure da seguire, il tipo di prodotti da rilasciare e l'applicazione dei risultati. Un documento di tale tipo avrebbe infatti costituito la base per l'aggiornamento dell'assegnazione dei comuni alle zone sismiche.

L'INGV si è fatto promotore di una iniziativa scientifica che ha coinvolto anche esperti delle università italiane e di altri centri di ricerca. Questa iniziativa ha portato alla realizzazione della Mappa di Pericolosità Sismica 2004 (MPS04) che descrive la pericolosità sismica attraverso il parametro dell'accelerazione massima attesa con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni su suolo rigido e pianeggiante.

Dopo l'approvazione da parte della Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile nella seduta del 6 aprile 2004, la mappa MPS04 è diventata ufficialmente la mappa di riferimento per il territorio nazionale con l'emanazione dell'Ordinanza PCM 3519/2006 (G.U. n.105 dell'11 maggio 2006).

La legislazione nazionale prevede che l'aggiornamento delle zone sismiche spetti alle singole Regioni e Province Autonome, sulla base di criteri definiti a scala nazionale. In seguito all'Ordinanza PCM 3519/2006, le Regioni e Province Autonome che volessero aggiornare tale elenco devono basarsi sui valori di accelerazione proposti dalla mappa di pericolosità sismica MPS04 per individuare le soglie che definiscono il limite tra una zona sismica e un'altra.

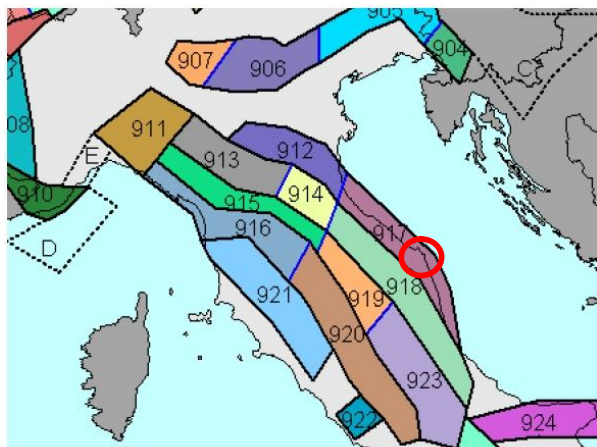
Successivamente, nell'ambito del progetto INGV-DPC S1 (2005-2007), sono state rilasciate una serie di mappe di pericolosità sismica per diverse probabilità di eccedenza in 50 anni, basate sullo stesso impianto metodologico e sugli stessi dati di input di MPS04. Inoltre sono state prodotte mappe per gli stessi periodi di ritorno anche in termini di accelerazioni spettrali. Per ogni punto della griglia di calcolo (che ha una densità di 20 punti per grado, circa un punto ogni 5 km) sono oltre 2200 i parametri che ne descrivono la pericolosità sismica. Questa mole di dati ha reso possibile la definizione di norme tecniche nelle quali l'azione sismica di riferimento per la progettazione è valutata punto per punto e non più solo per 4 zone sismiche, cioè secondo solo 4 spettri di risposta elastica.

Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ha emanato Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC18) con il D.M. del 17 gennaio 2018 nelle quali la definizione dell'azione sismica di riferimento si basa sui dati rilasciati da INGV e dal Progetto S1. Questi dati sono pubblicati in siti dell'INGV realizzati appositamente.

2.2 Eventi Sismici di riferimento

Inquadramento

Dal punto di vista tettonico, il territorio di Ancona non presenta particolari strutture sismogenetiche attive (faglie, sovrascorrimenti, etc); questo non riduce comunque il rischio sismico dell'area stessa, poiché la zona è



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
nome ZS		N ZS	MwMax1	Tassi AR	MwMax2	b	Tassi da CO-04.2	Tassi da GR	Azione	Tassi GR adottati
Rimini-Ancona		917	6.14	0.12	6.14	-1.04	0.12	0.43	A	0.12
Medio-Marchigiana/Abruzz.		918	6.37	0.14	6.37	-1.10	0.14	0.37	A	0.14

comunque inglobata in un complesso sistema di strutture sismogenetiche presenti in tutto l'Appennino umbro-marchigiano. Gran parte dell'area marchigiana cade infatti in una fascia caratterizzata da discreta sismicità, interposta fra due fasce sismiche. La fascia sismica occidentale, corrispondente alla più esterna tra le zone sismogenetiche dell'Appennino umbro-marchigiano, la fascia sismica orientale (sviluppata soprattutto in offshore). Lo studio dell'assetto geometrico delle strutture sismiche prossime al territorio del comune di Ancona e degli eventi da esse generati ha portato alla compartimentazione di strutture sismogenetiche volumetricamente modeste che non sono in grado di generare, terremoti di magnitudo maggiore a Mw 6.37 (vedi Rapporto conclusivo INGV Tab.6 pag 38).

Il territorio del Comune di Ancona, secondo quanto indicato nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale delle Marche n. 1046 del 29.07.2003, attualmente ricade nella Zona Sismica II, definita da un valore dell'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido e pianeggiante compreso tra 0,175–0,200 g.

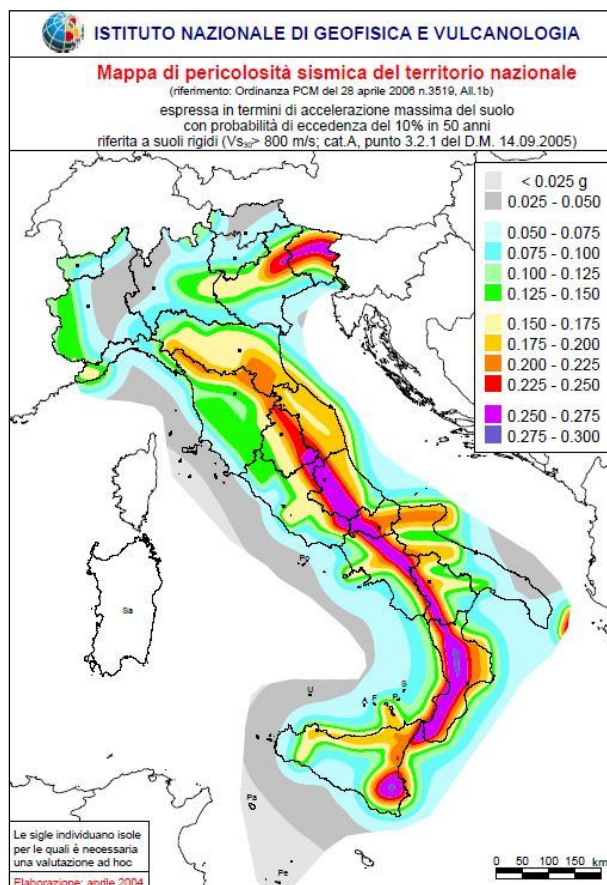


Fig. 2.1 – “Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale” presentata nell'Aprile del 2004 dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.



ZONA	A(g) d'ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche)	A(g) con probabilità di superamento della soglia pari al 10% in 50 anni
2	0.25	0.15-0.25
		<p>Presidenza del Consiglio dei Ministri Dipartimento della protezione civile <i>Ufficio prevenzione, valutazione e mitigazione del rischio sismico</i></p> <p>Classificazione sismica al 2010</p>  <p>ZONA 2 - Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti</p>

Fig. 2.2 – Estratto della classificazione sismica al 2010 – Dipartimento della protezione civile.

L'accelerazione massima al suolo viene fornita con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (corrispondente ad un periodo di ritorno $T_r=475$ anni - mappa di pericolosità dal sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it>).

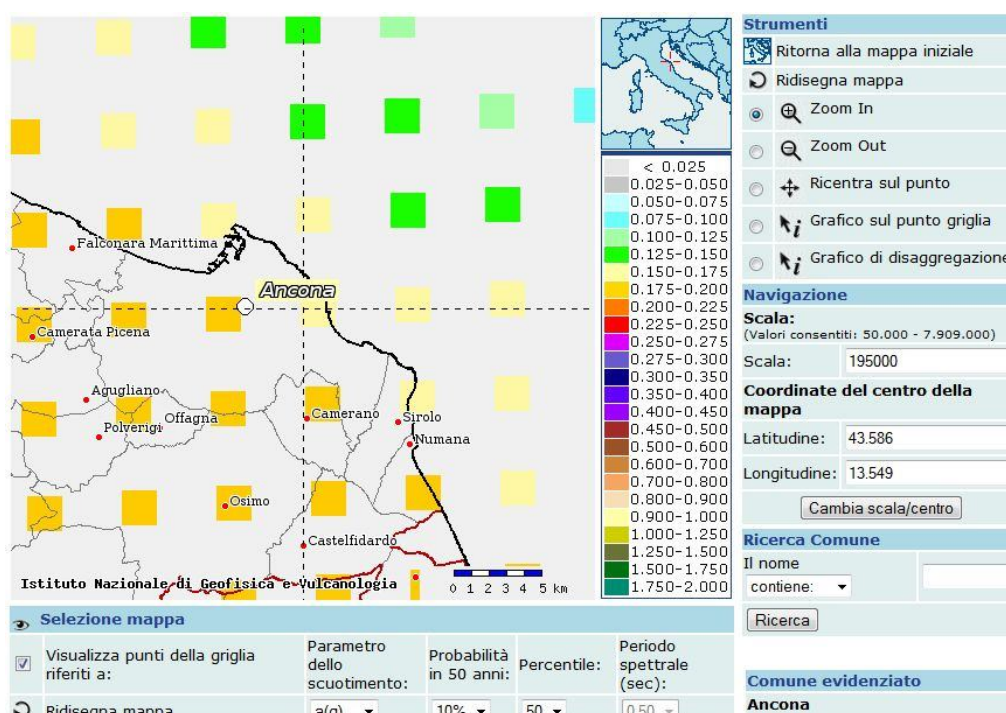


Fig. 2.3 – Estratto della "Mappa interattiva di pericolosità sismica" tratta dal sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it>

2.3 Storia sismica dell' Appennino centrale e del territorio di Ancona

Di seguito viene riportata una tabella riassuntiva degli eventi sismici più significativi:

Anno	Località	Manifestazioni	Morti
558	Ancona	Distruzione di Numana	molti
1231	Cassino	Franosità sorgenti torbide	molti
1279	Marche	Frane e sconvolgimenti	molti
1328	Appennino Centr.- Norcia	Frane	4.000
1349	Aquila	Frane	700
1457	Città di Castello	Gravi danni	molti
1627	Abruzzo (Puglia-Basilicata)	Liquefazioni Terreno	5.000
1688	Romagna-Ancona	Grandi sconvolgimenti	20.000
1690	Ancona	Distruzioni	molti
1703	Aquila-Norcia	Voragini	10.000

1741	Fabriano	Gravi danni	molti
1781	Cagli	Gravi danni	molti
1799	Camerino	Danni	molti
1805	Molise	Frane e sconvolgimenti	5.573
1873	Camerino e provincia MC	Gravi danni	molti
1905	(Calabria)	M = 7.9	>533
1908	(Messina-Reggio Calabria)	M = 7.5 (maremoto)	83.000
1915	(Avezzano)	M = 7.5	30.000
1920	(Reggio Emilia)	Liquefazioni Terreno	1.400
1930	Irpinia-Abruzzi	M = 6.5	1.430
1930	Ancona	Gravi danni	alcuni
1947	Muccia	Distruzioni	molti
1972	Ancona	M = 5.9	alcuni
1980	Irpinia	M = 6.8	3.000
1984	Perugino	M = 5.0	alcuni
1997	Marche-Umbria	M = 5.6	alcuni
2009	Aquila	Gravi danni	Molti
2012	(Modena-Ferrara)	M = 6.0	Alcuni
2013	Numana	M = 4.4	-

Tab 2.1: Elenco dei terremoti più forti registrati nell'area dal 500 al 2013

2.4 Elementi di tettonica attiva

L'area dell'Anconetano e dell'intorno significativo risulta tettonicamente attiva con direttrici di faglie di orientazione NE - SO a rigetto orizzontale (trasversali) che attivano marginalmente lembi di faglie inverse ad esse perpendicolari.

Attualmente una direttrice NE-SO si è attivata nei terreni del fondo marino a 10 Km dalla costa tra Sirolo e Numana (evento con $M_{max} = 4.4$ del 22/08/2013 e con epicentri successivi allineati NE-SO).

Analogamente una direttrice NE-SO si era attivata negli eventi sismica di Ancona dal 1972 al 1976 come risulta dagli allineamenti ipocentrali dei terremoti (Crescenti 1978).

Tali faglie trasversali nel tempo geologico hanno dislocato sulla costa, smembrando in strutture isolate, le dorsali di Monte Conero, di Varano, di Falconara ed hanno agevolato il deflusso dell'idrografia superficiale permettendo la formazione degli alvei principali del fiume Esino a Nord e del fiume Musone a Sud.

3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

3.1 Inquadramento geologico

L'evoluzione e l'assetto della dorsale di Monte Conero e del territorio Anconetano ad essa collegata, si attua in più fasi tettoniche a cominciare dal Giurassico. Nel Messiniano superiore post-evaporitico l'area è coinvolta in una delle prime fasi tettoniche dell'Orogenesi Appenninica che provoca il corrugamento della dorsale di Cingoli e dell'area di Monte Conero (Pedeappennino esterno).

Detta tettonica messiniana ha sicuramente interessato anche i depositi pre-pliocenici dell'avanfossa, attualmente sepolti dalla sequenza plio-pleistocenica poco tettonizzata, creando un assetto morfologico caratterizzato da dorsali e depressioni ad andamento appenninico che hanno guidato la sedimentazione pliocenica.

In concomitanza con la deposizione del pliocene inferiore si ha la fase più intensa della tettonica pliocenica che coinvolge il bacino Pedeappennino Marchigiano Esterno e genera i "thrusts" principali che bordano ad oriente le dorsali di Cingoli, Staffolo, di Polverigi e del Conero e l'attuale assetto dei bacini idrografici del fiume Esino a nord e del fiume Musone (fiume Potenza) a sud.

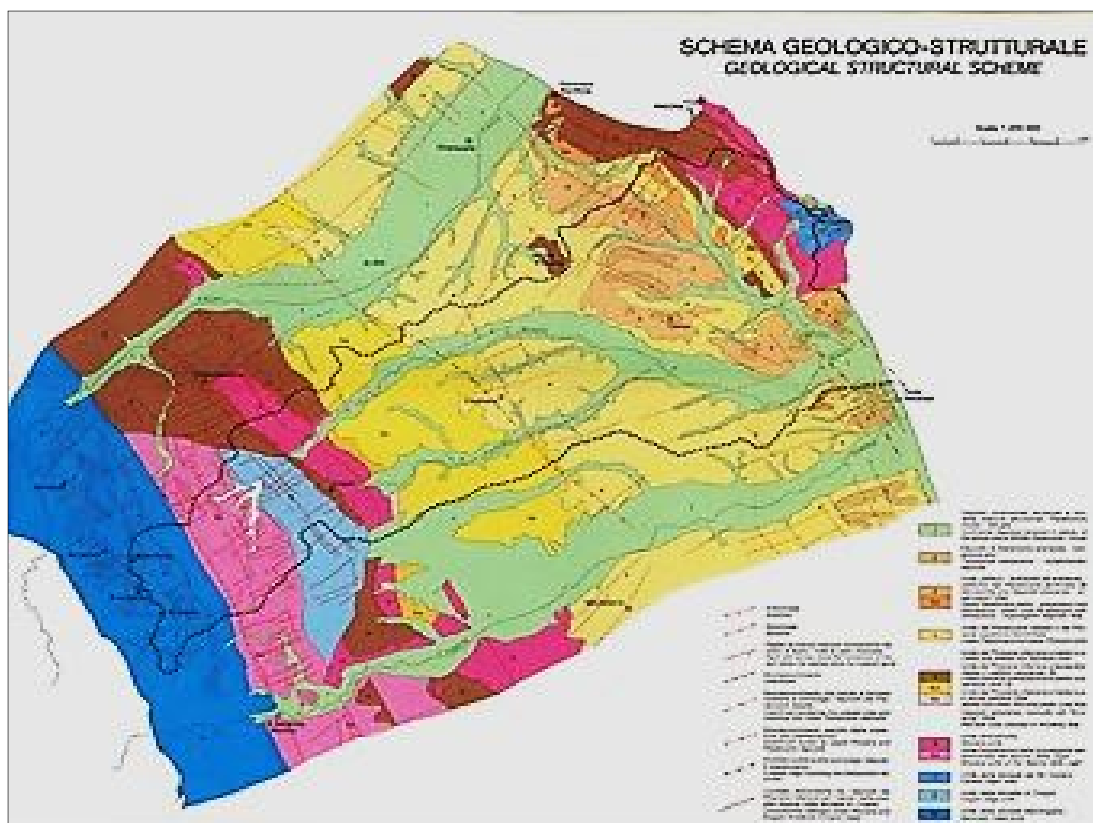


Fig. 3.1: Schema geologico strutturale - Bacino del fiume Musone – T. Nanni

Al passaggio plio-pleistocenico si ha il ritorno a condizioni di mare profondo, non meno di 500 metri, in gran parte dell'area costiera fino alla dorsale di Staffolo. In prossimità degli alti intrabacinali e nelle zone marginali del bacino di sedimentazione parzialmente emerso o comunque prossime al livello del mare, si forma una ampia lacuna sedimentaria con l'assenza dei termini compresi tra Pliocene medio e Pliocene superiore terminale o Pleistocene inf..

Anche il bacino pleistocenico come quello pliocenico, si imposta seguendo le linee tettoniche derivate dalla fase compressiva precedente ed è caratterizzato da depressioni separate da alti intrabacinali longitudinali e trasversali.

Nel Pleistocene inferiore inizia una ulteriore fase tettonica compressiva che, con fasi alterne, porta al sollevamento e alla completa emersione di tutta l'area. Tale fenomeno non avviene in maniera continua ma con fasi di maggiore o minore intensità che condizionano anche la sedimentazione del bacino quaternario.

La fase compressiva pleistocenica coinvolge non solo i depositi del pleistocene di base (Pliocene superiore terminale) ma anche quelli recenti.

Nella presente indagine si è cercato di evidenziare che gli allineamenti degli epicentri degli eventi sismici avvenuti sulla costa del 1972 (Ancona) e 2013 Numana avvalorano l'esistenza di una tettonica trasversale alle dorsali tuttora attiva che condiziona l'attuale sedimentazione marina e l'evoluzione morfologica dei bacini idrografici.

Detta tettonica trasversale (faglie trasformi e diaclasi con rigetti orizzontali) riveste infatti un ruolo importante nell'evoluzione morfostrutturale dei bacini idrografici, in particolare nei confronti del reticolo idrografico e della pianura alluvionale.

La migrazione verso nord nella zona costiera dell'asta fluviale del fiume Esino e del fiume Musone, viene interpretata come una manifestazione dell'attività tettonica compressiva nella zona adriatica dovuta alla migrazione verso est della catena appenninica.

3.2 Domini dell'Appennino Umbro-Marchigiano

I terreni che costituiscono il substrato dell'area in esame appartengono alla tipica successione dell'Appennino Umbro-Marchigiano, che rappresenta la parte più meridionale ed esterna dell'Appennino Settentrionale e sono costituiti da una successione calcarea che verso l'alto, per progressivo incremento della frazione terrigena, evolve verso termini più marnosi.

L'Appennino Umbro Marchigiano è costituito da una catena neogenica a pieghe e sovrascorrimenti, la cui deformazione rientra sia nel dominio strutturale duttile/fragile che fragile, coinvolgendo una copertura sedimentaria di età compresa tra Trias superiore ed il Pliocene attestata su basamento cristallino metamorfico .

L'Appennino Umbro Marchigiano costituiva una porzione di margine continentale passivo del paleo continente Adria coinvolto solo tardivamente dalla tettonica terziaria, con una imponente fase compressiva, attiva dal Miocene superiore al Plio-Pleistocene.

L'Appennino Umbro-Marchigiano è suddiviso in cinque domini strutturali, procedendo da Ovest verso Est sono:

- *Preappennino Umbro*, caratterizzato da rocce sedimentarie interessate da piani di sovrascorrimento che interessano la formazione dello Schlier e/o la Marnoso Arenacea;
- *Appennino Umbro-Marchigiano*, caratterizzato da due grandi anticlinali asimmetriche con convergenza adriatica (Monte Maggio-Monte Nerone e Monte Burano- Monte Pale);
- *Pedeappennino Marchigiano Interno*, caratterizzato da aree ribassate sede di bacini torbiditici (bacino di Fabriano e bacino di Camerino);
- *Appennino Marchigiano*, caratterizzato dalla dorsale di Monte San Vicino (prolungamento settentrionale dei Monti Sibillini) rappresentata da una ampia anticlinale tettonizzata da numerose faglie sia inverse che trascorrenti;
- *Pedeappennino Marchigiano Esterno*, caratterizzato dalla fascia che va dalla dorsale di Cingoli a quella del Monte Conero. Detto dominio nella porzione collinare costiera è soggetto anche all'azione diretta delle fluttuazioni eustatiche. Detta variazione del livello del mare in relazione alle fasi glaciali ed interglaciali ha causato ripetute regressioni e trasgressioni della linea di costa ed all'idrografia ad esso collegata. Infatti nella fase regressiva (abbassamento del livello del mare) tutta l'idrografia superficiale è in erosione aumentando progressivamente l'instabilità dei versanti dei sistemi collinari. Viceversa nella fase trasgressiva (innalzamento del livello del mare) nella fascia costiera ed in tutta l'idrografia superficiale si accumulano sedimenti sia marini che continentali stabilizzando progressivamente l'orografia superficiale

3.3 La Successione litostratigrafica

L'area in esame (fascia costiera del Dominio Pedeappenninico Marchigiano Esterno) si inquadra nell'ambito della facies marchigiana ed è stata così rilevata:

Sequenza Cretacico-Oligoceniche affiora soltanto nell'anticlinale di Monte Conero

Dal basso verso l'alto si distinguono:

formazione della Maiolica	(Cretaceo inferiore)
formazione delle Marne a fucoidi	(Cretaceo medio p.p.)
formazione della Scaglia bianca e rossa	(Cretaceo p.p. Eocene medio)
formazione della Scaglia cinerea	(Oligocene-Eocene superiore)

La formazione della Maiolica affiora nel fianco orientale del Monte Conero, lungo la costa in prossimità degli scogli denominati "Due sorelle" fino alla Grotta degli Schiavi. E' costituita calcari micritici bianchi e grigi, fittamente stratificati, con noduli e straterelli di selce di color bruno-scuro o giallastro. Lo spessore degli

strati varia da 20 a 30 cm; lo spessore affiorante del sedimento è di circa 100 metri tutta la formazione si presenta intensamente fratturata .

La formazione delle Marne a Fucoidi affiora anch'essa nel versante orientale del Monte Conero in prossimità degli scogli delle "Due Sorelle". E' costituita da un'alternanza di marne, marne argillose, argilliti e micriti, color grigio o grigio verdastro, fittamente stratificate con livelli di selce scura. Lo spessore è di circa 10 metri.

La formazione della Scaglia bianca è costituita da calcari fittamente stratificati bianco latte o bianco giallastri a fratturazione concoide, selce grigio-biancastra e pirite in noduli e rare vene di calcite, separati a volte da veli pelitici. Lo spessore degli strati va da 10 cm fino ad un metro. Nella porzione basale domina calcare bianco latte con noduli di selce e pirite mentre nella porzione sommitale sono presenti calcari giallastri con rara selce. Il passaggio alla scaglia rossa avviene in continuità ed è marcato da banconi calcarenitici di colore bianco dello spessore di 4 metri. Lo spessore della scaglia bianca è dell'ordine di 180-200 metri.

La formazione della Scaglia rossa è data da calcari marnosi a grana fine fittamente stratificati, di colore roseo a frattura irregolare, con noduli a straterelli di selce nella parte intermedia. Lo spessore degli strati varia da 30 cm a 50 cm. Nella parte bassa predomina il colore roseo mentre nella porzione superiore si ha un calcare biancastro a frattura irregolare con noduli e straterelli di selce bianco-giallastra. La parte più alta della formazione è costituita da calcare biancastro senza noduli di selce, ben stratificato e con intercalazioni di calcare grigio-verdastri. Il passaggio alla scaglia cinerea è graduale. Lo spessore della formazione è di 100 metri.

La formazione della Scaglia Cinerea affiora in tutto il Monte Conero. Si tratta di marne e calcari marnosi di colore grigio-verdastro ben stratificati, spesso fogliettati, a frattura irregolare e senza noduli di selce. Il passaggio alla formazione sovrastante è netto. Lo spessore complessivo della scaglia cinerea è di 50 metri.

Sequenza Miocenica diffusa su tutto il territorio dell'Anconetano, in relazione all'assetto strutturale.

Dal basso verso l'alto si distinguono:

formazioni Bisciario -Schlier	(Miocene medio inferiore)
formazione di Letto	(Messiniano)
formazione Gessoso -solfifera	(Messiniano)
formazione di Tetto	(Messiniano)
formazione a Colombacci	(Messiniano)
orizzonte del Trave	(Messiniano)

Le formazioni Bisciario e Schlier sono state suddivise in tre unità litostratigrafiche . La porzione inferiore, dello spessore di circa 40 metri, riferita al Bisciario propriamente detto, è rappresentata da calcari marnosi e marne calcaree di colore grigio-avana in strati di 5-30 cm più raramente da calcari silicei con abbondanti noduli di pirite limonitizzata. La porzione media (Schlier), dello spessore di 200-250 metri, è formata da marne e marne calcaree grigio-nocciola in strati di 20-100 cm, alternate a bancate di 2 - 5 metri. La stratificazione non è facilmente distinguibile a causa del clivaggio e dall'andamento irregolare dei giunti di stratificazione. La porzione alta (Schlier), dello spessore di 150-200 metri, è rappresentata da marne più o meno calcaree con livelli di calcare marnosi di colore grigio verdastro e grigio-bruno in strati di 10-40 cm. Dette unità litostratigrafiche affiorano lungo la costa da Ancona a Portonovo, nel versante occidentale del Monte Conero, tra Sirolo e Numana.

Le unità che costituiscono la successione Messiniana non vengono distinte nella carta geologica, ma considerate in blocco data la scarsità degli affioramenti, vengono cartografati solamente i complessi lenticolari dei gessi della formazione gessoso -solfifera che sono facilmente individuabili..

La formazione di Letto, dello spessore di 5-15 metri è costituita da marne grigio-verdastre, scure ben stratificate, con una laminazione piana parallela che diventa più fitta verso il tetto. Lo spessore degli strati variano da 10 a 20 cm.

La formazione Gessoso – Solfifera, dello spessore di 5-20 metri, è caratterizzata da marne grigiastre, argille-marnose, marne argilloso-gessose compatte, da livelli di gesso cristallino e macrocristallino, intercalati a marne bituminose. Affiorano nelle località di Pietralacroce, Varano e Numana, lungo la strada provinciale del Conero e nei pressi dello Scoglio del Trave.

La *formazione di Tetto*, dello spessore di 100 metri, è caratterizzata da marne grigie fittamente fogliettate e da marne con strati di 10-50 cm alla base ed al tetto della formazione sono presenti livelli lenticolari arenacei grossolani con frammenti di selce nera e livelli calcarenitici.

La *formazione a Colombacci*, dello spessore di 60 metri, è costituita da marne argillose grigie, argille-marnose, da un orizzonte calcarenitico arenaceo, da conglomerati e da due livelli calcarei biancastri di origine evaporitica (colombacci).

Orizzonte del Trave presenta variazioni sia litologiche sia di spessore da zona a zona. L'unità stratigrafica dello Scoglio è costituita da una successione di strati (20-30 cm.) di calcareniti organogena con clasti calcarei, calcarei marnosi, quarziferi, selciferi e micacei di colore grigio o giallastro. Lo spessore totale è di 15 metri. Detta unità stratigrafica affiora all'altezza di Portonovo e anche ai bordi della sinclinale dell'abitato Tavernelle.

Sequenza Pliocenica. Nell'area in esame affiorano sedimenti del pliocene inferiore e del pliocene medio, mentre sono totalmente assenti i sedimenti del pliocene medio alto e superiore.

Dal basso verso l'alto si distinguono:

Formazione del Pliocene inferiore

Formazione del Pliocene medio

La Formazione del Pliocene inferiore, dello spessore variabile di 100 – 200 metri, affiora in prossimità dello scoglio del Trave, nell'anticlinale di Varano e di Falconara, ai Piani della Baraccola, nel versante occidentale di Monte Conero e nell'anticlinale di Agugliano. Il Pliocene inferiore si può suddividere in due unità con caratteristiche litologiche diverse: una inferiore costituita da alternanza di sabbia ed argilla marnose ed una superiore formata essenzialmente da argille marnose-siltose.

L' unità inferiore ha caratteristiche litologiche diverse da luogo a luogo. Allo scoglio del trave la parte basale è costituita da circa 20 metri da argille marnose compatte e ben stratificate e concordanti con il sottostante orizzonte litologico e passano superiormente ad una alternanza di argille marnose e banconi di sabbia di 2 metri di spessore.

L' unità superiore è costituita da argille limose grigio azzurro intercalate a strati di lenti di sabbia.

La formazione del Pliocene medio affiora in prossimità dell'anticlinale di Agugliano, in Ancona in prossimità dell'antenna RAI e nel versante occidentale dell'anticlinale di Falconara. E' costituito da argille marnose siltose di colore tabacco, la stratificazione viene evidenziata da spalmature e straterelli millimetrici tra gli strati argillosi.

Sequenza Pleistocenica I sedimenti Pleistocenici si presentano con una estensione notevole. Sono essenzialmente da facies pelitico-sabbiosa ed in minor misura da facies sabbioso-arenacee. Sono stati suddivisi in dieci unità litologiche informali raggruppate in cinque cicli trasgressivo-regressivi ai quali corrispondono oscillazioni paleo ambientali.

Dal basso verso l'alto si distinguono i seguenti cinque cicli trasgressivo-regressivi :

I CICLO

UNITÀ A1, è costituita da argille marnose bluastre debolmente siltose. La stratificazione è mal rilevabile ed è comunque evidenziata da spalmature siltose-sabbiose fra gli strati argillosi. Lo spessore degli strati è di 10-40 cm. Questa unità è trasgressiva sia sul pliocene inferiore sia sul Pliocene medio-basso. Il passaggio alla sovrastante **unità S1** è graduale ed è caratterizzato dalla comparsa di livelli di sabbia grigia.

UNITÀ S1, è costituita da una alternanza di argille azzurro scuro e sabbie grigie. La parte bassa è data da una alternanza di argille marnose e strati sabbiosi dello spessore di 30 cm; nella parte intermedia dell'unità aumenta il rapporto di sabbia e pelite, lo spessore degli strati è maggiore. Nella parte alta dell'unità si ritorna ad una regolare alternanza sabbie e argille. Il passaggio all'unità sovrastante è graduale ed è caratterizzato da assenza di intercalazioni sabbiose.

II CICLO

UNITÀ A2, dello spessore di 70 metri, è costituita da argille marnose plumbee e grigio scuro debolmente siltose. La stratificazione è evidente solo nei tagli ed è evidenziata da spalmature siltose sabbiose. La parte bassa di questa unità è costituita da argille bluastre con stratificazione mal rilevabile e con spessore degli strati superiore ai 60 cm. Procedendo verso l'alto dell'unità si ha una diminuzione degli strati di argilla e comparsa dei livelli sabbiosi. Il passaggio alla sovrastante unità S2 è graduale ed è caratterizzato dalla comparsa di livelli di sabbia.

UNITÀ S2, è costituita da una alternanza di sabbie ocree fini, di arenaria fini debolmente cementate, di marne azzurrognole e di argille marnose azzurro chiaro. In questa unità predomina nettamente la sabbia. Nella parte bassa si ha una alternanza di argille marnose chiare con strati sabbiosi. Lo spessore degli strati argilloso-marnosi e degli strati sabbiosi è di 30 cm. Gli strati sabbiosi sono lenticolari con base netta. Il passaggio all'unità A3 è graduale.

III CICLO

UNITÀ A3, è costituita da argille marnose azzurre e da argille marnose siltoso-sabbiose ocracee. La stratificazione è evidente solo nei tagli freschi e nella parte medio superiore dove è messa in risalto da spalmature e da straterelli siltoso-sabbiosi grigio-cenere. Dal basso verso l'alto nella successione si individua un'alternanza di argille marnose azzurre. Lo spessore degli strati è di 40-50 cm con rare laminazioni piano parallele al tetto di argilla di 2-5 cm di spessore. Il passaggio all'unità S3 sovrastante è caratterizzato dalla comparsa di lenti di sabbia, da strati di sabbia grigia, da ciottoli di selce inglobati nelle argille e da livelli conglomeratici con elementi calcarei. Lo spessore di detta unità è molto variabile il massimo rilevato è in prossimità della località Montescuro.

UNITÀ S3, è costituita da una alternanza di argilla marnosa azzurra, da argilla siltosa-sabbiosa grigio-ocra, di lenti di sabbia e strati lenticolari di arenaria debolmente cementata. La parte bassa dell'unità è caratterizzata da un'alternanza di argilla marnosa azzurra, da lenti di sabbia ocra di varie dimensioni (massima 4 metri). Sia negli strati sabbiosi che in quelli argillosi si ha una laminazione piana parallela al tetto. In questa unità predomina nettamente la sabbia. Verso l'asse Monte Conero, questa unità passa a:

- alternanze più o meno complesse di argille marnose sabbiose-siltose azzurre;
- lenti di conglomerati bioclastico, selcifero e carbonatico;
- ammassi lentiformi, stratificati e non, di rocce organogene costituite da ammassi conchigliari;
- spesse lenti di arenaria.

Queste ultime formano i corpi sedimentari più importanti ed evidenti, hanno base erosiva concava a canalizzazione ripetuta e sono colmi di arenaria. Il passaggio all'unità A4 soprastante, ben individuabile in prossimità della località Montescuro, è graduale ed è caratterizzato dalla scomparsa delle lenti e strati sabbiosi. Fra la S3 e la A4 si hanno pochi metri di peliti e quindi la comparsa dei primi strati arenacei della A4. Lo spessore massimo di questa unità è di 150 metri in prossimità di Montescuro.

IV CICLO

UNITÀ A4 è formata da un'alternanza di argille marnose siltose-sabbiose ocracee e da arenarie. Le argille si presentano in pacchi di strati di circa 50 cm di spessore con strati singoli variabili da 1 a 5 cm. La stratificazione è evidenziata da spalmature e da interstrati millimetrici siltoso-sabbiosi; internamente gli strati argillosi presentano una sottile laminazione piano parallela. Gli strati arenacei hanno uno spessore fra i 2-5 cm e sono più cementati nella parte bassa. All'interno si ha una laminazione piano parallela appena accennata. La base è netta ed ondulata. Il passaggio all'unità sovrastante è in alcuni casi graduale ed a volte netto. Nel primo caso questa unità termina con la comparsa delle prime lenti di ghiaia della S4 nel secondo caso si ha un passaggio netto con un contatto ondulato ed erosivo. Questa unità è stata cartografata data la scarsità di affioramenti, solo nei dintorni di Montescuro dove raggiunge spessori di 14-16 metri.

UNITÀ S4, che corrisponde in parte alle sabbie di Monte Gallo, è costituita da alternanze di lenti di ghiaia con argille siltoso-sabbiose ocracee, da corpi sabbioso-arenacei e ghiaioso-sabbiosi più o meno complessi. Il passaggio dall'unità A4 alla S4 presenta caratteristiche diverse da punto a punto. In prossimità del Monte San Pellegrino è graduale ed è caratterizzato dalla comparsa di lenti (spessore 4-5 m) di ghiaia mista a sabbia con base erosiva alternate a banchi di argilla di 30-40 cm da strati arenacei lenticolari con spessori di 10 cm. Tutto il complesso pelitico-arenaceo è fortemente bioturbato e ciò rende difficile l'identificazione delle strutture sedimentarie. Le lenti ghiaiose-sabbiose, a volte debolmente cementate, hanno una evidente base erosiva concava verso l'alto. I ciottoli, spesso embriciati, sono costituiti da selci, calcari e calcari marnosi. La granulometria dei ciottoli è decrescente dalla base al tetto delle lenti. Raramente agli strati pelitici si intercalano fra gli strati sabbiosi. La stratificazione diventa più fitta e regolare verso l'alto dell'unità e al passaggio con l'unità soprastante compaiono lenti e strati lenticolari di ghiaia mista a sabbia a volte sciolta, a volte ben cementata. Questa unità termina a Montescuro e a San Bernardino, con un crostone arenaceo lenticolare ben cementato soprattutto nella parte superiore. La superficie è tappezzata da abbondanti resti organogeni. Il crostone ricalca discontinuità (gradini, solchi) precedenti alla sua formazione ed ha un andamento non stratiforme. Quanto detto chiude il IV ciclo.

V CICLO

UNITÀ A5-S5. L'unità A5 è costituita prevalentemente da argille verdastre che sono impostate direttamente sul crostone arenaceo del IV ciclo. Verso l'alto compaiono gli strati arenacei poco cementati dell'unità S5, alternati alle argille, che aumentano in spessore verso l'alto e chiudono l'ultimo ciclo della serie quaternaria presente nell'area. Gli unici affioramenti di questo ciclo sono localizzati in prossimità di Montescuro e di Monte San Gallo e non vengono cartografati data la loro limitatissima estensione. Lo spessore di questa unità è di 2 metri a Monte San Gallo e di circa 8-10 metri a Montescuro.

Unità di Copertura (Quaternario continentale). I depositi continentali presenti nella zona dell'Anconetano sono stati suddivisi in:

- detriti calcarei e calcareo-marnosi;
- alluvioni argilloso-sabbiose con ciottoli di scaglia e di marna;
- alluvioni argilloso-sabbiose;
- alluvioni terrazzate ghiaiose, sabbiose-argillose e depositi di spiaggia attuali.

Detriti calcarei e calcareo-marnosi, sono limitati al Monte Conero e sono prevalentemente costituiti da detriti di Scaglia Bianca e Rossa. I ciottoli sono a spigoli vivi e in alcuni casi raggiungono dimensioni maggiori al metro cubo. Solamente nel versante orientale del Conero questi depositi hanno originato delle falde detritiche di cui la maggiore occupa l'area di Portonovo.

Alluvioni argilloso-sabbiose con ciottoli di scaglia e di marna, sono limitate al versante occidentale e meridionale del Monte Conero. I depositi più estesi si hanno nel bacino del Torrente Betelico, nel Fosso affluente del Rio Pecorara tra il Monte Lanciano e Massignano e nell'area compresa tra Fonte dell'Olio e Numana. Queste alluvioni presentano caratteristiche comuni essendo costituite da depositi argilloso-sabbiosi con inglobati ciottoli di scaglia e di marna. Lo spessore massimo è di 20 metri.

Alluvioni argilloso-sabbiose, sono presenti in tutta l'area dell'Anconetano e costituiscono i depositi di fondo valle che hanno progressivamente colmato le incisioni vallive dell'ultima fase regressiva dell'idrografia superficiale (fluttuazioni eustatiche). Le maggiori estensioni si hanno nella piana alluvionale del fiume Aspigo e dei suoi affluenti. Queste alluvioni sono costituite da depositi argilloso-sabbiosi, argilloso-limosi e sabbie inglobanti ciottoli che derivano dalla degradazione delle Unità S4, S3 presenti nei sistemi collinari circostanti.

Alluvioni terrazzate ghiaiose, sabbioso-argillose e depositi di spiaggia attuali costituiscono i depositi alluvionali del territorio Anconetano del Fiume Esino a nord e dei fiumi Aspigo e Musone a sud e delle spiagge prossime a Falconara, Palombina e Marcelli di Numana. Nella valle dell'Esino sono presenti solamente le alluvioni terrazzate del IV ordine; invece nella valle del Musone sono presenti anche terrazzi di III e II ordine. Queste alluvioni sono costituite da ghiaie con scarsa matrice sabbiosa, in cui si individuano corpi lenticolari sabbiosi, argilloso-siltosi e argillosi. I ciottoli sono sferoidali (fiume) o piatti (spiaggia), litologicamente sono costituiti dai calcari della scaglia, da selci e da rari elementi marnosi.

I depositi costieri sono anch'essi costituiti da ghiaie e sabbie grossolane, in prossimità dalla foce dei fiumi Esino e Musone e da sabbie medio fini nel tratto compreso fra il porto di Ancona e Falconara.

3.4 Inquadramento tettonico generale

Lo stile strutturale dell'area studiata è tipicamente appenninico, con pieghe e faglie. Vi si distinguono più fasi tettoniche:

- una medio-pleiocenica responsabile delle strutture geologiche maggiori;
- una di età compresa tra il Pliocene superiore ed il Pliocene inferiore che ripristinò condizioni di sedimentazione marina nella maggior parte dell'area;
- infine un lento sollevamento di tutta la zona dell'Anconetano che ha portato i sedimenti quaternari ad oltre 300 metri di quota s.l.m.

Alla fine medio-pleiocenica sono da attribuire la formazione delle strutture geologiche più importanti come "la monoclinale di Ancona, la sinclinale di Tavernelle, le anticlinali di Varano, di Monte Conero e di Falconara, queste ultime separate da un'ampia zona a debole ondulazione dall'anticlinale di Agugliano".

Accanto a questi motivi strutturali sono presenti faglie ad andamento NW-SE, NE-SW, ed E-W, alcune di queste faglie (ad esempio, faglia di Portonovo) hanno rigetti di alcune centinaia di metri. Per quanto riguarda la fase Pleistocenica il riconoscimento dei principali orientamenti tettonici è derivato da un dettagliato rilevamento geologico che ha portato all'individuazione di aree fortemente tettonizzate, con strati molto inclinati e verticalizzati e di aree caotiche orientate in direzione NW-SE ed in rari casi NE-SE (faglie probabilmente trasformi). Inoltre si può affermare che una fase tettonica o eustatica, abbastanza importante si sia avuta alla fine del IV Ciclo pleistocenico ove la regressione è più accentuata che negli altri casi, non solo in senso deposizionale ma anche erosivo, e la successiva trasgressione lagunare risulta di minore estensione rispetto alle precedenti (Colalongo, Nanni e Ricci).

Nelle faglie NO-SE i rigetti hanno valori superiori ai 50 metri ed è probabile che in prossimità della costa siano notevolmente superiori. In tutta l'area dell'Anconetano ed intorno significativo un interesse particolare rivestono le faglie ad andamento NE-SO, difficilmente individuabili nei sedimenti quaternari, ben evidenti invece in prossimità della costa, ed in particolare nel Monte Conero dove mettono a contatto anomalo sedimenti del Pliocene inf. e Pleistocene. Per esse è ipotizzabile un rigetto orizzontale di modesta entità.

Tali faglie inoltre hanno dislocato, smembrando in strutture isolate, le anticlinali del Monte Conero, di Varano e di Falconara, che probabilmente costituivano un'unica unità strutturale. Esse appaiono tuttora attive risultando allineate con i fasci ipocentrali registrati durante le attività microsismiche del 1973-76 e del 2013.

Si riepilogano le principali le unità strutturali del territorio dell'Anconetano. Dall'esterno verso l'interno si riconoscono:

- **monoclinali di Ancona** immergente a SO, costituita dalla formazione dello Schlier, dal Messiniano e dal Pliocene inferiore;
- **sinclinale asimmetrica di Tavernelle**, che si accavalla verso NE, per faglia inversa con rigetto di circa 300 metri sulla monoclinali di Ancona;
- **anticlinale di Varano**, nel cui nucleo affiorano marne dello Schlier intensamente tettonizzate con fagli ad andamento NO-SE;
- **anticlinale asimmetrica di Monte Conero**, nel cui nucleo affiorano i calcarei della Maiolica (unico affioramento sulla costa) tettonizzati con faglie E-O;
- **anticlinale di Falconara** dislocata da faglie NO-SE NE-SO con nel nucleo i terreni del Pliocene Inferiore;
- **complesso di faglie ad andamento NO-SE**, tra cui la faglia degli Angeli che è la più importante dell'area perché delimita verso l'entroterra le strutture del Conero, di Ancona e di Falconara;
- **complesso di fagli NE-SO**, ben evidenti nel versante nord del Monte Conero in prossimità del porto di Ancona e di Torrette, che presentano un rigetto con componenti orizzontali.

3.5 I Bacini dell'Anconetano, Idrografia principale, Bilancio pluviometrico dell'area.

Bacini dell'Anconetano, si sono formati nel Messiniano superiore post-evaporitico infatti l'area in esame è stata coinvolta in una delle prime fasi tettoniche dell'orogenesi appenninica che ha provocato il corrugamento della dorsale di Monte Conero ed intorno significativo.

Detta dorsale viene portata alla parziale emersione dalle spinte orogeniche e vengono impostate le principali strutture della zona costiera. Il sollevamento dell'area crea una morfologia caratterizzata da depressioni longitudinali, separate da alti strutturali a direzione appenninica. Con il Pliocene basale l'avanfossa migra ancor più verso Est e si ha il ripristino di condizioni marine, le uniche zone emerse sono la dorsale di Cingoli e la Dorsale di Monte Conero.

Alla fine della principale fase tettonica pliocenica l'area costiera anconetana viene sollevata e nella fase plio-pleistocenica la dorsale del Conero ed intorno significativo sono totalmente emerse. Inoltre nel Pleistocene basale inizia una ulteriore fase tettonica compressiva che porta definitivamente al sollevamento ed alla completa emersione di tutta l'area esterna del bacino.

Tale emersione non avviene in maniera continua ma in fasi di maggiore o minore intensità. Durante questa fase si forma un alto strutturale dalla costa verso il retro paese (Ancona, Polverigi, Santa Maria Nova, Staffolo) che separa definitivamente il bacini del fiume Musone dal fiume Esino.

Idrografia principale Il bacino del fiume Aspio interessa in massima parte il territori dell'anconetano ed è rappresentato da un corso d'acqua a modesto sviluppo che interessa aree alluvionali in fase di colmata (fase trasgressiva dell' Adriatico). Gli affluenti provenienti dalla dorsale del Conero come Rio Margeneto, Rio Boranico e Torrente Betelico hanno regime torrentizio ad elevato apporto idrico mentre il fosso delle Piantate Lunghe inserito nel retroterra collinare (Sappanico – Gallignano –Montesicuro) ha modesta pendenza dell'alveo e minore portata. Il Bacino del Fosso di Vallemiano è rappresentato da un corso d'acqua parallelo alla costa a modesto sviluppo che attraversava parzialmente intubato la periferia della città di Ancona (Piano San Lazzaro, Stazione Ferroviaria). Detto Corso d'acqua dopo il nubifragio del 5-6 settembre 1959 è stato deviato, nella porzione terminale, con una galleria di circa 2 km direttamente in mare evitando i quartieri cittadini.

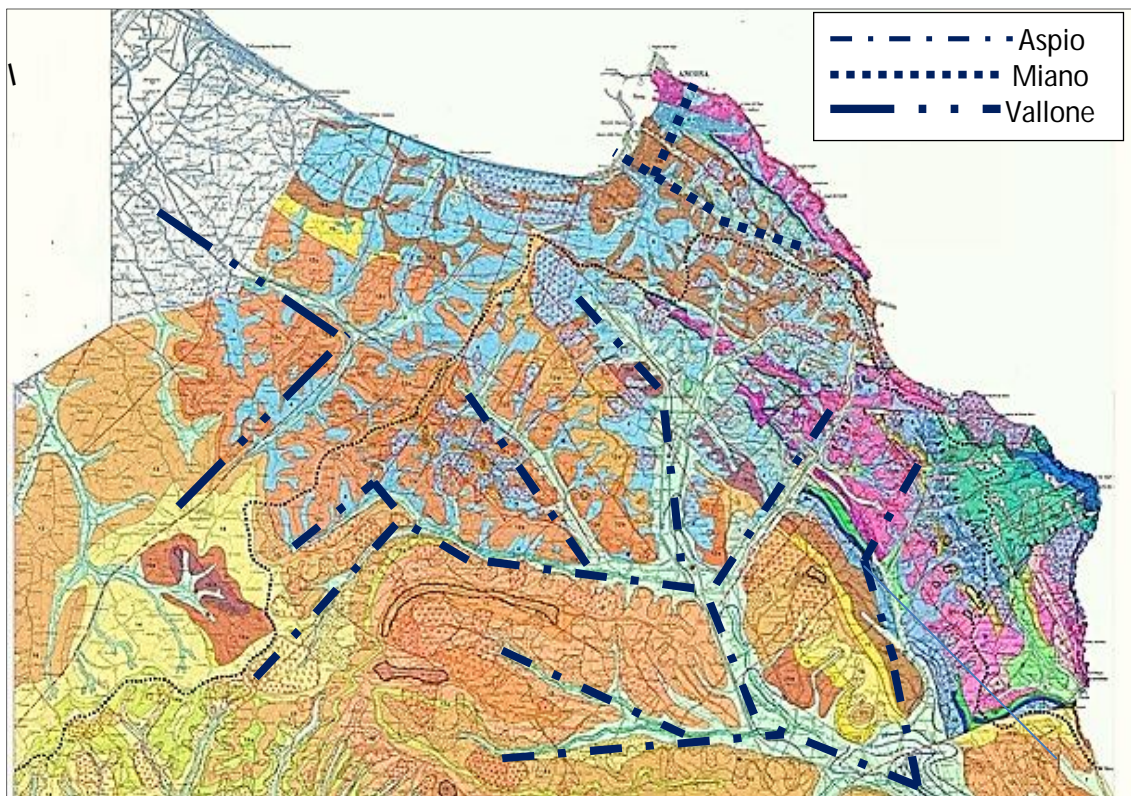


Fig 3.3. Idrografia principale del territorio anconetano.

Bacini secondari sono quelli del Fosso della Lodola (Torrette) e del Fosso del Ponte Manarini (Collemarino). Detti corsi d'acqua a regime saltuario provengono dalle propaggini collinari della dorsale Torrette-Falconara e dopo breve sviluppo su un alveo ad elevata pendenza si immettono direttamente in mare.

Un bacino idrico che interessa marginalmente il territorio anconetano è quello del Fosso Del Vallone che originato dal sistema collinare di Agugliano dopo breve percorso verso Nord viene ostacolato dalla dorsale Torrette-Falconara e deviando verso Ovest si immette nel bacino del fiume Esino in prossimità di Castelferretti.

Bilancio pluviometrico dell'area, le caratteristiche idrologiche della zona sono state ottenute utilizzando i dati del Servizio Idrologico del Ministero dei Lavori Pubblici. Le stazioni di controllo sono ubicate nelle località di Ancona (M. Cappuccini, Torrette, Baraccola), M. Conero, Castelfidardo (S. Rocchetto), Loreto, Recanati.

Come si può osservare dai grafici riportati in fig. 3.4 il regime pluviometrico dell'area da considerarsi tipicamente "sublitoraneo appenninico", caratterizzato da due massimi e due minimi; il massimo assoluto si registra in ottobre, ad eccezione del Monte Conero dove si verifica in settembre, ed un massimo relativo in maggio. Il minimo assoluto di precipitazioni viene registrato nel mese di luglio, ad eccezione della stazione di S. Rocchetto dove si registra in agosto, mentre un minimo relativo si ha in aprile.

La massima entità mensile delle precipitazioni si registra nella stazione di Monte Conero con circa 110 mm di pioggia; la minima ad Ancona con circa 27 mm di pioggia.

L'elaborazione del bilancio idrologico utilizzando il metodo di Thornthwaite, evidenzia che il periodo "secco", in cui l'evapotraspirazione è nettamente superiore alle precipitazioni ed il suolo tende a perdere il suo contenuto di acqua, si verifica nel mese di luglio ed agosto; il periodo "umido" si registra nei mesi invernali di gennaio e febbraio. Tale bilancio è comunque da riferirsi indicativamente a una situazione reale.

In sintesi, il regime idrologico della zona in cui ricade l'area in esame è caratterizzato da precipitazioni intense nel periodo tardo-estivo ed autunnale che fanno seguito al lungo periodo secco estivo caratterizzato da deficit idrico.

3.5 Il territorio comunale di Ancona

Ancona è la città capoluogo delle Marche, ha 100.261 abitanti con una area metropolitana che interessa una popolazione dai 280.000 ai 350.000 individui.

Protesa verso il mare, la città sorge su un promontorio a forma di gomito piegato, che protegge il più ampio porto naturale dell'Adriatico centrale. La città fu fondata nel 387 a.c. dai Greci di Siracusa che

notarono la forma particolare di questo promontorio e per questo motivo chiamarono la nuova città "ankòn", che in greco significa gomito.

Il territorio dell'anconetano e l'espansione della città nel tempo sono stati condizionati dal modello geologico a pieghe con alti orografici rappresentati da anticlinali e da strette depressioni sinclinali sede di aste torrentizie o fluviali con relative piane di colmata.

Le principali unità strutturali del territorio dell'anconetano con relativi insediamenti abitativi dalla costa verso l'interno sono:



- **La monoclinale di Ancona** immergente a SO, costituita dalle marne dello Schlier, rappresenta il sistema collinare parallelo alla costa sede dei primi insediamenti della vecchia città e del porto storico. Il margine sud della monoclinale è percorso da un fosso a regime saltuario che è stato intubato. Attualmente detta area è occupata dalle principali vie storiche della città (spina dei corsi - Mazzini, Garibaldi, Stamira e Viale della Vittoria-quartiere adriatico);

- **La sinclinale asimmetrica di Tavernelle**, accavallata verso NE sulla monoclinale di Ancona, i cui lembi a Nord formano la dorsale collinare occupata dai quartieri Le Grazie – Tavernelle-Monte Acuto ed a Sud si sviluppa l'orografia collinare del Montagnolo – Pinocchio - Monte d'Ago. Nell'asse longitudinale della sinclinale si è inserita l'idrografia del Torrente di Vallemiano e del Fosso Conocchio che hanno formato, per colmate successive, una piana alluvionale. Detta pianura alluvionale con interventi antropici è stata occupata progressivamente dagli insediamenti abitativi del quartiere del Piano e delle Palombare;

- **anticlinale di Varano**, nel cui nucleo affiorano marne dello Schlier intensamente tettonizzate con faglie ad andamento NO-SE. L'area è interessata dalla frazione di Varano che a subito un modesto sviluppo abitativo.

- **anticlinale asimmetrica di Monte Conero**, nel cui nucleo affiorano i calcarei della Maiolica (unico affioramento sulla costa). Detta struttura geologica, a Sud Est dell'abitato di Ancona, domina in massima parte l'orografia dell'anconetano con territori che dalla quota del livello del mare, con le spiagge di Mezzavalle e Portonovo si elevano fino a 572 metri.



- **anticlinale di Falconara** dislocata da faglie NO-SE e NE-SO con nel nucleo i terreni del Pliocene Inferiore. Detta struttura domina in massima parte la porzione Nord Ovest del territorio dell'anconetano con gli insediamenti abitativi dei quartieri delle Torrette dove è ubicato l'Ospedale Regionale, e all'estremo Nord la frazione di Collemarino. Detto territorio si sviluppa dal livello del mare con la spiaggia di Palombina sino alla quota di 200 metri del sistema collinare del Monte Barcaglione.

- **Pianura dell'Aspio** è ubicata all'estremo Sud del territori dell'anconetano. Detta pianura denominata "Piani della Baraccola" è stata formata per colmate alluvionali del fiume Aspio su depressioni e paleoalvei

originati da vecchi fenomeni regressivi (fase regressiva –glaciazione). Attualmente detta pianura alluvionale è interessata da insediamenti artigianali e commerciali e dalla viabilità principale di Ancona verso Sud.

La Grande Frana di Ancona.

Molti insediamenti abitativi sono stati distrutti il 13 dicembre del 1982 dal movimento gravitativo, dell'estensione di 340 ettari, che ha interessato il versante nord della collina del Montagnolo con un fronte al livello del mare di circa 1.700 metri. La frana ha distrutto completamente sul fronte mare il quartiere del Borghetto, parzialmente le aree urbanizzate della Palombella, la statale Adriatica e la linea ferroviaria. Sul versante del Montagnolo (Via delle Grotte) sono stati distrutti gli ospedali dell'Oncologico e Geriatrico e la facoltà di medicina dell'Università di Ancona e parzialmente il quartiere di Posatora. Detta frana, attualmente in lenta evoluzione, rappresenta una porzione di una paleofrana attiva nei periodi regressivi della linea di costa (fase glaciale - abbassamento livello del mare) con movimenti del versante del Montagnolo più imponenti rispetto agli attuali (erosione al piede causata dall'idrografia superficiale del Fosso Miano e fosso Conocchio) e con piani di scorrimento più profondi ed estesi. Nell'attuale trasgressione del livello del mare (fase interglaciale – innalzamento del mare) la porzione più profonda della paleofrana dovrebbe essere stata stabilizzata dall'accumulo di imponenti depositi marini mentre la porzione più superficiale (frana di Ancona) attualmente è rimasta attiva.

4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI GENERALI

Al fine di procedere con lo studio di microzonazione sismica del territorio comunale di Ancona, si è proceduto con la raccolta ed archiviazione dei dati pregressi. Inizialmente sono stati reperiti dati provenienti dalle indagini geologiche svolte dai geologi dell'Ufficio Tecnico Comunale relativamente alle opere pubbliche realizzate nell'ultimo decennio.

Successivamente, al fine di completare in modo soddisfacente la copertura dell'intero territorio comunale, ci si è concentrati con la ricerca di relazioni geologiche effettuate da geologi vari per la stesura di relazioni geologiche inerenti l'edilizia privata, piani di lottizzazione etc.

A seguito di queste ricerche si è proceduto all'acquisizione attraverso scansione dei sondaggi e/o prove in sito e di laboratorio con produzione di file ".pdf" necessari per l'archiviazione secondo gli *Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Versione 4.0b*".

La "Carta delle Indagini", redatta su base cartografica CTR in scala 1:10.000, riporta l'ubicazione e l'indicazione della somma dei dati ritenuti più "significativi" esistenti sul territorio comunale di Ancona.

L'insieme dei dati raccolti, ha permesso di disporre di un totale di n° 420 siti puntuali e n° 19 siti lineari.

Siti puntuali

I dati raccolti relativamente ai "siti puntuali" dello studio di livello 1 hanno prodotto l'inserimento di n°457 record nella tabella delle "indagini puntuali" così suddivisi:

QUANTITÀ	SIGLA	DESCRIZIONE
55	CPT	Prove penetrometriche statiche
258	SS	Sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato
21	S	Sondaggio a carotaggio continuo
10	DP	Prova penetrometrica dinamica pesante
18	DL	Prova penetrometrica dinamica leggera
1	SPT	Prova penetrometrica dinamica SPT
5	T	Trincea o pozzetto esplorativo
1	SD	Sondaggio a distruzione di nucleo
52	HVSR	Microtremori a stazione singola
33	TD	Prova di taglio diretto
1	CU	Prova triassiale consolidata non drenata
1	ELL	Espansione laterale libera
1	SM	Analisi su campione

Siti lineari

I dati raccolti relativamente ai "siti lineari" ha prodotto altrettanti n°19 record nella tabella delle "indagini lineari" così suddivisi:

QUANTITÀ	SIGLA	DESCRIZIONE
7	MASW	Registrazioni sismiche MASW
4	SR	Sismica a rifrazione
3	SL	Sismica a riflessione
3	ERT	Tomografia elettrica

Tutte le indagini geotecniche e geofisiche sopra riportate sono state cartografate nella "Carta delle indagini" e rappresentate, in forma simbolica e per tipologia, secondo la legenda prevista negli standard di rappresentazione e archiviazione informatica fornito dalla Commissione tecnica per il monitoraggio degli studi di MS - Servizio Protezione Civile Nazionale (*Versione 4.0b*):

Tali indagini sono state scelte e inserite dopo un'accurata cernita, su almeno oltre 1500 dati esaminati in parte esclusi ai fini dell'analisi quali:

- prove penetrometriche dinamiche leggere (quando non erano le sole indagini esistenti per caratterizzare almeno qualitativamente la zona);
- stratigrafie di pozzi o sondaggi di dubbia attendibilità.
- sondaggi geognostici e altre prove in sito quando presenti in elevato numero nelle immediate vicinanze con stratigrafie concordanti (sono stati scelti quelli più rappresentativi per un intorno significativo).
- Sondaggi e prove in sito di dubbia interpretazione.

Tutti i dati puntuali e lineari sono consultabili in formato PDF nella cartella documenti allegata all'interno del database.

La campagna d'indagini specifica per le attività di Microzonazione Sismica di livello 2 è consistita in indagini sismiche in onde superficiali, n° 32 MASW e n° 35 HVSR, distribuite nelle MOPS di livello 1 secondo quanto previsto dal disciplinare d'incarico

5. MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO

La definizione di un modello geologico dettagliato per l'area di studio, è il primo passo per procedere alla realizzazione di un lavoro di microzonazione sismica, sia esso di livello 1 o di livello 2 o 3.

Nell'ambito di una microzonazione di livello 1, il modello geologico deve essere in grado di fornire gli strumenti e le informazioni necessarie alla realizzazione di una Carta delle microzone a Comportamento Sismico Omogeneo e viene implementato anche al fine di definire quelle aree che necessiteranno di ulteriori indagini per il completamento/approfondimento del quadro conoscitivo, nei livelli successivi di microzonazione sismica.

5.1 Dati e informazioni di base

Nel presente lavoro di microzonazione sismica, i dati che si sono assunti come base per lo sviluppo del modello geologico di riferimento, il quale ha successivamente condotto alla definizione delle differenti microzone a comportamento sismico omogeneo, sono i seguenti:

- Cartografia topografica CTR (Carta Tecnica Regionale) alla scala 1:10.000;
- Rilievi geologici e geomorfologici alla scala 1:10.000 eseguiti per la realizzazione del CARG per le aree di interesse;
- Carta Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (Progetto IFFI);
- Cartografia del Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Marche (PAI);
- Dati stratigrafici, geotecnici e geofisici derivanti dai sondaggi eseguiti in corrispondenza delle aree di interesse (reperiti presso l'Ufficio Tecnico Comunale del Comune di Ancona);
- Prove sismiche tipo HVSR effettuate come da convenzione stipulata con il Comune di Ancona. durante la MZS 1° livello nell' anno 2013 in prospettiva della MS 2° livello

Le suddette informazioni hanno permesso lo sviluppo di un modello geologico ampiamente adeguato alla realizzazione di indagini di microzonazione sismica di livello 1.

5.2 Definizione del modello geologico

Al fine di integrare i dati disponibili e farli quindi confluire nel modello geologico finale, si sono inserite tutte le informazioni riportate al precedente paragrafo in un sistema GIS (basato sul software QuantumGis);

Le archiviazioni per le indagini geologiche, geotecniche, geofisiche, per la realizzazione della cartografia geologico-tecnica sono state effettuate secondo gli standard di rappresentazione e archiviazione informatica **vers. Versione 4.0b** (Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – *Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Versione 4.0b* – redatto dalla Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica – art.5, c.7 dell'OPCM 13.11.2010, n.3907), mentre per le basi cartografiche si sono sviluppati degli shapefiles ex novo, sui quali sono state archiviate le informazioni necessarie agli scopi.

Seguendo tale procedura si è potuto così progressivamente sviluppare un prodotto cartografico digitale integrato (il quale ha poi in ultima analisi dato origine alla Carta geologico-tecnica), che ha rappresentato la base per lo sviluppo del modello geologico.

Le informazioni fornite dalla Carta geologico-tecnica, integrate dai dati geognostici resi disponibili tramite l'archiviazione delle indagini, hanno reso possibile lo sviluppo di sezioni geologico-tecniche e il riconoscimento di stratigrafie tipo per le diverse aree analizzate; tali stratigrafie tipo hanno di fatto dato origine al modello proposto per le MOPS (Cap.6).

6. INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE DEL MODELLO GEOLOGICO

Le incertezze del modello geologico (e geologico-tecnico) ricostruito, sono fondamentalmente legate al fatto che, in relazione alla grande superficie di territorio analizzata, che va anche oltre le aree significativamente urbanizzabili ed urbanizzate, non si dispone di un numero sufficientemente elevato di sondaggi e indagini proprio in quelle aree più distanti dai centri abitati.

Nell'ambito di un lavoro di microzonazione sismica, un aspetto di fondamentale importanza è quello della determinazione della profondità del contatto fra bedrock e coperture e delle geometrie sepolte che caratterizzano il contatto stesso. Dai dati a disposizione per il presente lavoro, siamo stati in grado di determinare abbastanza bene gli aspetti suddetti (almeno in funzione del livello 1 previsto), ma è necessario comunque un approfondimento nel futuro livello 2 di analisi. Dovranno essere eseguiti nuovi sondaggi, che dovranno essere spinti fino al rinvenimento del substrato in quelle zone significative più carenti di indagini con particolare riferimento al centro storico della città.

Le indagini di sismica a rifrazione, indagini geoelettriche, HVSr, reperite ed effettuate dagli scriventi hanno permesso di stabilire che da un punto di vista strettamente geofisico il substrato sismico ($V_s > 800$ m/s) non è riscontrabile in superficie, all'interno del territorio del Comune di Ancona. Infatti le indagini disponibili (MASW e HVSr) hanno dimostrato che il substrato litologico non corrisponde al substrato geofisico; in altre parole, i litotipi appartenenti alle formazioni "di base", superficialmente, non mostrano una velocità delle onde sismiche di taglio $V_s > 800$ m/s, e che il Bedrock sismico con $V_s > 800$ m/s è posizionato ad una profondità superiore di 30 metri dal piano campagna

Questo aspetto si è rivelato vero in particolare per i litotipi di natura coesiva sovraconsolidati considerati come substrati "non rigidi" (Argille siltire sc., ass. pelitico arenacea e arenaceo-pelitica, Schlier) e per i terreni più francamente lapidei (Ass. Arenacea, Bisciario, Scaglia cinerea, rossa e variegata) intensamente fratturati e alterati del substrato (cfr. rilievi Jv). È evidente che da un punto di vista della risposta sismica locale, situazioni di questo tipo, nelle quali non possono essere esclusi contrasti di impedenza significativi, non possono nemmeno essere considerate come aree "stabili" senza ulteriori indagini atte a verificarlo, ma devono essere inserite fra le zone "stabili suscettibili di amplificazione sismica".

Tali considerazioni, hanno condotto forzatamente a non poter proporre zone "stabili" per le aree esaminate ai fini di microzonazione sismica nel Comune di Ancona a causa della bassa velocità di propagazione delle onde sismiche all'interno dei terreni di natura coesiva sovraconsolidata considerati come substrati "non rigidi" (Argille siltire sc., ass. pelitico arenacea e arenaceo-pelitica, Schlier) e a dover assumere sempre, in corrispondenza dei litotipi più francamente lapidei (Ass. Arenacea, Bisciario, Scaglia cinerea, rossa e variegata) affioranti, la presenza di un certo spessore superficiale ad elevata fratturazione e/o alterazione (5 – 10 m; MOPS cos. 2099), che potrebbe verosimilmente presentare una velocità delle onde di taglio V_s inferiore a quella registrata a profondità maggiori ed essere così causa di eventuali fenomeni di amplificazione sismica del segnale.

7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE DEI RISULTATI

In questo capitolo vengono espone le metodologie utilizzate per l'elaborazione dei risultati e in particolare si descrivono le procedure tecnicamente più articolate e rilevanti; altri aspetti legati alla realizzazione del lavoro vengono riportati, per maggiore chiarezza e continuità logica, direttamente nella descrizione degli elaborati tecnici.

7.1 Sviluppo delle zone stabili suscettibili di amplificazione sismica (Carta delle MOPS)

La Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) si genera come il diretto risultato dell'iterazione fra i dati riportati sulla Carta delle Indagini e la Carta geologico-tecnica. Infatti, una volta realizzate le due suddette cartografie, si dispone già di un'ottima base di partenza per la zonazione del territorio, fornita dalla Carta Geologico Tecnica, la quale andrà arricchita con le informazioni relative ai sondaggi, al fine di identificare e pertanto delimitare le aree per le quali si presume una risposta sismica locale confrontabile.

L'area del comune di Ancona, interessata dagli studi di microzonazione, presenta molteplici e complesse situazioni geologiche. Le maggiori differenze tra i diversi assetti litostratigrafici dipendono essenzialmente dalla variazione degli spessori delle coperture eluvio-colluviali nelle aree ai bordi delle colline e dei depositi alluvionali nelle aree depresse. Il resto del territorio è caratterizzato dalla presenza del substrato affiorante nella sommità delle colline e nelle falesie lungo la costa, caratterizzato sempre come substrato "Non rigido" o come substrato lapideo intensamente fratturato il cui livello di fratturazione e/o alterazione risulta in grado di produrre verosimilmente fenomeni di amplificazione del segnale sismico.

Visti i vari rapporti litostratigrafici lo studio di microzonazione sismica di livello 1 aveva caratterizzato il territorio comunale con la realizzazione di n° 11 colonne stratigrafiche, una per ogni microzona omogenea in prospettiva sismica, tematizzate esclusivamente in base alla litostratigrafia e lo spessore dei litotipi individuati. Nell'aggiornamento apportato alla carta delle MOPS nello studio di secondo livello a seguito delle indagini sismiche integrative eseguite è stato possibile accorpere alcuni areali a comportamento sismico simile arrivando quindi alla definizione di n°7 MOPS di secondo livello.

7.2 Analisi per lo studio delle morfologie superficiali e sepolte

Al fine di eseguire l'analisi delle morfologie superficiali e sepolte e svolgere le relative valutazioni a riguardo, si sono utilizzate semplici metodologie di elaborazione tridimensionale dei dati. Le analisi descritte nel presente paragrafo sono state implementate con il software gis open source GRASS.

In particolare, per avere a disposizione uno strumento utile nelle procedure di realizzazione dei profili topografici e per la valutazione delle pendenze dei versanti, è stato realizzato un DEM (Digital Elevation Model) con maglia a risoluzione 5 m, relativamente alle aree di studio da sottoporre a microzonazione sismica. I dati di partenza che sono stati utilizzati per tali elaborazioni, sono quelli altimetrici derivanti dalla CTR alla scala 1:10.000 della Regione Marche.

Il modello di archiviazione informatica dei dati, prevede la realizzazione di uno shapefile relativo alle isobate del substrato (linee di uguale profondità dell'interfaccia substrato-coperture) che verrà fornito unitamente alla presente.

8. ELABORATI CARTOGRAFICI MICROZONAZIONE SISMICA LIVELLO II°

8.1 Carta delle indagini (Tav.1)

La "Carta delle Indagini", redatta su base cartografica CTR in scala 1:10.000, riporta l'ubicazione e l'indicazione della somma dei dati ritenuti più "significativi" esistenti sul territorio comunale di Ancona. L'insieme dei dati raccolti, ha permesso di disporre di un totale di n° 455 siti puntuali e n° 51 siti lineari dati raccolti relativamente ai "siti puntuali" ha prodotto l'inserimento di n°492 record. I dati raccolti relativamente ai "siti lineari" ha prodotto altrettanti n°51 record. Tali dati sono già stati riassunti nella tabella di cui al cap.4.

- **Al fine di compensare alcune incertezze informative della MZS livello I° , per ottenere gli obiettivi di completezza della MS livello II° si è proceduto con approfondimenti conoscitivi per mezzo di PROSPEZIONI SISMICHE per un totale n° 35 dati raccolti in siti puntuali e lineari che completano la conoscenza del comportamento dei terreni di copertura.**
- **Dette prospezioni in numero di 35 hanno permesso di ottenere una quantificazione numerica degli effetti di amplificazione delle zone esaminate e una appropriata rivisitazione dei limiti della MOPS del livello I° e successivamente definire con gli ABACHI regionali i Fattori di Amplificazione (FA) della coltre di copertura e la Carta di Microzonazione Sismica .**

NOME IND	Coord X	Coord Y	Quota s.l.m	Valore Fc	Ampiezza	MOPS
HV1	374112	4830157	5	2.28	2.43	
HV2	375942.61	4827982	133	3.91	2.29	2006
HV3	381455	4829619	141	5.6	3.4	2006
HV4	377269.94	4824990.1	150	4.1	2.5	2006
HV5	373668.6	4830265.2	16	2.1	1.85	2004
HV6	380610.09	4828983.1	47	2.3	1.7	2006
HV7	378404.42	4826586.3	62	2.13	3.09	2003
HV8	382617.42	4828532	201	6.3	4.2	2006
HV9	374438.09	4829739.5	41	2.75	1.8	2006
HV10	376815.03	4826337.7	177	4.5	2.42	2006
HV11	381259.27	4829607	124	7.1	2.2	2004
HV12	379542	4821975.9	38	3.91	3.7	2003
HV13	379653.51	4824206.2	43	2.15	2.8	2003
HV14	378707.65	4827190	140	0	0	2006
HV15	377470.43	4825814.6	206	5.15	2	2006
HV16	378366.06	4829789.8	3	2.5	2.4	2002
HV17	380290.86	4825528.8	98	16.4	3.38	2006
HV18	378442.72	4829727.1	3	1.75	2.9	2002
HV19	379934.44	4824253.8	41	2.2	3.3	2003
HV20	379259.57	4827211.3	119	14.45	3.5	2006
HV21	378572.01	4830487.6	3	1.85	2.4	2002
HV22	379961	4829230	17	2.9	2.65	2003
HV23	379853	4830881	6	2.37	2.23	2004
HV24	379005.35	4828378.8	21	1.85	2.4	2003
HV25	380262.27	4830322.8	23	2.15	3.1	2004
HV26	382070.42	4828393.7	147	3.35	2.8	2006
HV27	379526.48	4826690.1	156	13.85	3	2006
HV28	380320.9	4830234.1	25	3.05	2	2004
HV29	380105.93	4830575.5	25	2.1	2.63	2004
HV30	379851.12	4828315.9	47	4.3	3.2	2006
HV31	381280.18	4828012.9	97	11.7	2.9	2006
HV32	381183.09	4829988.6	77	3.3	3.4	2006
HV33	379287	4829705	5	4.5	2.76	2004
HV34	372747.12	4823648.1	210	8	2.5	2006
HV35	376143.23	4822594.6	245	0	0	2006

Tutte le indagini geotecniche e geofisiche reperite sono state cartografate nella "Carta delle indagini" e rappresentate, in forma simbolica e per tipologia, secondo la legenda prevista negli standard di rappresentazione e archiviazione informatica fornito dalla Commissione tecnica per il monitoraggio degli studi di MS - Servizio Protezione Civile Nazionale (Versione 4.0b).

Tutti i dati puntuali e lineari sono consultabili in formato PDF nella cartella documenti allegata all'interno del database.

8.2 Carta geologico-tecnica – sezioni geologici-tecniche (Tav.2)

La Carta Geologico-Tecnica è stata redatta sulla base dei seguenti dati cartografici:

- Cartografia tecnica regionale CTR (Carta Tecnica Regionale) alla scala 1:10.000, Sezioni 282130-282140-282150-293010-293020-293030-293040-293050-293050-293060-293070-293080;
- Rilievi geologici e geomorfologici alla scala 1:10.000 eseguiti per la realizzazione del CARG per le aree di interesse;
- Carta Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (Progetto IFFI);
- Cartografia del Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Marche (PAI);
- Dati stratigrafici, geotecnici e geofisici derivanti dai sondaggi eseguiti in corrispondenza delle aree di interesse (reperiti presso l'Ufficio Tecnico Comunale del Comune di Ancona);
- Prove sismiche tipo HVSR effettuate come da convenzione stipulata con il Comune di Ancona nella Determina di incarico della MZS primo livello.

Tutti i dati raccolti sono stati vagliati criticamente e verificati attraverso rilievi geologico-geomorfologici sul terreno ed esame delle foto aeree in visione stereoscopica dell'area in esame, disponibili presso l'Ufficio Cartografico della Regione Marche.

I dati cartografici sono quindi stati comparati con le indagini puntuali reperite (Carta delle Indagini – Tav. 1) al fine di verificare la natura delle litologie affioranti e definirne i reciproci rapporti geometrici. La "Carta Geologico-Tecnica" è stata redatta secondo le indicazioni contenute negli *Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS)* e negli *Standard per la stesura della carta delle indagini e l'informatizzazione (Versione 4,0b)*, nonché le indicazioni ricevute negli incontri con la Commissione Tecnica Regionale a supporto degli studi di MS. Essa descrive le principali caratteristiche geologiche e geomorfologiche del territorio del Comune di Ancona.

La mappatura degli aspetti geologico-tecnici è stata eseguita per l'areale ritenuto significativo, unicamente in corrispondenza dei settori di interesse al fine degli studi di microzonazione sismica. L'area di studio è stata in genere definita assumendo in primo luogo come riferimento le zone interessate dalla presenza di edifici ed estendendo l'ambito di indagine o fino ai versanti della valle, in caso di nuclei abitati vallivi, oppure almeno fino all'apice e al piede del versante, in caso di centri abitati posizionati su un rilievo.



L'area sottoposta alla mappatura degli aspetti geologico-tecnici, presenta la medesima estensione di quella che è stata scelta per la definizione delle MOPS e quindi della microzonazione sismica di livello 1.

La legenda della carta è stata sviluppata seguendo le indicazioni fornite negli standard di rappresentazione e archiviazione informatica vers.4,0b (AA.VV., 2012).

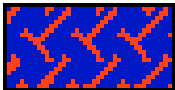

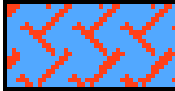
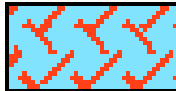
Di seguito vengono descritti nel dettaglio tutti gli elementi che sono stati inseriti nella legenda della Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica, in quanto identificati all'interno dell'area di studio.

Terreni di copertura

	<p>RI – Terreni a granulometria eterogenea, variabile sia verticalmente che lateralmente, contenenti resti di attività antropica. Depositi sciolti o poco addensati</p>
	<p>GCfd – Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla. Ambiente deposizionale costituito da falda detritica/paleofrana. Depositi moderatamente addensati.</p> <p>Tali terreni mostrano il tipico aspetto dei depositi di falda detritica e/o dei depositi caotici di frana. Localmente si rinvencono pacchi di strati più o meno piegati a causa di movimenti gravitativi; la granulometria è prevalentemente grossolona, con la locale presenza di livelli a granulometria fine (limi e argille). Gli spessori possono essere localmente molto variabili e indicativamente compresi fra 3 e 10 m.</p>

	<p>SWsp – Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose. Localmente, nella spiaggia emersa, si può riscontrare una netta prevalenza di ghiaie. Ambiente deposizionale costituito da spiaggia. Depositi sciolti. Spessori localmente molto variabili.</p>
	<p>CLec – Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre. Origine deposizionale eluvio-colluviale. Coesivo da poco a moderatamente consistente. Costituiti generalmente da depositi a granulometria prevalentemente limoso-argillosa. Spessori generalmente variabili dai 3 ai 25 m.</p> <p>MLec – Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità. Origine deposizionale eluvio-colluviale. Coesivo da poco a moderatamente consistente. Costituiti generalmente da depositi a granulometria prevalentemente limoso-argillosa. Spessori generalmente variabili dai 3 ai 25 m.</p> <p>OHtf – Argille organiche di media-alta plasticità e limi organici; locale presenza di livelli e lenti di sabbie e sabbie limoso-ghiaiose potenzialmente liquefacibili. Ambiente costituito da terrazzo alluvionale. Coesivo poco consistente.</p> <p>Costituiti generalmente da depositi a granulometria prevalentemente limoso-argillosa con presenza di livelli torbosi e resti carboniosi vegetali, tali terreni mostrano la tipica variabilità granulometrica dei depositi di origine alluvionale. Gli spessori sono generalmente variabili dai 5 ai 35 m.</p>






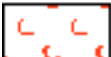


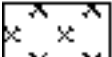
Substrato geologico

	<p>SFALS – Alternanza di litotipi stratificato alterato e/o fratturato. Substrato che presenta generalmente $V_s < 800$ m/s; riferibile dal punto di vista litostratigrafico alle unità litostratigrafiche del Messiniano (Formazione Gessoso-solfifera).</p>
	<p>SFCOS – Coesivo sovraconsolidato stratificato alterato e/o fratturato. Substrato che presenta generalmente $V_s < 800$ m/s; riferibile dal punto di vista litostratigrafico alle seguenti unità: Argille azzurre (sia in facies argillosa che in facies sabbiosa), Formazione a Colombacci, Formazione dello Schlier.</p>
	<p>SFGRS – Granulare cementato stratificato alterato e/o fratturato. Substrato che presenta generalmente $V_s < 800$ m/s; riferibile dal punto di vista litostratigrafico alla Formazione di Fermo.</p>
	<p>SFLPS – Lapideo stratificato alterato e/o fratturato. Substrato che presenta generalmente $V_s > 800$ m/s qualora integro; riferibile dal punto di vista litostratigrafico alla Formazione del Bisciario e al Gruppo della Scaglia. Con questa sigla è stato indicato anche l'Orizzonte del Trave, rinvenibile nei settori nord-orientali dell'area di studio. In genere, nell'area in esame, i primi 15-20 m dal p.c. presentano una $V_s < 800$ m/s a causa del significativo grado di fratturazione (cfr. simbologia seguente).</p>

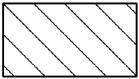
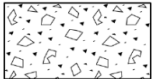

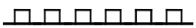



Instabilità di versante

Le instabilità di versante sono state riconosciute e distinte in base a quanto riportato sull'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI).

I depositi di frana presenti nell'area di studio sono sostanzialmente costituiti da accumuli caotici di elementi litoidi in matrice pelitica.




	Crollo o ribaltamento - attiva (2011)
	Scorrimento - attiva (2012)
	Colata - attiva (2013)
	Complessa - attiva (2014)
	Non definita - attiva (2015)
	Scorrimento - quiescente (2022)
	Colata - quiescente (2023)
	Complessa - quiescente (2024)
	Non definita - quiescente (2025)
	Scorrimento - inattiva (2022)
	Complessa - non definita (2044)


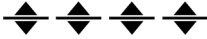


Forme di superficie e sepolte

	<p><i>Area con cavità sepolte</i></p> <p>le cavità sepolte riportate nel presente lavoro sono costituite da gallerie artificiali.</p>
	<p><i>Falda detritica</i></p>
	<p><i>Orlo di scarpata morfologica di h maggiore di 20 m</i></p>
	<p><i>Orlo di scarpata morfologica di h compresa fra 10 e 20 m</i></p>
	<p><i>Cresta</i></p>
	<p><i>Scarpata sepolta</i></p>
	<p><i>Valle sepolta larga con C minore di 0,25</i></p> <p>$C = H/L$ con H profondità della valle e L semilarghezza della stessa.</p>





Elemento tettonico – strutturali

Gli elementi tettonico – strutturali riportati sulla Carta geologico-tecnica sono stati ottenuti dalle informazioni rese disponibili dalla Carta Geologica Regionale della Regione Marche (CARG; rilievi alla scala 1:10.000).

	<p><i>Faglia inversa attiva (tratto certo)</i></p>
	<p><i>Faglia inversa attiva (tratto inferito)</i></p>
	<p><i>Faglia trascorrente/obliqua attiva (tratto certo)</i></p>

	<i>Faglia trascorrente/obliqua attiva (tratto inferito)</i>
	<i>Anticlinale</i>
	<i>Sinclinale</i>
	<i>Traccia della sezione rappresentativa del sottosuolo</i> Traccia lungo la quale è stata realizzata una sezione geologico-tecnica di riferimento.

Elementi geologici e idrogeologici

	<i>Giacitura di strato (normale) e valore di inclinazione degli strati</i>
	<i>Profondità (m) sondaggio o pozzo che non ha raggiunto il substrato</i> In considerazione del fatto che il substrato presente nell'area di studio può essere assunto come non rigido, è stato riportato quest'ultimo come substrato di base, al fine di evidenziare il contatto con le soprastanti coperture quaternarie e non perdere quindi questa informazione.
	<i>Profondità (m) sondaggio o pozzo che ha raggiunto il substrato.</i> In considerazione del fatto che il substrato presente nell'area di studio può essere assunto come non rigido, è stato riportato quest'ultimo come substrato di base, al fine di evidenziare il contatto con le soprastanti coperture quaternarie e non perdere quindi questa informazione.
	<i>Profondità della falda in aree con sabbie e/o ghiaie</i>

Sezioni geologico-tecniche

All'interno dell'area di studio delimitata per la realizzazione della Carta geologico-tecnica, sono stati identificati otto profili topografici significativi in corrispondenza dei quali sono state realizzate altrettante sezioni geologico-tecniche relativamente al livello 1.

Tali profili sono stati selezionati in modo da fornire un quadro il più completo possibile delle situazioni geomorfologiche e stratigrafiche riconoscibili nell'area di studio. La sezione A è stata suddivisa di fatto in quattro sottosezioni (A-AI; AI-AII; AII-AIII; AIII-AIV-AV), in modo da permetterne una adeguata restituzione su carta alla scala scelta per la rappresentazione di tutti gli elaborati (1:2.000).

La legenda riportata nelle sezioni è sostanzialmente la stessa che è stata utilizzata per la Carta geologico-tecnica, sia per quanto riguarda le simbologie che per i colori. Per le aree instabili si sono invece utilizzati i tematismi a tinta unita proposti dalle linee guida per la carta delle MOPS, sicuramente più semplici ed efficaci ai fini di una rappresentazione in sezione.

Sono stati riportati lungo le sezioni, oltre ai punti dei sondaggi che raggiungono il substrato o meno, anche i siti di misura del rumore ambientale (tramite metodologia HVSR), con le relative frequenze fondamentali di sito (f_0) di maggiore interesse ingegneristico (cfr. Carta delle MOPS).

8.3 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica – II° Livello - (Tav.3)

Operazione preliminare per la predisposizione del livello II° è costituita dall'analisi della Carta delle microzonazione omogenee in prospettiva sismica del livello I° al fine di delimitare le aree con maggiore incertezza e programmare eventuali nuove indagini

Le analisi per la MOPS di II° livello prendono in considerazione le nuove caratteristiche morfologiche, litostratigrafiche e geotecniche delle diverse Zone ed integrarle con i dati già raccolti e valutati nel I° livello . La Carta delle MOPS di II° livello rappresenta una naturale evoluzione conoscitiva del territorio, rispetto alla MOPS livello I°, attraverso l'individuazione di microzone a comportamento sismico omogeneo nell'ambito del quadro conoscitivo dei dati reperiti e delle verifiche effettuate.

L' area interessata dalla MOPS del II° livello è stata ridotta perché interessa zone importanti ai fini della Pianificazione Territoriale ed è stata concordata con i predetti responsabili del Comune di Ancona. Detta nuova perimetrazione della MOPS II° ha escluso aree destinate essenzialmente all'attività agricola , inoltre sono state confermate parzialmente le microzone individuate nel LIVELLO 1

Le microzone individuabili sono suddivise in tre categorie:

A) zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di amplificazione del moto sismico $F_a = 1,00$ (substrato geologico affiorante con morfologia pianeggiante o poco inclinata – pendii con inclinazione inferiore a circa 15°).

B) zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale. Tale categoria è quella maggiormente rappresenta all'interno dell'area esaminata dal I° livello (n°11 microzone) basata sullo spessore del manto di copertura del Bedrok rilevato nella stratigrafia dei sondaggi e prove in sito (SPT , CPT) acquisite dall'archivio comunale.

Alcune microzone suscettibili di amplificazione sono state accorpate nel II° livello (n°7 microzone) perché anche se presentano diverso spessore nel manto di copertura del Bedrok essendo costituite dalla stessa litologia provocano un identico FATTORE di AMPLIFICAZIONE come riportato nell'elaborazione degli Abachi Regionali (cap. n° 8.4)

C) zone suscettibili di instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio (non sono esclusi per queste zone anche fenomeni di amplificazione del moto).

In particolare dal punto di vista operativo la stesura della carta delle MOPS del II° livello è stata effettuata secondo le seguenti fasi:

- delimitazione delle aree oggetto di studio (approfondimento in area ridotta);
- scelta dei dati di base;
- definizione legenda e campo carta;
- individuazione delle sezioni topografiche significative per gli effetti di sito dovuti alla topografia.

Nella MZS I° livello per la particolarità del Comune di Ancona di essere urbanizzato su gran parte della superficie territorio, ha fatto sì che l'area da microzonare sia stata estesa fino a coincidere con quasi tutto il confine comunale. Frazioni e centri abitati sono infatti omogeneamente distribuiti sul territorio Anconetano

Nella MS livello II° è stata concordata con l'Amministrazione Comunale di Ancona la perimetrazione dei centri abitativi maggiormente significativi e le limitrofe aree di eventuale futura espansione su cui condurre lo studio

I dati di partenza utilizzati, oltre alla cartografia disponibile, sono stati:

- a. carta geologico-tecnica (Tav.2) alla scala 1:10.000;
- b. logs litostratigrafici dedotti da dati di sondaggi e prove in sito reperiti;
- c. sezioni geolitoologiche costruite con dati dedotti da a. e b.;
- d. carta delle indagini (Tav.1)

La carta delle MOPS è stata realizzata per ottenere un adeguato dettaglio, utile per il raggiungimento dei seguenti obiettivi:

- caratterizzazione del substrato geologico;
- caratterizzazione dei terreni di copertura;
- ricostruzione delle aree potenzialmente interessate da deformazioni permanenti in caso di evento sismico;
- definizione di forme geomorfologiche di superficie e sepolte, importanti per problematiche sismiche.

Questi obiettivi sono stati raggiunti attraverso l'individuazione nel campo carta di due tipologie di zone

a) zone stabili, non sono state individuate all'interno del territorio esaminato in quanto, limitatamente ai dati in nostro possesso, non sono state rilevate formazioni rocciose tali da presentare valori caratteristici di velocità di propagazione delle onde di taglio V_s , superiori o prossime ai 800 m/sec o aree dove potessero essere esclusi con certezza fenomeni di risonanza. In alcune aree investigate invece, laddove il fattore stratigrafico non mostrava la possibilità di verificarsi di effetti locali, il sospetto che l'orografia superficiale incidesse negativamente sulla risposta sismica ha fatto sì che anche queste aree non venissero catalogate come aree completamente stabili.

b) zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafica e morfologica locale.

La quasi totalità del territorio del Comune di Ancona è caratterizzato dalla presenza di terreni di copertura di varia consistenza, natura e spessore, e da substrato affiorante di natura prevalentemente argilloso-marnosa e marnoso-argillosa. Tali terreni costituiscono l'elemento predominante, comprese le coltri di alterazione del substrato, molto fratturato o caratterizzato comunque da velocità di propagazione delle onde di taglio $V_s < 800$ m/s.

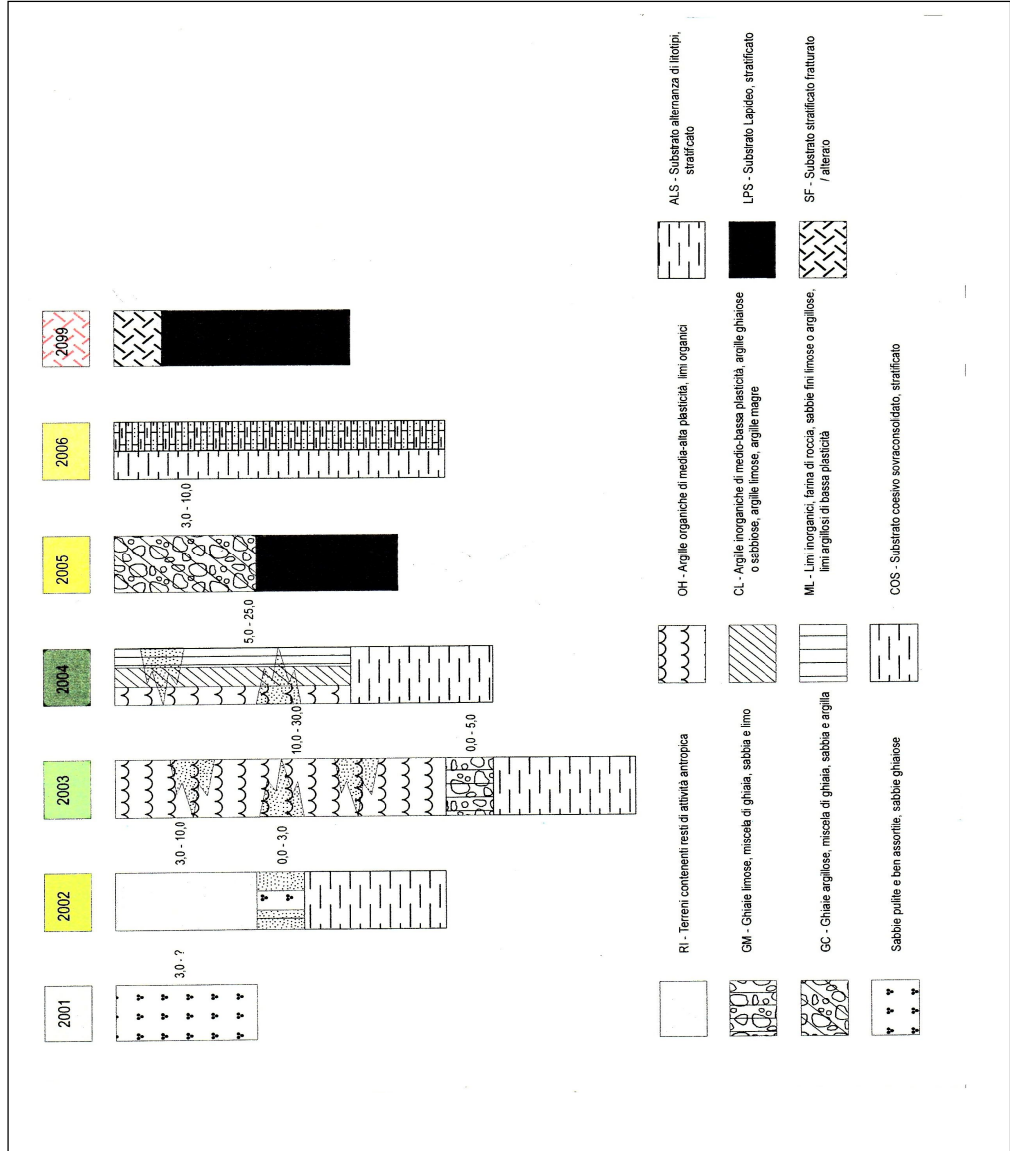
Vista l'estrema variabilità verticale e laterale dei terreni presenti, con fitte alternanze litologiche, gli stessi sono stati accorpati in unità significative. In particolare le categorie alle quali sono stati assimilati i terreni presenti sul territorio (seguendo gli indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS) approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome par.2.3.3 p.to b) sono le seguenti:

Le diverse sette zone stabili suscettibili di amplificazione sono di seguito riportate nelle allegate tabelle

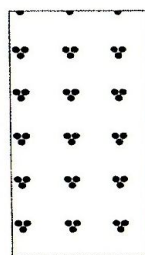
Da tali categorie nella MS di II° livello sono state definite n° 7 successioni stratigrafiche rappresentative riportate in legenda, in base alle quali sono state definite le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, riportate nel campo carta, ognuna delle quali ha una corrispondenza univoca. Accanto ad ogni litologia è riportato orientativamente lo spessore massimo e minimo più rappresentativo del litotipo. La dove non è stato possibile definire lo spessore della coltre di copertura lo stesso è stato indicato con un punto interrogativo.

Le sette microzone sono caratterizzate da colori con gradazione dal verde al giallo contrassegnate dai seguenti codici: 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2099.

Inoltre per la compilazione delle colonnine stratigrafiche che hanno portato alla successiva individuazione delle MOPS, i dati provenienti dalle indagini di campagna reperite sono stati messi in relazione con la genesi (ossia il processo che li ha prodotti) per ottenere un quadro comparativo il più possibile rappresentativo di estese porzioni di territorio.



2001

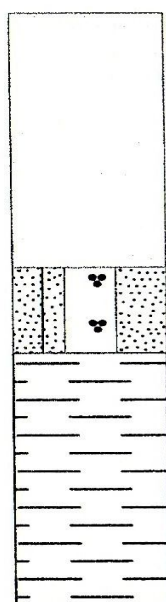


3,0 - ?

MOPS 2001

E' caratterizzata dalla presenza prevalente di sabbie pulite ben assortite e sabbie limose con ghiaie, sciolte, sature, liquefacibili e potenzialmente liquefabili in occasione di forti stress sismici.
Rappresentano i depositi di spiaggia.

2002



3,0 - 10,0

0,0 - 3,0

MOPS 2002

E' caratterizzata dalla presenza in superficie di terreni di riporto di varia natura sovrastanti un livello di sabbie pulite ben assortite e sabbie limose con ghiaie, sciolte, generalmente sature, liquefacibili e potenzialmente liquefabili in occasione di forti stress sismici di spessore variabile da pochi centimetri a 3,00 m.
Tali terreni risultano giacenti su un substrato di natura prevalentemente argilloso-marnosa, coesiva sovra consolidata stratificata, non rigida anche alterato e fratturato ($V_s < 800$ m/sec).
Comprende principalmente la Zona del porto realizzato su riporto, sovrastante i vecchi depositi di spiaggia (ex area Zipa).

Frequenza di risonanza f_o rilevata in HVSR per Amplificazione Abachi

Classe 1.5 per $1 < f_o < 2$

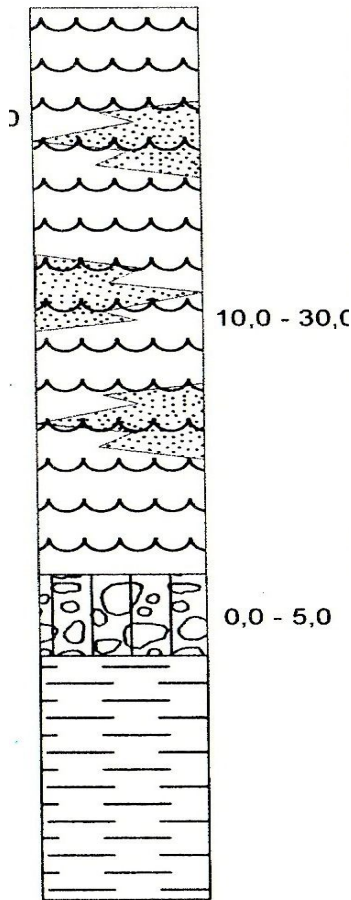
Prove:

HV 16 valore max frequenza $f_o = 2,50$ Hz

HV 18 valore max frequenza $f_o = 1,75$ Hz

HV 21 valore max frequenza $f_o = 1,85$ Hz

2003



MOPS 2003

E' caratterizzata dalla presenza di argille organiche, argille limose e torbose con resti carboniosi e vegetali di natura prevalentemente alluvionale alternati a livelli e lenti di sabbie e sabbie limoso-ghiaiose potenzialmente liquefacibili. Il sedimento si presenta con uno spessore compreso tra 20,00 e 30,00 m, sovrastanti un livello di ghiaie in matrice sabbioso-limosa di natura francamente alluvionale di spessore compreso tra pochi cm e 5,00 m., a luoghi assente.

Tali terreni risultano giacenti su un substrato di natura prevalentemente argilloso-marnosa, coesiva sovra consolidata stratificata, non rigida anche alterato e fratturato ($V_s < 800$ m/sec).

Rappresentano principalmente le aree alluvionali di fondovalle.

Frequenza di risonanza f_0 rilevata in HVSR per Amplificazione Abachi

Classe 2.5 per $2 < f_0 < 3$

Prove:

HV 7 valore max frequenza $f_0 = 2,13$ Hz

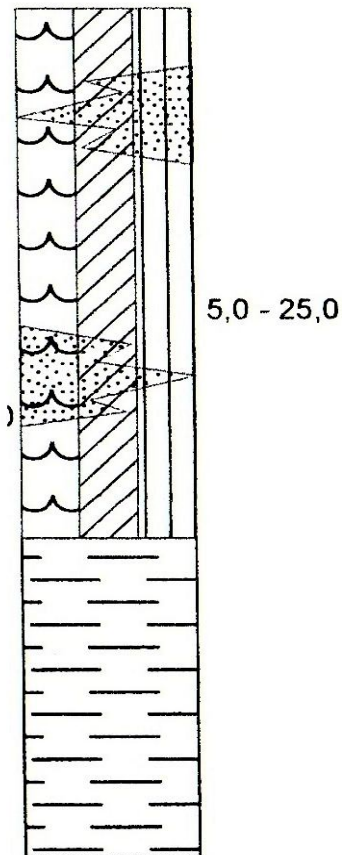
HV 12 valore max frequenza $f_0 = 3,91$ Hz

HV 13 valore max frequenza $f_0 = 2,15$ Hz

HV 18 valore max frequenza $f_0 = 2,20$ Hz

HV 22 valore max frequenza $f_0 = 2,90$ Hz

2004



MOPS 2004

E' caratterizzata dalla presenza di argille organiche, argille limose e torbose con resti carboniosi e vegetali di natura prevalentemente alluvionale alternati a livelli e lenti di sabbie e sabbie limoso-ghiaiose potenzialmente liquefacibili . Il sedimento presenta uno spessore compreso tra 5,00 e 25,00 m, sovrastanti un livello di ghiaie in matrice sabbioso-limosa di natura francamente alluvionale di spessore compreso tra pochi cm e 5,00 m.

Tali terreni risultano giacenti su un substrato di natura prevalentemente argilloso-marnosa, coesiva sovra consolidata stratificata, non rigida anche alterato e fratturato ($V_s < 800$ m/sec).

Rappresentano principalmente le aree alluvionali di fondovalle, più prossime alle zone terminali di chiusura.

Frequenza di risonanza f_0 rilevata in HVSR per Amplificazione Abachi

Classe 2.5 per $2 < f_0 < 3$

Prove:

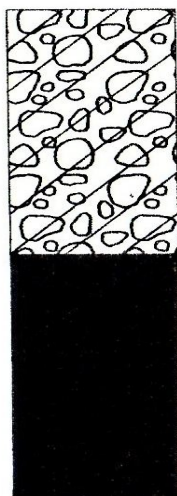
HV 23 valore max frequenza $f_0 = 2,37$ Hz

HV 25 valore max frequenza $f_0 = 2,15$ Hz

HV 28 valore max frequenza $f_0 = 3,05$ Hz

HV 29 valore max frequenza $f_0 = 2,10$ Hz

2005

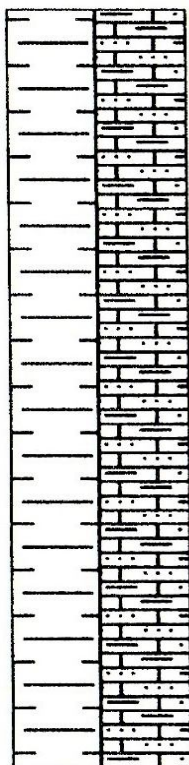


3,0 - 10,0

MOPS 2005

E' caratterizzata dalla presenza di ghiaie in matrice sabbioso-limoso-argillosa di versante, di natura marnosa e calcareo-marnosa generalmente ben addensate, di spessore compreso tra 3,00-10,00 m. Tali terreni risultano giacenti su un substrato di natura prevalentemente lapideo, di natura calcarea, stratificato, molto fratturato, non rigido, rigida per la porzione alterata e fratturata ($V_s < 800$ m/sec). Rappresentano principalmente le aree di versante lungo la porzione sud est del territorio esaminato, in prossimità della zona di Portonovo

2006



MOPS 2006

E' caratterizzata dalla presenza del substrato affiorante, di natura prevalentemente arenaceo-pelitica, coesivo sovraconsolidato stratificato non rigido, anche alterato e fratturato ($V_s < 800$ m/sec). Rappresentano principalmente le aree di culmine (creste e crinali) dei rilievi collinari

Frequenza di risonanza f_0 rilevata in HVSR per Amplificazione Abachi

Classe 4.5 per $4 < f_0 < 5$

Prove:

HV 2 valore max frequenza $f_0 = 3,91$ Hz

HV 10 valore max frequenza $f_0 = 4,50$ Hz

HV 15 valore max frequenza $f_0 = 5,15$ Hz

HV 26 valore max frequenza $f_0 = 3,35$ Hz

HV 3 valore max frequenza $f_0 = 5,60$ Hz

HV 30 valore max frequenza $f_0 = 4,30$ Hz

HV 32 valore max frequenza $f_0 = 3,30$ Hz

Classe = > 8

HV 17 valore max frequenza $f_0 = 16,40$ Hz

HV 20 valore max frequenza $f_0 = 14,45$ Hz

HV 27 valore max frequenza $f_0 = 13,85$ Hz

HV 31 valore max frequenza $f_0 = 11,70$ Hz

2099



MOPS 2099

E' caratterizzata dalla presenza del substrato affiorante, di natura prevalentemente lapidea, di calcare, calcare marnoso, molto fratturato, non rigido per la porzione alterata e fratturata ($V_s < 800$ m/ sec), rigido per la porzione integra ($V_s < 800$ m/sec). Rappresentano principalmente le aree postelungo la porzione sud est del territorio esaminato in prossimità della zona di Portonovo.

8.4 Carta della distribuzione delle frequenze naturali

La carta rappresenta l'ubicazione delle misure di microrumore ambientale a stazione singola HVSR complessivamente utilizzate, con elencate le frequenze fondamentali f_0 e l'ampiezza del picco di risonanza derivante dall'interpretazione dei dati acquisiti.

In funzione del rapporto H/V è possibile fornire indicazioni generali sull'entità del contrasto d'impedenza responsabile dei fenomeni di risonanza e informazioni sullo spessore delle coperture.

f_0 (Hz)	h (m)
<1	>100
1-2	50-100
2-3	30-50
3-5	20-30
5-8	10-20
8-20	5-10
>20	<5

Tabella – Abaco per la stima dello spessore delle coperture (h) dai valori delle frequenze di risonanza f_0 determinate dalle misure H/V (da D.Albarello, S. Castellaro, 2011-Ingegneria Sismica)

Per valutare l'importanza del contrasto si fa riferimento alla tabella 4 e generalmente ci si aspettano variazioni significative del contrasto d'impedenza sismica alla base delle coperture per ampiezze del rapporto H/V >3, viceversa per ampiezze H/V <3 questi contrasti sono ridotti (da *"Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola"* D.Albarello, S. Castellaro, 2011-Ingegneria Sismica).

Il range significativo cui fare riferimento per la valutazione della suscettibilità all'azione sismica di un sito è di circa 1÷10 Hz: picchi con frequenza inferiori a 1-2 Hz sono rappresentativi mediamente di contrasti d'impedenza sismica collocati a profondità superiori a 100 metri, mentre per frequenze superiori a 10 Hz si tratta di limiti stratigrafici generalmente esistenti tra coperture e substrato posto a profondità dell'ordine di qualche metro (inferiore a 5 metri).

L'esame della carta delle frequenze consente di fare le seguenti considerazioni:

- 1) nel territorio pianeggiante caratterizzato da depositi alluvionali, si riscontra un range di frequenza dei picchi compresi tra 2 e 5 Hz e ampiezze generalmente tra 3 e 5, attribuibili a contrasti d'impedenza sismica che avvengono tra 10 e 30 metri di profondità, dove maggiore è lo spessore delle coperture.
- 2) Localmente si rilevano contrasti d'impedenza compresi tra 5 e 10 Hz e ampiezze tra 2 e 5, interpretabili come contrasti d'impedenza tra 5 e 20 m di profondità, riferibili a passaggi tra alluvioni fini e grossolane.
- 3) Nell'ambiente collinare, in corrispondenza dei depositi eluvio-colluviali e del substrato geologico, si riscontrano frequenze comprese tra 2 e 4 Hz e ampiezza tra 2 e 3,5, riconducibili a probabili contrasti intraformazionali dovuti a differenti proprietà fisico-meccaniche.

NOME_I	Coord	Coord_Y	Quota_s	Valore	Ampiez	F0_A0
HV1	374112.0	4830157.0	5.0	2.28	2.43	2 - 3 Hz 2-3
HV10	376815.0	4826337.7	177.0	4.50	2.42	4 - 5 Hz 2-3
HV11	381259.3	4829607.0	124.0	7.10	2.20	6 - 8 Hz 2-3
HV12	379542.0	4821975.9	38.0	3.91	3.70	3 - 4 Hz 3-4
HV13	379653.5	4824206.2	43.0	2.15	2.80	2 - 3 Hz 2-3
HV14	378707.7	4827190.0	140.0	0.00	0.00	0
HV15	377470.4	4825814.6	206.0	5.15	2.00	5 - 6 Hz 2-3
HV16	378366.1	4829789.8	3.0	2.50	2.40	2 - 3 Hz 2-3
HV17	380290.9	4825528.8	98.0	16.40	3.38	10 - 20 Hz 3-4
HV18	378442.7	4829727.1	3.0	1.75	2.90	1.5 - 2.0 Hz 2-3
HV19	379934.4	4824253.8	41.0	2.20	3.30	2 - 3 Hz 3-4
HV2	375942.6	4827982.0	133.0	3.91	2.29	3 - 4 Hz 2-3
HV20	379259.6	4827211.3	119.0	14.45	3.50	10 - 20 Hz 3-4
HV21	378572.0	4830487.6	3.0	1.85	2.40	1.5 - 2.0 Hz 2-3
HV22	379961.0	4829230.0	17.0	2.90	2.65	2 - 3 Hz 2-3
HV23	379853.0	4830881.0	6.0	2.37	2.23	2 - 3 Hz 2-3
HV24	379005.4	4828378.8	21.0	1.85	2.40	1.5 - 2.0 Hz 2-3
HV25	380262.3	4830322.8	23.0	2.15	3.10	2 - 3 Hz 3-4
HV26	382070.4	4828393.7	147.0	3.35	2.80	3 - 4 Hz 2-3
HV27	379526.5	4826690.1	156.0	13.85	3.00	10 - 20 Hz 2-3
HV28	380320.9	4830234.1	25.0	3.05	2.00	3 - 4 Hz 2-3
HV29	380105.9	4830575.5	25.0	2.10	2.63	2 - 3 Hz 2-3
HV3	381455.0	4829619.0	141.0	5.60	3.40	5 - 6 Hz 3-4
HV30	379851.1	4828315.9	47.0	4.30	3.20	4 - 5 Hz 3-4
HV31	381280.2	4828012.9	97.0	11.70	2.90	10 - 20 Hz 2-3
HV32	381183.1	4829988.6	77.0	3.30	3.40	3 - 4 Hz 3-4
HV33	379287.0	4829705.0	5.0	4.50	2.76	4 - 5 Hz 2-3
HV34	372747.1	4823648.1	210.0	8.00	2.50	6 - 8 Hz 2-3
HV35	376143.2	4822594.6	245.0	0.00	0.00	0
HV4	377269.9	4824990.1	150.0	4.10	2.50	4 - 5 Hz 2-3
HV5	373668.6	4830265.2	16.0	2.10	1.85	2 - 3 Hz <2
HV6	380610.1	4828983.1	47.0	2.30	1.70	2 - 3 Hz <2
HV7	378404.4	4826586.3	62.0	2.13	3.09	2 - 3 Hz 3-4
HV8	382617.4	4828532.0	201.0	6.30	4.20	6 - 8 Hz 4-5
HV9	374438.1	4829739.5	41.0	2.75	1.80	2 - 3 Hz <2
042002P405	379276.0	4825880.0	51.0	0.00	2.72	0
042002P415	379824.0	4821557.0	30.0	0.00	2.72	0
042002P39E	379801.0	4828967.0	10.0	0.00	2.45	0
042002P39S	380102.0	4829344.0	33.0	0.00	3.33	0
042002P272	381380.0	4823969.0	89.0	0.00	5.21	0
042002P415	375294.0	4829619.0	6.0	0.00	0.00	0
042002P28E	372256.0	4828757.0	154.0	0.00	2.72	0
042002P30E	372880.0	4823793.0	201.0	0.00	2.34	0
042002P307	379888.0	4828685.0	35.0	0.00	2.29	0
042002P33E	377737.0	4824720.0	144.0	0.00	0.00	0
042002P37E	380874.0	4830110.0	48.0	0.00	4.14	0
042002P402	380376.0	4830356.0	29.0	0.00	3.13	0
042002P403	380356.0	4830454.0	30.0	0.00	3.96	0
042002P404	380167.0	4830304.0	29.0	0.00	2.93	0
042002P40E	375133.0	4828668.0	37.0	0.00	3.92	0
042002P414	380107.0	4828928.0	30.0	0.00	3.90	0
042002P41E	378723.0	4821498.0	57.0	0.00	2.07	0
042002P29E	380867.0	4824330.0	73.0	0.00	2.79	0
042002P29E	374989.0	4825664.0	201.0	0.00	1.90	0
042002P29E	372078.0	4825611.0	240.0	0.00	2.00	0
042002P29S	376828.0	4827418.0	211.0	0.00	1.90	0
042002P30C	375797.0	4826566.0	183.0	0.00	1.62	0
042002P301	373006.0	4824183.0	193.0	0.00	1.80	0
042002P31C	378431.0	4824509.0	167.0	0.00	2.40	0
042002P312	376521.0	4825326.0	151.0	0.00	0.00	0
042002P332	378959.0	4824529.0	97.0	0.00	2.90	0
042002P337	376817.0	4826341.0	178.0	0.00	2.42	0
042002P33S	378080.0	4825073.0	160.0	0.00	2.20	0
042002P394	375683.0	4823513.0	271.0	0.00	2.88	0
042002P39S	377253.0	4826001.0	204.0	0.00	2.53	0
042002P39E	378550.0	4827404.0	106.0	0.00	2.69	0
042002P40C	379883.0	4828901.0	51.0	0.00	2.97	0
042002P401	380379.0	4829891.0	81.0	0.00	3.20	0
042002P40S	380062.0	4830927.0	66.0	0.00	2.48	0
042002P41C	385686.0	4821415.0	230.0	0.00	2.56	0
042002P417	374913.0	4824844.0	220.0	0.00	2.94	0
042002P42C	380322.0	4825425.0	85.0	0.00	2.09	0
042002P29C	381555.0	4824678.0	110.0	0.00	2.61	0
042002P413	382462.0	4828797.0	173.0	0.00	4.86	0
042002P40E	379559.0	4830073.0	63.0	0.00	0.00	0
042002P411	385924.0	4821495.0	240.0	0.00	3.01	0
042002P397	379601.0	4828468.0	15.0	0.00	3.15	0
042002P287	376831.0	4827276.0	204.0	0.00	3.10	0
042002P28E	377585.0	4828040.0	140.0	0.00	2.20	0
042002P334	379030.0	4824616.0	90.0	0.00	2.84	0
042002P407	381446.0	4830041.0	52.0	0.00	0.00	0
042002P382	377795.0	4828794.0	80.0	1.38	3.00	0.9 - 1.5 Hz 2-3
042002P383	377122.0	4828762.0	90.0	1.40	3.00	0.9 - 1.5 Hz 2-3
042002P384	377301.0	4828765.0	90.0	3.34	2.50	3 - 4 Hz 2-3
042002P41E	373549.0	4826356.0	75.0	0.00	2.22	0
042002P297	386680.0	4824418.0	1.0	0.00	3.81	0
042002P412	386350.0	4824260.0	7.0	0.00	3.00	0

8.5 ABACHI REGIONALI - Zone stabili suscettibili di amplificazione locale

Le amplificazioni sono quantificate per mezzo di Abachi che definiscono i fattori di amplificazione F_a degli Spettri elastici in superficie associati alle singole situazioni litostratigrafiche. Gli Abachi sono stati predisposti dalla Regione Marche sulla base di criteri generali comuni tenendo conto delle peculiarità sismotettoniche e geologiche dei rispettivi territori.

8.5.1 Criteri generali per la composizione e l'uso degli Abachi della Regione Marche nella redazione delle carte di Microzonazione Sismica di Livello II° considerano :

L'area Marchigiana è suddivisa in tre grandi Domini, Calcarea , Terrigeno e Alluvionale

L'area in esame del Comune di Ancona rientra nel Dominio Alluvionale " A " a cui sono stati assegnati tre Abachi con profondità del basamento sismico maggiore di 30 metri (corpo geologico con velocità delle onde S uguale o superiore a 800 m/s). I tre Abachi per l'area in esame sono riferiti a tre intervalli di periodo di vibrazione ($0.1 < T < 0.5$ s ; $0.4 < T < 0.8$ s ; $0.7 < T < 1.1$ s)

Ciascun Abaco riporta valori del Fattore di Amplificazione in funzione di due grandezze V_{S30} e f_0 (frequenza risonanza copertura) i cui valori sono stati ricavati per via sperimentale (prospezioni sismiche

effettuate in sito HVSR e MASW) I due parametri chiave di V_{S30} e f_0 sono indicati in Forma di classi di valore secondo quanto riportato nella Tabella 1 .

Classi	
frequenza (Hz)	$f_0 < 1$
	1.5 $1 \leq f_0 < 2$
	2.5 $2 \leq f_0 < 3$
	3.5 $3 \leq f_0 < 4$
	4.5 $4 \leq f_0 < 5$
	5.5 $5 \leq f_0 < 6$
	6.5 $6 \leq f_0 < 7$
	7.5 $7 \leq f_0 < 8$
	≥ 8
velocità (m/s)	$V_s < 200$
	300 $200 \leq V_s < 400$
	500 $400 \leq V_s < 600$
	700 $600 \leq V_s < 800$
	$V_s \geq 800$

Tabella 1 - Classi relative ai valori dei due parametri rappresentativi della situazione sismo-stratigrafica locale : frequenza di risonanza f_0 (Hz) e I velocità media V_{S30} (m/s) delle onde S vicino alla superficie.



ZONA ALLUVIONALE Profondità basamento sismico > 30 m

FA 0.1 < T < 0.5 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
Vs30 (m/s)	<200	1.0	1.3	1.5							1.3
	300	1.3	1.4	1.5	1.8	1.9	2.0	2.0	1.9	1.7	1.5
	500	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.8	1.5	1.5	1.5	1.5
	700	0.9	1.1	1.3		1.4			1.2	1.1	1.1
	≥800										

FA 0.4 < T < 0.8 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
Vs30 (m/s)	<200	1.8	2.1	2.1							2.0
	300	1.6	2.0	1.9	1.8	1.7	1.9	1.9	1.7	1.7	1.9
	500	1.3	1.5	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.5
	700	1.1	1.3	1.5		1.3			1.3	1.3	1.3
	≥800										

FA 0.7 < T < 1.1 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
Vs30 (m/s)	<200	2.5	2.7								2.6
	300	2.0	2.2	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.7	1.6	1.9
	500	1.5	1.5	1.3	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.5
	700	1.3	1.4						1.3	1.4	1.4
	≥800										

Laddove il substrato sismico è affiorante, i fattori di amplificazione F_a sono posti pari a 1 per tutti e tre gli intervalli di periodo. Si ricorda inoltre che essendo stata misurato attraverso prospezioni sismiche (HVSr , Masw) la frequenza di risonanza max f_0 (Hz) della copertura del Bedrok è possibile calcolare la velocità V_{s30} (m/s) infatti :

$$V_{s30} = 4 \times h \times f_0$$

Con detti due parametri è possibile entrare nella Tabella 1 per ottenere il fattore di amplificazione F_a

8.5.2 La procedura prevista per l'applicazione degli Abachi è la seguente:

1. si individua l'abaco relativo alla località di interesse (a partire dal dominio geologico di appartenenza). Nell'Allegato 1 viene fornita una attribuzione di massima dei comuni al dominio geologico di riferimento; nel caso di territori comunali per i quali si può pensare all'attribuzione di più abachi (a causa della forte eterogeneità delle condizioni geologiche all'interno dello stesso territorio comunale) si può pensare di usare entrambi gli abachi e di scegliere come valore finale per la specifica situazione incontrata quello che fornisce il valore di FA più conservativo.

2. Nelle varie parti della microzona omogenea in prospettiva sismica (MOPS) definita dall'analisi di livello I si definisce la profondità attesa del substrato (sezione geologica fornita nella MZS di livello I) ed in particolare si stabilisce se questo si trova sopra o sotto i 30 m di profondità; per spessori delle coperture inferiori a 3 m il basamento sismico è considerato affiorante.

3. Si eseguono misure di tipo sismico per la definizione del valore di Vs30 (per esempio con tecniche attive di tipo MASW o tecniche passive tipo ESAC) e di f_0 (Hz) (per esempio con misure del tipo (HVSr)).

4. A questo punto si consulta l'Abaco per ricavare i valori di Fa da utilizzare per i tre intervalli di periodo. Laddove affiori il substrato sismico (zone stabili non soggette ad amplificazione) il valore di FA è posto uguale a 1.

Va sottolineato che le misure di f_0 (Hz) e Vs30 andranno sempre eseguite: l'ultima colonna dell'Abaco in Allegato 1 sarà utilizzabile solo nel caso in cui non sia possibile dedurre dalla misura sperimentale il valore di f_0 (per esempio quando la curva HVSr è piatta).

Per la stima di f_0 mediante curve dei rapporti spettrali delle vibrazioni ambientali (curve HVSr) vale:
a) Si considerano solo i valori di f_0 corrispondenti a massimi relativi all'intervallo 0.5-20 Hz: se all'interno di questo intervallo non sono presenti altri massimi, la curva HVSr può essere considerata piatta.

b) Se esiste un solo massimo all'interno dell'intervallo 0.5-20 Hz, il valore di f_0 (Hz) è quello.

c) Se esiste più di un massimo significativo all'interno dell'intervallo 0.5-20Hz si possono utilizzare i diversi valori di frequenza corrispondenti a questi massimi e valutare i corrispondenti valori di Fa : si sceglierà come valore rappresentativo di Fa quello maggiore fra quelli determinati in questo modo. Nelle situazioni morfologicamente complesse (siano esse suscettibili di amplificazione stratigrafica o no) è possibile effettuare una prima stima del fattore di amplificazione legato ad effetti legati alla topografia. Una procedura semplificata è riportata nell'Allegato 3. I valori di Fa stimati mediante questa procedura servono solo per segnalare la possibile presenza di effetti morfologici e la conseguente possibile inapplicabilità degli abachi (per esempio quando il valore di Fa per effetto morfologico supera quello previsto dall'abaco). Questo tipo di situazione va segnalato nella relazione con l'indicazione della necessità di ulteriori livelli di approfondimento da rimandare a studi successivi

8.6 ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA'

8.6.1 Zone suscettibili di instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio (non sono naturalmente esclusi per queste zone anche fenomeni di amplificazione del moto).

Le zone suscettibili di instabilità individuate all'interno del territorio del Comune di Ancona si possono essenzialmente identificare con le seguenti categorie di effetti deformativi:

- **instabilità di versante**

Numerosissimi movimenti franosi di varia natura che interessano nella maggior parte dei casi la coltre eluviale e/o colluviale sono localizzati in modo abbastanza uniforme all'interno del territorio esaminato lungo i versanti dei rilievi collinari.

Frane di crollo interessano tutta l'area della falesia tra Ancona e Portonovo ed interessano prevalentemente terreni di natura calcarea e calcareo-marnosa.

Totalmente all'interno del territorio esaminato sono state rilevate 436.

Zone soggette al fenomeno della liquefazione (LI).

Sono state considerate in tale categoria le aree con terreni di natura prevalentemente sabbiosa, sabbioso-limoso o sabbioso-ghiaioso, in zone con superficie della falda freatica posta ad una profondità non superiore a 15 m. dal p.c.

Tali aree si riscontrano all'interno di una fascia che si estende in prossimità e parallelamente alla linea di costa di larghezza variabile da circa 115 a 30 m., dove la falda è superficiale e dove maggiore è la presenza di sabbie in superficie rendendo tali terreni più compatibili con il fenomeno della liquefazione.

In particolare l'area soggetta a liquefazione corrisponde con la linea di costa che va dall'abitato di Palombina, al confine ovest del Comune di Ancona, fino all'inizio della zona portuale di Ancona.

In particolare le aree ritenute a rischio appartengono alla successione stratigrafica significativa riportata con i codici numerici 2001.

Sulla carta delle MOPS le zone suscettibili di instabilità sono state riportate con la seguente legenda:



- **cedimenti differenziali (CD).**

Non sono state cartografate aree di contatto stratigrafico di litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse in quanto in genere trattasi di contatti molto circoscritti in fasce di terreno di limitatissima estensione (pochi metri) non cartografabili alla scala utilizzata per la stesura del presente studio.

d. forme di superficie.

All'interno dell'area esaminata sono state riconosciute le seguenti forme di superficie:

n.30 orli di scarpata morfologica, di altezza compresa tra 10 e 20 m., e n.30 di altezza maggiore di 20 m.

Le scarpate morfologiche più estese e di maggiore altezza sono state individuate lungo la porzione est del territorio, parallelamente alla costa e costituiscono il bordo superiore della falesia che dal limite est del porto di Ancona si sviluppano in modo ininterrotto verso Portonovo fino al confine est del territorio comunale. Tali scarpate possono essere considerate di origine marina in quanto generate dall'azione erosiva delle onde al piede.

Le altre scarpate per lo più di altezza compresa tra 10 e 20 m. risultano localizzate parallelamente rispetto alle linee di cresta poste al passaggio tra litologie differenti soprattutto al passaggio tra litotipi di natura arenacea con quelli di natura più francamente pelitica, mentre altre rappresentano le creste di antiche frane.

Sono state inoltre rilevate varie creste all'interno delle quali risultano affioranti i litotipi del substrato, più raramente depositi di tipo eluvio-colluviale.

e. forme/elementi sepolti:

Dai dati esaminati, all'interno delle aree microzionate sono state rilevate le seguenti forme o elementi sepolti tali da poter dare effetti di amplificazione sismica superficiale.:

--- N.2 Scarpare localizzate, una nel centro di Ancona parallelamente al viale della Vittoria lungo il lato nord, mentre una seconda localizzata ad est dell'Aspio.

--- N.6 Valli sepolti localizzate: al centro di Ancona in V.le della Vittoria, disposta in direzione est-ovest, ad est di V.le Martiri della resistenza disposta in direzione nord-est sud-ovest, le altre tra la piana della Baraccola e la valle del torrente Aspio.

--- Sono state inoltre segnalate in cartografica come elementi sepolti le varie gallerie artificiali sia stradali che ferroviarie le quali potrebbero essere soggette a fenomeni di crollo in fase di sisma.

Forme di superficie e sepelte

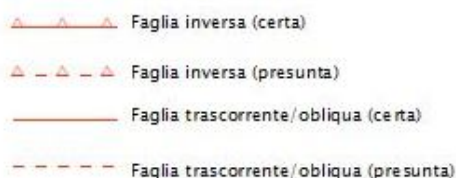


f. faglie attive:

Dai dati esaminati, in particolare dalla cartografia geologica, all'interno delle aree microzionate sono state riconosciute e segnate numerose faglie attive le quali presentano direzione appenninica (NW-SE), concentrate soprattutto nella porzione est del territorio esaminato, in prossimità dell'area di Portonovo dove affiorano formazioni di natura prevalentemente calcarea e calcareo-marnosa.

In particolare sono state cartografate n.9 faglie di tipo inverso e n.5 di tipo trascorrente.

Faglie attive



g. sezioni topografiche

Come prescritto negli indirizzi e criteri per la microzonazione sismica redatti dalla Protezione Civile, nella carta delle MOPS (Microzona Omogenee in Prospettiva Sismica) vengono evidenziate, mediante tratti di sezione, delle aree dove potrebbero verificarsi effetti di amplificazione sismica legati all'assetto topografico.

L'amplificazione topografica, ovvero la focalizzazione (o concentrazione) delle onde sismiche in corrispondenza di creste, cime o cigli di scarpata è un fenomeno ampiamente documentato ed è massima in corrispondenza di linee di cresta/cigli di scarpata e poi decresce con modelli complessi allontanandoci da esse.

L'amplificazione del segnale sismico per motivi topografici è un tipico effetto tridimensionale; è in genere più bassa rispetto a quella litologico-stratigrafica ed è influenzata sensibilmente dalla direzione di provenienza del segnale.

Convenzionalmente, secondo la normativa tecnica italiana (D.M. 14/1/2008), gli elementi geomorfologici (naturali o artificiali) di altezza > 30 metri, per i quali si stima una possibile amplificazione sismica topografica sono:

a) creste con larghezza alla sommità sensibilmente inferiore rispetto alla base;

b) cigli di scarpata, orli di terrazzo, nicchie di distacco di fenomeni di frana importanti, orli di scarpata di degradazione e rotture di pendenza generiche.

Tra gli elementi geomorfologici artificiali capaci di produrre amplificazione topografica si ricordano anche i cigli di scarpata che delimitano dighe in terra, terrazzi in terreni di riporto e cave di inerti, cime isolate o guglie .

Tuttavia si consiglia di valutare anche altezze comprese tra 10 e 30 metri, in accordo con quanto indicato negli Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica del Dipartimento della Protezione Civile nazionale.

Seguendo tali criteri come sopra indicato sono state individuate delle aree dove gli effetti di amplificazione sismica dovrebbero essere valutati e approfonditi in un secondo livello di studio. In tali zone sono state tracciate delle sezioni, con le quali si è potuto verificare che nelle aree individuate sono presenti i presupposti affinché il fenomeno in parola si verifichi.

8.7 PROCEDURA SEMPLIFICATA PER LA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI MORFOLOGICI

8.7.1 Procedura semplificata per la valutazione degli effetti morfologici

Campo di applicazione: serve per stimare l'amplificazione topografica per pendii e creste (Fig. 1a e 1b rispettivamente) dove non verranno eseguite analisi 2D; il coefficiente di amplificazione topografica andrà moltiplicato per il fattore di amplificazione FA che deriva dall'analisi 1D e copre quindi solo effetti stratigrafici.

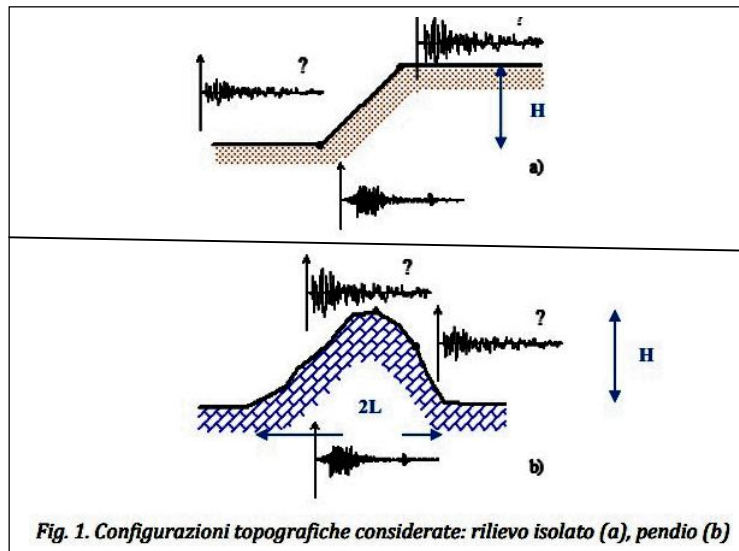


Fig. 1. Configurazioni topografiche considerate: rilievo isolato (a), pendio (b)

Miglioramenti rispetto ai coefficienti di normativa: nella procedura proposta si tiene conto della dipendenza dell'amplificazione topografica dalla frequenza (cioè dell'evidenza che i fenomeni di amplificazione topografica avvengono in determinati campi di periodo); per le creste si valuta in maniera più realistica il fenomeno (fattore 1.4 possono sottostimare fenomeno) -

Pendii

Sulla sommità dei pendii i fenomeni di amplificazione topografica interessano prevalentemente i valori di periodo intorno a (Ashford et al., 1997):

$$T_0 = 5H/V_s \quad (1)$$

dove H è altezza del pendio (Fig.1a), V_s è la velocità delle onde di taglio media (pesata sullo spessore) dei materiali che costituiscono il pendio.

In accordo con i risultati ottenuti da Ashford et al. (1997), il fattore di amplificazione topografica F_t alla sommità del pendio può essere posto:

ST = 1.0 per pendii di inclinazione minore di 15°

ST = 1.2 per pendii di inclinazione maggiore di 15° e minore di 30°

ST = 1.4 per pendii di inclinazione maggiore di 30° (e fino a 75°)

ST =1.55 per pendii subverticali (rupi)

Stimato il periodo T0 con la (1), si valuta l'intervallo di inclinazione di interesse e si moltiplica per il corrispondente ST il fattore di amplificazione FA relativo all'intervallo di periodo in cui ricade T0. Es. se T0=0.2 s si moltiplica per ST solo il fattore FA calcolato nel campo 0.1-0.5s e non quelli tra 0.4-0.8s e 0.7-1.1s.

Lungo il pendio si usa sempre la (1) ponendo, se l'inclinazione è maggiore di 15°, sempre ST=1.2.

Rilievi isolati

Alla cresta di rilievi isolati i fenomeni di amplificazione topografica interessano prevalentemente i valori di periodo intorno a (Paolucci, 2002):

$$T_0 = (1-1.4) * 2L/V_s \quad (2)$$

dove L è la semi-larghezza del rilievo misurata alla base (Fig. 1b), Vs è la velocità delle onde di taglio media (pesata sullo spessore) dei materiali che costituiscono il rilievo. Il fattore di amplificazione topografica Ft in cresta può essere valutato a partire dalla retta di regressione riportata nel grafico di Fig. 2 in funzione del rapporto di forma H/L con H altezza del rilievo.

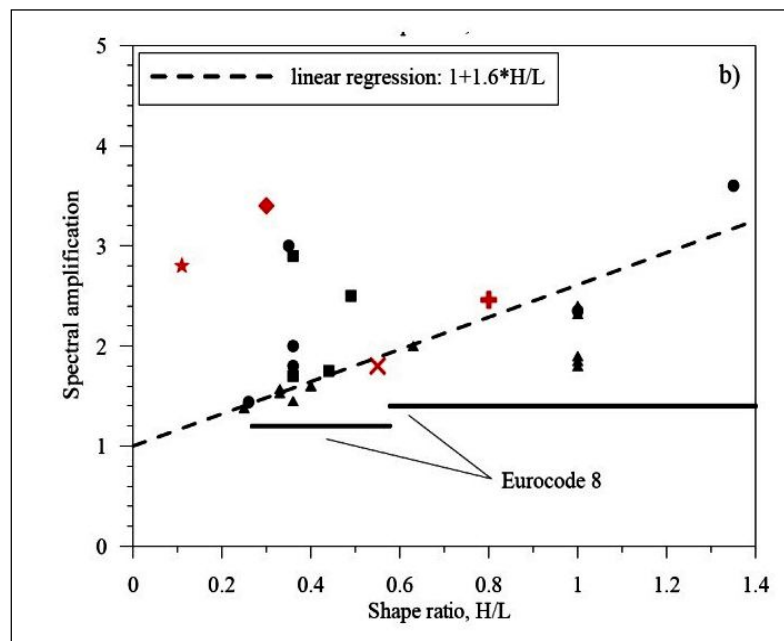


Fig. 2 Fattore di amplificazione topografica Ft per rilievi isolati (Pagliaroli et al., 2007)

Stimato T0 con la (2), si moltiplica per il valore di ST, ricavato dal grafico di Figura 2, il fattore di amplificazione FA relativo all'intervallo di periodo in cui ricade T0.

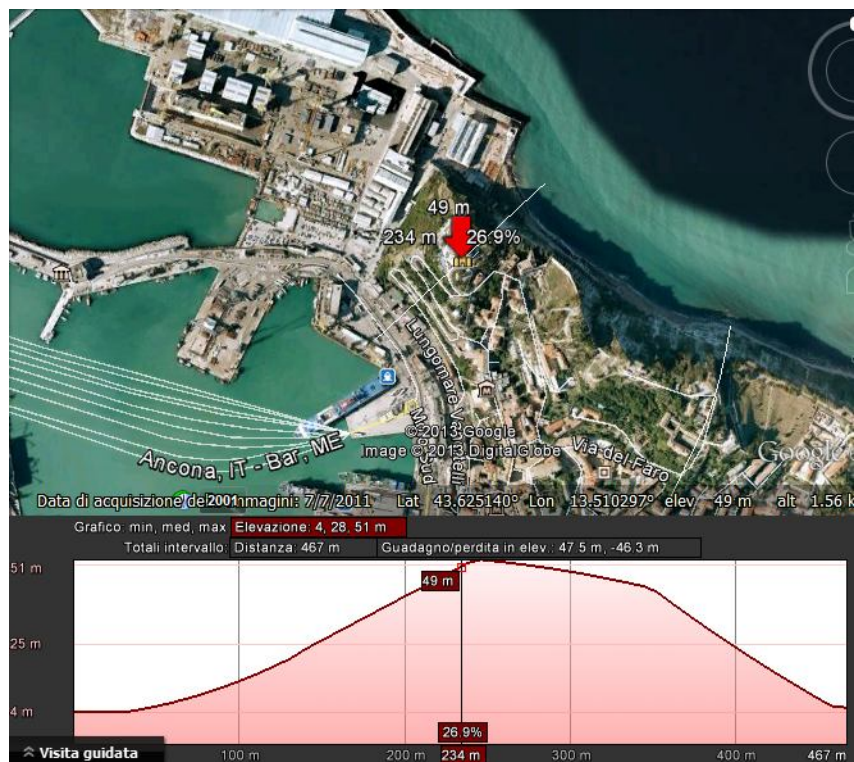
Lungo i versanti del rilievo si usa sempre la (2) ponendo, se inclinazione maggiore di 15°: ST =1.2, se inclinazione maggiore di 30°: ST =1,4 .

8.7.2 Nello specifico sono state tracciate 6 sezioni di cui:

Sezione n.1

La sezione seguente focalizza l'attenzione sulla collina sulla quale si erge il duomo di San Ciriaco.

In particolare questa rappresenta un picco isolato con un dislivello tra base apice di circa 50m i cui versanti hanno un'inclinazione che va dal 20% al 30% circa.



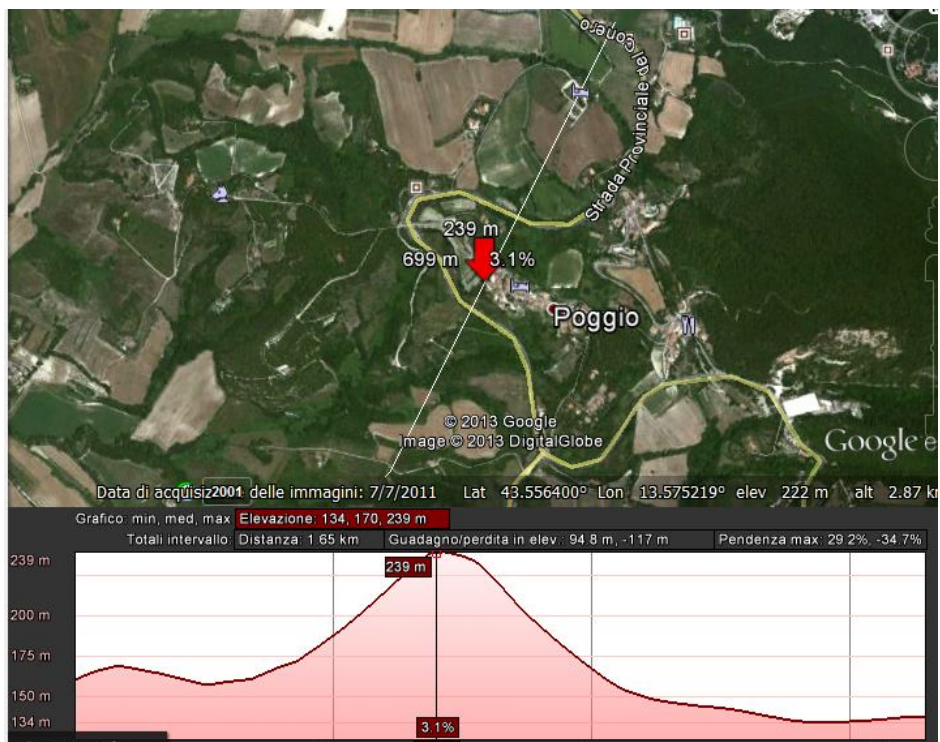
Sezione n.2



La sezione 2 parte da via Santo Stefano ed arriva fino la falesia che delimita il Comune di Ancona lungo il lato NE. Tale sezione viene considerata rappresentativa per tutta la costa NE del comune, fino in Loc Pietralacroce, in quanto le condizioni topografiche sono simili per tutta l'area indicata.

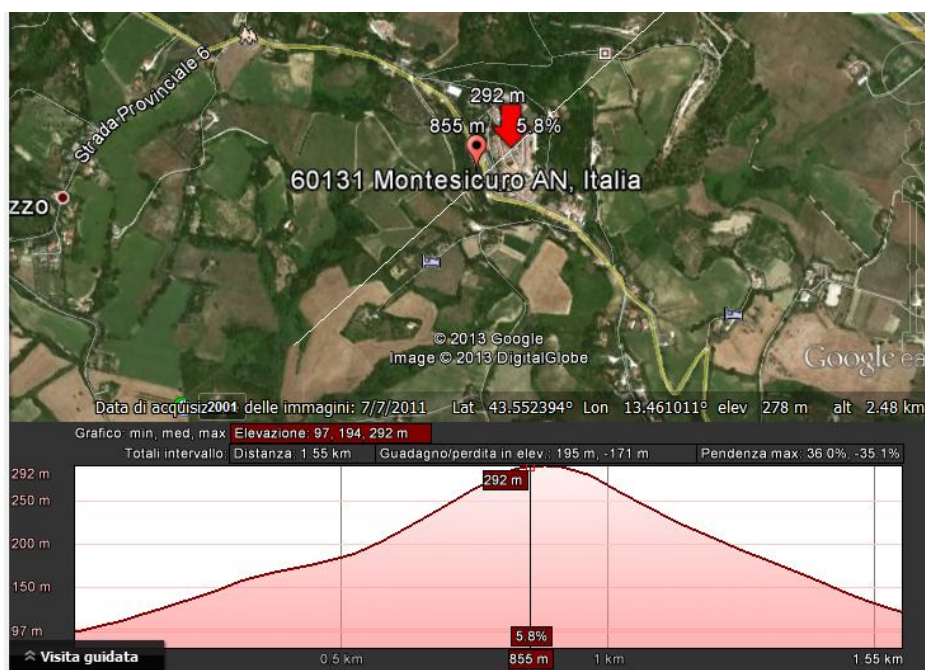
Qui la topografia rappresenta una collina di circa 60 m di dislivello, con il declivio sud più graduale rispetto quello nord il quale termina a picco nel mar Adriatico (pendenza media del versante sud 15% mentre il versante nord da 30-50%). Gli edifici prossimi al ciglio potrebbero essere interessati da fenomeni di amplificazione dovuti all'assetto della topografia.

Sezione n. 3



La sezione 3 interessa il crinale su cui sorge l'abitato di Poggio. Tale crinale si sviluppa con asse NO-SE ed è delimitato da versanti che danno un aspetto simmetrico alla collina. In particolare tali versanti presentano una pendenza media di circa 20-25% con un dislivello tra valle-apice di circa 70-80m.

Sezione n.4



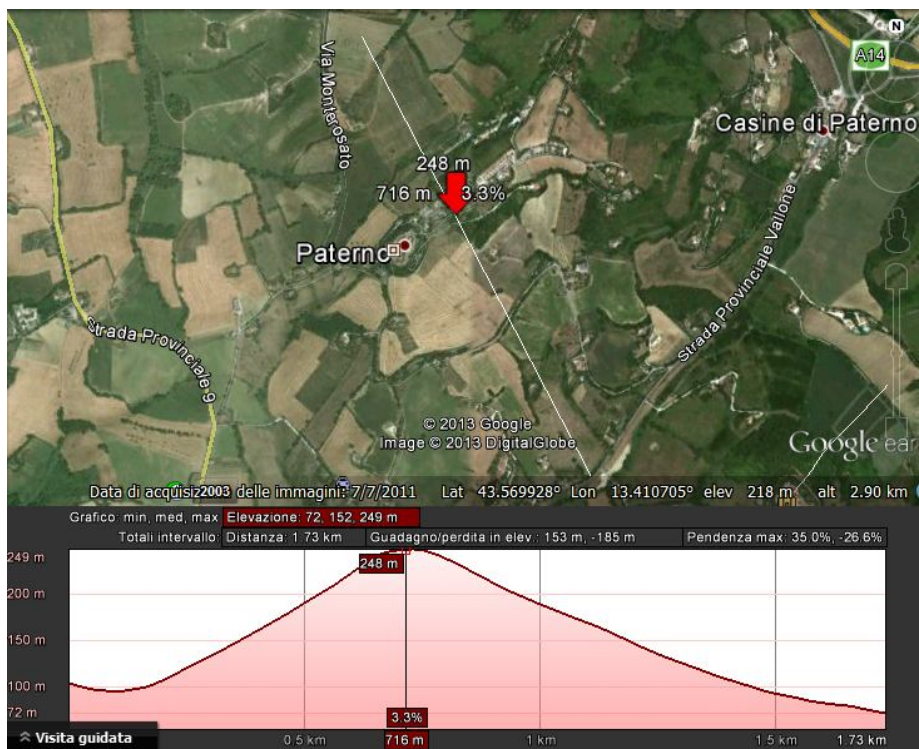
La sezione 4 interessa il picco di Montescuro la topografia è riferibile all'area di san Ciriaco. In questo caso però il dislivello tra base e apice del picco è di circa 210m, i versanti presentano pendenze del 25-30% con a tratti scarpate verticali.

Sezione n.5



La sezione 5 interessa il picco di Galignano la topografia simile alla precedente presenta un dislivello tra base e apice di circa 130m, i versanti presentano pendenze del 25-35%.

Sezione n.6



La sezione 6 interessa il crinale su cui sorge la f.ne di Paterno, tale crinale si sviluppa con asse NO-SE ed è delimitato da versanti asimmetrici. Il versante SE restituisce una pendenza del 20-25%, mentre il versante NO risulta più acclive in quanto va dal 30-35%. Il dislivello tra valle-apice è di circa 150m.

9. Commenti e criticità finali

La microzonazione sismica di livello 2 ha confermato gli ambiti delle MOPS di livello 1 e valutato i fattori di amplificazione FA per il territorio perimetrato e per alcune aree di trasformazione e/o riqualificazione urbanistica, concordate con l'Amministrazione Comunale di Ancona.

In particolare non sono presenti zone stabili, cioè zone dove non s'ipotizzano effetti locali di rilievo, sono invece presenti zone stabili suscettibili di amplificazioni locali per effetti stratigrafici e zone di attenzione riconducibili a effetti d'instabilità e liquefazione.

Nel contesto collinare agli effetti stratigrafici non sono sommati gli effetti dovuti alla morfologia (FT) che sarà oggetto di approfondimento nel livello di microzonazione successiva.

Nell'ambito del presente studio si ritiene in definitiva che l'insieme dei dati abbia un grado di dettaglio attendibile e che le interpretazioni e incertezze siano compatibili con il livello e la scala di approfondimento dello studio.